

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0202 Energiatekniikan kandidaatintyö

**Päästöttömät ja vähäpäästöiset käyttövoimaratkaisut  
Suomen tieliikenteessä**

Emission-free and low-emission fuel options in road  
traffic in Finland

Työn tarkastaja: Tapio Ranta

Työn ohjaaja: Olli-Jussi Korpinen

Lappeenranta 7.7.2021

Oskari Ahola

## **TIIVISTELMÄ**

Opiskelijan nimi: Oskari Ahola

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyön ohjaaja: Olli-Jussi Korpinen

Kandidaatintyö 2021

29 sivua, 4 kuvaa ja 2 taulukkoa

Hakusanat: sähköauto, kaasauto, vähäpäästöinen, päästötön, etanoli, bensiini, diesel, WLTP, NEDC

Tässä raportissa käsitellään tällä hetkellä kilpailukykyisiä vähäpäästöisiä sekä päästöttömiä tieliikenteen käyttövoimavaihtoehtoja ja vertaillaan niiden soveltuvuutta Suomen päästövähennystavoitteiden saavuttamiseksi. Työssä läpikäytäviä käyttövoimavaihtoehtoja ovat sähkö, luonnonkaasut, etanoli ja hybridi. Lisäksi suoritetaan katsaus Suomen autoiluun kohdistuviin veroihin sekä ajoneuvojen päästöjen ja polttoaineen kulutuksen mittaustapoihin. Työssä pyritään arvioimaan eri vaihtoehtojen taloudellista kannattavuutta kuluttajalle vertailujen kautta.

Työssä todetaan biokaasun sekä sähkön olevan kaikkein varteenotettavimpia vaihtoehtoja Suomen tieliikenteen päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi pohditaan minkälaisilla keinoilla tieliikenteen päästöjä olisi järkevä lähteä vähentämään.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>Tiivistelmä</b>	<b>2</b>
<b>Sisällysluettelo</b>	<b>3</b>
<b>Symboli- ja lyhenneluettelo</b>	<b>4</b>
<b>1 Johdanto</b>	<b>5</b>
<b>2 Verotus ja päästöjen mittaustavat</b>	<b>8</b>
2.1 Verotus .....	8
2.1.1 Ajoneuvovero .....	8
2.1.2 Autovero .....	9
2.1.3 Liikennepolttoaineiden verotus .....	9
2.2 Kulutuksen ja päästöjen mittaustavat .....	10
<b>3 Käyttövoimavaihtoehtoja</b>	<b>11</b>
3.1 Sähkö .....	11
3.1.1 Yleistä .....	11
3.1.2 Päästöt .....	14
3.1.3 Pohdinta .....	15
3.2 Maakaasu ja biokaasu .....	16
3.2.1 Yleistä .....	16
3.2.2 Päästöt .....	16
3.2.3 Tekniikka .....	17
3.2.4 Pohdinta .....	20
3.3 Etanolipolttoaineet .....	20
3.4 Vaihtoehdot dieselautoille .....	21
3.4.1 Biodiesel .....	21
3.4.2 Etanoliseokset .....	23
3.4.3 Biometaani .....	24
3.4.4 Pohdinta .....	24
3.5 Hybridit .....	24
3.5.1 Päästöt .....	25
3.5.2 Pohdinta .....	26
3.6 Vetyautot .....	26
<b>4 Pohdinta</b>	<b>27</b>
<b>5 Yhteenveto</b>	<b>29</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>31</b>

## **SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO**

### **Lyhenteet**

WLTP Worldwide harmonized Light-duty Vehicles Test Procedure

NEDC New European Driving Cycle

PHEV Plug-in Hybrid Electric Vehicle

HEV Hybrid Electric Vehicle

LNG Liquefied Natural Gas

CNG Compressed Natural Gas

## 1 JOHDANTO

Suomen tavoitteena on vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä 50 %:lla vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 lähtötasoon. Se aiotaan toteuttaa lisäämällä päästöttömien, uusiutuvien polttoaineiden käytön osuutta. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017) Vuoteen 2045 mennessä Suomella on tavoitteena olla hiilineutraali, eli liikenteen, ja muiden sektorien tuottamat kasvihuonekaasupäästöt eivät ylitä hiilinielujen kokonaispotentiaalia. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018) Ennusteen mukaan vuoteen 2030 mennessä liikenteen päästöissä tapahtuisi yli kolmen miljoonan hiilidioksiditonniin vähennys jo nyt voimassa olevien säädöksiä avulla. Sen lisäksi tarvittaisiin vielä puolentoista miljoonan tonnin hiilidioksidivähennykset, jotta päästäisiin vuoden 2030 tavoitevähennykseen. (Valtioneuvosto 2020)

Liikenteen osuus Suomen kasvihuonekaasupäästöistä on vuosittain noin 20 % luokkaa. Suurimman osan tieliikenteen kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa tuottavat henkilöautot, joiden osuus on noin puolet tieliikenteen CO<sub>2</sub>-ekv. päästöistä.

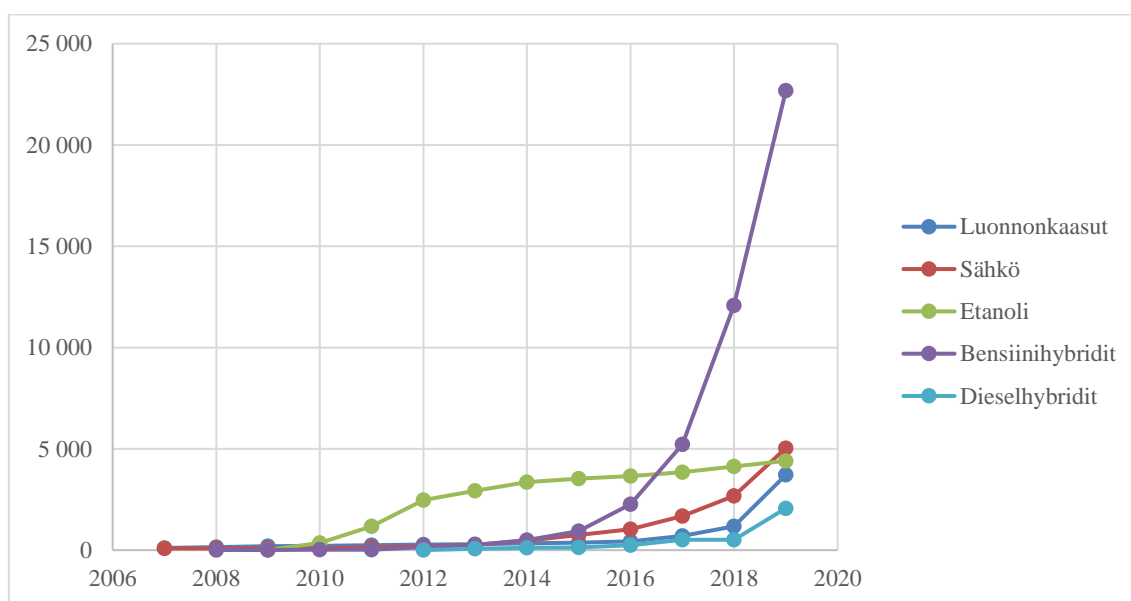
Päästötön voidaan kuitenkin määritellä monella tavalla. Esimerkiksi sähköautot mielletään usein päästöttömiksi, sillä niillä ajaminen ei tuota ollenkaan savukaasuja kuten perinteisen käyttövoiman omaavilla autoilla. Vähäpäästöisiä tai päästöttömiä käyttövoimavaihtoehtoja ovat esimerkiksi biokaasu, maakaasu, sähkö, sekä erilaiset biobensiinit ja biodieselit.

Tässä työssä tarkastellaan erilaisia vähäpäästöisiä tieliikenteen käyttövoimavaihtoehtoja sekä sitä, millä tavoilla ajoneuvon päästöjä voidaan laskea. Käyttövoimavaihtoehtoja tarkastellaan sekä päästöjen, että muiden näkökulmien kannalta. Lisäksi vertaillaan niiden soveltuvuutta Suomen päästövähennyksiin pääsemistä varten. Työssä myös arvioidaan päästöihin liittyviä liikenteen verotusperusteita ja niiden laskentasaantöjä ja perusteita.

Tässä työssä kasvihuonepäästöistä käsiteltäessä tarkoitetaan hiilidioksidiekvivalenttiyksiköitä. Hiilidioksidiekvivalentti sisältää hiilidioksidin lisäksi muita kasvihuonekaasuja, eli dityppioksidia ja metaania. Luku saadaan summaamalla hiilidioksidipäästön määrään metaanipäästö kertomalla se 25:llä ja tekemällä sama typpioksiduulille, mutta kertomalla se 298:lla. Kertoimet on saatu vertailemalla

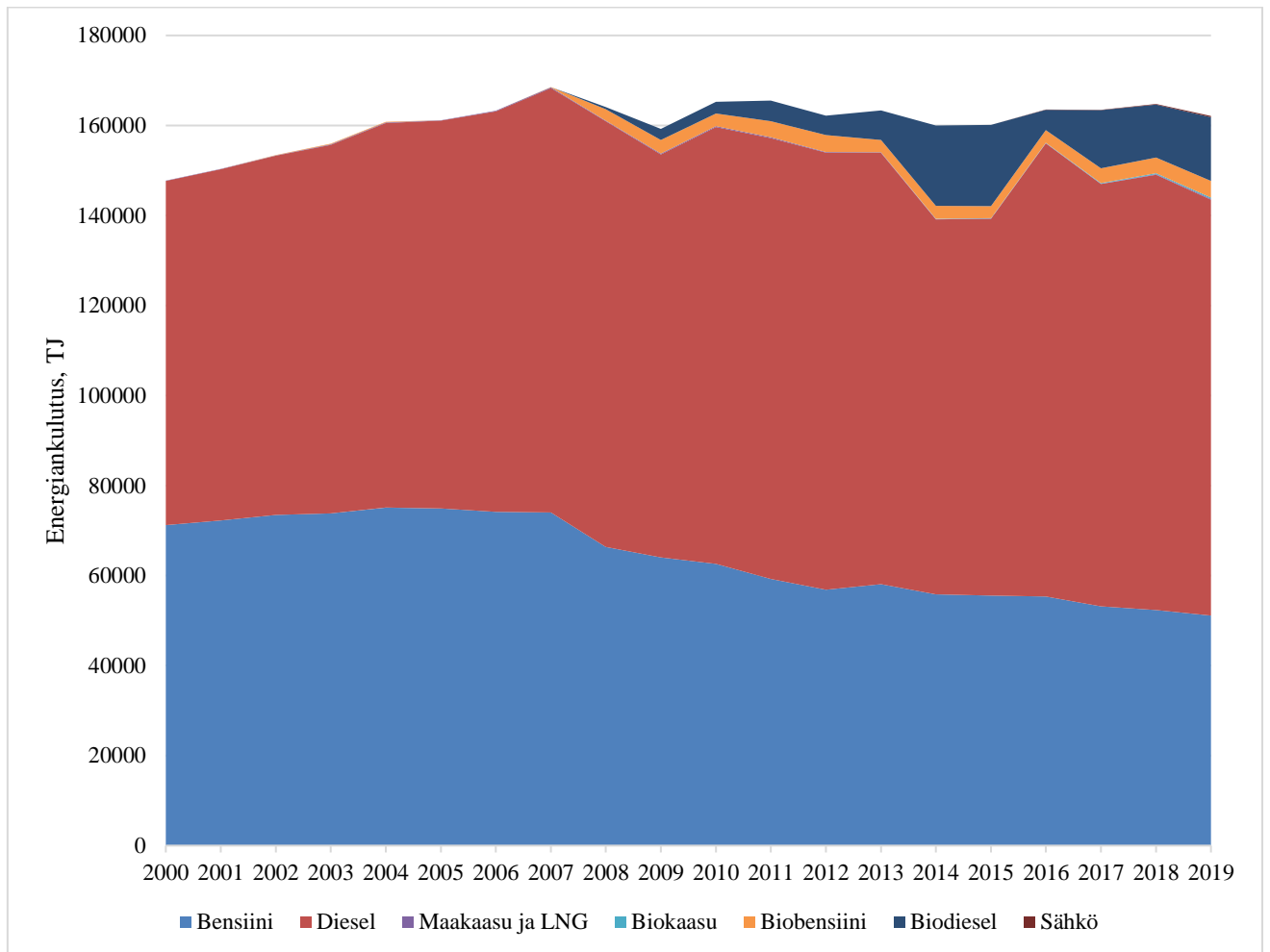
molekyylien ilmastolämpenemistä aiheuttavia efektejä hiilidioksidin omaan. Poikkeuksena on autojen päästöt, jotka autojen valmistajat ilmoittavat tyypillisesti suoraan hiilidioksidina. Myös ajoneuvoveroja laskettaessa on kyse hiilidioksidista, eikä hiilidioksidiekvivalenteista. (VTT 2017a)

Kuvassa 1 on esitelty Suomessa rekisteröityjen vähäpäästöisiksi luokiteltujen autojen määrä vuosittain. viimevuosina vähäpäästöisten vaihtoehtojen määrän kehitys on ollut voimakkaassa kasvussa. Suurinta kasvu on ollut bensiinihybridien osalla.



**Kuva 1.** Suomessa rekisteröityjen vähäpäästöisen käyttövoiman omaavien autojen lukumäärän kehitys vuosittain (Traficom 2021a)

Kuvassa 2 esitelty Suomen tieliikenteen energian kulutus vuosittain 2000-luvulla. Energiankulutuksen kasvava trendi on pysähtynyt ja kulutus on pysynyt noin 160 000 TJ:ssa jo vuosia. Kuvasta nähdään myös, että valtaosan tieliikenteen energian kulutuksesta vievät edelleen perinteiset fossiiliset polttoaineet; bensiini ja diesel. Vaikka ympäristöystävällisempien vaihtoehtojen suosio on kokenut voimakasta kasvua viimevuosina, on sen osuus silti kansallisella mittapuulla todella marginaalinen.



**Kuva 2.** Suomen tieliikenteen energiankulutus energialähteittäin. (Autoalan tiedotuskeskus 2020b)

Tässä raportissa puhutaan myöhemmin ajoneuvon elinkaaren aikaisista päästöistä, sekä hiilijalanjäljestä. Näillä tarkoitetaan samaa asiaa. Ajoneuvon hiilijalanjälki lasketaan ottamalla huomioon koko sen elinkaaren aikana syntyvät päästöt valmistuksesta loppusijoitukseen. Tyypillisesti suurimmat osan ajoneuvon hiilijalanjäljestä muodostavat sen valmistuksessa syntyvät päästöt, sekä sen käytön aikana syntyvät päästöt. Niiden suhde riippuu vahvasti ajoneuvon käyttövoimasta.

## 2 VEROTUS JA PÄÄSTÖJEN MITTAUSTAVAT

Tässä kappaleessa käsitellään autoilun verotusta Suomessa sekä henkilöautojen kulutukseen ja päästöihin käytettäviä mittaustapoja.

### 2.1 Verotus

#### 2.1.1 Ajoneuvovero

Ajoneuvovero on tyypillisesti vuosittain maksettava ajoneuvon käytöstä maksettava vero. Sitä kertyy joka päivältä vuodesta, kun ajoneuvo ei ole seisonnassa. Suomessa ajoneuvovero muodostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta. Ajoneuvoista, joiden käyttövoima on bensiini, maksetaan vain perusvero, joka määräytyy CO<sub>2</sub>-päästöjen tai ajoneuvon kokonaismassan mukaan riippuen siitä, milloin ajoneuvo on ensimmäisen kerran otettu käyttöön ja siitä, kuinka paljon sen kokonaismassa on. Muun käyttövoiman omaavissa ajoneuvoissa perusveron lisäksi maksetaan myös käyttövoimaveron, joka määräytyy ajoneuvon kokonaismassan mukaan. Käyttövoimaveron määrät on esitetty taulukossa 1. (Traficom 2020)

**Taulukko 1.** Käyttövoimaveron henkilö- ja pakettiautoille ajoneuvon kokonaismassan mukaan (Traficom 2020)

Käyttövoima	Snt/pv/alkava 100 kg
Diesel	5,5
Sähkö	1,5
Sähkö ja moottoribensiini	0,5
Sähkö ja diesel	4,9
Metaanipolttoaine	3,1

Vertaillaan Volkswagen Golf henkilöauton noin saman tehoisia bensiini, diesel, maakaasu ja kevytbensiinihybridi vaihtoehtoja sekä Volkswagenin ID.3 sähköautoa verojen kannalta. (Volkswagen 2021a) (Volkswagen 2021b) Autojen vuotuiset verot on esitetty taulukossa 2.



**Taulukko 2.** Esimerkkejä Volkswagenin malliston päästöistä ja ajoneuvoveroista (Volkswagen 2021a) (Volkswagen 2021b)

Malli	CO <sub>2</sub> -päästöt, g/km	Ajoneuvovero, €/a
Golf 1,5 TSI	122	122,64
Golf 1,5 TGI	111	316,45
Golf 2,0 TDI	119	481,07
Golf 1,5 eTSI	130	163,15
ID.3 life 58 kWh	0	120,45

Veroja ja päästöjä tarkastellessa havaitaan, että Golf 1,5 eTSI kevythybridivaihtoehdolla on suurimmat kilometrikohtaiset CO<sub>2</sub>-päästöt, mutta verot ovat kohtalaisen pienet. Lisäksi kaasukäyttöisellä mallilla, Golf 1,5 TGI:llä, ajoneuvovero on kaksinkertainen verrattuna vastaavaan bensiinikäyttöiseen malliin, vaikka CO<sub>2</sub>-päästöt ovat siinä pienemmät. Lisäksi jos kaasuauton kuljettaja esimerkiksi käyttäisi maakaasun sijasta uusiutuvaa biokaasua, olisi ajamisen ympäristövaikutus vielä merkittävästi pienempi, kuten tämän kandidaatintyön kohdassa 3.2.2 mainitaan myöhemmin.

Suomen ajoneuvoverotus ei siis vaikuta olevan päästöjen mukaan perusteltua, vaan eri käyttövoimien veroasteiden suhde vaikuttaa olevan vain jäännös ajasta, jolloin eri käyttövoimavaihtoehtoja oli vähemmän.

### 2.1.2 Autovero

Autovero maksetaan, kun ajoneuvo rekisteröidään ensikertaa Suomen ajoneuvorekisteriin. Sen koko perustuu ajoneuvon hiilidioksidipäästöihin sekä sen hankintahintaan. Sitä sovelletaan henkilö- ja pakettiautoille, moottoripyörille sekä nelipyöräisille. Suuruudeltaan se on 2,7 ... 48,9 % riippuen päästöistä ja hinnasta. (Valtiovarainministeriö 2021)

### 2.1.3 Liikennepolttoaineiden verotus

Polttoainevero on nestemäisten polttoaineiden hinnan lisänä näkyvä vero. Se koostuu energiasisältöverosta, hiilidioksidiverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Polttoainevero

ilmenee valmisteverona sentteinä litraa kohti. Suomessa polttoainevero on kansainvälisesti katsottuna korkeaa luokkaa. Dieselin ja bensiinin hinnasta reilusti yli puolet on veroa. Dieselissä se on noin 55 % ja bensiinissä 65...70 %. (Autoalan tiedotuskeskus 2020a)

## **2.2 Kulutuksen ja päästöjen mittaustavat**

Henkilö- ja pakettiautojen päästömittauksissa ollaan vuoden 2021 aikana ottamassa käyttöön YK:n kehittämää WLTP (Worldwide harmonised Light-duty Vehicles Test Procedure) menetelmää. Se korvaa aiemman, 80-luvulla kehitetyn NEDC (New European Driving Cycle) menetelmän. (European Automobile Manufacturers' Association 2021a)

Kulutuksen mittauksen tarkoituksena on ajoneuvon polttoaineen kulutusta sekä sen päästöjä. CO<sub>2</sub>-päästöt ovat kuitenkin suoraan verrannolliset polttoaineen kulutukseen johtuen moottorissa tapahtuvasta palamisreaktiosta. CO<sub>2</sub>-päästöjen lisäksi siinä mitataan muita päästöjä. Perinteisten polttoaineiden kulutuksen lisäksi sillä voidaan vertailukelpoisesti mitata vaihtoehtoisten käyttövoimien energian kulutusta. Sillä myös voidaan antaa sähköautoille teoreettinen kantama. Vaikka WLTP:n ”ydin” onkin aina sama, sovelletaan sitä eri alueilla riippuen alueen tieliikenne laista sekä muista muuttujista. (European Automobile Manufacturers' Association 2021b)

2017 voimaan tulleen WLTP menetelmän tarkoituksena on paremmin vastata todellista ajotilannetta. Se on suunniteltu käyttämällä oikeaa kerättyä ajodataa. Se sisältää neljä ajovaihetta: hitaan ajon, keskinopean ajon, nopean ajon, ja todella nopean ajon. Vanhan teoreettiseen ajoon perustuvan NEDC menetelmän keskinopeus oli 34 km/h ja WLTP:n taas 46,5 km/h. Myös ajomatka on pidempi 23,25 km verrattuna NEDC:n 11 km:iin ja sitä myös kokeen ajallinen kesto myös. Se on myös paljon tarkempi olosuhteiden perusteella; on asetettu Euroopan keskilämpötilaan perustuva 23 CC. Suomen tilannetta mietittäessä on kuitenkin todettava, että se ei välttämättä vastaa kotimaassamme toteutuvaa kulutusta keskilämpötilan ollessa huomattavasti pienempi. WLTP menetelmän etuna on myös se, että se mittaa autojen kulutuksia eri varustepaketeilla. Ovathan ne painoiltaan erilaisia. (European Automobile Manufacturers' Association 2021a)

### **3 KÄYTTÖVOIMAVAIHTOEHTOJA**

Tässä kappaleessa käydään läpi eri vähäpäästöisiä ja päästöttömiä käyttövoimavaihtoehtoja. Jotkin käyttövoimavaihtoehdot käydään syvällisemmin niiden jo suuren tieliikenteen merkityksen takia, ja jotkin vaihtoehdot taas selitetään lyhyesti.

#### **3.1 Sähkö**

##### **3.1.1 Yleistä**

Ensimmäiset sähköautot tulivat markkinoille jo 1800 ja 1900 luvun taitteessa. Kuitenkin bensiiniautojen tekniikan kehittyessä 1900-luvun alussa sähköautojen myynti romahti, koska bensiiniautojen hinnat olivat paljon alhaisempia Fordin tuotua markkinoille kuuluisan mallinsa Model T:n. Sähköautoilu on kuitenkin lähivuosina kasvattanut suosiotaan maailmalla merkittävästi. Tästä voidaan suurelta osalta kiittää amerikkalaista autovalmistajaa Teslaa, joka on toiminut sähköautoilun uuden aallon pioneerina. (Holopainen 2019)

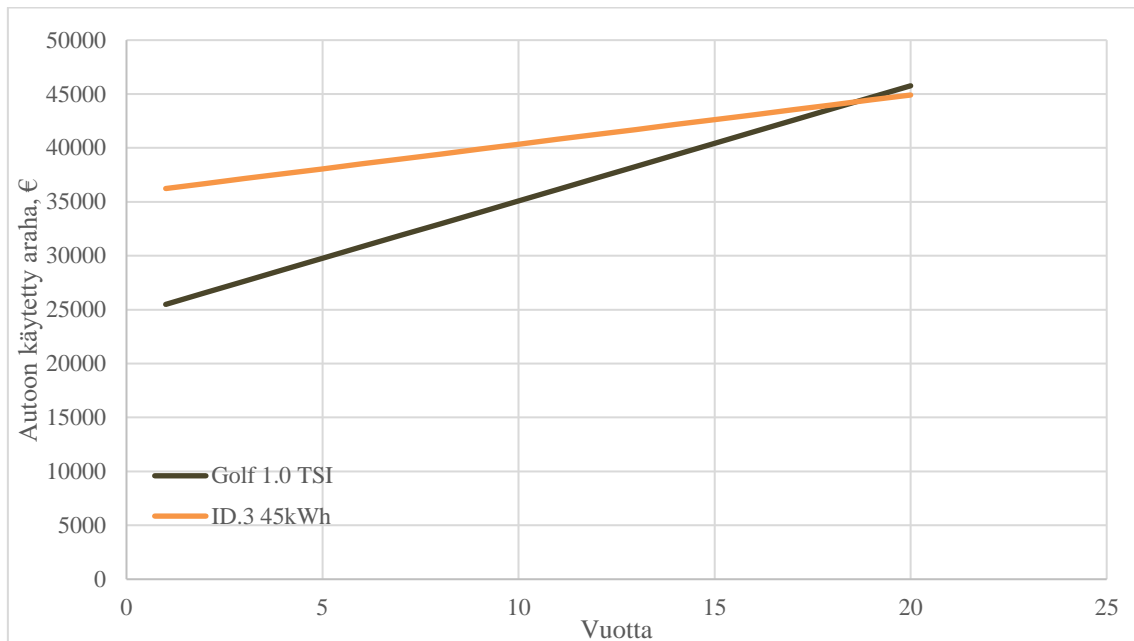
Sähköautoilun suosio on ollut 2010-luvulla voimakkaassa kasvussa. Suosion kasvun selittänee alhainen ajoneuvovero perinteisiin polttomoottoriautoihin verrattuna, polttoaineveron jatkuva korottaminen sekä akkutekniikan kehittyminen. Myös kuluttajien kasvava huoli ilmastosta lienee osallisena tähän trendiin. Yleistymisestä huolimatta sähköautot kumminkin kattavat vasta noin promillen suomen autokannasta (Traficom 2021a). Sähköautoilun kasvua hidastanee autojen korkea hankintahinta verrattuna perinteisen käyttövoiman omaaviin vaihtoehtoihin, vaikka käyttökustannukset olisivatkin edullisemmat. Varsinkin suuremman akun omaavat ajoneuvot ovat huomattavasti kalliimpia, kuin keskiverto bensiini- tai diesel autot. Lisäksi sähköautoissa on mahdollista hyödyntää ns. regeneratiivista jarrutusta, jossa jarrutuksessa muuten hukkaan menevä energia saadaan taltioitua. (Holopainen 2019)

Toinen rajoittava tekijä on sähköautojen heikohko kantama. Useimmilla sähköautoilla kantama on vain noin 150 kilometriä mutta sähköautovalmistajat tarjoavat myös suurempiakkuisia vaihtoehtoja. Suomelle ominaisen kylmän sään tiedetään myös laskevan akun kestoja. Kantaman, eli täydellä akulla ajettavan matkan, heikentyminen johtuu useasta eri syystä. Vaikka akkuja lämmittämällä saadaan parannettua niiden

suorituskykyä, kuluu energiaa esimerkiksi auton sisätilojen lämmittämiseen. Myöskään jarrutusenergiaa ei voida ottaa talteen koska se aiheuttaisi kylmällä säällä akuissa olevan litiumin pinnoittumista, joka on haitallista akuille. (Holopainen 2019)

Sähköautoja liikuttaa niissä olevat sähkömoottorit, jotka saavat virtansa yleensä auton alaosassa olevasta ajoakusta. Nykyajan sähköautojen ajoakut ovat litiumioniakkuja. Akkuja kuluttajat voivat ladata verkkovirrasta joko kotonaan, tai julkisilla paikoilla olevissa latureissa. Sähköautojen akkujen latausajat voivat olla pitkiä, jos käytössä ei ole erikoisvalmisteista laturia, vaan sähköä johdetaan tavallisesta pistokkeesta, siksi jotkut valmistajat tarjoavat kuluttajille mahdollisuuden hankkia kotiinsa tehokkaamman laturin. Monet työpaikat tarjoavat myös sähköautoille latauspaikkoja työpäivien aikaiseen käyttöön. Lisäksi latauspaikkoja on nykyään monilla huoltoasemilla. Sähköauton käyttökustannukset ovat bensiinikäyttöistä autoa huomattavasti pienemmät, sillä sähkö on käyttövoimana huomattavasti bensiiniä edullisempaa. (Holopainen 2019)

Kuvassa 2 on vertailtu sähköautoilun ja bensiiniautoilun kulutuksia. Bensavaihtoehtona vertailussa toimii Volkswagen Golf 1.0 TSI, joka käyttää polttoaineenaan 95E10 bensiiniä hinnaltaan 1,6 €/litra. (Volkswagen 2021) Bensiinin hinta on valittu <https://www.polttoaine.net/> näyttämän 13.4.2021 keskihinnan mukaan. Sähköautona toimii saman auton valmistajan ID.3 Pure Performance 110kW, 45 kWh kokoisella akulla. (Volkswagen 2021) Sähkön hintana vertailussa on käytetty 0,186 €/kWh. (Energiavirasto 2021) Vuotuisena ajomääränä on käytetty vuoden 2019 keskimääräistä bensiiniautolla ajettua kilometrimäärää, 11205 km. (Tilastokeskus 2019) Autojen hankintahinnat oli katsottu valmistajan hinnastoista ja niissä on huomioitu autovero sekä sähköauton ostajalle maksettava kahden tuhannen euron hankintatuki. (Traficom 2021b)



**Kuva 3.** Sähkö- ja bensiinikäyttöisen auton kustannukset vuosittain.

Sähköautoilu tulee tämän hetken verotuksella ja polttoaineen hinnoilla taloudellisesti kannattavaksi vasta 17 vuoden kuluttua. Se on todella pitkä aika uuden auton omistamiseen. Eli todennäköisesti koko auton omistajuuden aikana sähköauton valitseminen ei olisi kannattavaa

Nykyteknologian mahdollistamien litiumioniakkujen energiatiheys on paljon huonompi, kuin fossiilisten polttoaineiden. Bensiinin energiatiheys on noin 47,5 MJ/kg ja litium akun vain 0,3 MJ/kg. (APS News 2012) Tästä syystä suurta kantamaa halutessa joudutaan akun kokoa kasvattamaan merkittävästi, jolloin auton paino nousee merkittävästi. Sähkömoottorin hyötysuhde on kuitenkin merkittävästi parempi kuin polttomoottorin, joka pienentää käyttövoimien energiatiheyksien eroa hieman. Sen takia esimerkiksi raskasta tavaraliikennettä on hankala sähköistää, koska siinä ajoneuvojen paino alkaa merkittävästi rajoittaa kannettavan kuorman määrää. Lisäksi kuorma-autoilla ajettavat matkat voivat olla todella pitkiä kaukoliikenteessä. Lähiseudun jakeluautoja voitaisiinkin vaihtaa sähköisiin malleihin, koska päivittäisiä ajokilometrejä ei tule niin paljoa, ja autoa voidaan tarvittaessa ladata lastin purkamisten aikana. Lisäksi Suomessa mietitään kokeiluja, joissa kuorma-autot voisivat ladata akkujaan ajon aikana tien yläpuolella kulkevista sähkölinjoista, ikään kuin junat. (Väylävirasto 2020). Tukholmassa on tehty kokeiluna noin kahden kilometrin pituinen tie, joka lataa sillä kulkevan ajoneuvon akkua

ajon aikana tiehen asennetun kiskon avulla. Se on kuitenkin kallista rakentaa; yhden kilometrin rakentaminen maksaa noin miljoona euroa. Hanketta vetävän yrityksen mukaan se on kuitenkin 50 kertaa edullisempaa, kuin yhtä pitkän raitiovaununlinjan rakentaminen. (The Guardian 2018)

Litiumioniakuille on kuitenkin kehitteillä lupaava haastaja; kiinteäelektrolyyttiaku. Tällä hetkellä autovalmistajat Toyota ja Mercedes Benz ovat ilmoittaneet kehittelevänsä autokäyttöön tarkoitettua kiinteäelektrolyyttiakkua. Toyota on mm. lupailut, että auton voisi ladata täyteen alle kymmenessä minuutissa. (Motortrend 2020) Myös muita haastajia perinteiselle litiumioniakulle on olemassa. Esimerkiksi Australialais-Kiinalainen Brighsun New Energy kehittää litium-rikkiakkuja (LiS) ja kertovat akkujen energiatiheuden olevan 5...8 kertaa suurempi, kuin perinteisessä litiumakussa. Myös he ovat ilmoittaneet tutkivansa kiinteäkatalyyttiakkua, joka sopii yhteen Li-S akkunsa kanssa, jolla pyritään parantamaan energiatheyttä, turvallisuutta ja akun elinkaarta. Tiedotteessaan he lupaavat akulle jopa 2000 kilometrin kantamaa. (Battery Industry 2020)

### 3.1.2 Päästöt

Sähköautot on helppo mieltää päästöttömiksi koska ne eivät suoraan tuota mitään päästöjä käytön aikana. Todellisuudessa kumminkin sähköautoillakin ajaminen tuottaa päästöjä, joskin välillisesti. Merkittävimmät sähköautoilun päästöt ovat auton valmistuksessa syntyvät päästöt, sekä ajamiseen käytettävän sähkön tuotannossa, jonka päästöt tietysti riippuvat siitä, miten sähkö kyseisellä alueella tuotetaan.

Alueella, jolla sähkö tuotetaan polttamalla kivihiiltä sähköauton elinkaari-päästöt voivat olla jopa 300 gCO<sub>2</sub>/km. Uusiutuvalla energialla tuotetulla sähköllä ajettaessa päästöt ovat 73 gCO<sub>2</sub>/km. Samalla laskentatavalla saatiin bensiinikäyttöiselle autolle arvo 246 gCO<sub>2</sub>/km ja dieselikäyttöiselle 213 gCO<sub>2</sub>/km. Eli sähköautolla ajettut kilometrit eivät aina välttämättä ole vähäpäästöisempiä, kuin fossiililla polttoaineilla ajettut. (Hirvonen 2020) Suomessa kuitenkin fossiilisten, voimakkaasti CO<sub>2</sub> päästöjä tuottavien sähköntuotantotapojen osuus on pieni ja voidaan olettaa sähköautoilun kilometrien olevan vähäpäästöisempiä, kuin bensiiniautolla ajettaessa.

### 3.1.3 Pohdinta

Sähköautojen käytön yleistyminen on mahdollista monella tapaa. Esimerkiksi kaupunkien paikallisliikenteessä sähköautoilun haasteet, eli lyhyt akun kantama ja pitkät latausajat, voidaan selättää helposti, sillä linja-autoilla ajetaan tyypillisesti lyhyitä matkoja ja niiden käyttö on säännöllistä ja järjestelmällistä. Voidaan siis helposti määrittää ajat, jolloin kukin alueen linja-auto on ajossa, ja milloin latauksessa. Lisäksi autot voidaan hankkia juuri sopivan kokoisella akulla, joten auton ei tarvitse käyttää ylimääräistä energiaa turhan massan liikuttamiseen. Vaihtamalla kaupunkiliikenteen linja-autot sähköisiin, kumotaan samalla kaupunkiliikenteen hankaluuksia, kuten dieselmoottoreiden tuottamat ilmansaasteet sekä melu. Esimerkiksi Helsingissä tätä kokeillaan jo. (HSL 2020) Ongelmana on kuitenkin linja-autokannan uusiminen tuottamat suuret investointi kustannukset.

Vuosina 2018-2021 kuluttaja voi saada 2000 euron hankintatuen valtiolta uudelle sähköautolle. Myös sähköautojen vuotuinen ajoneuvovero on pienempi kuin muilla käyttövoimavaihtoehdoilla. Vaikka sähkö onkin käyttövoimana edullisempaa kuin bensiini tai diesel, ovat niiden hankintahinnat merkittävästi suuremmat kuin bensiiniautoilla. Kuten kuvasta 2 on esitetty, tulee sähköautolla ajaa yli 15 vuotta, jotta se on bensiiniverrokkia edullisempaa.

Sähköautot ovat Suomelle erinomainen tapa vähentää liikenteen päästöjä. Kilpailuetuna muihin vähäpäästöisiin vaihtoihin verrattaessa tuo se, että voidaan vain keskittyä vähentämään sähköntuotannon päästöjä. Huono puoli on se, että lähes koko autokanta jouduttaisiin uusimaan, jos liikenne haluttaisiin sähköistää. Kuitenkin lupaavalta vaikuttava uusi kiinteäkatalyyttiakuteknologia ja muut lähivuosina markkinoille tulevat tekniikat voisivat lisätä sähköautoilun houkuttelevuutta merkittävästi kasvavien akun kantamien ja nopeampien latausaikojen johdosta.

## 3.2 Maakaasu ja biokaasu

### 3.2.1 Yleistä

Luonnonkaasut eli maakaasu ja biokaasu koostuvat suurimmalta osaltaan metaanista. Niiden pääerona on niiden hankintatapa. Maakaasu on fossiilista polttoainetta, joka on porattu maaperästä. Biokaasu taas tuotetaan esimerkiksi kaatopaikalla tai bioreaktorilaitoksessa. (Sirainen 2014)

Maakaasu on koostumukseltaan noin 90 prosenttisesti metaania ja loppuosa koostuu muista kevyistä hiilivedyistä kuten etaanista ja propaanista, sekä tyyppistä ja hiilidioksidista. Tarkka koostumus riippuu siitä, mistä päin maailmaa kaasu on porattu. Maakaasua tulee suomeen Venäjältä sekä 2020 avatun Baltic Connector -putken kautta. Suomen kaasuverkosta vastaa GasGrid Finland Oy. (Gasum 2021a)

Biokaasua syntyy pääosin muiden prosessien sivuvirtoina. Suurin osa Suomessa tuotetusta biokaasusta tuotetaan tällä hetkellä keräämällä sitä kaatopaikoilta. Keräämällä kaatopaikoilta metaania saavutetaan myös ympäristöhyötyjä, sillä metaani itsessään on yli 20 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu. Kaatopaikkojen lisäksi biokaasua voidaan tuottaa muiden prosessien sivuvirroista. Biokaasua voidaan valmistaa biokaasureaktorissa monesta eri orgaanisesta jätteestä, kuten biojätteestä, lannasta, jätevesistä ja kasvibiomassasta. Biokaasun tuotannolle on Suomessa vielä paljon kasvuvaraa. Arvioitu kapasiteetti on 10 TWh vuodessa. Tällä hetkellä tästä hyödynnetään vain noin 4 %. (Gasum 2021b)

Pohjoismaisella energia- ja kaasuyhtiö Gasumilla on tällä hetkellä pohjoismaissa yhteensä 15 biokaasua tuottavaa biokaasureaktoria, joista 10 on Suomessa.

### 3.2.2 Päästöt

Jos mietitään kaasupolttoaineiden hiilijalanjäljistä, niin ne riippuvat siitä, onko kyseessä maa- vai biokaasu. Maakaasun hiilijalanjälki on noin 20 % ja biokaasun noin 90 % pienempi kuin fossiilisen dieselin hiilijalanjälki. Jos kuitenkin mietitään vain pakoputkesta ulos tulevia päästöjä, ovat ne tyypillisesti WLTP-mittaustavan mukaan noin 20 % pienemmät. Sen lisäksi, että kaasupolttoaineet tuottavat vähemmän kasvihuonekaasua päästöinä, on niiden käytön lisäämisellä myös ihmisen terveyttä edistävä



vaikutus, sillä ne tuottavat bensiiniä ja dieseliä vähemmän typenoksideja sekä hiilivetyjä, jotka ovat ongelma terveydelle varsinkin kaupunkiympäristöissä. (Gasum 2021c)

### 3.2.3 Tekniikka

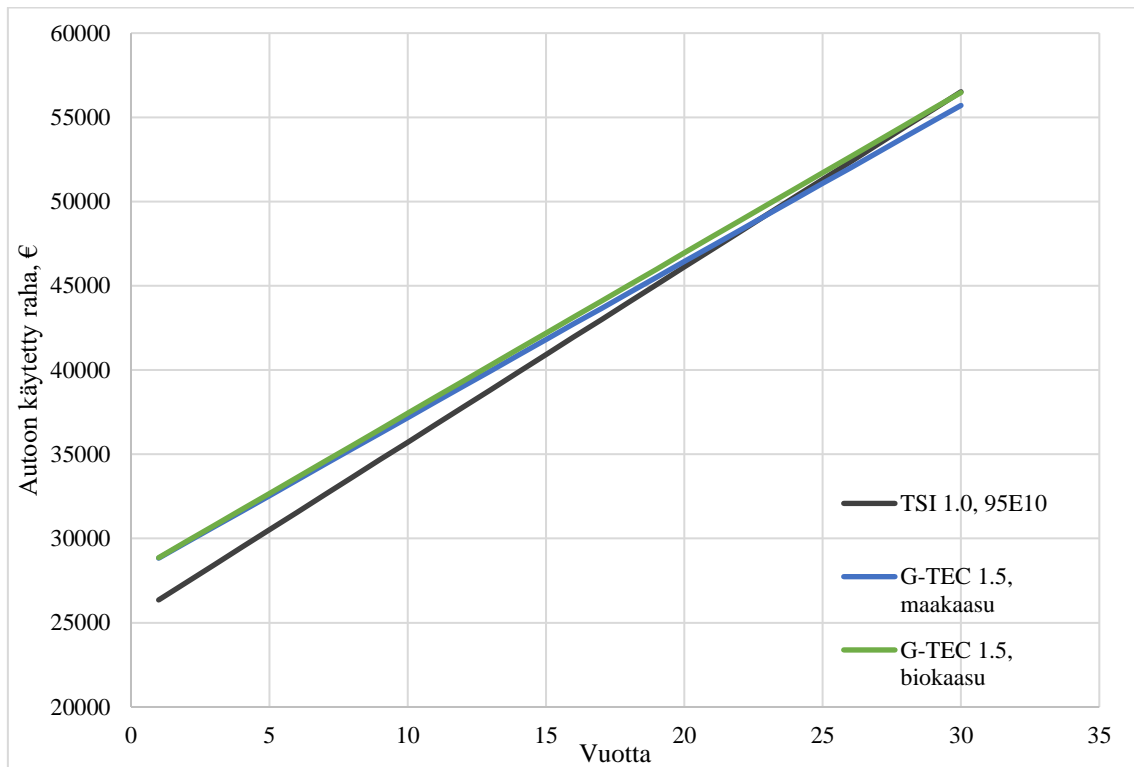
Koska luonnonkaasujen olomuoto on perinteisistä polttoaineista poiketen kaasu, on sen varastoiminen autoon hieman erilaista, kuin nestemäisten polttoaineiden. Tällä hetkellä ainoa liikenteessä yleisesti käytetty luonnonkaasun varastointitekniikka on CNG-menetelmä (compressed natural gas), jossa kaasu on 200 barin paineessa sylinterimäisessä säiliössä. Tyypillinen säiliökoko on 17 kg. Moottorit ovat kuitenkin tekniikaltaan diesel- ja bensiiniautoissa olevien kaltaisia polttomoottoreita. Toinen yleistynyt varastointitekniikka on kaasun nesteyttäminen, eli LNG (liquified natural gas), joita hyödynnetään tällä hetkellä pääosin laivaliikenteessä. Pohjoismaiset kuorma-auton valmistajat tarjoavat LNG-käyttöisiä kuorma-autoja. (Gasum 2021d) Bensiiniin verrattuna kaasupolttoaineiden huono puoli on niiden heikompi energiatiheys. Normaalioloissa maakaasun energiatiheys on vain  $36 \text{ MJ/m}^3$  ja CNG-tankkiin puristettuna  $7200 \text{ MJ/m}^3$ . Bensiinin energiatiheys taas on  $32250 \text{ MJ/m}^3$ . Nesteytettyllä kaasulla päästään CNG-tekniikkaa lähemmäksi bensiinin energiatiheyttä,  $21\ 050 \text{ MJ/m}^3$ :iin. (Arttu Lahtinen 2011) Kaasusäiliöt vievät autosta enemmän tilaa, kuin bensiini säiliöt, mikä pienentää auton hyödynnettävissä olevaa tavaratilaa. Ilmiö korostuu varsinkin asennettaessa muutossarjoja kaasuautoihin.

Tällä hetkellä kaasukäyttöisiä henkilöautoja tarjoaa ainoastaan VAG-konserni eli merkkivaihtoehtoina ovat Volkswagen, Skoda, Seat ja Audi. Aiemmin niitä ovat valmistaneet myös mm. BMW ja Volvo. Kaasuauto on tyypillisesti hieman vastaavaa bensakäyttöistä autoa kalliimpi. Se voi kumminkin ajomäärästä riippuen olla kuluttajalle järkevämpi vaihtoehto edullisemmän polttoaineen ja taloudellisemmän moottorin takia. Suuremman alkuinvestoinnin lisäksi kaasuautoista täytyy maksaa bensavastiketta suurempaa vuotuista ajoneuvoveroa, sillä bensiinikäyttöisestä poiketen kaasuautoista tulee maksaa perusveron lisäksi myös käyttövoimavero. Lähes kaikki bensiini- sekä dieselikäyttöiset autot voidaan myös muuntaa kaasukäyttöisiksi jälkiasennussarjalla, jonka hinta asennettuna on noin 2500 euroa. (Kaasuautoilu 2021)

Kaasuautoissa esiintyy kahta moottorityyppiä, bi-fuel ja dual-fuel. Bi-fuel-autossa on kaksi erikseen polttoainejärjestelmät bensiinille ja dieselille. Autolla voidaan ajaa käyttäen pelkkää bensiiniä, mutta myös käyttäen pelkkää luonnonkaasua. Dual-fuel tekniikassa puolestaan diesel ja maakaasu sekoitetaan keskenään noin suhteessa 3:1. Dieselautoissa ei ole sytytystulppia, joita tarvittaisiin kaasun sytyttämiseen, joten polttoaineet joudutaan sekoittamaan keskenään, jos halutaan käyttää metaania dieselmoottorissa. Tästä tekniikasta on kerrottu lisää kappaleessa 3.4.3.

Kaasutankkausasemilla esiintyy maakaasua ja biokaasua. Kuluttaja voi itse valita kumpaa tankkaa. Biokaasu on hieman maakaasua kalliimpaa. (Gasum 2021e) Tällä hetkellä maakaasun hinta on alueesta riippuen noin 1,4 €/kg ja biokaasun 1,46 €/kg.

Verrataan Skodan Octavia 1.0 TSI ja 1.5 G-TEC vaihtoehtoja, jotka ovat teholtaan suurin piirtein samaa luokkaa tämänhetkisillä polttoainehinnoilla ja keskimääräisellä bensiiniautolla ajettulla vuotuisella kilometrimäärällä, 11 205 kilometrillä (kuva 3). Bensiinin hintana käytettiin 1,6 €/l, maakaasulla 1,42 €/kg ja biokaasulla 1,48 €/kg. Kaasupolttoaineiden hinnat on katsottu Gasumin sivuilta. (Skoda 2021) (Gasum 2021e) Ajettavuudeltaan kaasuauto vastaa bensiiniautoa, samankokoisten moottoreiden tehot ovat samaa luokkaa.



**Kuva 4.** Bensiini- ja kaasuautoilun kokonaiskustannukset.

Keskimäärin henkilöautolla ajetaan vuodessa noin 14 000 km. (Tilastokeskus 2019) Maakaasua käytettäessä kaasuauton valitseminen bensiinikäyttöisen auton sijaan olisi nykyisillä verotuksella ja polttoainehinnoilla taloudellisesti kannattavaa vain, jos auto omistettaisiin yli 22 vuotta. Ympäristöystävällisempää biokaasua käytettäessä sijoitus olisi kannattava vasta kun ostosta olisi kulunut 30 vuotta. Toki kaasuauton hankinta voi olla huomattavasti kannattavampaa, mikäli ajokilometrejä kertyy vuodessa keskiarvoa enemmän. Kuvaajaa katsoessa herääkin kysymys, että miksi kaasuautoilla on suurempi ajoneuvovero, vaikka ne ovat ympäristöystävällisempiä pienempien hiilidioksidin ja pienhiukkaspäästöjen takia. Vaikka kaasulla ajaminen on bensiinillä ajamista edullisempää, nollaa lähes kolminkertainen ajoneuvovero sen hyödyn kuluttajan näkökulmasta. Verrokiautoista bensiiniauton ajoneuvovero oli 108 € vuodessa ja kaasuautolla 322 € vuodessa.

Kaasuautojen käytön yleistymistä rajoittaa tankkausasemien pieni määrä; Suomessa on tällä hetkellä vain 35 asemaa, ja suurin osa niistä on keskittynyt Etelä-Suomeen. Kaasuautoilun haastetta lisää myös se, että yksi tankillinen riittää selvästi lyhyempään ajomatkaan kuin bensiiniauton tankillinen.

### 3.2.4 Pohdinta

Biokaasu on ominaisuuksiltaan hyvin varteenotettava vaihtoehto autoilun päästöjen vähentämiseksi. Ongelmana on, että se on maakaasua kalliimpaa kuluttajille, jolloin ympäristöystävällisemmän päätöksen tekeminen jää kuluttajalle. Maa- ja biokaasun lisäämistä jakeluvelvoitteiden piiriin on harkittu, mutta toistaiseksi kaasu on vielä velvoitteen ulkopuolinen polttoaine. Ympäristöministeriön lausunnon mukaan biokaasun astuminen jakeluvelvoitteiden piiriin laskisi kuluttajien intoa siirtyä käyttämään biopolttoaineita, ”koska niiden käytöllä ei olisi enää kansallista merkitystä ilmaston näkökulmasta”. (Helsingin sanomat 2021) Toinen epäkohta on verotus. Ajoneuvovero on kaasuautolla suurempi kuin vastaavalla bensiinivaihtoehdolla, vaikka sekä maa- että biokaasun käyttäminen ajoneuvon käyttövoimana tuottavat vähemmän päästöjä kuin bensiini. Nämä kaksi seikkaa liitettynä kaasuautojen hieman perinteisiä vaihtoehtoja kalliimpaan hankintahintaan vaikuttavat negatiivisesti kaasuautoilun yleistymiseen.

Toisaalta biokaasun käyttö sopii hyvin julkisrahoitteisiin palveluihin, kuten paikallisliikenteeseen. Esimerkiksi Lappeenrannan paikallisliikenteellä on käytössä kahdeksan Scanian valmistamaa kaasukäyttöistä linja-autoa. (Scania 2019) Toinen hyvä puoli dieselkäyttöisten linja-autojen korvaamisella kaasukäyttöisillä linja-autoilla on se, että kaupungeissa ongelmana olevat pienhiukkaspäästöt pienenevät.

## 3.3 Etanolipolttoaineet

Etanoli eli etyylialkoholi on aine, jota voidaan käyttää liikenteen polttoaineena. Etanolia käytetään liikennepolttoaineena lähinnä bensiiniin sekoitettuna 98E5 (5 tilavuusprosenttia etanolia) ja 95E10 (10 % etanolia) polttoainelaaduissa, joita voidaan käyttää tavallisissa bensiinikäyttöisissä autoissa. On myös olemassa laatua E85, jossa on 85 % etanolia ja 15 % bensiiniä. Edellä mainittujen polttoainelaatujen lisäksi tankkausasemilla esiintyy myös laatua RE85, joka on St1 Oy:n valmistama tuote. Se koostuu noin 80 % etanolista, joka on valmistettu kotimaisista tähteistä sekä jätteistä Suomalaisilla tuotantolaitoksilla. (Korhonen 2016)

Etanolia valmistuksessa tulee esille termit ensimmäisen ja toisen sukupolven etanoli. Ensimmäisen sukupolven etanoli tuotetaan etanolin valmistusta varten tuotetuista raaka-aineista. Toisen sukupolven etanoli puolestaan taas valmistetaan muun teollisuuden

hukka virroista. Ensimmäisen sukupolven etanolia on kritisoitu sen tuottamista päästöistä ja siitä, että sen raaka-aineita viljellään mailla, joilla voitaisiin esimerkiksi viljellä ruokaa. Lisäksi sen elinkaaripäästöt voivat nousta jopa korkeammiksi kuin fossiilisten polttoaineiden. Toisen sukupolven etanoli taas on tyypillisesti ympäristöystävällisempää johtuen siitä, että sen valmistukseen ei tarvitse tuottaa raaka-aineita, vaan niitä saadaan ylijäämä virroista, kuten puuteollisuudesta sekä elintarvike teollisuudesta. (Korhonen 2016)

Jotta auto voi käyttää polttoaineenaan korkeaetanolisia polttoaineita (E85 ja RE85) on sen oltava joko FlexFuel-mallia tai Bi-fuel mallia. Tavallisen bensiinikäyttöisen henkilöauton voi päivittää FlexFuel-käyttöiseksi. FlexFuel-autoissa (FFV) on vain yksi polttoaine järjestelmä, ja polttoaineen syötössä on tunnistin, joka tunnistaa bensiinin ja etanolin suhteen, jotta moottori toimisi kunnolla. Bi-Fuel-autoissa taas on kaksi erillistä tankkia, joista toiseen voi tankata vain bensiiniä ja toiseen vain korkeaetanolipitoista polttoainetta. (Korhonen 2016)

Etanolin etuna verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin on se, että se on uusiutuvaa, toisin kuin fossiilisesta öljystä valmistettavat bensiini ja diesel. Sitä ei kuitenkaan käytetä sellaisenaan polttoaineena, vaan se vaatii myös fossiilisen bensiinikomponentin. (Korhonen 2016)

### **3.4 Vaihtoehdot dieselautoille**

#### **3.4.1 Biodiesel**

Biodiesel on uusiutuva vaihtoehto perinteiselle dieselille. Bio- etuliite viittaa siihen, että se on valmistettu eloperäisestä materiaalista. Yleensä kyseessä on tällöin kasviöljyistä valmistettu polttoaine. Dieselmoottorit ovat bensiinimoottoreita energiatehokkaampia, ja samaan käyttöön tarkoitettu vastaava moottori kuluttaa samalla ajomatalla vähemmän polttoainetta tämän takia. Raskas tieliikenne kulkee käytännössä yksinomaan dieselkäyttöisesti, jos ei huomioida muutamia lähivuosina tehtyjä kokeiluja. Suomen ajoneuvokannasta noin 30 % on dieselkäyttöistä. (Traficom 2021a) Perinteinen diesel tuottaa noin 15-20 % vähemmän hiilidioksidipäästöjä, kuin vastaavankokoinen bensiinivaihtoehto. NO<sub>x</sub>-päästöt sillä ovat kuitenkin suuremmat, joka tuottaa

ilmanlaatuongelmia suuremmissa kaupungeissa. Koska dieselmoottoareita on käytössä niin laajasti, olisi edullinen tilanne, että niille olisi olemassa joku perinteistä dieseliä ympäristöystävällisempi polttoaine. Näin päästövähennyksiä tavoiteltaessa vältyttäisiin siltä, että tarvitsee hankkia täysin uusia ajoneuvoja, joka tuottaisi kuluja ja päästöjä. (VTT 2017b)

Perinteisesti biodiesel on valmistettu soijapavuista, palmuöljystä tai auringonkukansiemenistä. Tuotteen kehitystä on kuitenkin jatkettu, ja nykyään sitä tehdään lukuisilla eritavoilla. Hyvinä biodieselin lähteinä voidaan pitää sellaisia kasveja tai lähteitä, jotka eivät kilpaile ruoan tuotannon kanssa. Maapallon ihmismäärän kasvaessa myös ruuantarve kasvaa. Suuri osa ihmisten maankäytöstä on jo tällä hetkellä maatalouden käytössä. Jos vielä alamme kasvattaa polttoainetta varten kasveja mailla ja sen takia ruoan tuotanto supistuu, on kyseessä ongelmatilanne. (Sarin 2012)

Biodieselin ajoteknisinä ongelmina on korkea viskositeetti ja matala lämpöarvo. Näistä ongelmista voidaan kuitenkin päästä eroon sekoittamalla biodieseliä tavallisen dieselin kanssa. Tällöin voidaan saada aikaan ympäristöystävällisempi ja ajo-ominaisuuksiltaan täysin fossiilista dieseliä vastaava polttoaine. (Hasan, Rahman 2017)

On kuitenkin myös moderneimmilla tekniikoilla valmistettuja polttoaineita, joita voidaan käyttää ilman, että niitä sekoitettaisiin fossiiliseen dieseliin. Tällaisia ovat esimerkiksi kotimaiset Neste MY, UPM BioVerno sekä Teboil Green + dieselpolttoaineet.

Neste MY valmis, tankkausasemilta saatavissa oleva, jätteistä ja tähteistä valmistettu biodiesel, jossa ei ole ollenkaan öljypohjaista dieseliä seassa. Nesteen mukaan henkilöautoilijalle tuotteen käyttö fossiilisen sijasta maksaa sadalla kilometrillä vain yhden euron enemmän perinteisen käyttöön verrattuna. Koska se on tehty tähteistä ja jätteistä, sen tuotanto ei kilpaile ruoan tuotannon kanssa, vaan päinvastoin hyötyy ruoan tuotannosta ja sen kasvusta. Sen käyttö vähentää autoilijan hiilijalanjälkeä 90 %. Myös ilmanlaatua heikentävät päästöt ovat merkittävästi öljypohjaista polttoainetta pienemmät. Tällä hetkellä sitä saa tankattua melko hyvin lähes jokaisessa Suomen kaupungissa. Jotta sen käyttöä saataisiin lisättyä, tulisi sen hinnan olla samalla tasolla tavallisen dieselin kanssa, ja sen saatavuutta tulisi vielä lisätä. Voi olla kuluttajalle suuri kynnys esimerkiksi

ajaa 10 km kauemmas tankkaamaan kalliimpaa polttoainetta, vaikka se onkin ympäristöystävällisempää. (Neste 2021)

Myös UPM BioVerno -dieselin uudempaa versiota voidaan käyttää ilman, että sitä sekoitetaan fossiiliseen dieseliin. Aiempia versioita on täytynyt käyttää normaaleille biodieseleille tyypillisesti sekoituksena. BioVerno valmistetaan raakamäntyöljystä vetykäsittelmällä. Raakamäntyöljyä syntyy selluntuotannon tähteenä eli se ei kilpaile maankäytöstä ruuantuotannon kanssa. Selluntuotannosta biotalouteen siirtymää tekevä UPM lupaa, että BioVerno tuottaa öljypohjaiseen dieseliin verrattuna 80 % kasvihuonekaasupäästön, eli se on ympäristönäkökulmasta katsottuna Nesteen tuotteeseen kilpailukykyinen. (UPM 2021)

Teboil Green + biodiesel valmistetaan yhdyskuntajätteistä sekä teollisuuden prosessitähteistä. Sen luvataan vähentävän ajamisen CO<sub>2</sub>-päästöjä 90 %:lla. Sitä on saatavilla seitsemällä tankkausasemalla pääkaupunkiseudulla ja Tampereella. (Teboil 2021)

Muun teollisuuden sivuvirroista tuotettavan biopolttoaineen hankaluutena on se, että niiden kasvumahdollisuudet ovat riippuvaisia lähdeteollisuuden volyyminä. Siksi onkin hyvä asia, että niitä pystytään tuottamaan monesta eri lähteestä. Uusiutuvan polttoaineen lisäämiseksi biodieselit ovat erittäin varteenotettava ratkaisu esimerkiksi ajoneuvokalustolle, joka ei ole vielä käyttöikänsä päässä.

### 3.4.2 Etanoliseokset

On myös mahdollista käyttää etanolia dieselkiertomoottorin käyttövoimana. Etanolidiesel on kumminkin fysikaalisilta sekä kemiallisilta ominaisuuksiltaan eroavainen perinteiseen dieseliin verrattuna, joten markkinoilla saatavilla olevia vaihtoehtoja ei voi käyttää tavallisissa dieselmootoreissa. Etanolidieseleistä povataan vähäpäästöisempää vaihtoehtoa raskaalle liikenteelle. Raskaan liikenteen ajoneuvovalmistaja Scania on kehittänyt markkinoilla olevaa ED95-dieseliä varten moottorin, joka on jo käytössä linja-autoissa. ED95 on uusiutuva polttoaine, joka koostuu noin 92 prosenttisesti etanolista. Loppuosa on syttyvyyden parannusaineita sekä denaturointiaineita. Se valmistetaan kotimaisista biojätteistä. VTT:n tutkimuksen mukaan ED95 polttoaineen käyttö verrattuna diesel referenssiin laskee CO<sub>2</sub>- ja NO<sub>x</sub>-päästöjä noin 20 % ja

pienhiukkaspäästöjä 75 %. Kyseessä on siis hyvinkin varteenotettava polttoaine varsinkin kaupunkiympäristöä ajatellen. (VTT 2017b)

### 3.4.3 **Biometaani**

Biometaania, eli pelkäksi metaaniksi puhdistettua biokaasua on mahdollista käyttää dieselin kanssa samassa moottorissa. Tällöin kyse on dual-fuel moottorista. Auton polttoainejärjestelmä koostuu silloin kahdesta eri polttoainepiiristä, kaasusäiliöistä ja dieseltankista, jotka molemmat johdetaan samalle moottorille. Normaaliajossa moottori saa jopa 60 % tarvitsemastaan energiasta kaasusta, riippuen ajotavasta. Kaasunkäytön maksimoinnin kannalta dual-fuel moottorit sopivat parhaiten käyttötarkoituksiin, jossa moottorin kuormitus on tasaista ja suhteellisen korkeaa, esimerkiksi pitkän matkan ajot. VTT:n tekemien tutkimusten mukaan dual-fuel moottoreilla pystytään kuitenkin pienentämään CO<sub>2</sub>-ekv. päästöjä vain 3 % ja ilmanlaadun kannalta haitalliset NO<sub>x</sub>-päästöt jopa kasvoivat hieman. Myös moottoreiden hyötysuhde jäi dieselmoottoria alhaisemmaksi. (VTT 2017b)

### 3.4.4 **Pohdinta**

Dieselmoottoreissa käytettävistä polttoaineista tällä hetkellä parhaalta vaihtoehdolta näyttää biodiesel ja huonoimmalta biometaani. Biodieselin etuna on se, että se laskee hiilidioksidipäästöjä valmistajasta riippuen 80...90 %. Biometanoli ja -metaani eivät pääse läheskään samanlaisiin päästövähennyksiin. Kun Suomen tavoitteena on vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä varsin nopeasti, olisi sen järkevä panostaa biopolttoaineiden käytön lisäämiseen, ja varsinkin sellaisten biopolttoaineiden, joiden käyttö onnistuu perinteisillä moottoreilla. Näin välttyttäisiin suurilta investointikustannuksilta, jotka tulisivat kuluttajille sekä yrittäjille.

## 3.5 **Hybridit**

Kun sähkön osuutta tieliikenteessä halutaan lisätä, eivät vaihtoehdot rajoitu vain täyssähköautoihin. Hybridiautoissa on perinteisen polttomoottorin lisäksi akku ja sähkömoottori, jolloin polttomoottorin polttoaineenkulutusta saadaan pienennettyä merkittävästi. Se onkin tässä työssä käsitellyistä vaihtoehdoista käyttövoimista tällä hetkellä Suomessa yleisin. Syynä siihen lienee alhainen ajoneuvovero verrattuna muihin



vaihtoehtoihin, sekä se, että kallistuva bensiinin hinta ajaa kuluttajia valitsemaan pienen kulutuksen omaavia vaihtoehtoja. Myös halu valita ympäristöystävällisempi vaihtoehto vaikuttanee ostopäätöksiin.

Ensimmäinen massatuotantoon päässyt hybridauto oli Toyota Prius, jonka tuotanto aloitettiin vuonna 1997, mutta suomessa hybridautojen yleistyminen alkoi vasta 2010-luvulla. Dieselhybridit ovat selkeästi harvinaisempia kuin bensiinihybridit. Tällä hetkellä Suomen hybridautoista vain noin 10 % on dieselhybridejä. Vaikka hybridautot ovat yleisimpiä vähäpäästöisten käyttövoiman omaavia autoja, muodostavat ne silti vain noin 0,8 % kotimaan autokannasta vuonna 2019. (Mi, Masrur 2018) (Traficom 2021a)

Hybriditekniikkaa voidaan käyttää voimansiirron näkökulmasta kahdella tavalla: kytkemällä sähkö- ja polttomoottori joko sarjaan tai rinnan.”. Jos kyse on ”sarjaan kytketystä järjestelmästä” käytetään polttomoottoria ainoastaan sähköntuotantoon, ja ainoastaan sähkömoottori pyörittää kulkuneuvon pyöriä. ”Rinnan kytketyssä” hybridaajoneuvossa puolestaan sähkömoottori ja polttomoottori toimivat toisiaan tukevana voimantuottajina, ja ne ovat molemmat kytketty auton pyöriä pyörittävään voimansiirtolinjaan. (Mi, Masrur 2018)

Hybridautoja esiintyy pääosin kahdenlaisia, HEV (Hybrid electric vehicle) ja PHEV (Plug-in hybrid vehicle) tekniikalla varustettuja vaihtoehtoja. PHEV:ien ero HEV-autoihin on se, että niiden akkua voi ladata pistokkeella. Myös akkujen kapasiteetti on suurempi, joka mahdollistaa tyypillisesti noin 50 km ajomatkan pelkän sähköavulla. Ensimmäiset markkinoille tulleet hybridit olivat HEV:jä ja ne ovat vieläkin yleisiä.

Sähkömoottorilla on voimansiirron kytkennästä riippumatta myös toinen tärkeä tehtävä ajoneuvon pyörien pyörittämisen lisäksi. Sen avulla on mahdollista varastoida jarrutuksissa muuten hukkaan menevää liike-energiaa. Se on yksi syy, miksi hybridautojen polttoaineen kulutus on merkittävästi pienempi, kuin vastaavien bensiinikäyttöisten ajoneuvojen, varsinkin kaupunkiajossa.

### 3.5.1 Päästöt

HEV:ien päästöt eivät kuitenkaan sähkömoottorista huolimatta ole kovinkaan paljoa bensiinimalleja pienemmät. Katsottaessa esimerkiksi Toyotan tai Volkswagenin

hybridimallistoja, ovat keskikokoisten farmariautojen hiilidioksidipäästöt WLTP:n mukaan noin 100 g/km kun taas bensiinikäyttöisten 100...120 g/km. Vaikuttaakin siltä, että ne eivät oikeasti ole perinteisiä käyttövoimavaihtoehtoja juurikaan ympäristöystävällisempiä. (Toyota 2021a) (Volkswagen 2021)

Ladattavilla hybridiautoilla on taas mahdollista saavuttaa huomattavasti pienempiä hiilidioksidipäästötasoja varsinkin lyhyillä matkoilla, jotka voidaan suorittaa kokonaan ajoakkaa käyttäen. Toisaalta Plug-in hybridiauton omistajalla on suurempi vaikutusmahdollisuus ajon todellisiin päästöihin. Osa kuluttajista voi tehdä niin, ettei lataa akkaa ollenkaan, jolloin päästöt voivat olla suuremmat, kuin vastasaavassa bensiini- tai dieselautoissa johtuen ajoakun painosta.

On myös tiedostettava, että hybridiauton valmistuksessa syntyvät päästöt ovat perinteisiä autoja korkeammat johtuen Litium-ioniakun melko korkeista valmistuksessa syntyvistä päästöistä. (Han Hao, et al 2017)

### 3.5.2 Pohdinta

Vaikka hybrideillä päästöt ovat tyypillisesti hieman pienemmät kuin bensiini tai dieselautoilla, eivät ne välttämättä ole tapa, jolla Suomi pääsee päästöttömään liikenteeseen vuoteen 2045 mennessä. Ongelmana on edelleen ajoneuvon energiajärjestelmän toinen komponentti, joka on lähes poikkeuksetta edelleen fossiilinen. Vaikka uusiutuvaa dieselpolttoainetta valmistetaankin, on sen osuus todella pieni ja sen tuotannon kasvattamisessa vielä haasteita.

## 3.6 Vetyautot

Yksi käyttövoimavaihtoehto, josta on ollut puhetta jo vuosien ajan, on vetykäyttöiset autot. Niissä autoa liikuttaa sähkömoottori, joka saa energiansa polttokennosta, joka tuottaa sähköä vedyn avulla. Sen etuna sähköautoon verrattuna on nopat tankkausajat ja se, että ne eivät tarvitse painavaa akkaa. Pohjoismaiden tieliikenteessä vety ei ole ainakaan toistaiseksi kaupallisessa jakelussa. Maailmalla vetyautoja on kuitenkin käytössä. (Palmumaa 2009) Niiden osuus valmistajien tuotannosta on kuitenkin vielä marginaalinen, ja ne ovat kalliita verrattuna muihin vaihtoehtoihin. Vetyautoja

valmistavat tällä hetkellä ainakin Toyota mallinaan Mirai ja Hyundai mallillaan NEXO. (Hyundai 2018) (Toyota 2021b)

#### **4 POHDINTA**

Mikäli Suomi haluaa vähentää ja lopulta nollata liikenteen kasvihuonekaasupäästöt, on sen muutettava verotustaan niin, että se rohkaisee kuluttajia ostamaa ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja.

Yksi vaihtoehto tähän on tehdä bensiini- ja dieselautoilusta kalliimpaa. Se voidaan toteuttaa korottamalla kyseisten polttoaineiden verotusta suoraan tai lisäämällä autoveroa tai ajoneuvoveroa. Polttoaineiden kallistamisella on myös se väliaikainen hyöty, että se ajaa kuluttajia vähentämään autoilua. Haittana siinä on se, että nykyisin lähes täysin dieselillä toimiva logistiikkateollisuus joutuu korottamaan kuljetushintojaan, joka taas näkyy lähes kaikkien Suomalaisten tuotteiden hinnoissa. Tämä voi laskea Suomen kilpailukykyä ja ajaa teollisuutta muihin maihin, joissa tuotanto on edullisempaa, joka on Suomen kansantaloudelle epäedullinen tilanne. Jos taas raskasta liikennettä varten tulee markkinoille ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja, joutuvat logistiikkayritykset tekemään kalliita investointeja. Olisikin siis tärkeää, että päättäjät viestisivät verotuksen muutosaikeistaan ajoissa, ja mahdollisesti tekisivät yhteistyötä yritysten kanssa, jotta yritykset voisivat tehdä järkeviä investointeja oikeaan aikaan. Olisi myös mahdollista erottaa ammatiliikenne ja henkilöautoilu erikseen, esimerkiksi nostamalla dieselautoilun ajoneuvoveroa korkealle, joka ajaisi kuluttajat siirtymään ympäristöystävällisempiin vaihtoehtoihin, mutta raskasta liikennettä tämä muutos ei koskisi. Myös tällaisessa muutoksessa on tärkeää, että päättäjät tekevät suunnitelmat muutoksessa ajoissa, sekä viestivät tulevista muutoksista paljon etukäteen, jotta välttytään epäreilulta tilanteelta, jossa kuluttaja hankkii uuden ajoneuvon ja joutuu luopumaan sen käytöstä pian hankinnan jälkeen yllättäen nousseiden kulujen takia.

Toinen vaihtoehto vähäpäästöisemmän tieliikenteen saavuttamiseksi on ympäristöystävällisempien vaihtoehtojen verotuksen pienentäminen. Se ei välttämättä ole niin tehokas tapa, sillä vähäpäästöisempien ajoneuvojen hankintahinnat ovat tyypillisesti korkeammat, kuin perinteisten polttoaineiden, joten kuluttajan saama säästö voi jäädä pieneksi. Olisikin siis tarpeellista aktiivisesti tukea kuluttajien hankintoja kuten nytkin jo

tehdään esimerkiksi sähköauton hankintatuen ja bensiiniauton kaasuautoiksi muuttamiseen annetaan.

Tällä hetkellä parhailta käyttövoimavaihtoehdoilta tieliikenteen päästöjen vähentämiseen näyttävät biokaasu sekä sähkö. Biokaasun etuna on se, että sen tuotantokapasiteettia pystytään kasvattamaan vielä runsaasti nykyisestä, ja se on jo nyt hinnaltaan varsin kilpailukykyistä. Kuitenkin vuotuinen bensiini ja sähköautoa korkeampi ajoneuvovero madaltaa kaasuautojen houkuttelevuutta. Jos valtio haluaisi lähteä vähentämään päästöjä lisäämällä kaasuautoilua, olisi biokaasun oltava saman hintaista tai jopa edullisempaa, kuin maakaasu, jotta kuluttajat todella ostaisivat sitä. Sähkön etuna on suuren mittakaavan kuvassa se, että voidaan vain keskittyä sähköntuotannon päästöjen pienentämiseen. Lisäksi kehitteillä oleva akku teknologia näyttää todella lupaavalta, ja pystynee kumoamaan tämänhetkiset sähköautoilun käytännöllisyyden haasteet. Tekniikan kehittyessä on kuitenkin se haaste, että kuluttajat eivät välttämättä halua välittömästi investoida tämän hetken teknologialla varustettuun autoon, jos muutaman vuoden päästä markkinoille tulee täysin uudella tasolla oleva auto, jonka jälkeen heidän autonsa on myyntimarkkinoilla selvästi heikompiarvoinen.

## **5 YHTEENVETO**

Tämän kandidaatintyön tavoitteena oli tehdä selvitys vähäpäästöisistä ja päästöttömistä liikennepolttoaineista Suomessa. Työ pohjautuu Suomen tavoitteisiin liikenteen päästöjen vähentämisessä nollaan vuoteen 2045 mennessä. Lisäksi työssä käsiteltiin liikenteeseen liittyvää verotusta, sekä päästöjen ja kulutuksen mittaamiseen käytettäviä tapoja. Työssä oli useita vertailuja, jotka konkretisoivat eri vaihtoehtojen kuluja kuluttajan näkökulmasta. Parhaimmilta vaihtoehdoilta päästöjen vähentämistä varten tällä hetkellä näyttävät biokaasu sekä täyssähköauto.



## LÄHDELUETTELO

APS News, 2012, Has The Battery Bubble Burst? [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa: <https://www.aps.org/publications/apsnews/201208/backpage.cfm>

Autoalan tiedotuskeskus, 2020, Tieliikenteen energiankulutus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa:

[https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen\\_energiankulutus/tieliikenteen\\_energiankulutus](https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_energiankulutus/tieliikenteen_energiankulutus)

Autoalan tiedotuskeskus, 2020, Liikennepolttoaineiden verotus. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa:

[https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen\\_verotus/polttonesteiden\\_verotus](https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen_verotus/polttonesteiden_verotus)

Battery Industry, 2020, 2000km on a single charge: revolutionary EV batteries to enter industrial trials. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa:

<https://batteryindustry.tech/2000-km-on-a-single-charge-brighsuns-revolutionary-ev-batteries-to-enter-industrial-trials/>

Energiavirasto, 2021, Sähkön hintatilastot. [verkkajulkaisu]. [viitattu 11.8.2021]

Saatavissa: <https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatilastot>

European Environment Agency, 2018, Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa:

<https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>

Gasum, 2021a, Maakaasumarkkina Suomessa [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa: <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/maakaasumarkkina-suomessa/>

Gasum, 2021b, Biokaasu osana kiertotaloutta. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa: <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/>

Gasum, 2021c, Polttoaineiden ilmastovaikutukset mitataan koko elinkaareltä – mikä on biokaasun hiilijalanjälki. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa:

<https://www.gasum.com/ajassa/puhdas-liikenne/2020/polttoaineiden-ilmastovaikutukset-mitataan-koko-elinkaarelta--mika-on-biokaasun-hiilijalanjalki/>

Gasum, 2021d, LNG and LBG help heavy transport and logistics to reduce emissions [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.gasum.com/en/sustainable-transport/road-transport/transport-with-lng/>

Gasum, 2021e, Maa- ja biokaasun hinnat tankkausasemilla. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaakaasua/tankkaushinnat/>

Han Hao, 2017, HAN HAO and ET AL, GHG Emissions from the Production of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles in China. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/504>

Hasan, M.M, Rahman, M.M, 2017, Performance and emission characteristics of biodiesel–diesel blend and environmental and economic impacts of biodiesel production: A review.

Hirvonen Sami, 2020, Sähköautojen valmistuksen kasvihuonepäästöt. Saatavissa:

[https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160890/Kandityo\\_Sami\\_Hirvonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/160890/Kandityo_Sami_Hirvonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Holopainen Teemu, 2019, Sähköautokannan lisäämisen haasteita. Saatavissa:

[https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159829/Kandidaatintyo\\_Holopainen\\_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/159829/Kandidaatintyo_Holopainen_Teemu.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

HSL, 2020, Helsingin seudun linjoille tulee 30 uutta täyssähköbussia [verkkajulkaisu].

[viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.hsl.fi/hsl/uutiset/uutinen/2019/08/helsingin-seudun-linjoille-tulee-30-uutta-tayssahkobussia>

Hyundai, 2018, Hyundai NEXO. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.hyundai.fi/mallisto/nexo/>



Kaasuautoilu, 2021, Konversiot/muutokset. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]  
Saatavissa: <https://kaasuautoilu.fi/kaasuautot/konversiot-muunnokset/>

Korhonen Miika, 2016, Etanoli liikennepolttoaineen Suomessa. Saatavilla:  
[https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/123349/kandidaatintyo\\_korhonen\\_miika.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/123349/kandidaatintyo_korhonen_miika.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Liikenne- ja viestintävirasto, 2020, Ajoneuvoveron rakenne ja määrä. [verkkajulkaisu].  
[viitattu 17.6.2021] Saatavissa:  
<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoveron-rakenne-ja-maara>

Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018, Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen  
2045. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:  
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161210/LVM\\_13\\_18\\_Toimenpideohjelma%20hiilettomaan%20liikenteeseen%202045%20Liikenteen%20ilmastopolitiikan%20tyoryhman%20loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161210/LVM_13_18_Toimenpideohjelma%20hiilettomaan%20liikenteeseen%202045%20Liikenteen%20ilmastopolitiikan%20tyoryhman%20loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Mi, C. and Masrur, M.A., 2018, Hybrid Electric Vehicles. [verkkajulkaisu]. [viitattu  
17.6.2021] Saatavissa:  
[https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=5PIODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=hybrid+electric+vehicles&ots=NWtbWRIx\\_n&sig=jP9pYGOyHbHbnn6B00o4hdx1j3Q&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=5PIODwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA17&dq=hybrid+electric+vehicles&ots=NWtbWRIx_n&sig=jP9pYGOyHbHbnn6B00o4hdx1j3Q&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)

MOTORTREND, 2020. Toyota's Solid-State Battery Prototype Could Be an EV Game  
Changer. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:  
<https://www.motortrend.com/news/toyota-solid-state-battery-ev-2021/>

Neste, 2021, Neste MY uusiutuva diesel™ – suorituskykyinen ja vähähiilinen  
biopolttoaine. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:  
<https://www.neste.fi/vastuulliset-ratkaisut/tuotteet/uusiutuvat-polttoaineet/neste-my-uusiutuva-diesel>

Palmumaa Petteri, 2009, Akku ja vetypolttokenno sähköauton voimanlähteenä.

Saatavilla: <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/44515/nbnfi-fe200903191249.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sarin Amit, 2012, Biodiesel production and properties.

Scania, 2019, Lappeenrannan kaasubusseille kahdeksan vuoden sopimuskausi.

[verkkojulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.scania.com/fi/fi/home/experience-scania/features/2019/Lappeenrannan-kaasubussit.html>

Sirainen, Antti, 2014, Bio- ja maakaasu liikennepolttoaineena. Saatavissa:

<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/102326/Kandidaatinty%c3%b6%20Antti%20Sirainen.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Skoda, 2021, Uusi ŠKODA OCTAVIA VM2021-hinnasto. [verkkojulkaisu]. [viitattu

17.6.2021] Saatavissa: <http://web.skoda.fi/lataukset/uusi-octavia/uusi-octavia/Uusi-SKODA-OCTAVIA-suositushinnasto.pdf>

Teboil, Teboil Green + uusiutuva diesel. [verkkojulkaisu]. [viitattu 17.6.2021]

Saatavissa: <https://www.teboil.fi/tuotteet/diesel/teboil-green-uusiutuva-diesel/>

The Guardian, 2018, World's first electrified road for charging vehicles opens in Sweden.

[verkkojulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.theguardian.com/environment/2018/apr/12/worlds-first-electrified-road-for-charging-vehicles-opens-in-sweden>

Tilastokeskus, 2019, Tieliikenteen ajokilometreissä edelleen hienoista kasvua.

[verkkojulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa:

<https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/tieliikenteen-ajokilometreissa-edelleen-hienoista-kasvua/?listing=simple>

Toyota, 2021a, Prius Active. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.toyota.fi/autot/prius/index.json>

Toyota, 2021b, Toyota Mirai vetyautojen edelläkävijä. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.toyota.fi/toyota/ymparisto-teknologia/mirai/index.json>

Traficom, 2021, Ajoneuvokannan tilastot. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/tilastot/ajoneuvokannan-tilastot?toggle=K%C3%A4ytt%C3%B6voimat>

Traficom, 2021. Sähköauton hankintatuki. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki>

Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017, Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/3506436/Valtioneuvoston+selonteko+kansallisesta+energia-+ja+ilmastostrategiasta+vuoteen+2030.pdf/b09bf380-8ef4-48af-a6fb-a0634674e5f5/Valtioneuvoston+selonteko+kansallisesta+energia-+ja+ilmastostrategiasta+vuoteen+2030.pdf>

UPM, 2021, UPM BioVerno -diesel sopii kaikkiin dieselmoottoreihin. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.upmbiofuels.com/fi/liikennepolttoaineet/upm-bioverno-diesel-polttoaine/>

Valtioneuvosto, 2020, Liikenteen päästöt puoleen 2030 mennessä – tarvitaan laaja keinovalikoima. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/liikenteen-paastot-puoleen-2030-mennessa-tarvitaan-laaja-keinovalikoima>

Valtiovarainministeriö, 2021, Autovero, [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://vm.fi/autovero>

Volkswagen, 2021a, ID.3 [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://api.k-auto.fi/priceCatalog/api/PriceCatalog/60077705-e852-46bc-a215-b5f50e7c2d73>

Volkswagen, 2021b, Uusi Golf [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://api.k-auto.fi/priceCatalog/api/PriceCatalog/7f43e95b-41f2-4a65-8bbe-62b078517647>

VTT, 2017a, Hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2</sub>ekv [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2ekvs.htm>

VTT, 2017b, Uudet dieselmoottorin biopolttoainevaihtoehdot. Golf [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: [http://www.transsmart.fi/files/436/Uudet\\_dieselmoottorin\\_biopolttoainevaihtoehdot\\_BioPilot-loppuraportti\\_VTT-R-02415-17.pdf](http://www.transsmart.fi/files/436/Uudet_dieselmoottorin_biopolttoainevaihtoehdot_BioPilot-loppuraportti_VTT-R-02415-17.pdf)

Väylävirasto, 2020, Kutsu medially: Tieverkon sähköistämisen mahdollisuudet Suomessa. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://vayla.fi/-/kutsu-medially-tieverkon-sahkoistamisen-mahdollisuudet-suomessa>

European Automobile Manufacturers' Association, 2021a, What is WLTP and how does it work. [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.wltpfacts.eu/what-is-wltp-how-will-it-work/>

European Automobile Manufacturers' Association, 2021b, From NEDC to WLTP: What will change? [verkkajulkaisu]. [viitattu 17.6.2021] Saatavissa: <https://www.wltpfacts.eu/from-nedc-to-wltp-change/>

