

**Pasi Karjalainen**

## **MOOTTORITEKNOLOGIOIDEN TULEVAISUUDENNÄKYMİÄ AUTOILUSSA**

**Pohdintoja ja laskelmia yleisimpien moottoritekniologioiden tulevaisuudesta  
kuluttajan ja yhteiskunnan kannalta**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Tuotantotalouden koulutus  
Toukokuu 2021**



<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Toukokuu 2021	<b>Tekijä/tekijät</b> Pasi Karjalainen
<b>Koulutus</b> Insinööri Tuotantotalous		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Työn nimi</b> MOOTTORITEKNOLOGIOIDEN TULEVAISUUDENNÄKYMÄÄ AUTOILUSSA. Pohdintoja ja laskelmia yleisimpien moottoritekniologioiden tulevaisuudesta kuluttajan ja yhteiskunnan kannalta		
<b>Työn ohjaaja</b> Aki Suokko		<b>Sivumäärä</b> 44

Työssä perehdyttiin ajoneuvojen erilaisiin moottoritekniologioihin liikenteessä talouden, ekologisuuden ja päästöjen kannalta yhteiskunnan ja kuluttajan näkökulma huomioiden. Vaikuttavat taustatekijät, historia ja yhteiskunnan asema muutosten ohjaajana muutoksille käytiin läpi taustoituksena. Näin kartoitettiin nykyisen tilanteen ja sen syntyyn vaikuttaneita tekijöitä. Tämän jälkeen pohdittiin, mikä olisi järkevää ja vastuullista toimintaa tulevaisuudessa, ottaen huomioon eri osapuolten tarpeet yhteiskunnassamme mahdollisimman laaja-alaisesti.

Työn toisena näkökulmana oli kuluttajan asema tässä autoilun kokonaisuudessa ja se, mikä on valvutuneen kuluttajan kannalta sekä ekologisin että mahdollisesti samalla taloudellisesti järkevin vaihtoehto lähivuosien aikana.

Tutkittavien ongelmien selvittämiseksi laadittiin laskelmat, joiden perusteella syntyivät selkeät suuntaviivat kuluttajan valinnoille. Laskelmissa painotettiin uuden auton viiden vuoden käyttöjakson kulut arvonalenemiseen ja saman aikajakson tuottama päästömäärä. Nykyisin vallitsevilla tekijöillä selkeästi parhaiten niin ekologisuuden kuin taloudenkin kannalta autoilu toteutuu sähköautoilla.

Lopputulokset antavat laskelmien ja niistä muodostettujen päätelmien muodossa selkeän vastauksen kuluttajan tilanteeseen nykyisessä autoilussa. Yhteiskunnan kannalta lopputuloksissa pohditaan laajalla perspektiivillä näkökulmaa kokonaisuuden suuntauksiin, vaikuttaviin tekijöihin ja tarpeisiin tulevaisuudessa.

**Asiasanat**

autoilu, CO<sub>2</sub>, ekologia, hiilidioksidi, hiilijalanjälki, ilmasto, infrastuktuuri, kestävä kehitys, liikenne, maapallon lämpeneminen, moottori, Pariisin ilmastopöytäkirja, polttomoottorit, sähköautot, teknologia, valtio, verot

**ABSTRACT**

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> May 2021	<b>Author</b> Pasi Karjalainen
<b>Degree programme</b> BEng (Poly), Industr. Man.		
<b>Name of thesis</b>  FUTURE PROSPECTS OF ENGINE TECHNOLOGIES IN MOTORING. Reflections and calculations on the future of the most common engine technologies from the point of view of the consumer and society		
<b>Centria supervisor</b> Aki Suokko		<b>Pages</b> 44
<p>This thesis focused on the different engine technologies of vehicles in transport, taking into account the economic, ecological and emission aspects of society and the consumer. Influencing background factors, history and society's role as a guidance for change, are discussed to provide background knowledge. This helped to map out the current situation and the factors that contributed to it. It was considered what would be sensible and responsible action in the future, taking into account the needs of the various parties involved in our society on the widest possible scale.</p> <p>Another aspect of this thesis was the position of the consumer in this whole motoring and what the most ecological and, at the same time, the most economically sensible option for the consumer over the next few years.</p> <p>In order to identify these problems to be investigated, calculations were made which provided clear guidelines for the consumer's choices. The calculations focused on the costs of the five-year operating period of a new car, including depreciation and the amount of emissions generated during this period. With the current factors, clearly the best option for motoring is electric cars, both in terms of ecology and the economy.</p> <p>Based on the calculations and the conclusions drawn from them, the results provide a clear answer to the consumer's situation in today's motoring. From the society's point of view, the final results reflect with a broad perspective on the trends, influencing factors and needs of the whole in the future.</p>		
<p><b>Key words</b> carbon dioxide, carbon footprint, climate, CO<sub>2</sub>, ecology, electric cars, engine, global warming, infrastructure, internal combustion engines, motoring, Paris Climate Agreement, sustainable development, state, taxes, technology, transport</p>		

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **Akusto**

Useista toisiinsa kytketyistä akuista koostuva virtalähde.

### **Biopolttoaine**

Biomassoista eli eloperäisistä aineista valmistettu polttoaine.

### **Dieslegate**

Päästöhuijausskandaali, jossa eräät autonvalmistajat manipuloivat dieselmoottorin päästöarvoja ohjelmoinnilla pienemmäksi testeissä.

### **Fiskaaliset verot**

Valtion menojen rahoituspohjan kannalta tärkeä verotus.

### **Formaldehydi**

Terveydelle haitallinen kaasu, jota käytetään erilaisina yhdisteinä myös teollisuuden tuotannossa.

### **Hiilidioksidiekvivalentti CO<sub>2</sub>-ekv tai CO<sub>2</sub>e**

Suure, jolla kuvataan ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta. Tällä vaikutuksella tarkoitetaan kasvihuonekaasujen yhteenlaskettua, globaalia ilmastopakotetta eli ilmastoa lämmittävää vaikutusta. Ilmoitetaan usein massana, ja muiden kasvihuonekaasujen vaikutus muunnetaan vastaamaan hiilidioksidin ilmastovaikutusta.

### **Hiilinielu**

Prosessi, toiminto tai mekanismi, joka poistaa hiilidioksidia ilmakehästä. Nielun määrällinen yksikkö on poistuma ja siitä käytetään usein myös termiä negatiivinen päästö. Vaikutuksen osalta voidaan tarkoittaa myös hiilidioksidiekvivalentiksi muutettua kasvihuonekaasua, aerosolia tai kasvihuonekaasun esiastetta.

### **Hybridi**

Ajoneuvotekniikassa kahden erilaisen voimanlähteen yhdistelmä.

**Kotilataus**

Ajoneuvojen lataamista kotona sähköverkosta.

**Lataushybridi**

Hybridiauto, jota voidaan ladata ulkoisesta lähteestä.

**Latauspiste**

Sähköpiste, joka on tarkoitettu sähköauton lataukseen.

**Pienhiukkaset**

Pieniä, halkaisijaltaan alle 2,5 µm olevia, ilmassa leijuvia haitallisia hiukkasia.

**Typen oksidit**

Typen ja hapen muodostamia kaasuja, joita syntyy palamisen yhteydessä. Tyypillisimmät näistä ovat typpimonoksidi ja typpidioksidi. Näiden negatiivisia vaikutuksia ovat esimerkiksi happamoituminen, nokeaminen ja kasvihuoneilmiön lisääntyminen.

**Orgaaniset haihtuvat yhdisteet (kaasut)**

Terveydelle ja ympäristölle haitallisia kaasujen yhdisteitä, jotka voivat edistää kasvihuoneilmiötä tai aiheuttaa erilaisia terveyshaittoja, kuten hengityselinten ongelmia ja syöpiä.

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 HISTORIAA JA TAUSTAA NYKYTILANTEELLE .....</b>	<b>2</b>
2.1 Autoistuvan yhteiskunnan synty .....	2
2.2 Autokannan kehitys .....	2
2.3 Autokanta Suomessa .....	4
<b>3 AUTOILUN VASTUULLISUUS JA EKOLOGISET HAASTEET .....</b>	<b>6</b>
3.1 Globaalit ekologiset haasteet .....	6
3.2 Autojen ja liikenteen vaikutus ekologiaan .....	7
3.3 Liikenteen päästöistä ja tavoitteista .....	9
<b>4 MOOTTORITEKNOLOGIAT ERILAISISSA VIITEKEHYKSISSÄ.....</b>	<b>11</b>
4.1 Yhteiskunnalliset viitekehukset.....	11
4.2 Käyttäjien toiveet .....	11
4.3 Yleiset moottoritekniologiat ja niiden tulevaisuus .....	13
4.3.1 Nykyiset moottoritekniologiat .....	17
4.3.2 Vaihtoehtoiset polttoaineet ja niiden yhdistelmät.....	18
4.4 Yhteiskunnan vaikutus moottoritekniologioihin ja muutostrendit .....	19
4.5 Yhteiskunnan tarpeet verotuksen osalta.....	20
4.6 Energian tuotanto, liikkumisen tarpeet ja teknologian kehitys.....	21
<b>5 MOOTTORITEKNOLOGIOITA VERTAILEVIA LASKELMIA KULUTTAJANÄKÖKULMASTA .....</b>	<b>24</b>
5.1 Moottoritekniologioiden ja autojen valinta .....	24
5.2 Laskelmien perusolettamat .....	25
5.2.1 Sähkön ja polttoaineiden hinnat .....	25
5.2.2 Aikajänne, käyttö ja arvonmääritys.....	28
5.2.3 Hiilidioksidipäästöt .....	30
5.3 Laskelmat.....	31
5.4 Laskelmien huomioita.....	32
<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET LASKELMISTA.....</b>	<b>35</b>
6.1 Kokonaisuuden tarkastelu.....	35
6.2 Moottoritekniologian valinta kuluttajan kannalta.....	36
6.3 Muita vaikuttavia tekijöitä, verotus .....	37
6.4 Laskennan yhteenveto .....	38
6.4.1 Laskelma .....	38
6.4.2 Laskelmien muutokset ja epävarmuustekijät .....	38
6.4.3 Muuttuva ansaintalogiikka ja hinnoittelu .....	39
6.4.4 Latausinfraan ja -kulttuurin vaikutus sähköautoiluun.....	40
6.5 Loppupäätelmät .....	41
<b>7 YHTEENVETO .....</b>	<b>42</b>

**LÄHTEET .....45**

**KUVIOT**

KUVIO 1. Autojen valmistusmäärät maailmassa kokonaisuutena ja valmistusmaittain.....	3
KUVIO 2. Käytettynä maahantuotujen autojen määrän kehitys.....	5
KUVIO 3. Suomen autokanta, kaikki ajoneuvot, liikennekäytössä olevat, pl. Ahvenanmaa.....	5
KUVIO 4. Liikenteen hiilidioksidipäästöt Suomessa ja tavoitteet tulevaisuuteen. ....	8
KUVIO 5. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, henkilöautot. ....	14
KUVIO 6. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, raskaat kuorma-autot, yli 16t.....	15
KUVIO 7. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, pakettiautot ja pikkubussit.....	16
KUVIO 8. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, isot linja-autot, yli 8t.....	17
KUVIO 9. Polttoaineiden hintakehitys .....	28
KUVIO 10. Auton elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt kokoluokittain ja käyttövoimittain.....	31
KUVIO 11. Auton tuotantokustannusten kehityksen ennuste .....	34

**KUVAT**

KUVA 1. Sähköauton lataushintoja.....	26
---------------------------------------	----

**TAULUKOT**

TAULUKKO 1. Valtion verotulot tieliikenteestä .....	10
TAULUKKO 2. Laskennan perusarvoja .....	29
TAULUKKO 3. Laskenta ja sen lopputulokset .....	32

## 1 JOHDANTO

Autoilu on yhdessä suurimmista murroksistaan johtuen moottoritekniologian muutoksista ja niistä johdetuista tarpeista muuttaa autoilun infrastruktuuria. Mikä on tähän tilanteeseen johtanut ja miten käyttäjän on nyt järkevää toimia?

Tämän insinööriyön teemana on pohtia näitä moottoritekniologioiden tulevaisuudennäkymiä kuluttajan ja yhteiskunnan kannalta. Miten kuluttaja saa omalle pääomalleen parhaan vastineen ja pystyy myös samalla olemaan mahdollisimman ekologinen? Insinööriyössä pohditaan myös niitä ristipaineita, joihin yhteiskunnassa joudutaan vastaamaan liikenteen verotuksessa. On nähtävissä intressiristiriitaa fisikaalisten eli yhteiskunnan veropohjan kannalta tärkeissä veroissa samalla kun liikenteen verotuksella pitää ohjata liikennettä kestävämmäksi.

Uudet moottoritekniologiat autoissa ovat useimmiten keksintöinä kohtuullisen vanhoja, mutta yleisessä tarjonnassa ja siten kuluttajien laajemmassa käytössä ne ovat olleet vasta aivan viime aikoina. Myös niihin liittyvät yhteiskunnalliset toiminnot (infrastruktuuri, jakelujärjestelmät, verotuskäytänteet) ovat vasta rakentumassa, ja lopullisten päälinjojen toteutumiseen tulee menemään vielä vuosia. Polkuriippuvuus on suurta, peritty infrastruktuuri vaikuttaa tulevaisuuteen eikä tyhjältä pöydältä päästä aloittamaan. Näistä seikoista johtuen tässä insinööriyössä on käytetty paljon ajantasaisia tietolähteitä valtiohallinnon selonteista erilaisiin julkaisuihin ja artikkeleihin. Suomen erityispiirteet huomioivia lähteitä on ollut varsin niukasti ja yhteiskunnallisen ja teknisen kehityksen myötä osa niistä on nopeasti vanhentunutta.

Työssä pohditaan sitä, kuinka nykyiseen tilanteeseen on päädytty ja mihin suuntaan kehitys kenties on menossa. Kysymys on vaikea, sillä siihen sisältyy paljon teknologiaa, yhteiskunnallisia intressejä, markkinoiden toimintaa ja myös kansainvälisiä näkökulmia. Loppukuluttajan kannalta on kuitenkin usein oleellista se, mikä on itselle sopivin, taloudellisin ja ekologisin vaihtoehto. Kuluttajasta riippuen painotus näiden välillä voi vaihdella. Tämän työn laskelmat ja johtopäätökset osoittavat, että taloudellisuus ja ekologisuus ovat yhdistettävissä, mutta sopivuus on paljon subjektiivisempi asia. Lopuksi pohditaan yleisimpien käyttövoimaratkaisujen tulevaisuutta.



## 2 HISTORIAA JA TAUSTAA NYKYTILANTEELLE

Autot ja liikenne kokonaisuudessaan ovat olleet jo kauan tärkeä osa yhteiskuntaa. Ihmisten ja tavaroiden liikkuminen on kasvanut jo pitkään ja liikenteen ympärille on muodostunut paljon erilaista liiketoimintaa aina valmistuksesta erilaisiin palveluihin. Nykytilanteeseen on tultu monien erilaisten tapahtumien ja vaikutteiden seurauksena. Tässä luvussa kuvataan taustoja, miten nykypäivän tilanteeseen on tultu.

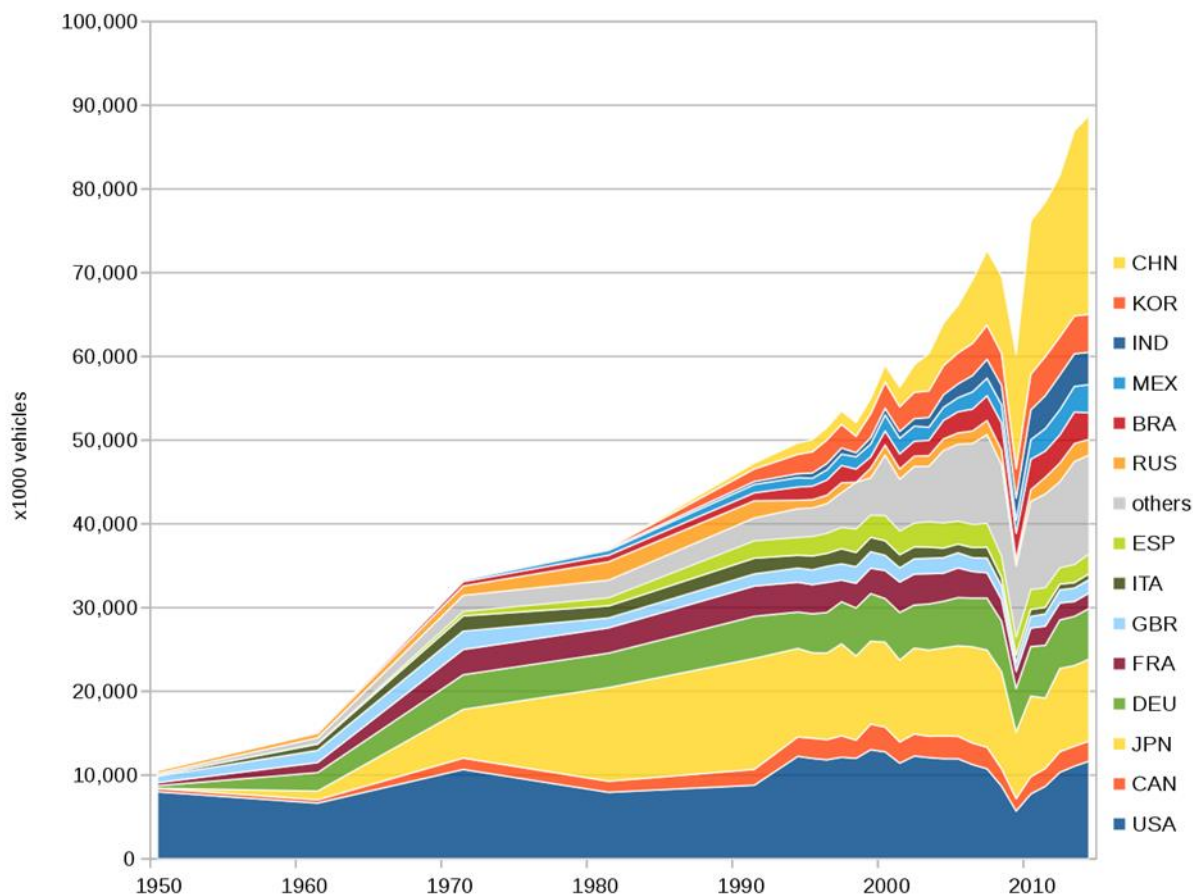
### 2.1 Autoistuvan yhteiskunnan synty

Autoilu on suuressa murroksessa ja on ollut sitä alkumetreiltään asti monesti ennenkin. Autoilu vapautti ensimmäistä kertaa ihmiskunnan liikkumista jo yli sata vuotta sitten, mutta lopullinen autoilun läpimurto on syntynyt teknologisen kehityksen ja länsimaisen varallisuuden kasvun turvin lopullisesti vasta sotien jälkeen ja ennen kaikkea 1970- ja 1980-luvuilla. Tällöin autojen valmistusmäärät kasvoivat myös sarjatuotannon kehittymisen ansioista ja samalla autojen hinnat laskivat. Tätä muutosta tuki myös yhteiskunnallisen säännöstelyn oheneminen erityisesti Suomessa. Samoihin aikoihin länsimainen taloudellinen kehitys on pohjustanut nykyisen yhteiskunnallisen mallin, jossa samassa ruokakunnassa on usein useampia autoja aiemman yhden sijaan. Auto ei ollut enää ylellisyshyödyke, vaan siitä on tullut tarpeellinen kodin käyttöhyödyke ja joidenkin mukaan jopa perusoikeus. Tarve on usein myös niin suuri, että yksi auto ei täytä ruokakunnan autoilun käyttötarpeita. Joskus auto on myös harrastus. (Suomi on muuttunut vuosisadassa maatalousmaasta jälkiteolliseksi yhteiskunnaksi; Autoteollisuus [Production Statistics]; Vuosisata suomalaista autoilua 2007; Humalamäki 2006, 1–17.)

### 2.2 Autokannan kehitys

Kuten kuviosta 1 ilmenee, autojen valmistusmäärät ovat kasvaneet viime vuosikymmeninä siten, että vuonna 2017 saavutettiin maailmassa lähes sadan miljoonan valmistuneen auton raja, valmistuneiden autojen määrän ollessa yli 97 miljoonaa kappaletta. Kymmenen vuotta aiemmin autoja valmistui noin 73 miljoonaa kappaletta. Heikot taloudelliset jaksot ovat perinteisesti vähentäneet valmistusmääriä vain lyhyehkön ajan, noin pari vuotta kerrallaan. Valmistusmäärien kehitys on pitkällä aikavälillä ollut vahvasti kasvava. Autoilun kasvun osalta puhutaan jopa megatrendistä. Kasvua on viime vuosina ollut paljon Aasiassa, sekä tuotannon että käytön osalta. Aasia lieneekin samassa tilanteessa, kuin länsimaat

olivat muutama vuosikymmen sitten autoilun kasvussa ja kehitymisessä. Suuri kysymys tulevaisuudessa onkin; onko Aasian jälkeen Afrikan vuoro teollistua ja autoistua? (Autoteollisuus; Production Statistics.)



KUVIO 1. Autojen valmistusmäärät maailmassa kokonaisuutena ja valmistusmaittain (Autoteollisuus; Production Statistics.)

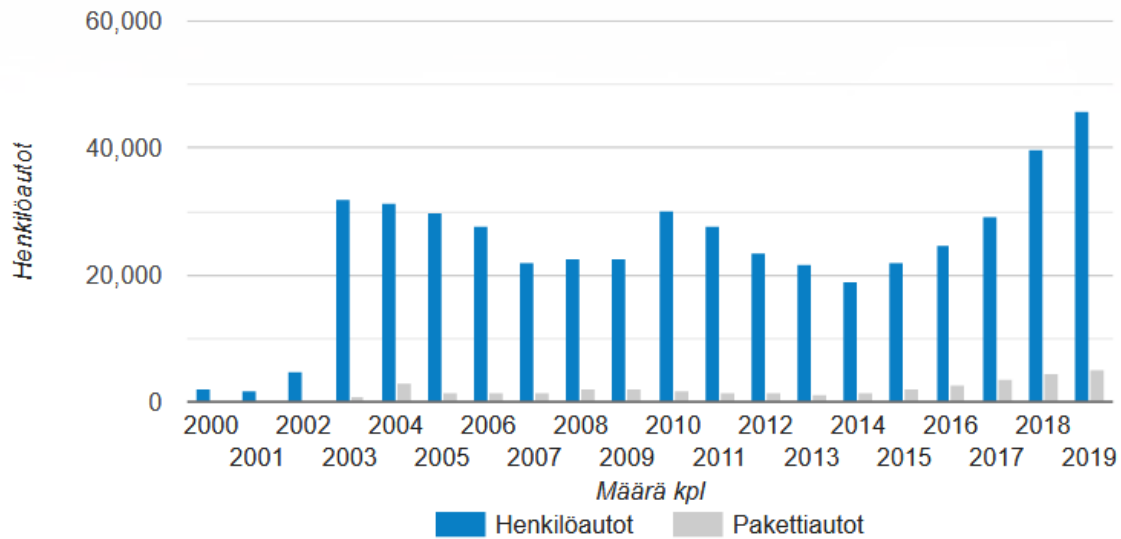
Vuoden 2017 jälkeen autojen valmistusmäärä ei ole kasvanut. Tämä saa pohtimaan, onko käänne kasvu-uralta jo tapahtunut. Valmistusmäärät ovat laskeneet lähes kolme vuotta peräkkäin. Vuonna 2018 valmistusmäärän lasku oli 1,2 % ja vuonna 2019 5,2 %, jolloin valmistusmäärä oli 91,8 miljoonaa kappaletta. Vuonna 2020 pudotus oli kolmen ensimmäisen kvartaalin aikana lähes 25 %. Vuonna 2020 maailmaa vaivannut koronaepidemia on suurin yksittäinen syy kyseisen vuoden pieniin lukemiin. Vaikka muutaman vuoden ajalta ei voida tehdä lopullisia johtopäätöksiä, on huomioitava mahdollisuus, että tuotannon kasvun trendi saattaa katketa pidemmäksi ajaksi. Mikäli näin käy, on tähän useita syitä. Maailmantalouteen liittyvät ongelmat ja ekologisen ajattelun lisääntyminen suurena trendinä ovat tärkeimmät näistä. Tästä kenties jo alkaneesta autojen valmistusmäärien kasvun pysähtymisestä

on jo aiheutunut paljon haasteita autoteollisuudelle. Tuotannon täytyy muuttua ekologisten tarpeiden osalta, ja tähän valtiot ovat yhä voimakkaammin puuttuneet lainsäädännön ja sääntelyn avulla. Huomioitavaa on, että vielä vuonna 2016 uskottiin olevan vielä kohtuullisen paljon matkaa autoilun sähköistymiseen (Bergholm 2016). Viimeiset vuodet ovat kuitenkin kiihdyttäneet tätä muutosta merkittävästi, ja suurin kiihdyttäjä on ollut valtioiden tiukentunut kontrolli liikenteen päästöjen suhteen. Tähän ovat vahvasti olleet vaikuttamassa autonvalmistajien toiminta, joissa autojen päästölukemia manipuloitiin ohjelmistoteknisin keinoin merkittävästi paremmiksi testitulanteessa. (Production Statistics; Autoteollisuus rikkoo kaikki ennätykset 2015; Bergholm 2016; CO2 emissions from cars: the facts 2018.)

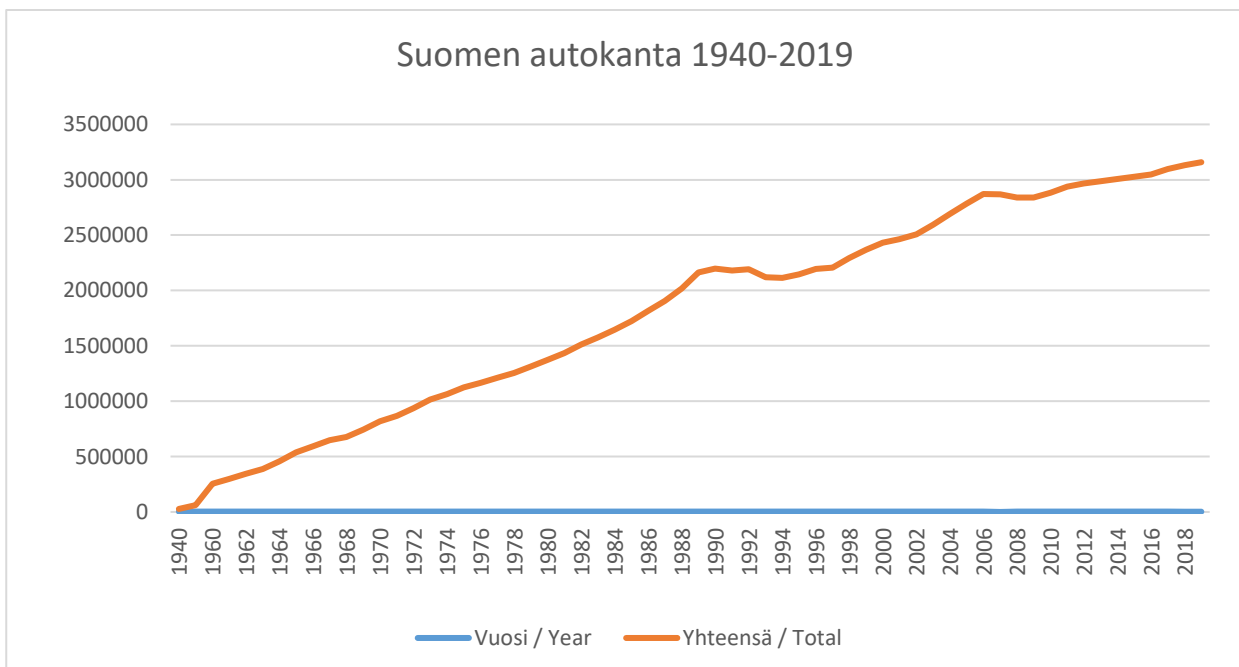
### **2.3 Autokanta Suomessa**

Suomalainen autokanta on myös kasvanut koko ajan suuremmaksi, ollen nykyisin lähes 3 160 000 kappaletta, kun mukaan otetaan kaikki liikennekäytössä olevat ajoneuvoluokat (henkilö-, paketti-, kuorma- ja linja-autot). Kuvioista 2 voidaan havaita, että pelkästään 2010-luvulla ajoneuvokannan määrä on kasvanut lähes 320 000 ajoneuvolla, joista valtaosa (lähes 270 000 kpl) on henkilöautoja. Mielenkiintoinen huomio autokaupan ja myös autojen ekologisuuden osalta on se, että autokannan määrän kasvu selittyy pitkälti käytettynä maahantuoduista autoista. Kuluneen vuosikymmenen aikana tuotiin maahan yli 283 000 käytettyä henkilöautoa ja noin 25 000 kappaletta pakettiautoja. (Käytettynä maahantuotujen autojen määrä 2020.) Suuresti kasvaneiden tuontiautojen määrää on ainakin osin ohjannut verotuskäytäntöjen muutokset 2000-luvulla. Verotusta käytettyjen autojen tuonnista jouduttiin oikaisemaan ja selkiyttämään EY:n tuomioistuimen päätösten ja yleisen paineen myötä. Tästä voidaan esimerkinomaisesti havaita, kuinka vahvasti ohjaava verotuksen vaikutus on. Tässä tapauksessa kehitys ei ole toiminut täysin ekologisia arvoja edistäen, sillä käytetty auto ei ole aina ekologisin valinta. Toisaalta voidaan myös todeta, että autokannan ikäjakautuman nuorentuminen voi olla kokonaisuutena ekologisia arvoja edistävää. (Käytettynä maahantuotujen autojen määrä 2020; Tieliikenne autovero; KUVIO 3.)

## Käytettynä maahantuotujen autojen rekisteröintien kehitys



KUVIO 2. Käytettynä maahantuotujen autojen määrän kehitys (Käytettynä maahantuotujen autojen määrä 2020)



KUVIO 3. Suomen autokanta, kaikki ajoneuvot, liikennekäytössä olevat pl. Ahvenanmaa (Ajoneuvokannan kehitys 2020)

### 3 AUTOILUN VASTUULLISUUS JA EKOLOGISET HAASTEET

Samanaikaisesti autoiluyhteiskunnan kehityksen ohella ovat maapallon ekologiset haasteet kasvaneet uusiin mittasuhteisiin. Tietoisuuden lisääntyessä asia on noussut kaikkialla yhä enemmän esille. Näin on käynyt myös autoilun osalta. Tässä osassa paneudutaan maapallon ekologisiin haasteisiin ja niiden vaikutuksiin autoilussa.

#### 3.1 Globaalit ekologiset haasteet

Maapallon ekologinen tasapaino on järkkynyt ihmiskunnan toimien takia. Ihmisten useista toimista syntyy hiilidioksidia, joka aiheuttaa maapallon lämpenemistä ja siten keskilämpötilan nousua. Tästä aiheutuu merten happamoitumisen lisäksi kylmillä alueilla jään sulamista. Seurannaisvaikutuksia on useita, mm. vesistöjen pinnan nousu ja siitä johtuva maapinta-alan väheneminen sekä myrskyjen voimistuminen rannikkoseuduilla ja erilaisten kasvi- ja eläinlajien muuttuminen. Hiilidioksidi muodostaa ilmakehään noustessaan eräänlaisen kalvon, joka estää auringosta tulevan säteilylämmön takaisinsäteilyä. Tämä kalvo on maapallon elämän kannalta elintärkeä, sillä se rajaa ilmakehän maapallon ympärille. Kuitenkaan tämä kalvo ei saa olla liian ”vahva”, sillä se aiheuttaa maapallon keskilämpötilan nousua, ja tunnetusti siitä aiheutuu maapallolle merkittäviä ekologisia ongelmia. Tätä kutsutaan yleisesti kasvihuoneilmiöksi, joka itsessään on siis erittäin hyvä asia, mutta vahvistuessaan liikaa aiheuttaa aiemmin mainittuja ongelmia. (Ilmasto-opas; Kestävä kehitys 2020.)

Suomi on Pariisin ilmastopöytäkirjassa 2015 sitoutunut vähentämään päästöjään oman osansa muiden maiden tavoin maapallon päästökuormituksesta. Näistä aiheutuu Suomelle merkittäviä määriä toimenpiteitä, joilla päästöjen määrää lasketaan. (Ilmastonmuutos ja kehitys.)

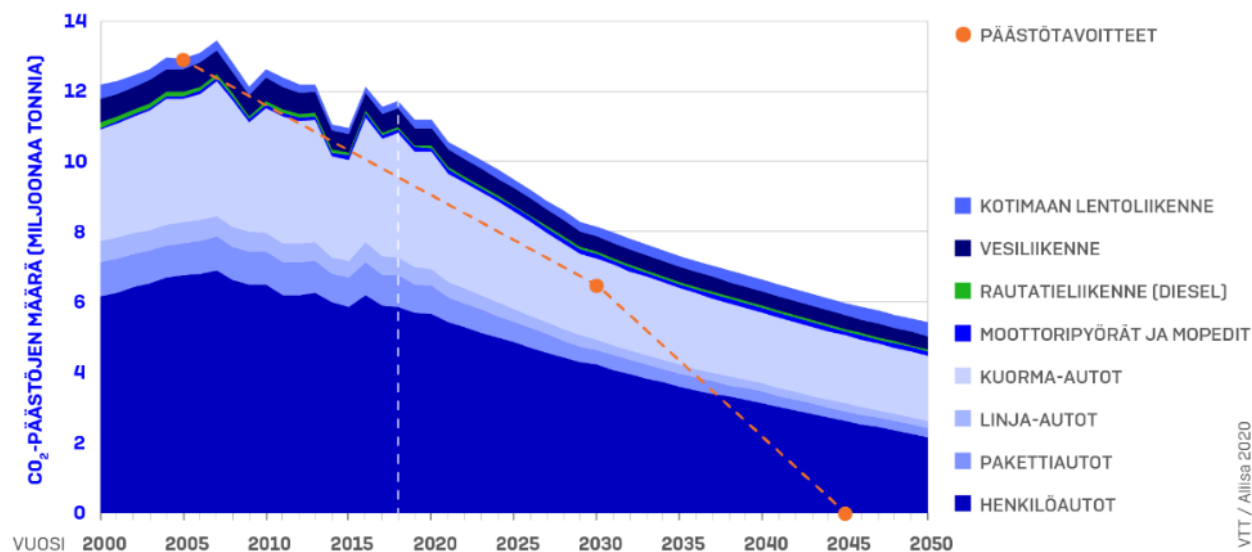
Tärkeimpänä ilmastoa lämmittävää hiilidioksidia syntyy hyvin usealla erilaisella tavalla. Sitä syntyy luonnonmukaisesti erilaisissa eliöissä, teollisessa tuotannossa (esim. betoni tai mikä tahansa hyödyke) ja energian tuotannossa (erityisesti fossiilisilla polttoaineilla tapahtuva tuotanto). Kaikki palaminen ja elämä tuottaa hiilidioksidia. Näitä hiilidioksidin lähteitä kutsutaan lähteiksi. Toisaalta meret ja luonnollinen kasvillisuus myös sitovat suuresti hiilidioksidia. Näitä kutsutaan siten yleisesti hiilinieluiksi. Ongelmana on se, että ihminen on sekoittanut toiminnallaan tasapainossa olevat lähteet ja nielut, minkä seurauksena CO<sub>2</sub>-lähteiden määrä ylittää reilusti nielujen määrän. (Ilmasto-opas.)

Liikenne-ajoneuvojen moottorit tuottavat paljon myös muita haitallisia päästöjä niin käytön kuin valmistuksenkin osalta. Näitä päästöjä kutsutaan usein lähi- tai paikallispäästöiksi erotuksena hiilidioksidista, joka on päästöongelmana globaali. Moottoriteknologian kehityksen myötä on jo vuosikymmeniä pienennetty pakokaasujen haitallisia lähipäästöjä (hiilimonoksidi, typen oksidit, orgaaniset kaasut, formaldehydi ja pienhiukkaset) niin erilaisten teknologioiden kuin pienentyneen polttoaineen kulutuksenkin avulla. Mitä täydellisemmäksi polttoaineen palaminen saadaan, sitä vähemmän syntyy mitään muuta sivutuotetta, kuin vettä ja hiilidioksidia. Päästöjen määrää on säädelty vahvasti eri maissa käytössä olevilla ohjeilla ja rajoituksilla. Näin on onnistuttu vähentämään lähipäästöjen negatiivisia vaikutuksia erityisesti kaupunkialueilla, joissa niiden vaikutukset ovat pahimmillaan. Nykyisin puhutaan kuitenkin eniten hiilidioksidista, joka jo aiemmin mainituista syistä on muodostunut tärkeimmäksi myös liikenteen päästöjen osalta. (Autoteknillinen taskukirja 2003, 602–623.)

### **3.2 Autojen ja liikenteen vaikutus ekologiaan**

Liikenteen ja autojen osuus maapallon hiilidioksidipäästöistä (hiilijalanjäljestä) on merkittävä. Kokonaisuutena liikenteen päästöt ovat noin 21 % maailman hiilidioksidipäästöistä. Tieliikenteen osuus on suurin, ollen noin 15 % kaikista maailman hiilidioksidin kokonaispäästöistä. (Ritchie 2020). Hiilijalanjäljellä tarkoitetaan haitallisten kasvihuonekaasujen (netto)päästöjä, jotka painottuvat enimmäkseen hiilidioksidiin. Autokanta on kehittynyt koko ajan suuremmaksi ja joidenkin ennusteiden mukaan se voi kasvaa vieläkin merkittävästi. Toisaalta viime vuosien autokannan kasvun trendi on ollut hiukan laskeva, kuten edellä kuvattiin.

## Liikenteen CO<sub>2</sub>-päästöt



VTT / Allisa 2020

KUVIO 4. Liikenteen hiilidioksidipäästöt Suomessa ja tavoitteet tulevaisuuteen (Jääskeläinen & Laurikko 2020, 1)

Liikenne ja ajoneuvojen moottorit ovat merkittävä hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja yleisellä tasolla. Suomessa niiden osuus on ollut noin 20 %, kuten yllä olevasta kuvioista 4 voidaan havaita. Muita merkittävimpiä päästöjen tuottajia ovat teollisuus ja energiantuotanto, ja tässä vertailussa liikenne ei ole pahin saastuttaja, vaikka merkittävä kylläkin. Vaikka liikenteen tuottamat päästöt olisivat täysin nollatasolla, ei sekään riittäisi yksistään vähentämään päästöjä Pariisin ilmastopimuksen vaatimille päästötasoille. Suuremmin päästöjä tuottaville sektoreille on laadittu päästökauppajärjestelmä, jolla päästöjä pienennetään. Liikenne kuuluu niin sanotulle taakanjakosektorille. Suhteellisesti suurimmat taakanjakosektorin päästöjen leikkaukset valtioiden sopimana on tarkoitus toteuttaa tällä sektorilla, ja liikenteen osuus on Suomessa näistä suurin. Sama pätee monissa muissakin valtioissa. Päästökauppajärjestelmä on niille sektoreille, missä päästöjä syntyy vieläkin enemmän (suurteollisuus ja energiantuotanto). Tätä päästökauppajärjestelmää ollaan uudistamassa, ja sitä on kritisoitu osittain jopa liian löyhäksi. (Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmista vuoteen 2030 2017, 13–17, 51; Poussa 2019.)

### 3.3 Liikenteen päästöistä ja tavoitteista

Valtio ohjaa päätöksillään ja verotuksellisilla ohjauselementeillään kohti vähemmän päästöjä tuottavia autoja. Näiden lisäksi pyritään lisäämään julkista liikennettä ja pyöräilyä. Lähteenä mainittu *Valtioneuvoston selonteko vuodelta 2017, Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030 – Kohti ilmastoviisasta arkea* käsittelee näitä kokonaisuuksia laajalti ja asettaa tavoitteet vuoteen 2030. Huomioitavaa on, että tämäkin selonteko on jo mennyt ”remonttiin” ja uudet selonteot tavoitteineen julkaistaan syksyllä 2021.

Liikenteen päästöjen alentaminen ei ole helppoa, sillä se koostuu monista eri osa-alueista, ei vain pelkästään yksittäisten autojen ja niiden käyttäjien summasta. Vaikuttavina tekijöinä ovat polttoaineiden jakelujärjestelmät, tuotantotavat sekä niiden tuottamat päästöt ja myös valmistus omine päästöineen. Näiden lisäksi ajoneuvojen käyttö ja erilaiset käyttövoimat erityyppisissä olosuhteissa (kesä/talvi, lyhyet/pitkät ajomatkat) tuottavat päästöjä aivan erisuuruiset määrät samoilla ajomatkoilla. Yhteiskunnan kannalta erittäin tärkeänä tekijänä on myös verokertymä; valtio tarvitsee veronsa ja autoilu on ollut valtiolle jo pitkään verotuksellisesti varsin tärkeä sektori. Sellaisia veroja kutsutaan fiskaalisiksi veroiksi, joilla on valtion rahoituspohjan kannalta suuri merkitys. Autoilun ja liikenteen veroilla on suuri fiskaalinen merkitys, mikä tarkoittaa sitä, että veroja ei voida helposti muuttaa pelkästään kuluttajien käyttäytymistä ohjaaviksi veroiksi. Nämä liikenteen fiskaalisten verojen määrät ovat eriteltyinä taulukossa 1. (Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmista vuoteen 2030 2017, 51–56; Heima 2020; Työryhmä selvittämään liikenteen verotuksen kehittämistä pitkällä aikavälillä 2019.)



## TAULUKKO 1. Valtion verotulot tieliikenteestä (Valtion verotulot tieliikenteestä 2019.)

**Valtion verotulot tieliikenteestä (milj. euroa)**[Palauta Ohje Tulosta](#) [Lataa excel](#)

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Autovero	687	941	1 068	1 007	933	918	884	964	977	1 001	892
Ajoneuvovero	654	691	759	758	866	878	930	1 083	1 169	1 193	1 150
Liikennepolttoaineista kerätty vero	2 364	2 415	2 372	2 571	2 568	2 544	2 538	2 657	2 682	2 677	2 635
Polttoaineiden alv	1 009	1 185	1 352	1 455	1 479	1 437	1 283	1 167	1 208	1 213	1 207
Alv uusista ajoneuvoista	591	681	787	690	678	700	724	829	884	896	888
Alv ajoneuvojen osista sekä huolto- ja korjaustöistä	584	658	695	713	763	766	773	785	789	785	794
Vero liikenne- ja autovakuutusmaksuista	269	285	300	318	343	378	387	384	373	367	380
<b>Yhteensä</b>	<b>6 158</b>	<b>6 856</b>	<b>7 333</b>	<b>7 512</b>	<b>7 630</b>	<b>7 620</b>	<b>7 520</b>	<b>7 869</b>	<b>8 082</b>	<b>8 132</b>	<b>7 945</b>
Yhteensä ilman alv.	3 974	4 332	4 499	4 654	4 710	4 718	4 739	5 087	5 201	5 238	5 057

Päiväys: 2019-09-01 11:20

Lähde: Finanssivalvonta, Tieliikenteen Kustannusarvio/Tieliikenteen Tietokeskus,

Tilastokeskus, Tulli, Valtion tilinpäätökset, Verohallinto, Öljy- ja biopolttoaineala ry

Vapaa tekstikenttä: Polttoaineveroa koskevat tilastot on takautuvasti päivitetty 26.9.2019

laskentatapaa koskevan muutoksen takia.

## 4 MOOTTORITEKNOLOGIAT ERILAISISSA VIITEKEHYKSISSÄ

Autoilun ja ekologisten haasteiden kasvun myötä autojen päästöihin on alettu kiinnittää yhä enemmän huomiota. Tämä kohdentuu erityisesti käytettäviin moottoriteknologioihin sekä energiamuotoihin. Eri-  
laisten moottoriteknologioiden osalta vaikuttavia tekijöitä on useita ja tässä luvussa tarkistellaan niistä merkittävimpiä.

### 4.1 Yhteiskunnalliset viitekehukset

Yhteiskunta on kehittynyt matkustamisen ja liikkumisen yhteiskunnaksi. Ihmiset ja tavarat liikkuvat paljon niin globaalisti kuin meillä Suomessakin. Autoilu on saanut vahvan jalansijan yhteiskunnassamme niin yksityisautoilussa kuin kaupallisessa kuljetustoiminnassa. Autoilusta on näin muodostunut kehittyneissä maissa jollakin muotoa lähes kaikkien ulottuvilla oleva arjen normaaleihin rutiineihin kuuluva tapa. Autoilu ja liikenne ovat tärkeitä yhteiskunnan jouhevan toiminnan kannalta, ja toisaalta se on myös erittäin tärkeä verotulojen lähde (TAULUKKO 1). Kolmas erittäin tärkeä näkökulma on globaali kestävyys, sillä maapallon kestävyys nykyisellä toimintamalleilla uhkaa olla koetuksella. Vähimmilläänkin ilmastonmuutos tuottaa jo nykyisellään havaittavia ongelmia lauhempien talvien, jäätiköiden sulamisen ja alueellisten kuivuus- ja tulvakausien lisääntymisen ja voimistumisen myötä. Nämä ongelmat ovat vielä pääosin alueellisia, mutta jo nyt on havaittavissa, että ilmastonmuutoksen vaikutukset eivät pysy alueellisina. Esimerkiksi Syyrian sisällissota ja siitä seurannut siirtolaisaalto meille Suomeenkin oli eräiden tutkimusten mukaan ilmastonmuutoksen osaltaan laukaisemaa. Autoilu ja liikenne on siis tullut osaksi yhteiskuntaamme pysyvästi ja sen merkitys on todella tärkeää sekä toiminnan, ekologisen kestävyuden että tulonlähteen kannalta. Verotuksen merkitys on yhteiskuntamme rahoitus pohjan kannalta hyvin tärkeä samalla kun sen pitäisi ohjata kohti kestävämpää liikennettä (Jokela 2020; Kelley, Mohtadib, Canec, Seager & Kushnir 2015).

### 4.2 Käyttäjien toiveet

Valveutuneina ja vastuullisina kuluttajina auton omistajat joutuvat puntaroimaan vahvasti, mikä on oikea valinta, kun autoilija haluaa ottaa huomioon mahdollisimman hyvin maapallon ekologisen kestävyuden ja toisaalta oman taloutensa. Samalla yhä suurempi osa autoilijoista haluaa viestiä

autovalinnallaan olevansa ekologinen kuluttaja. Toisaalta myös yhteiskunta tarvitsee verojen muodossa oman verokertymänsä. Rattaiden on pyörittävä, niin autoissa kuin yhteiskunnassakin. (Mikä auto kannattaa ostaa 2020-luvulla 2020.)

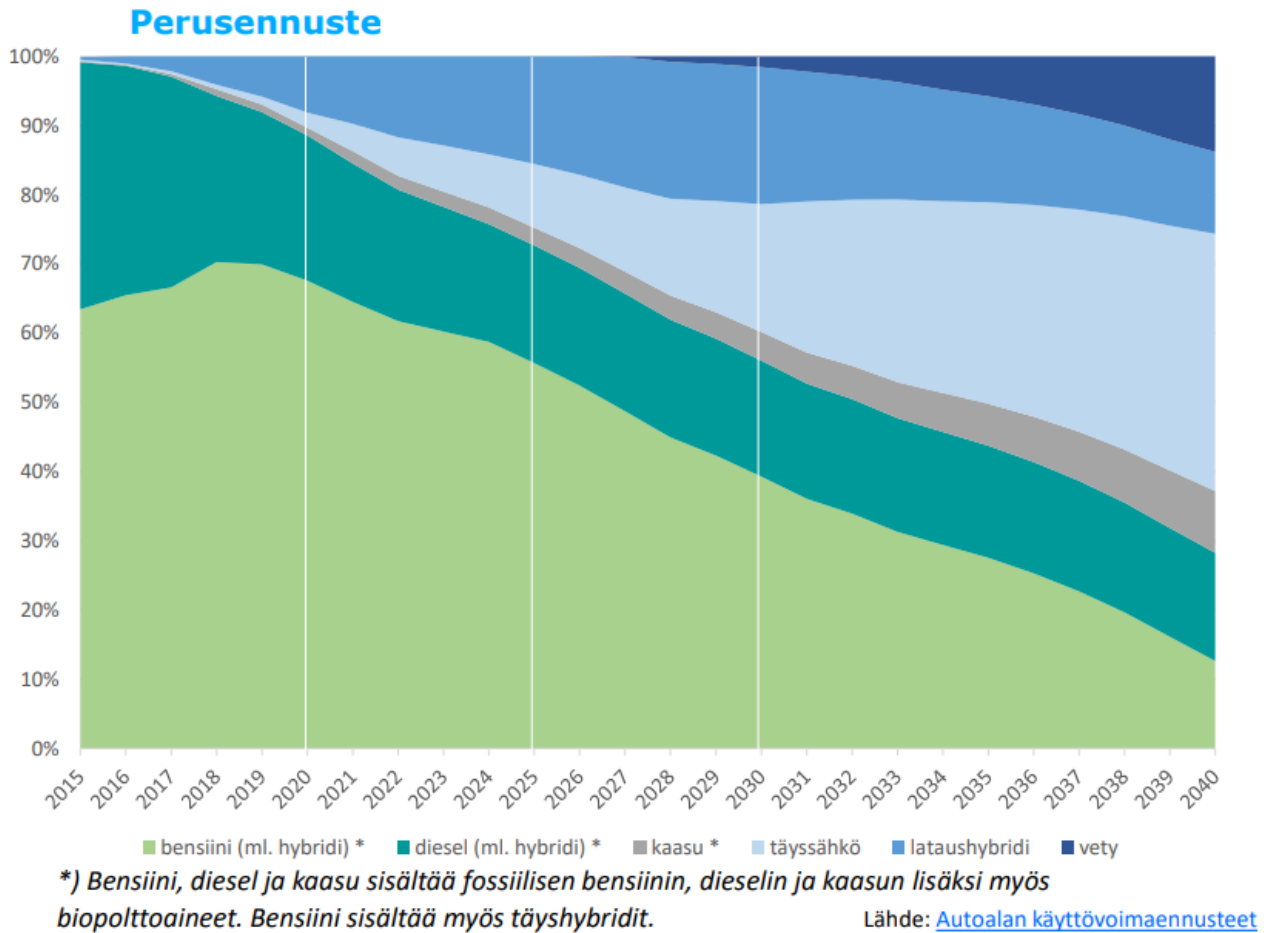
Maapallon ekologisten paineiden vuoksi autojen valmistajat ovat tuoneet markkinoille uusia vaihtoehtoja, jotka vastaavat myös kuluttajien mieltymysten muuttumiseen. Valmistajat ovat myös sortuneet vilpilliseen toimintaan ristipaineissaan, ja yhteiskunta on tiukentanut otettaan valvonnan ja sanktioiden muodossa valmistajia kohtaan. Esimerkiksi autoalan päästöskandaali 2015 johtui pohjimmiltaan siitä, että Yhdysvalloissa oli varsin tiukat typenoksidiraja-arvot ja toisaalta dieselmoottorin halutaan olevan vähäkulutuksinen eli toimivan hyvällä hyötysuhteella. Nämä tavoitteet ovat ristiriidassa, sillä polttomoottorin korkea hyötysuhde edellyttää korkeaa lämpötilaa moottorin sylintereissä ja typenoksideja syntyy nimenomaan korkeassa lämpötilassa. Tämä ristiriita päädyttiin ”ratkaisemaan” niin, että testitilanteessa tingittiin hyötysuhteesta alhaisempien typenoksidipäästöjen hyväksi, kun taas normaaliajossa moottorin toimintaa ohjattiin korkeaa hyötysuhdetta typenoksidipäästöjen kasvun kustannuksella. Päästöskandaalin jälkeen valmistajien on ollut pakko tuoda malleja, joissa päästöt ovat pienemmät myös testitilanteen ulkopuolella. Uusien mallien osuuden on myös kasvettava, sillä valmistajien on päästävä asetettujen rajojen alapuolelle. Tämä luonnollisesti ohjaa myös valmistajia edustavien myyjien toimintaa ja tarjoamaa. (Lähtenmäki 2020a, 26–34.)

Kuluttajalle tilanne on haastava. Auto on usein kuluttajan suurimpia investointeja kodin lisäksi ja näin kuluttaja miettii asiaa paljon myös taloutensa näkökulmasta. Samalla kuluttaja haluaa kuitenkin usein olla ekologinen ja vähentää maapalloon kohdistuvaa hiilijalanjälkeään. (Remes 2020, 49–52.)

Tarjolla on nykyisin yhä enemmän erilaisia vaihtoehtoja, perinteisistä moottoriteknoologioista täyssähköautoihin. Lisäksi nykyisin on jonkin verran myös kaasuautoja ja kohtuullisen laajalti polttomoottori/sähkö -hybridautoja. Tulevaisuudessa voi olla vaihtoehtona myös vety, mutta tämän suurimpia ongelmia on jakeluverkoston puuttuminen. Tilanne on osittain sama myös sähköautoissa, sillä siinä jakeluverkosto on periaatteellisesti sähköverkon myötä olemassa, mutta sen saavutettavuus ei ole aina riittävä, mikäli sähköautojen lataustarve kasvaa merkittävästi. Myös yksittäisten latauspisteiden osalta sähköautoilun lisääntyessä voi tulla pullonkauloja. Sähköauto vaatii oman latausaikansa, joka on akustoista ja lataustehoista riippuen usein minimissäänkin lähempänä tuntia ja suurimmillaan jopa kymmeniä tunteja. (Partanen 2020, 41–46; Lähtenmäki 2020c, 29–35.)

### 4.3 Yleiset moottoritekniikat ja niiden tulevaisuus

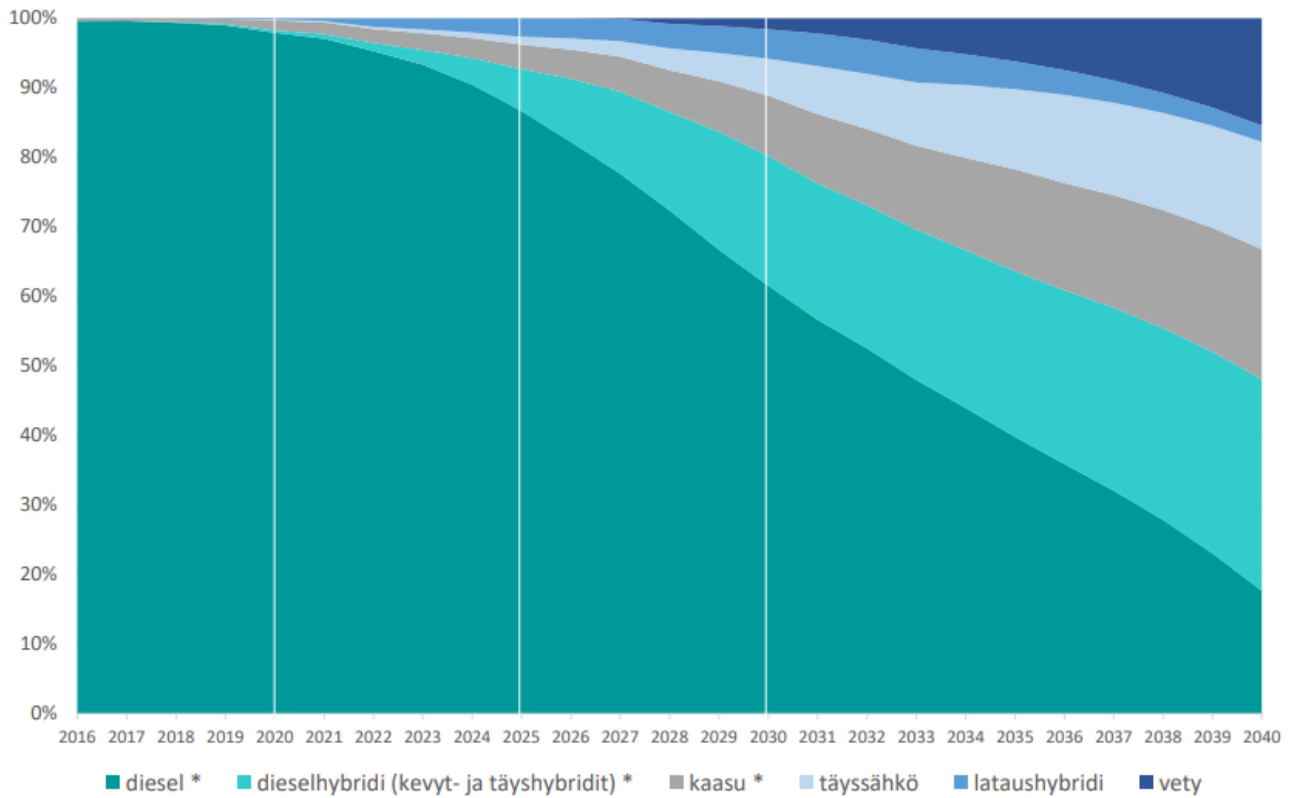
Kun aiemmin käsiteltiin yhteiskunnallisia ja markkinoiden vaikutuksia, perehdytään tässä osassa valittuihin moottoritekniikoiden ja hahmotetaan niiden näköpiirissä olevaa kehittymistä. Oheiset kuvat 5–8 ovat Autoalan keskusliiton 9.5.2019 julkaisemia kuvia (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle), joista voidaan päätellä nykytilanne ja alan ennuste kunkin moottoritekniikan tulevaisuudesta eri segmenteissä. Kuvia perustuvat vuoden 2018 tilanteeseen ja ne voidaan tulkita yhtenä mahdollisena skenaariona siitä, mitä tulevaisuudessa nähdään moottoritekniikoiden suhteellisissa osuuksissa. Yleisenä trendinä voidaan kaikissa segmenteissä havaita polttomoottorien selkeä väheneminen ja sähkön lisääntyminen. Isoissa linja-autoissa havaitaan mielenkiintoinen eroavaisuus muihin. Niiden osalta sähkön ennustetaan kasvavan paljon nopeammin kuin muissa segmenteissä ja osa siitä on jo toteutunut vuoden 2018 aikana. Tälle kehitykselle voi hyvin olla ohjaavana tekijänä yhteiskunnan merkittävä ohjaus joukkoliikenteessä sekä lähialuetalous, sillä busseista valtaosa liikkuu lähialueliikenteessä.



KUVIO 5. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, henkilöautot. Ei-ladattavat hybridit mukana polttomoottoriautoissa (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle)



## Kuorma-autot (yli 16 t) - eri käyttövoimien osuus ensirekisteröinneistä Perusennuste

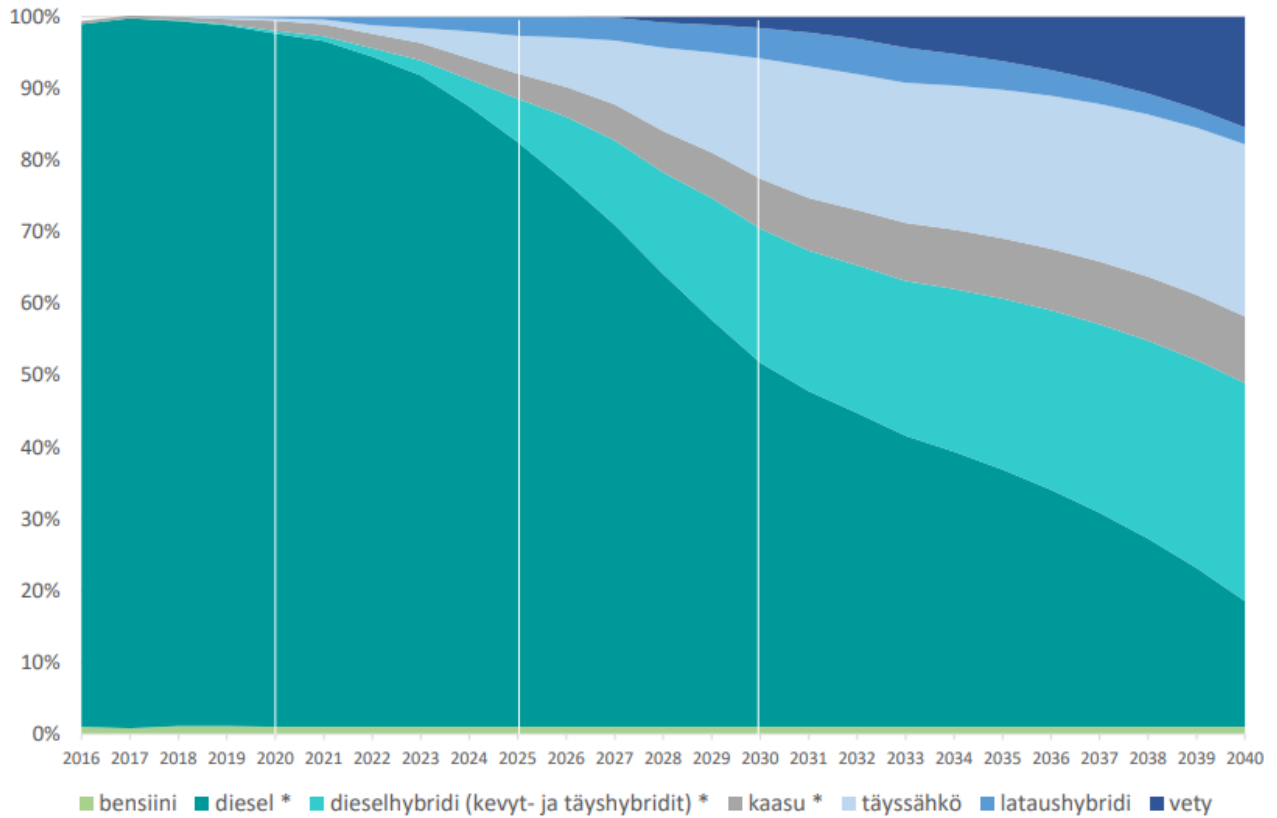


*\*) Bensiini, diesel ja kaasu sisältää fossiilisen bensiinin, dieselin ja kaasun lisäksi myös biopolttoaineet.*

KUVIO 6. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, raskaat kuorma-autot, yli 16t (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle)



## Pakettiautot ja pikkubussit - eri käyttövoimien osuus ensirekisteröinneistä Perusennuste

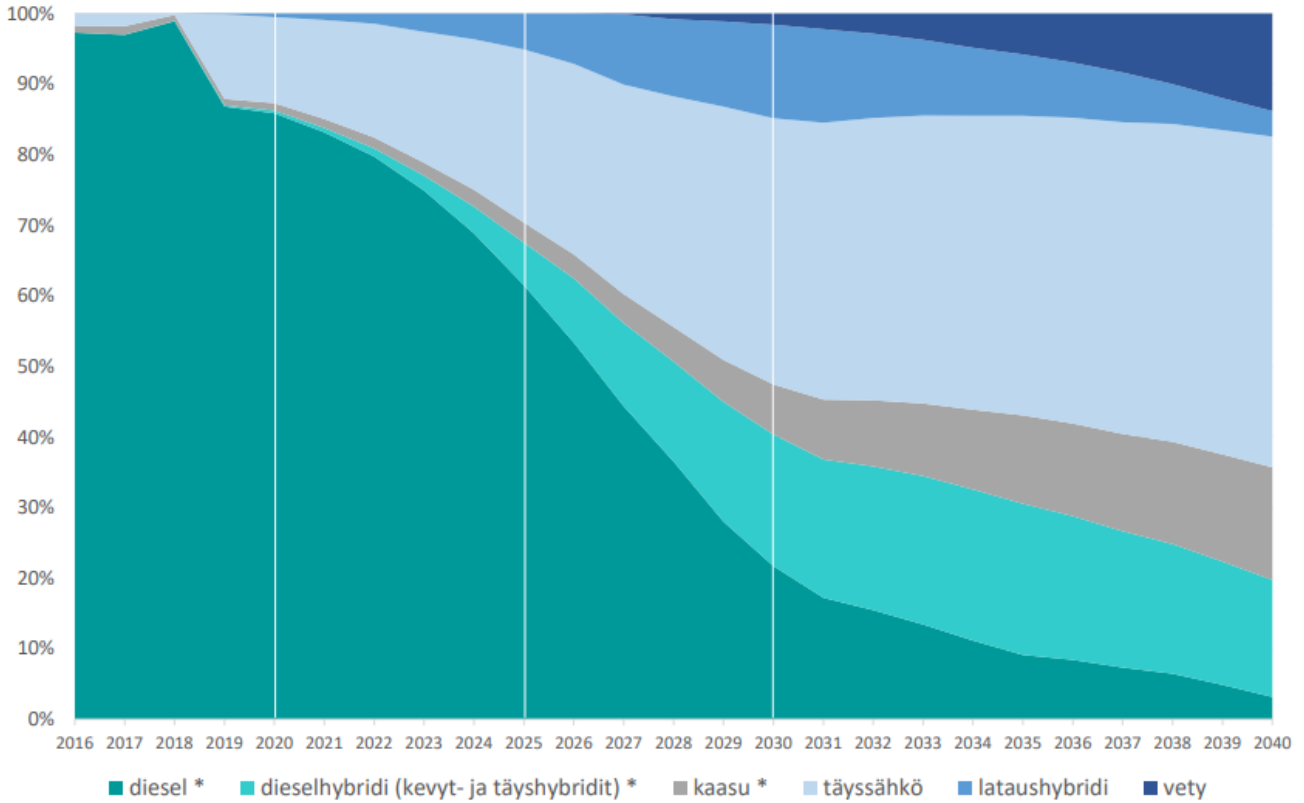


*\*) Bensiini, diesel ja kaasu sisältää fossiilisen bensiinin, dieselin ja kaasun lisäksi myös biopolttoaineet.*

KUVIO 7. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, pakettiautot ja pikkubussit (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle)



## Linja-autot (yli 8 t) - eri käyttövoimien osuus ensirekisteröinneistä Perusennuste



*\*) Bensiini, diesel ja kaasu sisältää fossiilisen bensiinin, dieselin ja kaasun lisäksi myös biopolttoaineet.*

KUVIO 8. Ennuste 2019: Käyttövoimien osuus rekisteröinneistä, isot linja-autot, yli 8t (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle)

### 4.3.1 Nykyiset moottoritekniikat

Polttomoottoritekniologia on saanut alkunsa jo reilusti yli sata vuotta sitten. Moottorityyppinä on monenlaisia ja pitkän kehityksen tuloksena niistä on muodostunut erittäin hyvin toimivia ja pitkäikäisiä, laadukkaita tuotteita. Polttomoottori on hyvä esimerkki kypsänä pidetystä teknologiasta, jonka ei enää odoteta juurikaan kehittyvän, vaikka se kohtaisi haastajia uusien teknologioiden taholta. Polttomoottori on kuitenkin kehittynyt rajusti vielä aivan viime vuosikymmeninä. Moottorien kehittymisen myötä niistä on tullut pienikulutuksisia ja myös niiden päästöt ovat vähentyneet. Ominaisuuksiltaan ja energian siirtokyvyiltään (nestemäiset polttoaineet) polttomoottorit ovat olleet varsin hyvin autokäyttöön



soveltuvia. Polttomoottoreilla kävi myös hyvä ”onni” aikoinaan, sillä kun autoileva maailma oli kehityksessä, olivat polttoaineidenkin jakelujärjestelmät samassa vaiheessa. Näin polttomoottoreista tuli kohtuullisen nopealla aikataululla ehdottomasti yleisin ajoneuvojen voimanlähde, vaikka muitakin käyttövoimia olisi ollut tarjolla. Kehityksessä auttoi myös se, että nestemäinen polttoaine on energian siirron ja varastoinnin kannalta jakelujärjestelmän osalta erittäin helppo vaihtoehto. Yleisimmiksi moottorityypeiksi ovat muotoutuneet nelitahtiset mäntämoottorit: ottomoottori (benssiini) ja dieselmoottori. Nykyisin polttomoottorit ovat joutuneet päästöjensä takia yhteiskunnallisen paineen kohteeksi, joten tulevaisuuden osalta niiden trendi on selkeästi laskeva. Toisaalta moottoreita myös kehitetään koko ajan niin kulutuksen kuin päästöjenkin osalta. Molemmista vaikutuksista pienenevät lähipäästöjen lisäksi myös hiilidioksidipäästöt. (Autoteknillinen taskukirja 1986, 280–296, 674; Kulmala 2018, 12–30.)

Sähkömoottorit ovat keksintöinä vanhoja, mutta laajempaan autoilukäyttöön ne ovat löytäneet tiensä aivan hiljattain. Vaikka moottorina sähkö sopii autoiluun erinomaisesti, ongelmana on ollut sähköinen voimansiirto ja sähköenergian edullinen ja energiatiheä varastointi. Kuitenkin nämä tekniikat kehittyvät isoin harppauksin koko ajan. (Autoteknillinen taskukirja 2003, 639–644.)

#### **4.3.2 Vaihtoehtoiset polttoaineet ja niiden yhdistelmät**

Vaihtoehtoiset polttoaineet (vety-, kaasu- ja biopolttoaineet) on tässä työssä jätetty laskelmien ulkopuolelle. Nämä polttoaineet ovat vielä jakelujärjestelmien osalta marginaalissa, joten vertailu ei ole kohtuullinen varsinkaan hinnoitteluperusteen osalta kuluttajalle. Käyttäjäpohja on pienehkö, joten esimerkiksi käytettyjen autojen markkinat ei ole vielä muotoutunut kovin luotettavaksi. Hybridit, joissa yhdistetään polttomoottori ja sähkö, ovat näistä tämän tarkastelun osalta yhtäältä selkein mutta toisaalta myös oikukkain ryhmä. Tämä johtuu siitä, että erilaisissa käytöissä hybridi toimii lähes kuin sähköauto (lyhyet alle 80 km ajosuoritteet latausten välillä) ja toisaalta kuin polttomoottoriauto (pidemmät ajomatkat ja vähäinen latausten käyttö). Hybridin osalta on jo ollut viitteitä, että se voi tällä jälkimmäisellä käytöllä olla jopa pelkkää polttomoottoriautoa saastuttavampikin ja kuluttaa enemmän polttoainetta. Esimerkiksi artikkelissa *Plug-in hybrids. Is Europe heading for a new dieselgate* (2020) on hybridimoottoria rinnastettu jopa ”dieselgateen” ja esitetty, että se on todellisuudessa paljon ilmoitettuja arvoja saastuttavampi. Myös kaupallisten leasingyhtiöiden osalta on tullut aiheesta hyvin huolestuneita kannanottoja, sillä todelliset päästöt ovat olleet oletettavasti paljon suuremmat, johtuen ilmoitettuja kulutuslukemia paljon suuremmasta polttoaineen todellisesta kulutuksesta. Lopulta lienee

kuitenkin niin, että käyttäjän tapa käyttää ja ladata autoa ratkaisee paljon, eikä asiasta vielä ole tarpeeksi tietoa lopullisiin johtopäätöksiin. Myös polttoaineen ja sähkön hintojen eroilla lienee vaikutuksensa. Joka tapauksessa hybridin osalta laskelmat voi sijoittaa sähkön ja polttomoottoriauton väliin, ajomatkoista ja latauskäyttäytymisestä riippuen. (Ahtiainen 2020; Erkkilä 2020.)

Biomassoista tuotettava biopolttoaine alentaa merkittävästi hiilidioksidipäästöjä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin, mikäli itse biopolttoaine on kasvihuonekaasutaseeltaan hyvä. Biopolttoainetta onkin päätetty jakelun yhteydessä sekoittaa fossiilisiin polttoaineisiin, jotta päästötavoitteisiin päästään. Euroopassa 14 % ja Suomessa 30 % käytettävästä bensiinistä tai dieselistä tulee sisältää biopohjaista komponenttia viimeistään vuonna 2030. Biopolttoaineen käytön lisääminen pudottaa hiilidioksidipäästöjä merkittävästi, mutta mittakaava ei ole ainakaan vielä riittävä haastamaan fossiilisia polttoaineita. (Nestemäiset biopolttoaineet.) Suokko ja Partanen (2017) päätyivät analyysissään siihen, että biopohjaiset polttoaineet voivat olla paikallisesti merkittäviä polttoaineita, mutta globaalisti ne eivät pysty haastamaan fossiilisia polttoaineita ilman että ajaudutaan ojasta allikkoon muiden haasteiden takia.

#### **4.4 Yhteiskunnan vaikutus moottoriteknologioihin ja muutostrendit**

Yhteiskunnalla on tärkeä rooli autoilun kehityksen ja päästöjen pienentämisen kannalta. Erilaiset liikumisvaihtoehdot (julkinen-, raide-, vesi-, lentoliikenne jne.), lähialuetalous, tuet ja verotus vaikuttavat vahvasti siihen, millaiseksi jokin trendi voimistuu tai taantuu. Tämä koskee niin yksityis- kuin ammatiautoiluakin. Hyvin merkittävä rooli on myös taloudellisella kilpailukyvyllä. Lähitulevaisuudessa näyttää, ainakin joillakin alueilla Suomessa, olevan kohtuullisen laaja kattaus autoiluun käytettäviä polttoainemahdollisuuksia. Yhtenä riskinä voi olla, että liian hajanaisella tarjoamalla ei saada riittävän ohjaavaa linjaa autoilun ekologiseen kehittämiseen Suomessa. Usein oikeat ratkaisut, kun yhteiskunnassa on tehty esimerkiksi logistisia hankkeita, ovat tuottaneet kilpailuetua. Voiko käydäkin niin, että se maa, joka valitsee oikeat ratkaisut ja keskittyy niihin, saakin merkittävän kilpailuedun verrattuna muihin maihin? Tämä on tärkeä kysymys, jonka edessä olemme lähivuosina. Ratkaisut ovat parhaimmillaan sellaisia, että ne tukevat maamme kilpailukykyä ja täyttävät silti ilmastolliset velvoitteemme. (Linturi 2015.)

Pitkällä aikajänteellä voi tulla myös yllättäviä moottoriteknologioiden muutoksia. Myös yhteiskunnissamme voi tulla suuria trendejä, jotka muuttavat merkittävästi myös autoilun tarpeita ja suuntia. Suurena trendinä viime vuosina on tullut kestävä kehitys ja maapallon kestävyys kokonaisuutena. Eräs

uusi trendi voisi olla esimerkiksi alueellistuminen, jossa alueet muodostavat enemmän itsenäisesti toimivia yksiköitä niin arkisen toiminnan, tuotannon kuin energiantuotannon suhteen, ja tämän myötä myös liikkumisen tarve vähenee. Tätä kehitystä voi sekä tukea että heikentää jo nyt vahvasti kehittynyt digitalisaatio. Selvää lienee, että digitalisaatio kehittyy yhä vahvemmin tulevaisuudessakin ja puhutaankin jopa neljännessä teollisesta vallankumouksesta digitalisaation osalta. (Linturi 2015.)

#### 4.5 Yhteiskunnan tarpeet verotuksen osalta

Kuten aiemmin todettiin, ovat liikenne ja autot yhteiskunnallisesti sekä toiminnan että fiskaalisen verotuksen kannalta poikkeuksellisen merkittävässä asemassa. Tällä hetkellä yhteiskunta saa verotuloja merkittävästi esimerkiksi autoveron sekä lisäksi polttoaineiden hintaan lisätyn veron muodossa. Näiden yhteisvaikutus on vuonna 2019 yli 3,5 miljardia euroa (TAULUKKO 1) eikä tämä vuosi ollut edes valtiolle tuottoisin. Tässä luvussa ei ole mukana arvonlisävero, jonka tuottama lisä valtion kassaan on samana vuonna ollut noin 2,1 miljardia euroa. Kokonaisuutena liikenteestä saadaan verotuloja noin kahdeksan miljardia euroa, joka ei Suomen valtion kokonaisbudjetissa ole todellakaan vähän. Kun valtion kokonaistalousarvio oli reilun 55 miljardia vuonna 2019, voidaan todeta, että valtion veronkeruu liikenteestä on tärkeä osa fiskaalisen verotuksen kokonaisuutta. Erityisesti kun huomioidaan, että tästä palautuu liikenteeseen ja sen infrastruktuurin kehittämiseen arvioiden mukaan reilu kolme miljardia, voidaan todeta, että autoilu ja liikenne ovat merkittäviä nettoveronmaksajia ja siten tärkeä osa yhteiskunnallisten tulonsiirtojen rahoitus pohjaa. Suorien palautusten lisäksi valtio palauttaa liikenteeseen rahaa myös erilaisina hankinta- ja yritystukina, mutta on silti selvää, että liikenteen verotulo valtiolle on fiskaalisesti merkittävä.

Valtio tukee ilmastotoimissaan esimerkiksi sähköauton hankintaa verottamalla sitä hyvin keveästi ja lisäksi antamalla tukea oston 2000 euroa, kun auton hinta on alle 50 000 euroa (Sähköauton hankintatuki). Kun jotakin verotetaan kevyemmin kuin sen vaihtoehtoa, puhutaan verotuesta. Valtiolla on käytössä muitakin tukimalleja, kuten esimerkiksi romutuspalkkio ja hankintatuki koskien myös muita vähäpäästöisiä autoja kuin sähköautoja.

Näistä taustoista johtuen valtion tarve kerätä verotuloja on merkittävä ohjaava tekijä määriteltäessä myös käytettyjen autojen hintoja. Tämä tulee vaikuttamaan autojen haluttavuuteen tulevaisuudessa. Tällä hetkellä valtio tukee esimerkiksi sähköautoilua voimakkaasti (hankintatuet, pieni autovero ja kevyt sähkön verotus). Veroeuroja tullaan tarvitsemaan myös tulevaisuudessa, eikä suomalaisten

ikäntyminen painetta ainakaan helpota. Sähköautojen määrä kasvaa ja niiden verotus on ainakin tois-  
 taiseksi hyvin kevyttä polttomoottoriautoihin nähden. Näin verotuksessa on pienentyvien verokerty-  
 mien vuoksi painetta hakea veropohjaa muista verotuksen sektoreista tai autoilun osa-alueista. Vero-  
 pohja voi siirtyä enemmän esimerkiksi kuluttajien käyttämän sähkön verotukseen fossiilista polttoai-  
 neita kertyvän veron hiipussa tai mahdollisesti ajoneuvojen käyttöön tai fossiilisiin polttoaineisiin.  
 Teollisuuden sähköveroa alennettiin hiljan ja kilpailukykyistä on odotettavissa, että teollisuuden  
 käyttämän sähkön verorasitusta ei tulla kasvattamaan. Näin sähköveron mahdollinen korotus tulee to-  
 dennäköisesti kohdistumaan kuluttajiin. Toisaalta on myös arvioitu, että liikenteen verotuotot eivät  
 muutoksen rajallisen nopeuden takia kuitenkaan vaikuta radikaalisti ja muutos kestää vuosia, jopa  
 vuosikymmeniä. Varmaa on ainakin se, että verotuksen kohdentaminen vaikuttaa merkittävästi autoi-  
 lun suuntauksiin moottoriteknologioiden keskinäisen kilpailukykyyn muutoksen kautta ja siten lisää  
 kerrannaisvaikutusta autojen arvonkehitykseen. Vähälle huomiolle on jäänyt se, että jos sähköautojen  
 osuus kasvaa, jää suomalaisilla kuluttajilla kenties enemmän rahaa kotimaiseen kulutukseen, kun öljy-  
 jyntuonti vähenee. Mihin tämä vapautunut kulutusvoima suuntautuu? Voisiko valtio kerätä veroja tästä  
 kulutusvoiman uudesta suuntautumisesta? Toki riippuu monesta asiasta, pienentääkö sähköautoilun  
 kasvu kuluttajien liikenteeseen kohdistuvia menoja vai onko ainakin lyhyellä tähtäimellä niin, että  
 polttoainekulut pienenevät mutta autoilun pääomakulut kasvavat, kun polttomoottoriautoilusta siirry-  
 tään sähköautoiluun. Korkotasollakin on oma vaikutuksensa. Näillä kaikilla tekijöillä on keskinäisriip-  
 puvuuksia, joten ei ole helppoa ennakoida, mikä teknologia minäkin aikakautena on kuluttajille talou-  
 dellisesti järkevintä. (Tieliikenne Autovero; Tieliikenne Valtion ja kuntien menot; Teiden päästöt puo-  
 leen 2020, 26–32; Työryhmä selvittämään liikenteen verotuksen kehittämistä pitkällä aikavälillä 2019;  
 Stenroos 2020.)

#### **4.6 Energian tuotanto, liikkumisen tarpeet ja teknologian kehitys**

Eräs mielenkiintoinen näkökulma autoilun tulevaisuuteen syntyy, kun pohditaan energian tuottotapoja  
 ja niistä syntyviä päästöjä. Jo nykyään pystytään sähköenergiaa tuottamaan lähes CO<sub>2</sub>-päästöittä (ydin-  
 , tuuli-, aurinko- ja vesivoima, pois lukien tuotantolaitteiston tekemisestä syntyneet päästöt, jotka usein  
 ovat vähäisiä kokonaisuuden kannalta). Mikäli vähäpäästöistä sähköenergiaa pystytään tuottamaan  
 edullisesti ja energia kyetään siirtämään ja varastoimaan, voi tästä alkaa täysin uusi autoilun aikakausi.  
 Teknologian kehitys on usein ollut monien uusien aikakausien muutosvoima.

Lähempänä toteutusta lienee kuitenkin joukkoliikenteen kehittyminen siten, että se palvelee liikku-  
mista merkittävästi paremmin ja toisaalta sitä kaupungistumiskehityksen kautta tarvittaisiin vähem-  
män. Nämäkin asiat tulevat vaikuttamaan autoiluun toteutuessaan suuresti. Toteutuminen ei ole help-  
poa alhaisen asukastiheyden Suomessa. Ei ole myöskään aivan selvää, että koronapandemian jälkeen  
kaupungistumistrendi jatkuisi entisellään. Tuleeko kaupungistuminen kohdistumaan enemmän lähiöi-  
hin etätyön vuoksi? Vai kääntyykö kaupungistuminen suurempien keskusten ns. puutarhakaupunkei-  
hin? Tai lisääntykö monipaikkaisuus, jossa etätöitä tehdään välillä kotoa ja välillä mökiltä käsin?  
(Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030, 77–  
79.)

Eräs merkittävä tekijä voi olla myös nykyisen teknologian kehittäminen. Jo nyt dieselmoottori on pal-  
jon mainettaan parempi, ja emme varmasti ole nähneet vieläkään kaikkea dieselin kehityksen osalta.  
Myös biopolttoaineissa voi tapahtua merkittäviä askeleita käytön ja kehityksen osalta. Biopolttoai-  
neissa on merkittäviä riskejä esimerkiksi skaalautumisen ja maankäyttöön liittyvien haasteiden vuoksi.  
Suomi on osa kansainvälisiä markkinoita, ja vaikka laskennallisesti biopolttoainetta riittäisi Suomeen,  
ei voida ajatella, että Suomessa automaattisesti toimivat sellaiset erityisratkaisut, jotka eivät skaalaudu  
muiden käyttöön. Kehitysvaraa polttomoottoriteknologioissa on vielä merkittävästi, eikä niiden käyttö  
ja tarve ole lähivuosikymmenien aikana loppumassa. Vaikka jossakin kielletäisiin polttomoottorit au-  
tojen liikevoimana, on niille markkinoita joka tapauksessa toisissa, useimmiten kehittyvissä maissa.  
Polttomoottoriteknikoissa on siten painetta jatkokehittämiseen koko ajan ja pienentyvän kulutuksen  
myötä myös CO<sub>2</sub>-päästöt pienenevät. (Kulmala 2018.)

Kaasu, joka tässä yhteydessä kattaa kaikki muut polttoaineeksi kelpaavat kaasut kuin vedyn) polttoai-  
neena on mielenkiintoisessa tilanteessa autoilun kannalta. Teknologia on riittävän kehittyntä, mutta  
esimerkiksi autonvalmistajat ovat Volkswagen -konsernia lukuun ottamatta sen jo lähes hylänneet.  
Usein onkin huomattu, että pelkkä tekninen toimivuus ei riitä, voi olla muita syitä hylätä lupaaviakin  
teknologioita. Auton käyttövoima ja käyttövoiman jakeluverkosto noudattavat verkostohyödykkeen  
logiikkaa. Verkostohyödykkeen logiikkaa voi hahmottaa videotallenteiden ja videoiden toistolaitteiden  
avulla. Mitä enemmän videotallenteita on markkinoilla, sitä enemmän myydään kyseiselle tallennetek-  
nologialle tarkoitettua toistolaitetta ja päinvastoin: mitä enemmän on videoiden toistolaitteita, sitä  
enemmän itse videotallenteet myyvät. Aikanaan videonauhateknikassa oli kaksi pääkilpailijaa, Beta-  
max ja VHS. Asiantuntijoiden mukaan Betamax oli teknisesti näistä paljon parempi, mutta VHS kui-  
tenkin valtasi markkinat (Schofield 2003). Myös Volkswagen on ilmoittanut, että kaasuautojen kehitys  
lopetetaan. Myöskään jakeluverkosto ei ole kehittynyt kovinkaan kattavaksi. Toisaalta pieniä

tuotantolaitoksia voi alueellisesti löytyä yllättävistäkin paikoista (esimerkiksi kaatopaikat). Tällä hetkellä eläessämme vuoden 2021 alkua, vaikuttaa siltä, että kaasusta tulee korkeintaan pienempien ryhmien polttoaine. Autotehtaat ovat tehneet jo päätöksensä ja keskittyminen osoittaa vahvaa uskoa sähköön (ja myöhemmin ehkä vetyyn, joka voi olla sähköautotekninen ratkaisu) sekä perinteisiin polttoaineisiin (ja lisäksi sähkön ja perinteisten polttoaineiden yhdistelmiin). (Lähtenmäki 2020b, 36–39.)

## **5 MOOTTORITEKNOLOGIOITA VERTAILEVIA LASKELMIA KULUTTAJANÄKÖKULMASTA**

Tämän opinnäytteen aiemmissa osissa on käyty läpi teknologian, markkinoiden ja sääntelyn osalta, miten nykyiseen tilanteeseen on päädytty. Näiden pitkäköjen mutta silti hyvin pintapuolisten taustoitusten jälkeen päästään tarkastelemaan laskelmia, joissa mallinnetaan kolmen eri moottoriteknologian nykytilannetta ja tulevaisuutta. Kuten aiemmasta voidaan arvata, lopputulema on hyvin monien eri tekijöiden ja vaikutteiden summa.

### **5.1 Moottoriteknioiden ja autojen valinta**

Laskennan autovalinnassa päädyttiin Volkswagen Golfiin mallin yleisyyden, monipuolisuuden ja kattavuuden johdosta. Autoista on saatavilla hyvin laadukasta tietoa (kiitos maahantuoja Keskon) ja auto on uudistunut hiljattain. Auto vastaa myös varsin hyvin kansan keskimääräistä autoa kooltaan ja hintaluokaltaankin. Bensiiniautoissa on hyvin perinteiset moottorivalikoimat ja ne ovat teknologialtaan erittäin nykyaikaisia. Käytössä on hyvin edistyksellinen moottorinohjaustekniikka, joka nykyisellään on merkittävässä roolissa polttoaineen kulutuksen suhteen. Myös dieselvaihtoehto on konsernilla korkea-tasoinen ja hyvin pitkän kehittelyn tulos.

Sähköistä Golfia ei enää ole Suomessa maahantuojan valikoimassa, vaan tilalle on tullut Volkswagenin sähköautoksi suunniteltu ID3. Auto on edistyksellinen ja suunniteltu alusta pitäen nimenomaan sähköautoksi. Tämä tulee esille ennen kaikkea tilaratkaisuissa. Auton ulkomitat ovat lähellä Golfia, mutta tiloiltaan auto on paljon isompi. Sähköauton tekniikka ja akustot on sijoitettu siten, että ne mahdollistavat optimaalisen tilankäytön. Tämä ei olisi onnistunut niin hyvin, jos sijoittelu olisi tehty polttomoottoriperusteiseen autoon.

Golf -mallisarjassa on myös kaasuauto, mutta se jätettiin laskelmista pois. Syitä tähän on useita. Kaasuautojen menekki on pieni ja kaasun jakelutieverkosto Suomessa on vielä hyvin keskeneräinen. Myös kansainvälisesti kaasuauto on konseptina ollut viime vuosina hiipumaan päin.

Hybridit on jätetty myös pois laskelmasta. Teknisesti ajateltuna hybridauto sijoittuu polttomoottori- ja sähköautojen välimaastoon. Sekä kaasu- että hybridivaihtoehto olisi kohtuullisen helppoa lisätä

taulukkuun ja laskea niiden vastaavia lukemia. Toisaalta markkinat niille ovat vielä melko pienehköt ja siten markkinavoimien vaikutus on hiukan arvaamatonta. Tämä näkyy erityisesti käytetyn auton hinnoittelussa. Myös hybridien käyttämisen tavat vaikuttavat oleellisesti todelliseen päästöjen toteutumaan, ja näin hybridin mukaanotto laskelmiin sisältäisi paljon epävarmuutta laskelmissa. Joka tapauksessa teknisesti laskelmissa hybridit sijoittuvat polttomoottorin ja sähköauton välille, käyttötavasta riippuen.

Autojen hinnoittelu on laskettu siten, että laskelmissa ei käytetä halvinta mallia, vaan hintaan on laskettu halvinta mallia tehokkaampi moottori sekä jonkin verran erikoisvarusteita (Volkswagenin Style-varustetaso). Kaikki hinnat on poimittu maahantuojan sivuilla olevista hinnastoista (Volkswagen. Hinnastot ja esitteet 2021). Autojen hinnoittelussa ei ole huomioitu mitään alennuksia tai kampanjoita, jotka tuntuvat olevan nykypäivänä yleisiä kaikilla autojen merkkimyyjillä lähes aina vakiona hinnoittelussa tekijöinä. Kun hintoja tarkisteltiin, oli voimassa erillinen kampanja: talvirengaspaketti, etu 990 euroa. Tätä ei vertailussa ole otettu huomioon. (Volkswagen. Hinnastot ja esitteet 2021.)

## **5.2 Laskelmien perusolettamat**

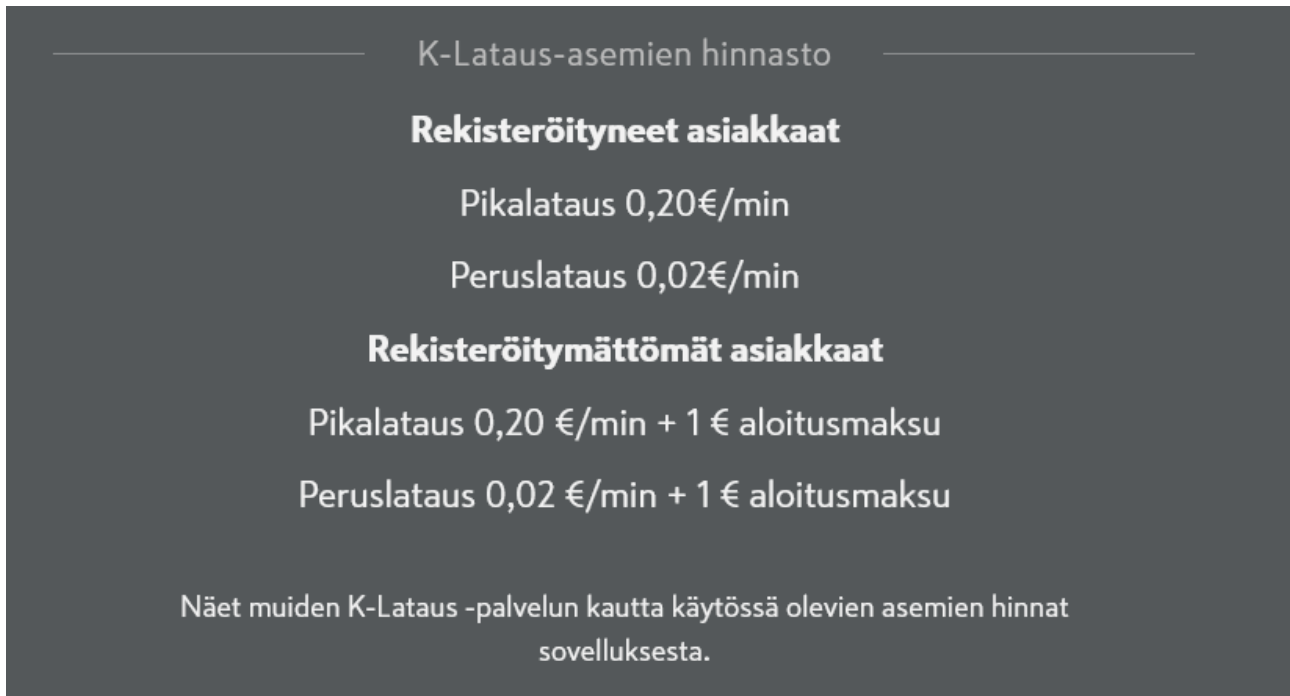
Laskelmat sisältävät aina muuttujia, joita voidaan tulkita eri tavoin ja jotka usein myös muuttuvat eri aikoina. Seuraavassa osassa käydään läpi laskelmien perusolettamat ja tarkastellaan, miten laskennan arvoihin on tässä työssä päädytty.

### **5.2.1 Sähkön ja polttoaineiden hinnat**

Sähkön perushinnoittelussa on käytetty arvoa 0,16 €/kWh, joka sisältää energian perusmaksun, siirt hinnat sekä sähköverot. Sähköyhtiöiden sivustojen mukaan karkeana yleissääntönä voidaan pitää, että jokainen näistä osa-alueista muodostaa noin kolmanneksen sähkön kokonaishinnasta (Sähkön hinta – mitä kWh maksaa ja mitä sillä saa 2021). Veron osuus on kuitenkin näistä pienin, ainakin tällä hetkellä. Laskelman kannalta oleellista on kuitenkin sähköstä maksettava kokonaishinta. Käytettävän sähköenergian hinnoittelussa on hyvä huomioida myös se, että akkuja joudutaan lataamaan jonkin verran myös erillisistä latauspisteistä. Näissä hinnoittelu on vielä hyvin kirjavaa; se voi perustua asiakkuuteen, yhteen kertamaksuun, aikaan tai todelliseen ladatun sähköenergian määrään.



Alla on K-Latauksen sivulta 18.1.2021 otettu kuvakaappaus latausten hinnoittelusta. Peruslaturit K-Latausverkostossa ovat 22 kW ja pikalaturit 50 kW. Verkostossa on käytössä myös vielä tehokkaampia pisteitä.



KUVA 1. Sähköauton lataushintoja (K-Lataus asemien hinnasto 2021)

Samana päivänä tutkittiin internetistä myös muiden tarjoajien hintoja. Yleisesti vaikuttaa olevan niin, että 22 kW:n latauspiste on n. 0,10 €/min ja 50 kW:n piste n. 0,20 €/min, esim. Prisma / ABC. Lisäksi on käytössä kertamaksuja, esim. 5 euroa ja autoa saa pitää niin pitkään kuin haluaa. Tällöin latausteho on useimmiten pienempi.

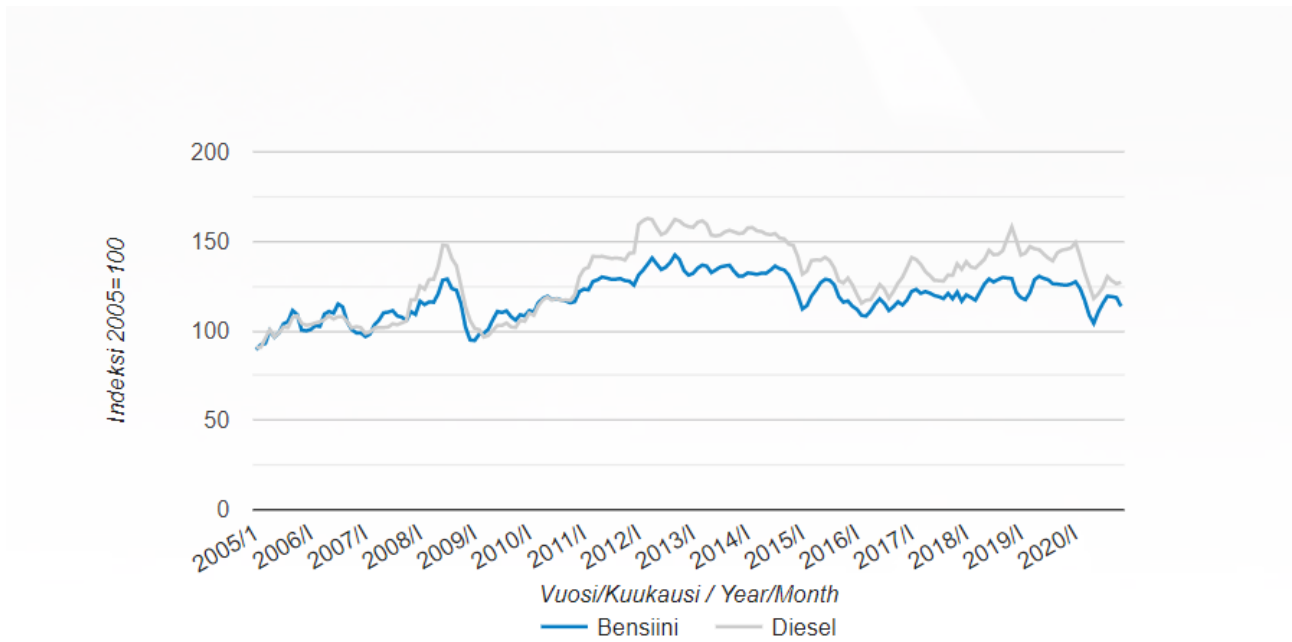
Sähköauton ”tankkaaminen” ei ole mitenkään yksiselitteinen asia. Auton latauksen vastaanottokyky vaikuttaa paljon, samoin akuston lataustilanne ja kunto (joka riippuu paljon iästä). Akustojen vastaanottokyky laskee ajan myötä. Samoin alhainen lämpötila laskee vastaanottokykyä. Toisaalta akuston lataaminen yli 90 prosentin hidastaa lataamisen nopeutta (ladattavaa sähköenergian määrää suhteessa aikaan), ja samoin älykäs lataus ei lataa alkuun täydellä nopeudella, vaan pyrkii herättelemään akustoa parempaan vireeseen. Akkujen osalta onkin olemassa yleisesti suositus, että varausastetta eli varaustilaa ei päästetä laskemaan alle 10 prosentin ja akustoja ei varattaisi yli 90 prosentin (esim. VW suosittelee väliä 20–80 %). Tällä saadaan akustoille parempi kestävyys vuosien aikajänteellä, mutta toisaalta

akkujen kapasiteetin tehokas käyttöalue supistuu arjessa merkittävästi. Kapasiteetin tarve korostuu pitkällä ajomatkoilla. (Korhonen, Linja-aho, Mäkinen & Orrberg 2019, 20–25.)

Sähköauton latausenergian hintaa laskettaessa päädyttiin seuraavaan lopputulemaan sähkön hinnassa. Ladattaessa kotona käytetään hintaa 0,16 €/kWh (hinta vattenfall.fi -sivuilta 17.1.2021, esimerkeissä käytetty keskihinta). Toisaalta on vieläkin olemassa jonkin verran ilmaisia latauspisteitä. Todennäköisesti ne tulevat kuitenkin poistumaan täysin melko pian, sillä sähköenergia on aina jossakin hinnoiteltu. Kun ladataan autoa muualla kuin kotona, on päädytty laskennassa seuraavaan. Latauspisteen lähtökohtaisesta tehosta päätyy akkuihin 80 %, hinta on 0,10 €/min ja latausteho 22 kW. Näin tunti latausta maksaa 6 euroa ja tuottaa 17,6 kWh energiaa akustoon. Tehokkaampi latauspiste vastaavilla oletuksilla tuottaa 40 kWh energiaa ja maksaa 12 euroa. Näillä esimerkkilatauspisteillä energian hinnaksi jää ensimmäisessä 0,34 €/kWh ja jälkimmäisessä 0,30 €/kWh. Nämä luvut simuloivat keskimäärin hyvin hinnoitteluja, joita sähköenergian myyjillä on tarjolla latauspisteillään.

Mikäli autoilija käyttäisi 20 % muista maksullisista latauspisteistä ostettua energiaa, olisi varsin perusteltua pitää keskihintana näillä laskelmilla 0,32 €/kWh. Tällöin ei ole vielä edes huomioitu mahdollisia aloitusmaksuja. Tällä keskihinnalla ja 0,16 €/kWh:n kotilataushinnalla saadaan (80 % ja 20 % painokertoimilla) keskimääräiseksi energianhinnaksi sähköautoilussa 0,192 €/kWh. Laskelmissa on päädytty käyttämään pyöristettynä keskihintana 0,20 €/kWh.

Huomioitavaa on myös dieselin ja bensiinin hintojen osalta, että niissäkin tapahtuu jopa viikkotasolla hinnoittelussa muutoksia, joiden suuruus voi lyhyelläkin aikajänteellä olla  $\pm 15$  % suuruusluokaltaan. Pidemmällä aikajänteellä muutokset ovat olleet isompia, ja viimeisen vuosien aikana hinnat ovat olleet kohtuullisen vakaat, huolimatta yhteiskunnassa vallinneista suurista muutosvoimista (koronapandemia, ekologiset arvot). (Kuvio 9.) Polttoaineiden hinnat otettu internetistä sivustolta [www.polttoaine.net](http://www.polttoaine.net) keskiarvona tarkastuspäivänä 23.1.2021 Oulun hinnoin.



**Päiväys:** 2020-12-16 09:45

**Lähde:** Tilastokeskus

KUVIO 9. Polttoaineiden hintakehitys (Bensiinin ja dieselin hintakehitys 2020)

### 5.2.2 Aikajänne, käyttö ja arvonmääritys

Auton käyttöiäksi on laskelmassa valittu viisi vuotta ja olettamana on käytetty uutta autoa. Samat laskelmat on mahdollista tehdä vertaillen myös käytettyjä autoja. Tämän viiden vuoden aikana on laskettu ajettavan yhteensä 75 tkm, joka on aika lähelle keskimääräistä Suomessa vuodessa ajettavaa keskimääräistä ajosuoritetta 18 tkm. Lienee turvallista olettaa, että keskimääräistä ajosuoritetta nostavat ainakin jonkin verran keskimääräistä huomattavasti enemmän ajavat. Näin mediaani ajosuorite olisi jonkin verran pienempi. Tästä syystä päädyttiin laskennassa hiukan pienempään ajosuoritteeseen 15 tkm vuodessa.

Huollon osuus laskelmassa on laskettu käyttäen apuna maahantuojan sivuilla olevaa laskuria, johon on haettu kyseessä olevan auton verrokki-auto markkinoilla tarjolla olevista esittelyautoista. Laskurista saadut hinnat ovat esitettyinä taulukossa 2. Maahantuojan tarjoamaa huolenpitosopimusta voidaan pitää hyvin luotettavana viiden vuoden pitoajan mittarina kulujen osalta, sillä se kattaa auton kaikki huollot ja korjaukset. Lisäksi sopimusmalli on asiakkaalle riskitön. Mikäli huollot eivät ylitä, yliveloitettu määrä palautetaan asiakkaalle. Toisaalta jos sopimus ylittyy, ei asiakkaalta veloiteta ylityksestä mitään. Sopimus pitää sisällään kattavasti kaikki huollot ja korjaukset, mutta ei auton ylläpitoon

liittyviä muita kuluja, kuten esim. renkaita, katsastuksia ja sijaisautoja. Nämä kulut eivät ole tämän insinööriyön osalta myöskään oleellisia ja niiden voidaan olettaa olevan kaikille samansuuruiset. Laskuriin syötetty malli sähköauton ID3 osalta ei ollut täysin vastaava kuin muutoin laskennassa käytetty, mutta syötettäessä kalliimpi ja varustellumpi malli, ei hinta muuttunut lainkaan. Näin tätä kuukausihintaa voidaan pitää luotettavana. Kaikki huolenpitosopimusten hinnat ovat laskettu aiemmin mainitulla tavalla, käyttäen Volkswagenin omaa sivustoa ja laskuria. (Volkswagen -huolenpitosopimus 2021).

## TAULUKKO 2. Laskennan perusarvoja

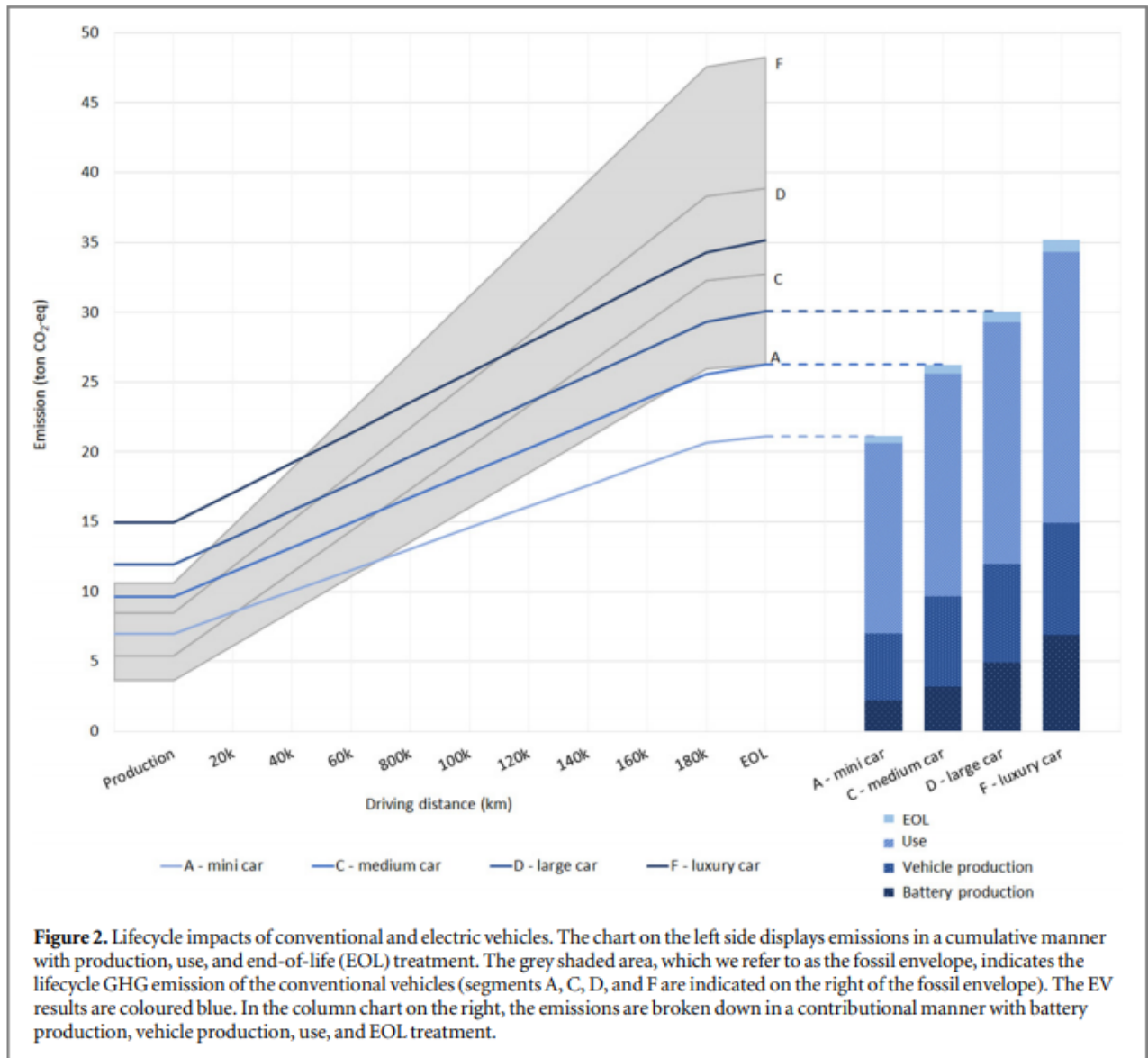
Automaattia ei ole laskettu hinnaston epäselvyyden vuoksi bensaan ja dieseliin (bensaan ei tarjolla tähän konetyyppiin kuin hybridiin).				
ID3 suoraan Business paketilla, joka hiukan varustellumpi kuin vertailun 2 muuta. Ero ei kuitenkaan merkittävä laskelman kannalta.				
Autovero arvioitu varusteiden osalta hinnaston mukaan 640€, varusteiden autoveroton hinta 2560€ (sis alv24).				
Ajoneuvovero laskettu Trafi				
Laskelmissa ei ole huomioitu mahd toimituskuluja, renkaita, katsastuksia eikä muita käyttöön liittyviä vastaavia kuluja, jotka ovat käytännössä kaikille lähes samat.				
Kaikki hinnat alv24%.				
Arvo 5v kuluttua				
Lähtöhinta €	26503	28165	42581	
1	23853	25349	38323	
2	21467	22814	34491	
3	19321	20532	31042	
4	17389	18479	27937	
5	15650	16631	25144	
Kulutus	Ilmoitettu EU yhd. Kulutus.	PA hinta	100km	75tkm
ID3	15,6 kWh / 100km	0,2€/kWh	3,12 €	2 340,00 €
bensa	5,4 l/100 km	1,55€/l	8,37	6 277,50 €
diesel	4,5 l/100 km	1,31€/l	5,9	4 425,00 €
Hp sopimus	bensa	diesel	sähkö	Hinnat maahantuojaan sivuilta.
1kk/ €	54,1	56,1	35,7	
5v / €	3246	3366	2142	
Kok massat	1800	1880	2370	
Massat tarvitaan, kun lasketaan ajoneuvovero ( <a href="https://laskurit.trafi.fi/ajoneuvoverolaskurit">https://laskurit.trafi.fi/ajoneuvoverolaskurit</a> ).				

Auton arvonalenemana on käytetty 10 % poistoa alenevalle pääomalle, jota voidaan tähän ajomäärään suhteutettuna pitää hyvin realistisena. Näin viiden vuoden jälkeen autolla olisi arvoa 59 % alkuperäisestä hinnastaan. Laskelmissa ei ole huomioitu inflaation (tai mahdollisen deflaation) vaikutuksia, inflaation oltua viime vuosina hyvin pientä. Laskelmissa ei myöskään ole otettu huomioon minkäänlaisia rahoituskuluja, sillä niiden voi olettaa olevan samansuuruiset. Toisaalta nykyisen alhaisen koron aika (joissakin autoissa korkona käytetään jopa 0 % tasoa) jopa suosii kalliimpien autojen hankintaa, tässä tapauksessa siis sähköauton hankintaa.

### 5.2.3 Hiilidioksidipäästöt

Auton käytöstä johtuvat hiilidioksidipäästöt on laskettu valmistajan ilmoittamilla arvoilla taulukossa 3 (Volkswagen. Hinnastot ja esitteet). Auton valmistuksen hiilidioksidipäästöjen määrä onkin paljon monimutkaisempi asia, ja siitä koskaan tuskin saadaan selville tarkkaa suuruutta, sillä se perustuu aina moniin olettamuksiin. Lisäksi rajanveto sen suhteen, mikä osuus esimerkiksi louhinnasta akkujen osalta lasketaan valmistuksen hiilidioksidipäästöksi, on erittäin hankalaa määrittää. Valmistajat eivät myöskään kerro yleisesti edes arviota valmistuksen päästöistä. Valmistuksessa suurin osa päästöistä syntyy jo ennen kokoonpanotehdasta, metallien käsittelyssä ja jalostamisessa. Poikkeuksena ovat sähköautot, joiden akustojen valmistuksessa joudutaan käyttämään poikkeuksellisen paljon energiaa, ja siten syntyy paljon CO<sub>2</sub>-päästöjä (arviot 100–170 kg / akuston 1 kWh). Siitä, kuinka paljon akustojen valmistuksessa kuluu energiaa, on hyvin vähän luotettavaa tietoa, enemmän vain hyviä olettamuksia. Keskiolettamana käytetyt lukemat vastannevatkin keskimääräistä todellista arvoa kohtuullisen hyvin (työn loppuvaiheiden aikana alkoi myös tulla ensimmäisiä valmistajien ilmoituksia akustojen valmistuksen hiilidioksidipäästöistä). Akuston valmistuksessa päästöjen määrässä on merkittävässä roolissa valmistuksessa käytettävän energian lähde ja tämä tullenee tulevaisuudessa pienemään yhä lisää. Myös tekninen kehitys niin valmistuksessa kuin tuotteiden osaltakin alentaa jatkuvasti päästöjä valmistuksen osalta. Laskelmissa on päädytty käyttämään näihin laajalti tulkittaviin taustatietoihin perustuen polttomoottoriautoissa 5,5 tonnia ja sähköautossa 11 tonnia hiilidioksidia valmistuksen osalle. Sähköautojen akkujen valmistuksen osalta on paljon erilaisia lukemia valmistuksen tuottamasta hiilidioksidipäästöistä, ja tästä johtuen lukema on vähän isompi kuin alemmassa kuviossa 10. (Nieminen 2018; Ager-Wick Ellingsen, Singh & Hammer Strømman, 2016; Carbon Footprint of the Electric Vehicle 2021.)

Myös auton oikea kierrättäminen elinkaaren jälkeen vaikuttaa auton päästöihin. Kierrättämisen vaatima energia tuottaa päästöjä, mutta toisaalta, mikäli materiaalit käytetään oikein autoteollisuuden tarpeisiin (tai vastaaviin), päästöjä syntyy osaltaan vähemmän. Kierrätykseen en ole laskenut näissä laskelmissa mitään, sillä kierrätyksen aika on vasta myöhemmin. Toisaalta se poisto/taseperiaatteen mukaisesti olisi helppoa. Kun kuitenkin kierrätyksen tuottama hiilidioksidipäästö on n. 1 t luokkaa, ei sitä tässä ole huomioitu, sillä samansuuruinen virhe laskennassa voi hyvin helposti sisältyä uuden auton valmistuksen päästöihin. (Nieminen 2018; Ager-Wick Ellingsen ym. 2016; Carbon Footprint of the Electric Vehicle 2021.)



KUVIO 10. Auton elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt kokoluokittain ja käyttövoimittain (Ager-Wick Ellingsen ym. 2016)

### 5.3 Laskelmat

Aiemmin esitetystä laskennan aputaulukossa ovat koottuna kaikki lopputuloksen laskentaan vaikuttavat arvot ja niiden tarkemmat määrittelyt (TAULUKKO 2). Näitä arvoja ja niiden vaikutuksia pohditaan lopputulosten yhteydessä. Alla olevaan taulukkoon 3 on tehty laskenta, jossa ovat tulokset. Alkuperäiseen taulukkoon on varsin helppoa simuloida muutoksia esim. erilaisten arvonmuutoksien osalta.

## TAULUKKO 3. Laskenta ja sen lopputulokset

	Bensa	Diesel	Sähkö
Golf 17.1.2021 / ID3	1.5 TSI 96 kW	2.0TDI SCR 85 kW	ID3 Business 58 KWh
Hankintahinta, veroineen	26503	28165	42581
Lisävarusteet, veroineen	3200	3200	
Autovero (CO2 pohjainen)	3133	3104	1081
Ajoneuvovero (perusvero+käyttövoimaverot)	617	2505	895
<i>Korjauskerroin mahd muutokselle</i>	1	1	1
<i>Simuloitu muutos ajoneuvovero</i>	617	2505	895
Polttoainekulut	6278	4425	2340
<i>Korjauskerroin mahd muutokselle</i>	1	1	1
<i>Simuloitu muutos polttoaine</i>	6278	4425	2340
Huolto ja korjaus	3246	3366	2142
<i>korjauskerroin</i>	1	1	1
<i>Simuloitu muutos, huolto ja korjaus</i>	3246	3366	2142
5v jälleenmyyntiarvo	15650	16631	25937
<i>Korjauskerroin</i>	1	1	1
<i>simuloitus 5v jälleenmyyntiarvo</i>	15650	16631	25937
<b>Kokonaiskulut 5 vuotta, hankinta ja käyttö</b>	<b>27327</b>	<b>28134</b>	<b>23102</b>
CO <sub>2</sub> gr/km	123	119	0
CO <sub>2</sub> käyttöaika 75 tkm tkg	9,225	8,925	0
CO <sub>2</sub> auton valmistus tkg	5,5	5,5	11
<b>CO<sub>2</sub> 5 vuotta, valmistus ja käyttö</b>	<b>11,0565</b>	<b>10,7565</b>	<b>3,663</b>
Valmistuksen CO <sub>2</sub> otettu huomioon 1/3 verran. Kierrätyksen osalta ei ole huomioitu lainkaan.			
Korjauskerroin hintojen muutoksille %	1	ei muutosta nykytilanteeseen	
	>1	hinta kasvaa, esim verotuksen tai	
		markkinavoimien vaikutuksesta	
	<1	hinta pienenee	

## 5.4 Laskelmien huomioita

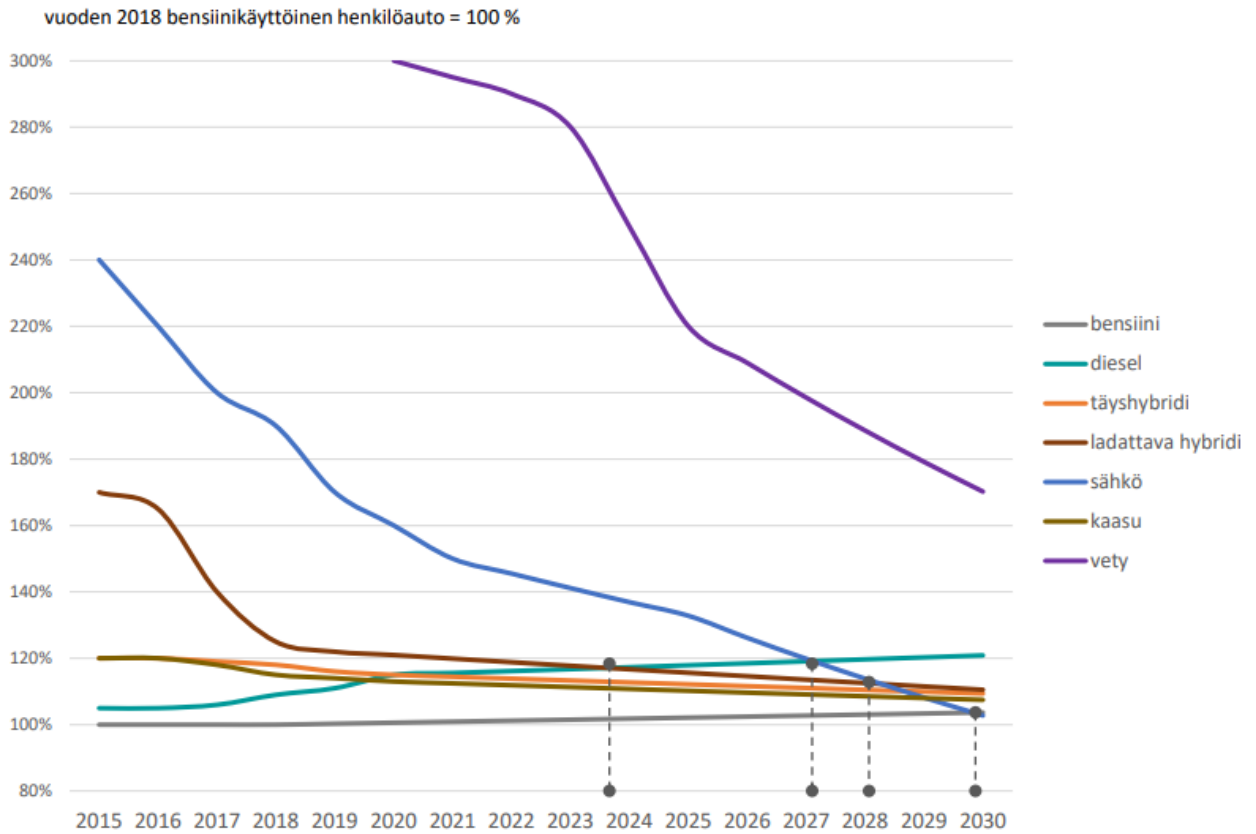
Laskelmissa ei ole huomioitu polttoaineen tuotantoon ja jakelun kuuluvia päästöjä. Tuotanto on mahdollista järjestää eri tavoilla, ja koska tuotannon hiilidioksidikuormituksen laskennasta ei ole täyttä yksimielisyyttä, on tämä jätetty pois. Toisaalta polttoaineiden päästöistä valtaosa syntyy polttoaineen palaessa moottorissa, joten tämä ei vaikuta laskelmaan kovinkaan paljon. Lähtökohtaisesti siis energian

tuotanto on näissä kaikissa laskelmissa yhtä paljon hiilidioksidia tuottavaa. Nykyisillä tuotantomalleilla tämä toimii negatiivisesti sähköautoille, ja ero todennäköisesti jopa vain kasvaa hiilineutraalin energian tuotannon lisääntyessä tuuli- ja aurinkovoiman myötä. Myös jakelu tuottaa enemmän päästöjä fossiilisilla polttoaineilla. Lisäksi sähkönenergiaa käyttävä voi pienentää omalla älykkäällä käytöllään sähkön tuotannon päästöjä, käyttämällä esimerkiksi yösähköä sekä älykkäitä latauslaitteita.

Laskemissa ei ole myöskään otettu huomioon kierrätystä, jonka oletetaan siis olevan kaikilla moottorivaihtoehtoilla käytettyjen autojen osalta yhtä arvokasta. Tulevaisuudessa voi hyvin olla, että esim. sähköautojen kierrätyksessä päästään paremmalle tasolle kuin polttomoottoriautoissa ekologisuuden kannalta, kun tuotantovolyymit kasvavat ja mahdollisesti metallien kierrätystä tullaan ohjaamaan voimakkaasti. (Auton elinkaaren aikaiset vaikutukset.)

Huomioitavaa on myös, että sähköautojen osalta jälleenmyyntiarvo lienee laskelmassa liian pieni, sillä ainakin alkuvaiheessa käytettyjen sähköautojen kysyntä on varsin korkealla tasolla. Toisaalta on myös ennustettu, että lisääntyvä tuotanto laskee sähköisten autojen hintoja jopa merkittävästi. Tämä vaikuttaa myös arvonsäilymiseen käytettynä. Alla olevassa kuviossa 11 käy ilmi autojen tuotantokustannusten ennuste suhteessa vuoden 2018 tasoon. Kuvaajasta voidaan päätellä vuonna 2021, että kuvaajan näkymät ovat pitäneet hyvin paikkansa ainakin parin vuoden perspektiivillä. Kuvaajan ennusteen mukaan sähköautojen tuotantokustannukset alittavat polttomoottoriautojen kustannukset 2020-luvun lopulla. Tämä tulee toteutuessaan vaikuttamaan markkinoihin ja hintatasoihin.





KUVIO 11. Auton tuotantokustannusten kehityksen ennuste (Ympäristö. Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle)

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET LASKELMISTA

Tähän osioon on koottu laskelmien johtopäätöksiä ja kuluttajan kannalta teknologian valintaan vaikuttavia tekijöitä. Lisäksi käydään läpi laskelmien herkkyystarkastelu oleellisimpien epävarmuustekijöiden osalta. Luvussa pohditaan myös kokonaisuutta yhteiskunnallisella tasolla.

### 6.1 Kokonaisuuden tarkastelu

On paljon erilaisia historiassa tapahtuneita teknisiä keksintöjä, ratkaisuja ja suuntia, jotka ovat johtaneet autoilun nykyiseen tilanteeseen. Autoilu voi itsessään hyvin, ja se on globaalina trendinä erittäin vahva ja kasvava. Se on myös erittäin korkean teknologian ja merkittävän liiketaloudellisen toiminnan ala ja sen myötä hyvin kiinnostava.

Autoilu ja siihen liittyvä liikkumisen ja kuljettamisen tarve on voimissaan. Se koskettaa meitä jokaista läheltä ja on siten erittäin oleellinen osa yhteiskuntaa. Tiet, polttoaineiden jakelujärjestelmät ja muu autoiluun liittyvä infrastruktuuri ovat myös merkittävä osa yhteiskuntaa ja liiketaloudellista toimintaa. Valtio myös rahoittaa omaa toimintaansa merkittävästi autoiluun liittyvän verotuksen kautta.

Autoilun kokonaisuuden osalle nykyisillä toimintamalleilla on kuitenkin syntynyt uusia ja isoja epävarmuuden pilviä. Nämä johtuvat uudesta tärkeästä trendistä, joka on lyönyt vahvasti läpi maailman. Ihmiskunta on herännyt maapallon kestäkyvyn kannalta välttämättömään tosiasiaan: elämme maapallolla liian saastuttaen. Tästä johtuvat seuraukset ovat tulevaisuudessa hyvin vakavat, mikäli emme kykene parantamaan omaa toimintaamme ihmiskuntana.

Liikenne on merkittävä päästöjen aiheuttaja. Päästöihin on kokonaisuutena alettu kiinnittämään yhä vahvemmin huomiota. Jo Pariisin ilmastopöytäkirjasta 2015 johtuen kaikkien alan toimintojen osalta tuotannosta kierrätykseen ollaan panostamassa yhä enemmän ekologiseen, vastuulliseen toimintaan. Näin toimien pystymme turvaamaan maapallon kantokyvyn ihmispopulaatiolle kohtuullisesti myös tulevaisuudessa.

Autoilu tuottaa CO<sub>2</sub>-päästöistä noin viidenneksen Suomessa sekä globaalisti ja on siten merkittävä päästöjen aiheuttaja. Autoilun päästöjen pitää vähentyä noin puolella vuoteen 2030 mennessä, tähän

Suomi sopimuksissaan on sitoutunut. Tämä pudotus syntyy useilla eri tavoilla (uudet teknologiat, julkisen liikenteen kehitys ja motorisoidun liikkumisen vähentäminen) ja tuottaa myös yhteiskunnalle erilaisia uusia haasteita muun muassa pienentyvän verokertymän osalta. Tulevaisuudessa valtio joutuukin näin todennäköisesti siirtämään verotustaan muihin kohteisiin. Vaihtoehtoina on esimerkiksi polttoainneiden sijaan enemmän kuluttajasähkön verotus ja autolla liikkumiseen perustuviin veroihin. Kaikkia näitä verotetaan jo nyt. Emme voi kuitenkaan vielä tietää, mihin näitä verokertymiä ollaan siirtämässä. Yhtenä vaihtoehtona on julkisten palvelujen määrän ja kenties tason lasku. Lopulta poliittisen kamppailun tulos määrittää sen, mikä painoarvo vaihtoehtoisilla verotuskohteilla ja palvelujen leikkaamisella on.

## 6.2 Moottoriteknologian valinta kuluttajan kannalta

Insinööriyön toisena pääteemana oli tarkastella kuluttajan kannalta, mikä on järkevä teknologinen valinta lähitulevaisuudessa, kun autoa ollaan hankkimassa. Käyttäjät ovat usein vastuullisia ja valveutuneita, he haluavat vaikuttaa ostopäätöksillään myös ekologisuuteen, ja siitä syystä esimerkiksi sähköautot ovat varsin haluttuja (Mikä auto kannattaa ostaa 2020-luvulla? 2020). Kuitenkin kuluttaja useimmiten haluaa tehdä myös oman taloudellisen tilanteen kannalta pitkäjänteisesti hyviä ja kantavia valintoja. Autoilu on useille Suomessa lähes välttämätöntä ja liikkuminen vapaasti omalla autolla on myös elintasokysymys. Autoilusta ei haluta luopua, mutta hyvillä valinnoilla halutaan olla ekologisista ja kustannustehokkaita ainakin tiettyyn rajaan asti.

Auton hankkiminen on kuitenkin talouksille usein suuri taloudellinen panostus. Jonkin verran on vaihtelua siinä, kuinka suuren osan tuloistaan kuluttaja haluaa autoiluun kohdistaa, mutta yhteistä on se, että haluttu laatutaso pyritään saavuttamaan mahdollisimman edullisesti. Mikä on sitten kuluttajan kannalta paras kombinaatio niin tekniikan, ekologisuuden ja taloudenkin kannalta? Tähän antaa insinööriyön vertaileva laskelma varsin selvän vastauksen. Nykyisillä yhteiskunnallisilla infrastruktuureilla ja verotuksellisilla elementeillä se on selkeästi sähköautoilu, erityisesti jos omat ajomäärät ovat kohtuullisilla tasoilla ja auton käyttö kohtuullisen normaalia ajosuoritteiden osalta. Näihin laskelmien tuloksiin palataan yhteenvedon lopussa.

Tässä työssä ei laskettu hybridautojen hiilijalanjälkeä erikseen. Se on kuitenkin helpohkoa sijoittaa, pääasiallisen käytön mukaan painotettuna, polttomoottori- ja sähköauton välimaastoon. Mikäli ajosuorite painottuu enemmän lyhyisiin ajoihin ja lataus hoidetaan kustannustehokkaasti, ollaan lähellä

sähköautoa. Toisaalta pitkät ajomatkat ja välinpitämätön latauskulttuuri nostavat hybridin hiilijalanjäljen hyvin lähelle polttomoottoria, jopa ylikin. Hybridin valmistus tuottaa enemmän CO<sub>2</sub>-päästöjä ja lisäksi hybridi voi pahimmillaan (pitkät ajosuoritteet ja hyvän latauskulttuurin puuttuminen) kuluttaa jopa enemmän kuin vastaava pelkällä polttomoottorilla varustettu auto. Tekniikkana hybridi on vielä sarjatuotantona hyvin nuorta, eikä lopullisia varmuuksia lukemille niin kulutuksen kuin toteutuvien huoltokulujen osalta saada kuin vasta vuosien jälkeen. Huoltokuluille on toki nykyisin kuluttajille varmat sopimushinnat uusien autojen osalta. Jonkin verran ladattavalle hybridille on laskettava kustannusta siitä, että siinä on kaksi moottoria ja niiden jouhean toiminnan yhdistämiseksi tiettyä teknologista monimutkaisuutta, josta tulee mahdollisesti jonkin verran uusia kustannuksia huolloissa, jälleenyntiärvossa jne. Tämä lisää myös päästöjä valmistuksen yhteydessä sekä hitusen ajossakin lisääntyneen massan myötä.

### 6.3 Muita vaikuttavia tekijöitä, verotus

Kuten historian perusteella voidaan havaita, on yhteiskunnan vaikutus ohjaavana tekijänä autoilun erilaisten teknologisten suuntausten osalta hyvin määräävä. Tilanne voi siis muuttua kohtuullisen nopeasti, jopa parissa vuodessa. Näinhän kävi esimerkiksi etanoliautojen kanssa. Muutoksen yhtenä ajavana voimana voi olla verokertymä ja sen muutos, joka voi vähentää sähköautojenkin nykyistä etulyöntiasemaa merkittävästi. Toinen merkittävä muutosvoima voi olla teknologia, kun se esimerkiksi kehittyvän tuotannon ohjauksen ja menetelmien kautta tekee toisesta teknologiasta paljon edullisempaa. Markkinavoimien vaikutus on myös suuri. Mikäli markkinavoimat alkavat jostakin syystä (esim. tekninen edistyksellisyys) suosia toista teknologiaa, alkaa tämä kumuloitua hintoihin melko pian. Myös yhteiskunnan infrastruktuuriin kohdistuvilla panoksilla (esim. sähköverkon kehittäminen) on suuri vaikutus siihen, millaisia ratkaisuja kuluttaja tekee. Olemassa olevien infrastruktuuripääomien omistajat lobbaavat voimakkaasti omaa etuaan samalla kun uuden teknologian kehittäjät lobbaavat itselleen suotuisaa ympäristöä. Poliittisten instituutioiden on liki mahdoton pysyä täysin neutraalina tässä ristipaineessa. Yksi tärkeistä asioista on kuitenkin ennustettavuus. Mikäli epävarmuus tulevasta on suuri, heijastuu tämä esimerkiksi korkeina rahoituskustannuksina haasteeksi uuden teknologisen infran rakentamiselle. Toisaalta kaikkien poliittisten toimijoiden sitoutuminen tiekarttoihin laskee rahoituskustannuksia. Tärkeää olisi pyrkiä vähentämään CO<sub>2</sub>-päästöjä mahdollisimman teknologianeutraalilla tavalla. Markkinat pystyvät allokoimaan resurssit varsin tehokkaasti, kun sääntely on hyvin toimivaa ja ennustettavaa.

Myös auton hankinnan järjestelyt tuovat omat mausteensa teknologian valintaan. Tällä hetkellä sähköautoiluun suunnattu työsuhdeauton autoedun verohelpotus edistää sähköautojen yleistymistä myös käytettyjen autojen markkinoilla. Samoin hankinnan rahoituksissa polttomoottoriautoille käytetty myyjän takaama jäännösarvo kallistaa hankinnan päätöstä polttomoottoritekniologiaa kohtaan riskin jäädessä myyjälle.

## **6.4 Laskennan yhteenveto**

### **6.4.1 Laskelma**

Laskennan lopputulos oli jopa yllättävän selkeä. Laskelmassa käytetyillä ajosuoritteilla kuluttajan kannattaa selkeästi valita itselleen sähköauto sekä ekologisuuden että taloutensa näkökulmasta. Laskelmassa viiden vuoden aikana säästö verrattuna bensa-autoon on reilu 4000 euroa ja dieseliin yli 5000 euroa. Tässä ei ole huomioitu vielä edes sähköauton hankinnan tukia, joka tällä hetkellä on 2000 euroa (30.11.2021 saakka). Lisäksi on muitakin tukia (esim. romutuspalkkio), jotka on kohdennettu myös sähköauton hankintaa helpottamaan. Sähköautoa puoltaa myös se, että tässä laskelmassa sähköauton jälleenmyyntiarvo on laskettu viiden vuoden jälkeen suhteellisesti samansuuruiseksi kuin polttomoottoriautoilla. Käytettyjen autojen kaupassa sähköautojen haluttavuus on kuitenkin tällä hetkellä suhteellisesti parempi kuin polttomoottoriautoilla, joten tämäkin puhuu myös sähköauton puolesta. Kaikissa näissä johtopäätöksissä on muistettava se, että mahdolliset muutokset yhteiskunnassa tai markkinoilla voivat muuttaa laskelmaa oleellisen paljon.

### **6.4.2 Laskelmien muutokset ja epävarmuustekijät**

Päästöjen osalta laskelma sisältää kohtuullisen paljon suuriakin olettamuksia, kuten esim. tuotannon päästöjen määrät. Laskelma voi muuttua merkittävästi molempiin suuntiin, mikäli olettamukset ovat vääriä tai ne perustellusti muuttuvat. Toisaalta myös jatkuva tekninen kehitys parantaa ekologisuutta, joten laskelmia voidaan kehittää paremmiksi esim. autojen valmistuksen osalta. Myös perinteinen polttomoottoritekniikka kehittyy vieläkin, ja tästä syystä myös tämän segmentin autot parantavat ekologisuuttaan jatkuvasti.

Valtion verotuksen kohdentaminen ja eri teknologisten vaihtoehtojen tukeminen ovat suurimpia riskitekijöitä kaikkien moottorityyppien osalta. Valtio tukee vuonna 2021 sähköautojen ostoa merkittävästi. Valtion verokertymän kannalta tämä on kuitenkin harmillista. On laskettu, että valtio voi menettää sähköautoilun myötä verokertymästään jopa lähes neljä miljardia euroa, joka pitää paikata jostakin tai vastaavasti on julkisia palveluja pitkällä tähtäimellä vähennettävä. Tämä on ehkäpä tulevaisuuden suurimpia haasteita. Näemmekö liikenteeseen kohdistuvan uuden verotusmallin esim. sähköautoille (esim. liikkumisen vero tai sähköautovero) vai siirretäänkö verotuksen painopistettä pois liikenteestä? On kuitenkin varmaa, että sähköautoilu on tullut jäädäkseen ja kasvaa, sillä päästövähennyksiä on saatava paljon. Oletettavasti sähköautoilun tukeminen kuten sitä nyt tehdään, on tulevaisuudessa verokertymän vuoksi vähäisempää. Sähköautojen halventuessa teknologisen kehityksen myötä toisaalta tuen tarve väheneekin.

### 6.4.3 Muuttuva ansaintalogiikka ja hinnoittelu

Autoala on aina ollut muutoksien ala. Muutosten ajavana voimana ovat toimineet usein eri tahojen liiketaloudelliset tarpeet ja siten ne ovat kohdistuneet sellaisiin toimintoihin, joissa markkinatalous antaa siihen mahdollisuuksia. Näin voi olettaa ainakin jossain määrin tapahtuvan nytkin. Trendit vaikuttavat ainakin nyt olevan sellaisia, että vuosikymmenen päästä eivät alan toimijat pysty enää tekemään riittävää liiketoimintaa polttomoottorien kanssa toimiessaan. Toisaalta sähköautojen määrä kasvaa koko ajan, ja ne eivät tarvitse huoltoa läheskään yhtä paljon eli huoltokustannuksissa tulee säästöä. Se mistä autoalalla lisäarvoa luodaan, voi muuttua paljon. Kysymysmerkki on myös sähköenergian hinta latausverkostossa sähköyhtiöille ja alan toimijoille.

Näistä seikoista johtuen on varsin oletettavaa, että esim. huoltojen hinnat tulevat muuttumaan. Oletettavasti sähköautoilun huollon hinta voi kasvaa. Akustoissa lienee sähköautojen suurin riskitekijä. Useimmat valmistajat antava takuun (yleisesti 8 vuotta) akustoille, mikä antanee jonkin verran viitteitä niiden hyvästä toimintaiästä. Kun akustojen hintataso on liikkunut tasoilla 4000–9000 euroa, niiden osuus on merkittävä, kun auto vanhenee yli akustojen takuuajan. Toisaalta tässäkin asiassa tapahtunee lähivuosien aikana teknistä ja kaupallista kehitystä, joka laskenee akustojen hintaa. Riskinä voi toisaalta olla myös hinnan nouseminen akustoissa käytettävän raaka-aineiden kautta. Mikäli niiden saataavuus heikkenee tai tulee merkittävästi säädellymmäksi, voi ilmetä painetta hintojen korotuksiin.

Myös käytettyjen sähköautojen hinnat voivat suhteellisesti kasvaa, eli autojen hinta laskee vähemmän kuin laskelmassa käytetty 10 %:a alenevalle arvolle vuosittain. Tämän vaikutus viiden vuoden kuluissa on merkittävä, sillä pienikin vuotuinen ero kumuloituu pidemmällä aikajänteellä. Autojen hinnoittelussa vaikuttavat myös jo aiemmin mainittu myyjien arvonsäilymisen takaaminen jäännösarvoissa sekä työsuhdeautojen hankinnan kannusteet. Mikäli nämä jäävät pois, on tälläkin omat vaikutuksensa autoilun hinnoitteluun.

Kaikkiin näihin verotuksen ja kustannusten muuttuviin vaikutuksiin on tähän laskuriin rakennettu muutoskerroin, jota voidaan käyttää, kun halutaan simuloida vaihtoehtoisia tulevaisuuksia. Näiden muutoskertoimien kautta on varsin helppoa laskea, mikä teknologia on tulevaisuudessa edullisinta, olettaen, että muutos tapahtuu annetun kertoimen mukaisesti. Tässä laskelmassa on kuitenkin pitäyditty nykypäivän tilanteissa ja niistä saatavissa tuloksissa. Yleistuntumana voidaan kuitenkin sanoa, että sähköautoilu yleistyy vahvasti polttomoottoriautoilun kustannuksella. Erityisesti diesel vaikuttaa hyvin taantuvalla tämän päivän tilanteen valossa, eikä sen suurta asemaa pelasta enää kuin todella suuri tekninen kehitys tai valtion tukeminen (kevyempi verotus). Valtiota ei tulla tähän tukeen mukaan todennäköisesti saamaan, globaaleista päästötavoitteista johtuen. Markkinavoimat ovat jo reagoineet vahvasti dieselin trendiin. Toisaalta dieselin tärkeää merkitystä koneissa ja raskaassa kalustossa ei voida sivuuttaa.

#### **6.4.4 Latausinfra ja -kulttuurin vaikutus sähköautoiluun**

Yksi tärkeimmistä tekijöistä sähköautoilussa on käyttäjiä hyvin palvelevan latausverkon rakentuminen. Tämä lähtee myös käyttäjistä itsestään. Jos kotitalous tekee muitakin matkoja sähköautollaan kuin työ- ja kauppamatkoja, pelkällä kotitalouden perussähköllä autoa ei välttämättä saada ladattua aina riittävästi. Paljon autoilevalle pitää olla myös tarjolla hyvin nopeita latauspisteitä. Mikäli nykyinen kasvu jatkuu sähköautojen osalta, voi olla, että olemme aika pian tilanteessa, jossa vilkkaimmissa latauspai-koissa joudutaan jonottamaan latausvuoroa. Näin laajempaan infrastruktuuriin pitää panostaa lisää, jos sähköautoilun halutaan yleistyvän voimakkaasti. (Lähteenmäki 2020c)

## 6.5 Loppupäätelmät

Laskelmien mukaan sähköautoilu on tällä hetkellä taloudellisesti kannattava ekoteko. Sähköautoilussa hyvä onnistuminen lähtee siitä, että tulevaa ajoa on suunniteltu. Auto pitää ladata huolella kotona, ja pidemmät matkat pitää suunnitella siten, että latauksia voidaan tehdä sujuvasti matkan varrella. Toisaalta sähköautoilu voi muuttaa autoilua muutenkin. Sähköautojen kantama on pidempi, kun ajetaan hitaammin. Näin pitkän mökkimatkan ajaminen voi muuttua mahdollisimman nopeasta aivan erilaiseksi tapahtumaksi. Sähköautoilija saattaakin kenties oppia nautiskelemaan rauhallisemmasta ajotavasta ja latausinfrastruktuurin ympärille voi syntyä erilaisia palveluja. Todella vahvasti karrikoiden polttomoottoriautolla muita mökkimatkalla ohitellut voi muuttua sähköauton kantamaa optimoivaksi rauhalliseksi ajelijaksi. Akkujen käyttöään kannalta on yleisesti suositeltua, että niiden lataustaso pidetään välillä 20–80 %:a. Tämä voi olla ongelmallista, jos autoilee paljon. Tavalliselle käyttäjälle, joka ajaa vain vähän päivittäin ja harvoin pidempiä matkoja, on sähköauto varsin erinomainen vaihtoehto jona nyt. Sähköautoissa myös valmistajien pitäisi kiinnittää käyttäjien tarpeisiin vieläkin lisää huomioita. Tästä hyvänä esimerkkinä on se, että vain harvaan sähköautoon saa vieläkään asentaa vetokoukkuja, joka on monelle suomalaiselle autoilijalle tärkeä varuste. Viime aikojen uusimmissa malleissa vetokoukku onkin jo ollut mahdollinen, mikä on hieno asia. Polttomoottoriautot tullevat säilymään vielä kuitenkin aika pitkään Suomen kaltaisessa maassa, missä olosuhteet vaihtelevat ja välimatkat ovat pitkiä. Polttomoottoriautojen kehittyminen voi vielä edesauttaa niiden käyttöä vuosikausia, mutta selkeää on, että sähköautoilu tulee jatkossa kasvamaan yhä enemmän.

Moottoriteknologioiden suhteellisen menestymisen kannalta yhteiskunta on erittäin tärkeässä asemassa verotuksellisilla ja infrastruktuurin rakentumista ohjaavilla päätöksillään. Nämä ovat erittäin tärkeitä ja suuria päätöksiä, joiden vaikutukset ulottuvat monilla tavoin tulevaisuuteen useiden sukupolvien päähän. Lyhyemmällä aikajänteellä niiden vaikutukset yhteiskunnan toimivuuteen ja kilpailukykyyn ovat myös suuret. Nämä päätökset kannattaa tehdä huolellisesti ja esimerkiksi investointinäkömien ennustettavuudesta huolehtien. Erilaisten arvojen ja intressien yhdisteleminen pitkäjänteisesti on haastavaa. Tätä työtä helpottaa se, että tunnustetaan ja tunnustetaan faktat myös silloin, kun ne eivät ole itselle mieluisia.



## 7 YHTEENVETO

Tämän työn tavoitteena oli selvittää moottoritekniologioiden tulevaisuudennäkymiä kuluttajan ja yhteiskunnan kannalta. Tutkimuksessa selvitettiin, miten autoilun moottoritekniologioissa on päädytty nykyiseen tilanteeseen sekä miten yhteiskunnan olisi järkevää ohjata autoilua alana huomioiden erilaiset tarpeet ja viitekehykset. Toisena näkökulmana pidettiin kuluttajan mahdollisuutta vaikuttaa omilla valinnoillaan toimintansa ekologisuuteen ja saada samalla omalle pääomalleen parhaan vastineen taloudelliset vaikuttimet ja realismi huomioiden.

Insinööriyö laajeni koko prosessin ajan, sillä niin monitahoinen on autoilun nykyiseen tilanteeseen johtanut kokonaisuus eri osa-alueineen. Muutos on myös nopeaa. Kun pyritään selvittämään, mikä on kuluttajalle paras vaihtoehto pitkällä aikajänteellä sekä ekologisesti että taloudellisesti, yhdistäen molemmat mahdollisimman järkevällä tavalla, ei tehtävä ole kovin helppo, sillä vaikuttavia asioita on paljon. Useimmat vaikuttavista asioista syntyvät yhteiskunnan, valmistajien ja alan toimijoiden näkökulmista sekä teknologisista ratkaisuksista ja innovaatioista. Kun nämä kaikki ovat vuosikymmenten aikana sekoittuneet ja nykyisin kokonaisuuteen on alkanut vaikuttaa voimakkaasti globaali ekologinen trendi, on selvää, että kuluttajan ajatukset ovat sekaisin. On hyvin hankalaa täysin määrittellä mikä on tulevaisuudessa paras vaihtoehto molemmat viitekehykset huomioiden.

Laajahkon taustoituksen perusteella on kuitenkin kohtuullisen helppoa muodostaa käsitys, kuinka nykyään vallitsevaan tilanteeseen on päädytty. Lopputyössä laaditun laskurin avulla on varsin helppoa todeta tilanne vallitsevilla nykyisillä reunaehdoilla. Se kuinka pitkään nämä reunaehdot ovat voimassa, riippuu pitkälti yhteiskunnallisista päätöksistä ja teknologian kehityksestä. Tässä insinööriyössä tehdyn tarkastelun aikoihin (huhtikuu 2021) on jälleen tapahtunut paljon, sillä esimerkiksi useat autonvalmistajat ovat päättäneet aikaistaa ja siirtyä yhä vahvemmin sähköautojen tuotantoon vuosikymmenen sisällä. Osa niistä on päättänyt siirtyä tässä ajassa jo täysin sähköautojen tuottajaksi. Autoala elää kenties suurinta murrostaan sitten auton alkuaikojen.

Kuluttajan viiden vuoden valinnan kannalta sähköauton yllättävänkin selkeä ero polttomoottoriautoon on tämän tutkimuksen suurin löydös. Tämä on tilanne nykyisin. Se mitä se tulee olemaan jatkossa, määrittyy pitkälle valtion ja alan toimijoiden yhteisvaikutuksen perusteella. Kuitenkin kuluttaja tekee loppujen lopuksi hyvin itsenäisiä ratkaisuja ja voi haluta maksaa joissakin tapauksissa merkittävästi enemmän omista ratkaisuisistaan. Tällainen kalliimpi ratkaisu voi olla kuluttajalle myös

tarveperusteinen esimerkiksi pitkien ajomatkojen, kireiden aikataulujen tai heikon latauspisteiden saatavuuden takia. Tällöin kuluttaja voi maksaa ratkaisustaan enemmän aivan tietoisesti. Valtion ja yhteiskunnan rooli kuluttajan ratkaisujen ohjaajana on oleellinen. Lopputyön viime vaiheissa tehtiin myös mielenkiintoinen havainto aiemmin mainituista hintojen vaihtelusta fossiilisissa polttoaineissa. Huhtikuussa 2021 dieselpolttoaineen hinta oli noussut noin 15 % suhteessa tammikuuhun. Tämä heikentää dieselvaihtoehdon tulosta viiden vuoden jaksossa n. 670 euroa ja lisää siten merkittävästi dieselin kulukertymää. Polttoainehintojen voimakkaat vaihtelut ovat siis tämänkin havainnon mukaan hyvin todellisia. Tämä muutos osoittaa myös osaltaan selkeästi, kuinka lyhyellä aikajänteellä voi tapahtua kohtuullisen suuria muutoksia laskelmien osalta. Suunta vaikuttaa kuitenkin olevan varsin selkeä, kuten tässä työssä on jo aiemmassa vaiheessa todettu.

Tämä tutkimus on yhteiskunnan tasolla yleisluontoinen ja pyrkii kohtuullisen laajan katsannon kautta perehtymään nykytilanteeseen. Mielenkiintoista olisi jatkaa aiheen osalta yksittäisten tekijöiden tarkkaa herkkyystarkastelua, miten yksittäisen tekijän muutos vaikuttaa asioihin kokonaisuutena tai kuluttajan kannalta. Lisäksi jatkossa olisi hyvin mielenkiintoinen aihepiiri tutkia erilaisten skenaariolaskelmien avulla tarkastelua, miten mikäkin muuttuja voisi vaikuttaa yhteiskunnan toiminta- ja kilpailukykyyn kannalta lähdettäessä panostamaan vahvasti johonkin teknologiaan. Vai olisiko kuitenkin mahdollista jopa se, että panostetaan useisiin skenaarioihin?

Tämän tutkielman alussa kartoitettiin kohtuullisen laajasti taustoja ja syitä, miten nykyiseen kohtuullisen kompleksiseen tilanteeseen autoilun kannalta on päädytty, osin jopa ajaututtu monien vaikuttajien johdosta. Kysymys on yksittäisen käyttäjän lisäksi erittäin tärkeä ja merkittävä koko yhteiskunnalle. Tämä autoilun kokonaisuus vaikuttaa maapallon ekologiseen kantokykyyn pitkällä aikajänteellä ja lyhyellä tähtämellä yhteiskunnan toimivuuteen ja kilpailukykyyn. Näiden tärkeiden ratkaisujen aika onkin lähivuosina, ja yhteiskunnan kannalta tämä laskenta ei ole lainkaan niin helppo, kuin yksittäisen käyttäjän kannalta viiden vuoden perspektiivissä. Jotta kaikki menisi myös tulevien sukupolvien kannalta mahdollisimman hyvin, on nämäkin ratkaisut tehtävä viisaasti ja laajoina, yhteiskuntatason ratkaisuina. Yksittäiset sidosryhmät (esim. poliittiset ryhmät, valmistajat tai polttoainetuottajat) eivät saa vaikuttaa liian paljon ratkaisuihin.

Lopuksi haluan kiittää erityisesti työn ohjaajaa, FT Aki Suokkoa erinomaisen laajoista näkökulmista ja tiedoista, joita olen tämän työn ohjauksessa saanut. Kiitän erittäin lämpimästi myös kaikkia autoalan työnantajiani (mm. Veho Oy, Wetteri Oy ja Pörhön Autoliike Oy) sekä kaikki oppilaitoksia (mm. Centria-amk, OAMK, Oulun Yliopisto, Helsingin Kauppakorkeakoulu), joissa olen vuosien varrella saanut alaa, tekniikkaa ja yleistietoa opiskella ja sisäistää sekä olla yhteistyötä tekemässä. Ilman kolmen vuosikymmenen kokemusta alasta ja autoista lähes kaikilla eri toiminnan tasoilla rasvamontusta johtoryhmään, en olisi koskaan kyennyt tekemään tätä työtä kokonaisuutena. Lisäksi olen erittäin kiitollinen puolisololleni, perheelleni ja kaikille lukuisille läheisilleni (erityiskiitos Jaakko Pörhö), jotka ovat olleet joustavia ja erinomaisia kuuntelijoita ajatuksilleni, niin tähän työhön liittyen kuin muutenkin. Pitää muistaa aina, että ajatuksesta kehittyy tekoja ja vahvoista ja hyvistä ajatuksista vahvoja ja hyviä tekoja. Ajatuksen voima on suuri.

Terveiset ja iloiset kiitokset myös kaikille opiskelijoille - teiltä on tullut paljon erinomaisia ajatuksia lukuisissa ryhmissä ja luennoilla. Nämä terveiset kuuluvat kaikille opiskelijakollegoille ja aivan erityisesti Jukka Aholalle, Sari Palosaarelle sekä Mikko Ylilammelle.

Erityisen suuri kiitos kuuluu Centrialle oppilaitoksena, aina auttavaiselle Eve Rahjalle sekä tutoropettajalleni, FM, Ins. Hannu Leppälälle. Koulutuksenne on ollut todella hyvää ja monipuolista, ilmapiiri pirskahdelee positiivisesti innosta ja kanssanne on ollut erittäin hyvä opiskella, erityisesti näin aikuisopiskelijana.

Oulussa 19.5.2021

Pasi Karjalainen

## LÄHTEET

- Ager-Wick Ellingsen, L., Singh, B. & Hammer Strømman, A. 2016. *The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles*. Environ. Res. Lett. 11 (2016) 054010. Saatavilla: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054010/pdf> . Viitattu 1.2.2021.
- Ahtiainen, L. 2020. Moottori testaa: ladattavissa hybrideissä suuria eroja – kuinka autoilija pääsisi niistä selville helpoiten? *Moottori*. Saatavilla: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/moottori-testaa-ladattavissa-hybrideissa-suuria-eroja-kuinka-autoilija-paasisi-niista-selville-helpoiten/> . Viitattu 29.1.2021.
- Ajoneuvokannan kehitys*. 2020. Tilasto. Autoalan tiedotuskeskus. Alkuperäinen Lähde; Tilastokeskus, Traficom. Saatavilla: [https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/liikennekaytossa\\_olevat\\_autot](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/liikennekaytossa_olevat_autot) . Viitattu 21.4.2021.
- Auton elinkaaren aikaiset vaikutukset*. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/etusivu\\_vanha/ymparisto/auton\\_elinkaaren\\_aikaiset\\_paastot](https://www.aut.fi/etusivu_vanha/ymparisto/auton_elinkaaren_aikaiset_paastot) . Viitattu 3.2.2021.
- Autoteknillinen taskukirja*. 1986. Bosch.
- Autoteknillinen taskukirja*. 2003. Bosch.
- Autoteollisuus rikkoo tänä vuonna kaikki ennätykset. 2015. *Kauppalehti*. Saatavilla: <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/autoteollisuus-rikkoo-tana-vuonna-kaikki-ennatykset/506b1e86-782f-3898-8f93-cfe57b26e651> . Viitattu 5.12.2020.
- Autoteollisuus*. Wikipedia. Saatavilla: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Autoteollisuus> . Viitattu 8.12.2020.
- Bensiinin ja dieselin hintakehitys*. 2020. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/etusivu\\_vanha/tilastot/verotus\\_ja\\_hintakehitys/bensiinin\\_ja\\_dieselin\\_hintakehitys](https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/bensiinin_ja_dieselin_hintakehitys) . Viitattu 19.1.2021.
- Bergholm, T. 2016. Autoistuminen on 2000-luvun megatrendi, joka voi sataa Suomenkin laariin. *Tekniikan Maaailma*. Saatavilla: <https://tekniikanmaailma.fi/autoistuminen-megatrendi-sataa-suomenkin-laariin/> . Viitattu 7.1.2021.
- Carbon Footprint of the Electric Vehicle*. 2021. Volkswagen. Saatavilla: [https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/02/e-mobility-is-already-this-much-more-climate-neutral-to-day.html?fbclid=IwAR1udUsKHlBndRzRjI058aK5jEbdorK6AS\\_CYfvY1\\_Bx9uFouVZeYfjJuJU#](https://www.volkswagenag.com/en/news/stories/2021/02/e-mobility-is-already-this-much-more-climate-neutral-to-day.html?fbclid=IwAR1udUsKHlBndRzRjI058aK5jEbdorK6AS_CYfvY1_Bx9uFouVZeYfjJuJU#) . Viitattu 20.4.2021.
- CO2 emissions from cars: the facts*. 2018. 8 European Federation for Transport and Environment AISBL. Raportti. Saatavilla: [https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018\\_04\\_CO2\\_emissions\\_cars\\_The\\_facts\\_report\\_final\\_0\\_0.pdf](https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2018_04_CO2_emissions_cars_The_facts_report_final_0_0.pdf) . Viitattu 26.12.2020.
- Erkkilä, J. 2020. Tutkimus: Lataushybridien todellinen kulutus on 3–4 kertaa lupauksia suurempi. *Salkunrakentajat*. Saatavilla: <https://www.salkunrakentaja.fi/2020/12/lataushybridit-todellinen-kulutus/> . Viitattu 29.1.2020.
- Heima, T-P. 2020. *Liikenteen päästöt eivät puolitu ilman ikäviä keinoja – polttoaineveron korotus tai tieliikenteen*. Yle. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-11579431> . Viitattu 22.1.2021.
- Humalamäki, A. 2006. *Keskiluokkaistuva kansa nousee kumipyörille*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Historian ja etnologian laitos. Pro gradu -tutkielma.
- Ilmastomuutos ja kehitys*. Valtioneuvosto. Saatavilla: <https://maailma2030.fi/ilmastonmuutos/> . Viitattu 2.1.2021.

- Ilmasto-opas. *Ilmastonmuutos ilmiönä*. SYKE, Aalto Yliopisto YTK ja Ilmatieteen Laitos. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/962d9aa2-e7e3-4df5-89a2-9f1f653e0d4e/ilmastonmuutos-ilmiona.html> . Viitattu 29.12.2020.
- Jokela, M. 2020. Liikenne on valtiolle 8 miljardin euron rahasampo – eikä valtio aio siitä luopua. *Moottori*. Saatavilla: <https://moottori.fi/liikenne/jutut/liikenne-on-valtiolle-8-miljardin-euron-rahassampo-eika-valtio-aio-siita-luopua/> . Viitattu 1.2.2021.
- Jääskeläinen, S. & Laurikko, J. 2020. *Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020-2050* (22.4.2020). Muistio. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Saatavilla: [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUIS-TIO\\_20200422120412.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUIS-TIO_20200422120412.pdf) . Viitattu 22.4.2021.
- Kelley, C P., Mohtadib, S., Canec, M A., Seager, R. & Kushnir, Y. 2015. *Climate change in the Fertile Crescent and implications of the recent Syrian drought*. Research Article. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America; PNAS. Saatavilla: <https://www.pnas.org/content/pnas/112/11/3241.full.pdf> . Viitattu 18.4.2021
- Kestävä kehitys*. 2020. Motiva. saatavilla [https://www.motiva.fi/kestava\\_kehitys](https://www.motiva.fi/kestava_kehitys) . Viitattu 25.1.2021.
- K-Lataus asemien hinnasto*. 2021. Kesko Oyj. Saatavilla: [https://k-lataus.fi/?gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURXVZ5GZ1k06fs\\_B6v5kSUWBGRfo\\_NYtfx1knGmJluzZsXOgKzY3g7BoChdcQAvD\\_BwE](https://k-lataus.fi/?gclid=CjwKCAiAjeSABhAPEiwAqfxURXVZ5GZ1k06fs_B6v5kSUWBGRfo_NYtfx1knGmJluzZsXOgKzY3g7BoChdcQAvD_BwE) . Viitattu 18.1.2021.
- Korhonen, E., Linja-Aho, V., Mäkinen, J. & Orrberg, M. 2019. *Sähköautot ja latausjärjestelmät*. Sähkötieto Ry. Espoo.
- Kulmala, K. 2018. *Henkilöautojen otto- ja dieselmoottorien päästönvähennystekniikat*. Tampere. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Kandidaatintyö. Saatavilla: <https://trepo.tuni.fi/handle/123456789/27012> . Viitattu 2.2.2021.
- Käytettyinä maahantuotujen autojen määrä*. 2020. Tilasto. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/etusivu\\_vanha/tilastot/autokannan\\_kehitys/kaytettyna\\_maahantuotujen\\_henkilo\\_ ja\\_paketti-autojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/autokannan_kehitys/kaytettyna_maahantuotujen_henkilo_ ja_paketti-autojen_maaran_kehitys) . Viitattu 8.1.2021.
- Linturi, R. 2015. *Technology as an enabler of sustainable well-being in the modern society*. Sitra.
- Lähtenmäki, P. 2020a. Sähköä tai saktot. *Talouselämä* 5/2020, 26-34.
- Lähtenmäki, P. 2020b. Kansa ihastui kaasuun – EU ja autotehtaat eivät. *Talouselämä* 32/2020, 36-39.
- Lähtenmäki, P. 2020c. Suomen suurin sähköremontti. *Talouselämä* 32/2020, 28-35 .
- Mikä auto kannattaa ostaa 2020-luvulla?* 2020. If. Tutkimus. Saatavilla: <https://www.if.fi/henkiloasiakkaat/valmistukset/autovakuutus/auton-vaihto/auton-osto-2020-luvulla> . Viitattu 21.1.2021.
- Nestemäiset biopolttoaineet*. 2021. Motiva. Saatavilla: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/bioenergia/nestemaiset\\_biopolttoaineet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/nestemaiset_biopolttoaineet) . Viitattu 3.2.2021.
- Nieminen, J. 2018. Sähköauton elinkaaren hiilidioksidipäästöt. Kuinka paljon päästöjä sähköauto oikeasti tuottaa? *Tekniikan Maailma*. Saatavilla: <https://tekniikanmaailma.fi/lehti/23b-2018/sahkoauton-co2-kuorma-syntyy-valmistuksessa/> . Viitattu 1.2.2021.
- Partanen, J. 2020. Tulevaisuuden auto – millainen olet? *Taloustaito* 9/2020, 41-46

- Plug-In hybrids. Is Europe heading for a new dieselgate?* 2020. European Federation for Transport and Environment AISBL. Saatavilla: <https://www.transportenvironment.org/publications/plug-hybrids-europe-heading-new-dieselgate> . Viitattu 30.1.2021.
- Poussa, L. 2019. *Päästökauppa remontissa*. Sitra. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/paastokauppa-remontissa/> . Viitattu 14.1.2021.
- Production Statistics*. International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. Saatavilla: <https://www.oica.net/production-statistics/> . Viitattu 3.1.2021.
- Remes, M. 2020. Verotus ohjaa autoilijaa vähäpäästöisiin valintoihin. *Taloustaito* 9/2020, 49-52.
- Ritchie, H. 2020. *Cars, planes, trains: where do CO2 emissions from transport come from?* Our World in Data; project of the Global Change Data Lab. Saatavilla: <https://ourworldindata.org/co2-emissions-from-transport> . Viitattu 17.5.2021
- Schofield, J. 2003. Why VHS was better than Betamax. *The Guardian*. Saatavilla: <https://www.theguardian.com/technology/2003/jan/25/comment.comment> . Viitattu 19.4.2021.
- Stenroos, M. 2020. *Lunastaako hallitus suuret ilmastolupauksensa? Tällaisista ratkaisuista hallitus sopi budjet-tiriihessä*. Yle. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-11547354> . Viitattu 19.4.2021.
- Suokko, A. & Partanen, R. 2017. *Energian aika: Avain talouskasvuun, hyvinvointiin ja ilmastonmuutokseen*. Helsinki: WSOY.
- Suomi on muuttunut vuosisadassa maatalousmaasta jalkiteolliseksi yhteiskunnaksi*. Helsingin Suomalainen Klubi. Saatavilla <http://itsenaisyyys100.fi/suomi-on-muuttunut-vuosisadassa-maatalousmaasta-jalkiteolliseksi-yhteiskunnaksi/> . Viitattu 14.12.2020.
- Sähköauton hankintatuki*. Traficom. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki> . Viitattu 3.2.2021.
- Sähkön hinta – mitä kWh maksaa ja mitä sillä saa*. 2021. Lumo Energia Oyj. Saatavilla: <https://www.lumoenergia.fi/artikkelit/sahkon-hinta-mita-kwh-maksaa-ja-mita-silla-saa/> . Viitattu 18.1.2021.
- Teiden päästöt puoleen. 2020. *Talouselämä* 38/2020, 26-32.
- Tieliikenne Autovero*. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen\\_verotus/autovero](https://www.aut.fi/tieliikenne/liikenteen_verotus/autovero) . Viitattu 16.12.2020.
- Tieliikenne Valtion ja kuntien menot*. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: <https://www.aut.fi/tieliikenne/liikennemenu> . Viitattu: 14.1.2021.
- Työryhmä selvittämään liikenteen verotuksen kehittämistä pitkällä aikavälillä*. 2019. Valtiovarainministeriö. Tiedote. Saatavilla: <https://vm.fi/-/tyoryhma-selvittamaan-liikenteen-verotuksen-kehittamista-pitkalla-aikavallilla> . Viitattu 21.1.2021.
- Valtioneuvoston selonteko keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmasta vuoteen 2030*. 2017. Raportti. Ympäristöministeriö. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4748-7> . Viitattu 8.1.2021.
- Valtion verotulot tieliikenteestä*. 2019. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/etusivu\\_vanha/tilastot/verotus\\_ja\\_hintakehitys/valtion\\_verotulot\\_tieliikenteesta](https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/valtion_verotulot_tieliikenteesta) . Viitattu 25.2.2021.

Volkswagen. *Hinnastot ja esitteet*. 2021. K Auto Oy. Saatavilla: <https://www.volkswagen.fi/fi/auton-hankinta/hinnastot-ja-esitteet.html> . Viitattu 17.1.2021.

Volkswagen-huolenpitosopimus. 2021. K-auto Oy. Saatavilla: <https://huolenpitosopimus.volkswagen.fi/calculator> Viitattu 19.1.2021.

*Vuosisata suomalaista autoilua*. 2007. Tilastokeskus. Saatavilla: <http://www.stat.fi/tup/suomi90/lokakuu.html> . Viitattu 7.12.2020.

Ympäristö. *Ennuste eri käyttövoimien yleistymiselle*. Autoalan tiedotuskeskus. Saatavilla: [https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan\\_tiekartta\\_tulevaisuuden\\_kayttovoimista](https://www.aut.fi/ymparisto/autoalan_tiekartta_tulevaisuuden_kayttovoimista) . Viitattu 2.2.2021.