AUTOILUN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT 2030

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Energiatekniikan diplomityö

2022

Miikael Hyrkäs

Tarkastajat: Professori Tapio Ranta

Tutkijatohtori Jarno Föhr

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Energiatekniikka

Miikael Hyrkäs

Autoilun hiilidioksidipäästöt 2030

Energiatekniikan diplomityö

2022

67 sivua, 1 kuva, 16 kuviota, 16 taulukkoa ja 10 liitettä

Tarkastajat: Professori Tapio Ranta ja Tutkijatohtori Jarno Föhr

Avainsanat: autokannan sähköistyminen, autoilun päästöt, ajoneuvokantamalli

Diplomityön tavoitteena on ennustaa yksityisen autoilun aiheuttamat hiilidioksidipäästöt Suomessa vuonna 2030. Aineistoa rajattiin ajoneuvoluokista henkilö- ja pakettiautoihin. Tutkimus tehtiin hyödyntämällä Suomen Tilastokeskuksen ja Traficomin julkisessa tietokannassa olevaa dataa. Historiaperusteisesta kehityksestä luotiin ajoneuvokantamalli. Ajoneuvokannasta laskettiin, pääseekö Suomi EU:n asettamaan päästötavoitteeseen. Suomen valtiota, väestöä ja lainsäädäntöä käytettiin hyödyksi ajoneuvokannan ennustamisessa. Ajoneuvokantaskenaariossa ilmeni kulutuskäyttäytymisen muuttuminen. Kulutuskäyttäytymisen muuttuminen näkyy ajoneuvokannan sähköistymisenä sekä ajoneuvovalmistajien strategioissa. Valtion tuet ja veroetuudet ovat edistäneet ajoneuvokannan muuttumista. Diplomityössä luotu skenaario osoittaa, että ajoneuvokanta sähköistyy nopeammin kuin VTT:n vuonna 2020 julkaisema Aliisa-ajoneuvokantamalli. Suomen yksityisen autoilun hiilidioksidipäästöt vuonna 2030 ovat 51 % vuoden 2005 tasosta. EU:n lainsäädäntö vaatii 39 % päästövähennyksen vuoden 2005 tasosta. Kyseiseen päästötavoitteeseen ei päästä ilman uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitelakia. Ilman jakeluvelvoitelakia päästäisiin vain 30 % päästöalenemaan vuoden 2005 tasosta. Skenaariossa tarkasteltiin neljä yleisintä käyttövoimaa: bensiini, diesel, lataushybridi ja sähkö. Diplomityössä pohdittiin myös vaihtoehtoisten kaasu- ja vetyautojen tulevaisuutta, joidenka osuus tulee olemaan vähäinen vuonna 2030. Lopuksi tarkasteltiin skenaarion edellytyksiä ja todettiin, että autokannan sähköistyminen vähentää valtion keräämää polttoaineveroa noin 10 % vuonna 2030. Autoverotuksen muuttaminen on suurin epävarmuustekijä skenaarion toteutumiselle.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Energy Technology

Miikael Hyrkäs

Emissions of transportation 2030

Master's thesis

2022

67 pages, 1 photo, 16 figures,16 tables and 10 appendices

Examiners: Professor Tapio Ranta and Research doctor Jarno Föhr

Keywords: electrification of vehicles, emissions of vehicles, vehicle fleet

The goal of this master's thesis is to predict the carbon dioxide emissions caused by private transportation in Finland in 2030. The material was limited from vehicle categories to passenger cars and vans. The research was done by using data in the public database of Statistics Finland and Traficom. A vehicle base model was created from history-based development. From the vehicle base was calculated whether Finland will reach the emission target set by EU. The Finnish state, population and legislation were used to help predict the vehicle fleet. In the vehicle scenario a change in consumer behavior was evident. The change in consumption behavior can be seen in the electrification of the vehicle fleet and in the strategies of vehicle manufacturers. State subsidies and tax benefits have contributed to the change in the vehicle fleet. The scenario created in the thesis shows that the vehicle fleet will electrify faster than the Aliisa vehicle fleet model published by VTT in 2020. Carbon dioxide emissions from passenger cars in Finland in 2030 will be 51 % of the 2005 level. EU legislation requires a 39 % emission reduction from the 2005 level. The emission target in question cannot be reached without the Renewable Fuels Distribution Obligation Act. Without the Distribution Obligation Act only a 30 % reduction in emissions from the 2005 level would be achieved. In the scenario the four most common driving forces were examined: gasoline, diesel, plug-in hybrid and electricity. The thesis also considered the future of alternative gas and hydrogen cars. Their share will be marginal in 2030. Finally, the prerequisites of the scenario were examined, and it was concluded that the electrification of the car fleet will reduce the fuel tax collected by the state by approximately 10% in 2030. Changing car taxation is the biggest uncertainty factor for the realization of the scenario.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

1 Johdanto 6
1.1 Tavoite ja laajuus 7
1.2 Tutkimusmenetelmät 8
1.3 Vaikutus 9
2 Tutkimuksen osatekijät 10
2.1 Suomen valtio 10
2.1.1 Lainsäädäntö 12
2.1.2 Liikenteen tuet 15
2.2 Liikenteen verotus 16
2.2.1 Autovero 17
2.2.2 Ajoneuvovero 18
2.2.3 Polttoaineverot 19
2.3 Kulutuskäyttäytyminen 20
2.3.1 Henkilöliikenne 20
2.3.2 Ajoneuvovalmistajien strategiat 22
2.3.3 Suomalainen kulttuuri 23
2.4 Autokanta 24
2.4.1 Uusien ajoneuvojen rekisteröinti 29
2.4.2 Käytetyt maahantuodut henkilöautot 35
2.4.3 Vanhojen ajoneuvojen poisto 37
2.4.4 Euro 7 38
2.5 Vaihtoehtoiset käyttövoimat 39
2.5.1 Kaasuautoilu 39
2.5.2 Vetyautoilu 41
2.6 Päästöt 41
2.6.1 Polttoaineiden päästöt 41
2.6.2 Biopolttoaineiden vaikutus 43

3 Tulokset 46
3.1 Skenaario 1 (Hyrkäs) 46
3.2 Skenaario 2 (VTT) 46
3.3 Tulos 47
4 Analysointi 49
4.1 Analysointi 49
4.2 Skenaarion edellytykset ja uhat 53
4.3 Autokantamallien vertailu 55
5 Yhteenveto 57
6 Pohdinta 60
Lähteet 63

Liitteet

Liite 1. Nestemäisten polttoaineiden verotaulukko

Liite 2. 15 000 km ajavan auton suuntaa antava polttoaineverokertymä

Liite 3. Suomen rekisteröity ajoneuvokanta 2011–2021 Manner-Suomessa

Liite 4. Suomen rekisteröity ajoneuvokanta 2011–2021 Manner-Suomessa

Liite 5. Suomen ajoneuvojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain 2011–2020 Manner-Suomessa

Liite 6. Suomen käytettynä maahantuodut henkilöautot 2014–2021

Liite 7. Aliisa-autokantamalli

Liite 8. Henkilöliikennesuorite autoluokittain 2000–2020

Liite 9. Typistetty ajoneuvokanta 2000–2020

Liite 10. Yksityisen liikenteen hiilidioksidipäästöt

1 Johdanto

Yhdysvaltojen Environmental Protection Agency järjestön mukaan 27 % USA:n kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu liikenteestä (EPA 2022). Liikenteen suurin päästöjen aiheuttaja on yksityinen autoilu (AUT 2022a). Auton käytön lisäksi autojen valmistus kuluttaa paljon luonnonvaroja. Tästä syystä autoilun ympäristövaikutuksia on pyritty vähentämään strategisesti kansainvälisissä järjestöissä. Euroopan Unionin alueella on käytössä muun muassa Euro-päästöluokitus autoille. Näiden vaateitten takia esimerkiksi 1990-luvun BMW:n käytöstä aiheutuu aivan erilainen ympäristökuorma kuin 2020-luvun BMW:stä.

Kansainvälistä tasa-arvoa ja yhteiskunnan hyvinvointia varten on perustettu monia eri järjestöjä. Yksi näistä järjestöistä on Yhdistyneet kansakunnat, lyhyemmin YK. YK:lla on neljä peruspäämäärää: ylläpitää rauhaa, kehittää kansojen välisiä suhteita, toimia keskuksena tavoitteiden saavuttamiseksi sekä parantaa elinoloja ja ihmisoikeuksia. YK:lla on tänä päivänä 191 jäsenmaata, jotka pyrkivät tekemään maailmasta paremman. Suomi liittyi YK:n jäseneksi joulukuun 14. päivänä 1955. Siitä asti Suomi on linjannut politiikkaansa muiden jäsenmaiden kaltaiseksi. Monet itsenäisten valtioiden asettavat tavoitteet ja vaatimukset tulevatkin kansainvälisten sopimuksien kautta. Vuonna 2015 YK asetti 17 kestävän kehityksen tavoitetta. YK:n kestävän kehityksen tavoitteena on luonnon monimuotoisuuden ja heikompi olosuhteisten ihmisten olojen parantaminen. Yksi kyseisen päämäärän tavoitteista on taata puhdas ilma ja yhdenvertaiset ympäristöolosuhteet kaikille. Globaalia ekosysteemiä ei voi tarkastella valtion sisäisesti. Tarvitaan valtion rajoja ylittävää yhteistyötä luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemin tukemiseen. Kansainväliset järjestöt ovat tärkeitä yhteisen hyvän saavuttamiseksi. (Yhdistyneet kansakunnat 2022.)

Puhdasta ilmaa ja ympäristöolosuhteita varten on Suomessa asetettu monia tavoitteita ja lakeja. Niiden tarkoituksena on varmistaa, että Suomessa koettava hyvinvointi on kestävää. Monilta yrityksiltä, jotka luovat arvoa ja hyvinvointia Suomeen, vaaditaan ympäristölupa toimintaan. Ympäristöluvassa määritetään vaatimukset, jotka täyttämällä toiminnasta ei aiheudu liian suurta ympäristökuormaa. Liian suuri ympäristökuorma aiheuttaa ympäristön- ja ilmastonmuutosta. Ilmastonmuutoksella on monia seurauksia.

Suomessa on järjestelmällisesti pyritty vähentämään autoilun kasvihuonekaasupäästöjä. Autoilun vähentämistä on otettu huomioon monella eri tavalla. Julkista liikennettä tuetaan verovaroin, työmatkapyöräilyn polkupyöräetu on tuloverovapaata ja peruskoulun opetussuunnitelmassa huomioidaan kestävä kehitys (Opetushallitus 2014). Autoilun vähentämistä pystytään markkinoimaan ja houkuttelemaan tiettyyn pisteeseen saakka, mutta lopulta se vaatii yksilön päätöksen sen vähentämisestä. Vuonna 2017 liikenteestä aiheutui 20 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä (Tilastokeskus 2018). Kasvihuonekaasupäästöt ovat peräisin polttoaineista. Polttoaineen käyttö riippuu auton käyttövoimasta, ja käyttövoiman vaihto muuttaa liikkumisesta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä.

1.1 Tavoite ja laajuus

Polttoaineen palaminen aiheuttaa eri pakokaasupäästöjä. Eri pakokaasupäästöillä on eri kasvihuonekaasuvaikutus. On alan tapana, että kasvihuonekaasupäästöt lasketaan vastaavina hiilidioksidipäästöinä. Tämän diplomityön tavoitteena on ennustaa yksityisen autoilun aiheuttamat hiilidioksidipäästöt Suomessa vuonna 2030. Tulevaisuuden katsauksen tärkein sisältö on vastata kysymykseen, pääseekö Suomi autoilun päästöissä EU:n asettaman lainsäädännön vaatimaan hiilidioksidipäästövähennykseen. Jos Suomi pääsee, niin valtion pitää jatkaa toimia, jotka tukevat päästövähennyksiä. Jos Suomi ei pääse, niin valtion pitää lisätä toimia vähäpäästöisen ja päästöttömän liikenteen tukemiseksi. Liikenne on Suomessa merkittävä hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja.

Diplomityössä syvennytään Suomen väestömäärään, liikenteen verotukseen, autokantaan ja käyttövoimavaihtoehtoihin. Tutkimus rajataan bensiini-, diesel-, sähkö- ja lataushybridiautoihin. Muut käyttövoimat, kuten kaasu ja vety, vaikuttavat päästöihin vain marginaalisesti ja ne jätetään siksi tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Tässä tutkimuksessa kevythybrideihin lukeutuvat kulkuneuvot luokitellaan käyttövoiman mukaan bensiini- tai dieselautokategoriaan kuuluviksi, mutta lataushybridit on luokiteltu erilliseksi käyttövoimakategoriaksi. Lataushybridikategoria sisältää sekä bensiini-lataushybridit että diesel-lataushybridit, koska diesel-lataushybridien määrä on pieni suhteessa bensiini-lataushybrideihin tämä diplomityön mukaan.

Ajoneuvokantaprofiilin ennustaminen näiden neljän suurimman käyttövoiman osalta on diplomityön keskeisin sisältö. Rekisteröintiosuuksien lisäksi pitää tietää ajoneuvojen määrät.

Käyttövoimakohtaisesta määrästä ja käyttökilometreistä pystytään laskemaan kokonaispäästöt. Vuosittaiset käyttökilometrit määritetään liikennesuoritteen kautta. Jokaiselle käyttövoimalle käytetään samaa keskimääräistä vuosittaista käyttökilometrimäärää. Käyttövoimakohtaisissa käyttömäärissä on eroavaisuuksia, mutta ne on jätetty tämän diplomityön ulkopuolelle.

Suomalaisten käyttövoimavalintaa ohjaa kulutuskäyttäytyminen. Kulutuskäyttäytymistä tutkitaan ensisijaisesti ensirekisteröityjen ajoneuvojen tilastojen kautta. Ensirekisteröidyt ajoneuvot sisältävät uudet rekisteröidyt ajoneuvot sekä maahantuodut ajoneuvot. Toissijaisena näkökulmana pohditaan Suomen olosuhteita, suomalaista kulttuuria ja suomalaisia kulutustottumuksia. Kuluttajakyselyitä ei ole käytetty tutkimusaineistona.

Autoilun päästöjen laskennassa keskitytään raportoitavien kokonaispäästöjen laskentaan. Todelliset päästömäärät voivat olla raportoituja päästömääriä suuremmat. Autoilun elinkaaripäästöihin ja uusiutuvien polttoaineiden päästöihin ei oteta kantaa. Myöskään sähkön tuotannosta aiheutuvia todellisia päästöjä ei huomioida sähköautojen päästöinä. Polttoaineiden määritykset ja luokitukset on jätetty diplomityön ulkopuolelle. Kyseiset määritykset on ilmaistu Suomen lainsäädännössä ja muun muassa jakeluvelvoitelaissa.

Tämä tutkimus kohdentuu henkilö- ja pakettiautojen tuottamiin päästöihin. Muut ajoneuvot rajataan tutkimuksen ulkopuolelle.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Diplomityön päälähteinä käytettiin Suomen Tilastokeskuksen ja Traficomin julkista dataa, jotta tutkimus on toistettavissa. Vuositilastojen vertailun kautta saatiin muodostettua trendejä niin ajoneuvokannan kuin käyttövoiman suhteen. Nämä loivat kuvan kulutuskäyttäytymisen kehittymisestä historiallisesti ja sitä käytettiin perustana tulevaisuuden ennustamiselle. Tulevaisuuden skenaarion ennustetta peilattiin tuloksia pohtiessa eri ajoneuvovalmistajien strategioihin.

Riippuen osatekijästä vuositilastoja verrattiin viimeisen viiden ja kahdenkymmenen vuoden ajalta. Vuosittaisia muutoksia laskettiin yksinkertaisin jakolaskuin. Vuosittaisista muutoksista kerättiin välillä keskiarvollinen vuosittainen muutos, joka kuvasti muutoksen tapahtumista pitemmällä aikavälillä. Skenaariossa käytettävät luvut ja kertoimet johdettiin

diplomityön kirjallisesta osiosta. Tulokseksi muodostettiin skenaario, joka kuvastaa Suomen ajoneuvokantaa vuonna 2030. Skenaariosta laskettiin eri käyttövoimien aiheuttamat päästöt ja autoilusta aiheutuvat raportoitavat kokonaispäästöt. Tulosten kriittisen tarkastelun vuoksi päästöt laskettiin kahdella eri tavalla.

1.3 Vaikutus

Autoilun ja liikenteen sidosryhmillä on erilaiset intressit diplomityöntuloksille. Diplomityön tuloksia voidaan hyödyntää poliittisessa päätöksenteossa, sillä tulosten perusteella voidaan arvioida jo toteutuneiden toimenpiteiden riittävyyttä. Diplomityötä voidaan hyödyntää myös ajoneuvojen verotuksen ennustamisessa.

Ajoneuvokantaennuste voidaan nähdä myös kaupallisessa mielessä riskihallintana. SWOT-analyysissä haetaan vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia. Ajoneuvoskenaarion ollessa tarkka, voidaan tuloksia hyödyntää liiketoiminnallisissa päätöksissä. Yrityksien investointihalukkuus toimialaa, tai -sektoria, kohtaan kasvaa, jos sillä on tulevaisuuden näkymä. Näin pystytään reagoimaan muuttuvaan toimintaympäristöön. Diplomityön tuloksia voidaan hyödyntää myös tulevaisuuden työelämätarpeiden ennustamisessa, esimerkiksi automekaanikkojen koulutustarpeen ja osaamisprofiilin ennakoinnissa.

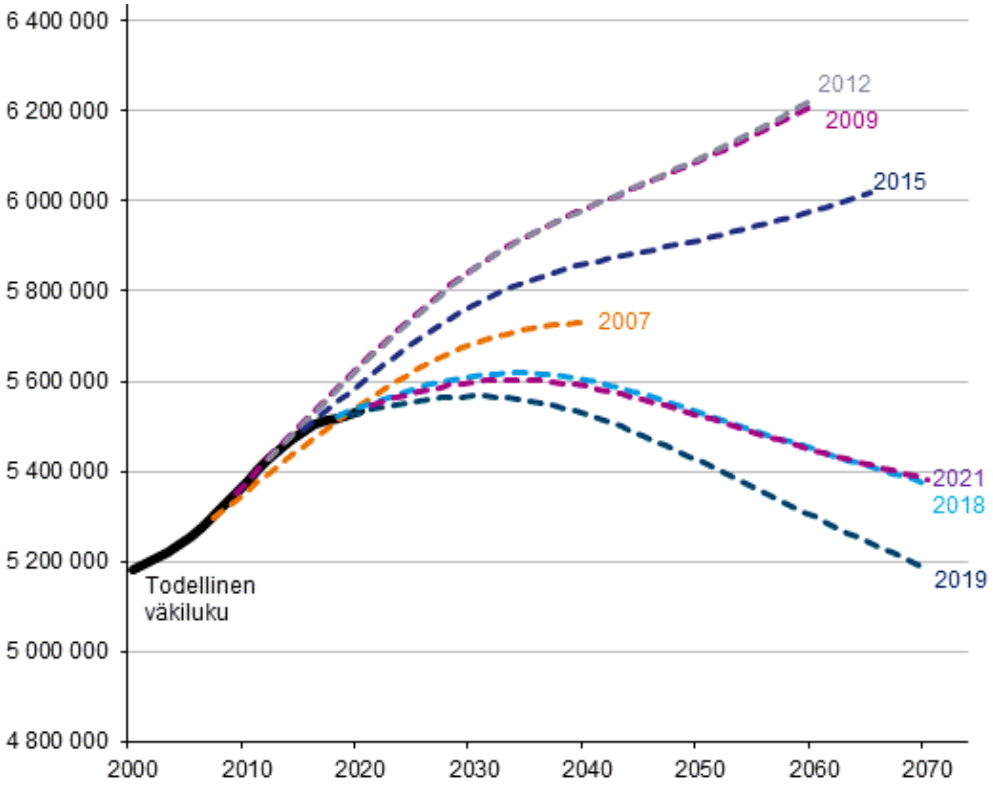
Tutkimus kohdistuu Suomen ajoneuvokantaan ja päästöihin, mutta on toistettavissa EU:ssa, sillä lähes kaikki samat lähdetiedot ovat niissä saatavilla. Diplomityön tulokset antavat myös suuntaa Keski-Euroopan ja erityisesti kulutuskäyttäytymiseltään, kulttuuriltaan ja maantieteeltään samankaltaisten Pohjoismaiden ajoneuvokannan kehittymiselle.

2 Tutkimuksen osatekijät

Tutkimuksessa otetaan huomioon eri osatekijöitä myös ajoneuvokannan ulkopuolelta. Autokannan lisäksi otetaan huomioon muun muassa käyttäjämäärä, liikenteen verotus ja kulutuskäyttäytyminen.

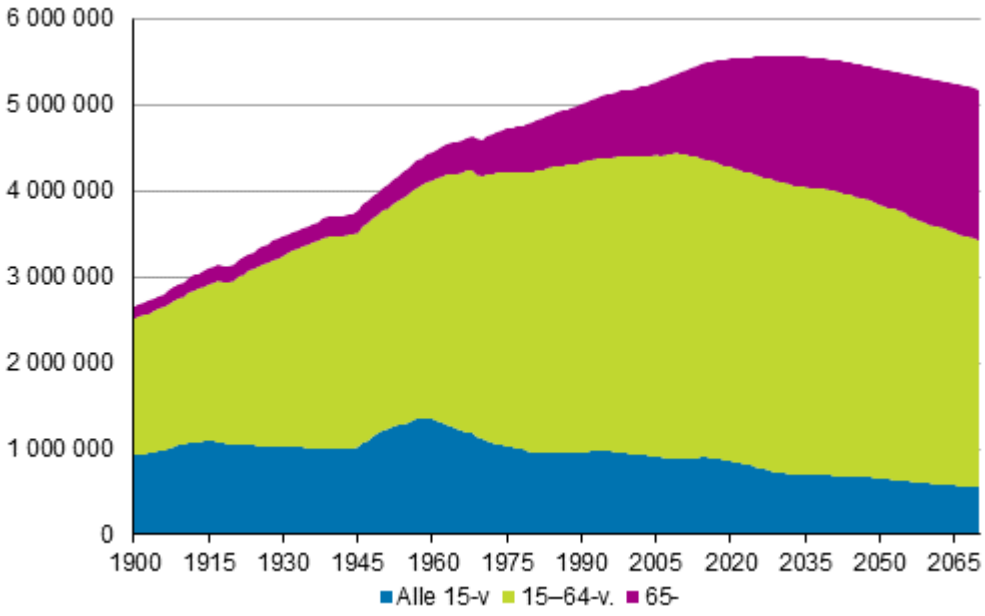
2.1 Suomen valtio

Ensiksi tarkastellaan Suomen väestömäärän kehitystä, jotta saadaan selville, kuinka monta mahdollista autoilijaa Suomessa on vuonna 2030. Päästöt kasvavat suoraan suhteessa käyttäjämäärään, sillä väestömäärän kasvaessa kokonaisliikkuminen ja sen myötä autoilun määrä kasvaa, mikä puolestaan lisää autoilusta aiheutuvien päästöjen määrän kasvua. Suomen Tilastokeskus pitää rekisteriä väestömäärästä ja on tehnyt väestöennusteen, joka ulottuu jopa 2070 vuoteen saakka. Kuviossa 1 on esitetty Suomen väestöennusteet vuoteen 2070 saakka.



Kuvio 1. Väestöennuste Suomi (Tilastokeskus 2021e).

Eri vuosina tehdyt väestöennusteet eroavat hieman toisistaan. Keskeisenä trendinä on väkiluvun kasvu vuoteen 2030 saakka. Vuosien 2019 ja 2012 väestöennusteet eroavat eniten toisistaan vuoden 2030 osalta. Vuonna 2019 väestön määräksi vuodelle 2030 on ennustettu noin 5 575 000 asukasta, kun taas vuoden 2012 ennusteen mukaan väkiluku on noin 5 850 000. Vuoden 2030 väestöennusteen vaihteluväli on noin 2 % suuntaansa mediaaniennusteesta. Yleistetään, että vuosittainen väestömääräkasvu on alle puoli prosenttia vuodesta 2020 vuoteen 2030 saakka. Esitetään, että väestöennusteen perusteella ajoneuvojen määräennusteen ei kuuluisi poiketa paljoa tästä. Jos ajoneuvojen määrä kasvaa nopeammin, niin sille pitää löytää väestömäärästä eroava syy. Väestön ikäjakauman kehittyminen voi vaikuttaa väestömäärää vastaavalla tavalla käyttäjämäärään. Väestörakenne voi kehittyä, että täysiikäisiä suomalaisia on suhteessa enemmän vuonna 2030 kuin vuonna 2020. Kuviossa 2 on esitetty, miten ikäjakauma kehittyy Suomessa vuoteen 2065 saakka.



Kuvio 2. Väestörakenne iän mukaan 1900–2018 ja ennustettu 2019–2070 (Tilastokeskus 2019).

Tilaston mukaan vuosien 2020 ja 2030 välillä alle 65-vuotiaiden määrä pysyy samana, yli 65-vuotiaiden määrä kasvaa ja alle 15-vuotiaiden määrä vähenee. Väestörakenteen

perusteella ikänsä puolesta potentiaalisten autoilijoiden määrä kasvaa noin puoli prosenttia vuosittain vuodesta 2020 vuoteen 2030 saakka.

Väestörakenteesta ei esitetä eri vuosina tehtyjä ennusteita kuten väestöennusteesta. Tästä syystä väestörakenne-ennusteessa ei ole samaa vaihteluväliä kuin väestöennusteessa. Väestörakennetta tarkastellaan tässä diplomityössä, jotta voidaan pohtia väestörakenteen muutoksen yhteyttä autoiluun ja ajoneuvokantaan.

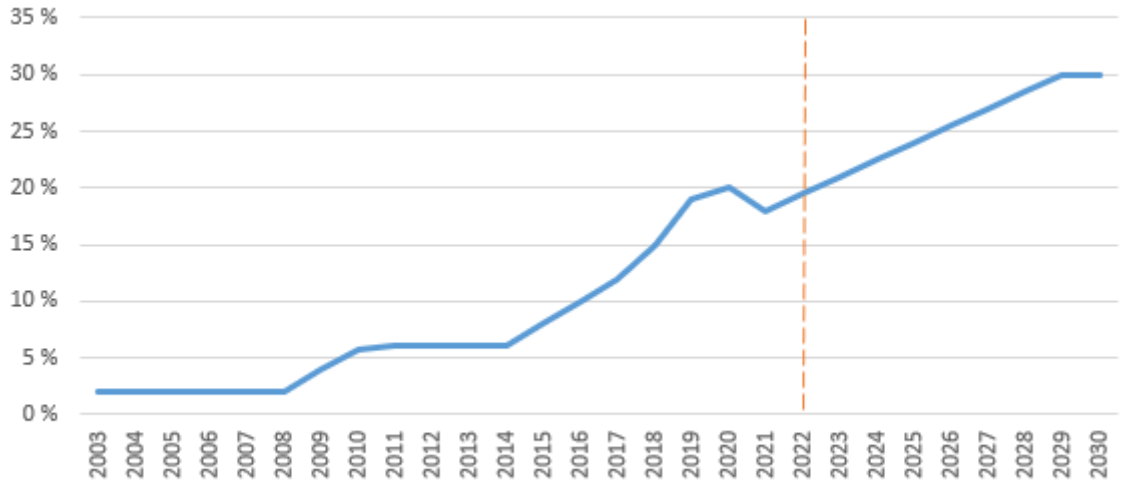
2.1.1 Lainsäädäntö

Valtiolla on useita keinoja, joilla se pystyy vaikuttamaan yksityiseen autoiluun. Lainsäädännöllä on pitkään vaikutettu esim. vapaisiin polttoainemarkkinoihin. Erilaisin kannustein, velvoittein ja sanktioin valtio vaikuttaa eri polttoaineiden kysyntään ja tarjontaan. Kyseisillä keinoilla pystytään tukemaan uutta tekniikkaa ja teknologiaa. Polttoaineen hinta ohjaa kulutuskäyttäytymistä. Lainsäädännöllä kalliimpi polttoaine voi kuitenkin saada kysyntää polttoainemarkkinoilla. Lainsäädännöllä valtio voi siis ohjata vapaita markkinoita tiettyä polttoainetta suosivaksi. Erityisesti polttoaineiden eri jakeluvelvoitteilla saadaan ohjattua kulutusta uudempiin ja kestävämpiin tuotteisiin.

Ensimmäiseksi tarkastellaan lainsäädäntöä koskien liikenteen biopolttoaineita. Euroopan Unioni on velvoittanut sen jäsenmaita käyttämään biopolttoaineita kahden prosentin osuudella vuodesta 2003 lähtien. Suomi asetti ensimmäisen lain edistämään biopolttoaineiden käyttöä vuonna 2006. Tätä kyseistä lakia on sen jälkeen muokattu ajan saatossa. (446/2007.)

Jakeluvelvoitelain mukaan polttoaineiden jakelijalla on jakeluvelvoite toimittaa uusiutuvia polttoaineita. Ennen jakeluvelvoitelakiin tehtyjä muutoksia uusiutuvan polttoaineen sijaan oli kirjattu jakeluvelvoite biopolttoaineille. Uusiutuvaksi polttoaineeksi kelpaavat polttoaineet on listattu jakelulaissa. Euroopan neuvosto on vaatinut sen jäsenvaltioita määrittämään kansalliset tavoitteet uusiutuville polttoaineille vuoteen 2030 saakka. Nykyinen Suomen voimassa oleva lainsäädäntö uusiutuvien polttoaineiden osuuksista on määrittänyt, että uusiutuvien polttoaineiden osuuden pitää kasva vuosittain vuoteen 2030 saakka aivan kuten Euroopan neuvosto on vaatinut. (603/2021.)

Kuviossa 3 on esitetty Suomen valtion lainsäädännön mukaiset uusiutuvien polttoaineiden vähimmäisosuudet polttoaineissa.



Kuvio 3. Uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoitteen vähimmäisosuus (603/2021).

Kuten kuvioon 3 on esitetty, uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite kasvaa vuosien 2003–2030 välillä kahdesta prosentista 30 prosenttiin. Uusiutuvat polttoaineet ovat kalliimpia kuin tavanomaiset polttoaineet ja tämä kasvattaa polttoaineen hintaa. Normaalisti uusiutuvien polttoaineiden osuus määräytyisi kysynnän ja tarjonnan mukaan. Korkean hinnan uusiutuvalla polttoaineella olisi pieni kysyntä ja matalan hinnan fossiilisella polttoaineella olisi suuri kysyntä. Jakeluvelvoitelain 603/2021 mukaan jakeluvelvoitteen täyttämättä jättäminen aiheuttaa sanktioita. Polttoainejakelija ei siis pääse halvemmalla jättämällä myymättä hieman kalliimpaa uusiutuvaa polttoainetta. (603/2021.)

Joillain polttoainejakelijoilla on myynnissä lainsäädännön kriteerit täyttävää puhdasta uusiutuvaa liikennepolttoainetta, kuten biodieseliä. Puhtaan uusiutuvan polttoaineen myynti lasketaan prosenttiosuudeksi jakelijan uusiutuvien polttoaineiden vähimmäisosuudesta. Jakeluvelvoitelaissa ei kuitenkaan tuoda esiin kokonaistavoitemäärää. Lainsäädäntö ei siis vaadi tiettyä katettavaa energiasisältömäärää, vaan katettavan vähimmäisosuuden. Vähimmäisosuus puolestaan lasketaan kokonaismyyntimäärän energiasisällöllisestä määrästä.

Kokonaispäästöjen näkökulmasta biopolttoaineista käytetään usein määritelmää hiilineutraali. Vaikka biopolttoaineet aiheuttavat päästöjä niitä käytettäessä, ovat ne luonnonvarana uusiutuvia. Tästä syystä biopolttoaineet on luokiteltu myös jakeluvelvoitelaissa uusiutuviksi

polttoaineiksi. Skenaarioissa otetaan huomioon biopolttoaineiden kasvava prosentuaalinen osuus. Sillä on suora vaikutus raportoitaviin päästömääriin. Sillä ei kuitenkaan ole vaikutusta todellisiin päästömääriin. Polttomoottorin käyttö aiheuttaa vääjäämättä kasvihuonekaasupäästöjä, oli käyttövoimana fossiilinen tai biopolttoaine.

Lainsäädännössä huomioidaan myös julkiset hankinnat. Vuonna 2011 Suomi sai Euroopan neuvostolta kehotuksen huomioida ajoneuvojen energia- ja ympäristövaikutukset julkisissa hankinnoissa. Euroopan parlamentti ja neuvosto antoi vuonna 2009 direktiivin 33/EY, jolla edistetään puhtaiden ja energiatehokkaiden tieliikenne moottoriajoneuvojen käyttöä. Vuodesta 2011 lähtien on julkisissa hankinnoissa huomioitu moottoriajoneuvojen puhtaus ja energiatehokkuus. Kyseistä lakia on tarkennettu, viimeisimpänä lailla 740/2021 ajoneuvo- ja liikennepalveluhankintojen ympäristö- ja energiatehokkuusvaatimuksista. Muutos käsitti ympäristö- ja energiatehokkuusvaatimusten koskevan ajoneuvojen hankinnan lisäksi myös liikennepalveluiden hankintaa. Julkisiin hankintoihin on säädetty tietty sitova vähimmäisosuus nolla- ja vähäpäästöisille ajoneuvoille. (740/2021.)

Vähimmäisosuudet nolla- ja vähäpäästöisille ajoneuvoille on määritetty kahdelle hankinta-ajanjaksolle. Hankinta-ajanjaksot ovat 2.8.2021 – 31.12.2025 ja 1.1.2026 – 31.12.2030. Hankinta vaatimukset on esitetty ajoneuvokategorioittain. Eduskunnan päätöksestä 740/2021 tarkastellaan henkilöauton ja kevyen hyötyajoneuvon vaatimukset.

Ensimmäiselle hankinta-ajanjaksolla, eli vuoden 2025 loppuun saakka, ympäristöystävällisen ja energiatehokkaan ajoneuvon hiilidioksidipäästöt saavat olla enintään 50 grammaa hiilidioksidia per ajettu kilometri. Toiselle hankinta-ajanjaksolla, eli vuoden 2030 loppuun saakka, on asetettu vaade, että ympäristöystävällisen ja energiatehokkaan ajoneuvon hiilidioksidipäästöt saavat olla toisella hankinta-ajanjaksolla nolla grammaa hiilidioksidia per ajettu kilometri. Vaatimuksena on, että 38,5 % hyötyajoneuvojen kokonaislukumäärästä on kyseisiä ympäristöystävällisiä ja energiatehokkaita ajoneuvoja. Se tarkoittaa tulevaisuuden taksiyrittäjille sitä, että valtio tulee vaatimaan julkisten palveluiden kilpailutuksissa kyseisiä päästörajoja. Hallitus on hyväksynyt lakiin kuitenkin kuntia koskevan poikkeuksen. Poikkeuksen mukaan kunnilta ei edellytetä tavoitteiden mukaan toimimista hankinta-ajanjaksolla, mutta kunnat voivat niin toimia. Kunnille on annettu alueittain tarkempia ohjeistuksia vähimmäisprosenttiosuuksista. (740/2021.)

2.1.2 Liikenteen tuet

Tuet ovat keinoja, joilla rohkaista tietyn suuntaista toimintaa. Liikenteen tuilla kannustetaan yhteiskunnan jäseniä osallistumaan liikenteen tavoitteisiin. Suomen valtion tavoitteet liikenteelle ja polttoaineiden kulutukselle on asetettu lainsäädännössä, joka perustuu kansainvälisiin sopimuksiin. Sopimusten tavoitteisiin johdatetaan sekä velvoittein että kannustein. Polttoainejakelijoita velvoitetaan, että tietty prosenttiosuus polttoaineesta tulee olla uusiutuvaa polttoainetta, muussa tapauksessa siitä aiheutuu sanktiomaksu. Kannustimista esimerkkinä on sähköauton hankintatuki. Kuluttaja saa korvauksen uuden sähköauton hankkimisesta.

Vapaat markkinat muuttuvat sanktioiden ja tukien seurauksena. Tuotteen, jota tuetaan, saa hankittua normaalia halvemmalla hinnalla. Tämmöisessä tapauksessa kyseisen tuotteen hintalaatusuhde kasvaa. Suomessa on kaksi liikenteen tukea, joilla kannustetaan kansalaisia tekemään Suomen valtion tavoitteiden mukaisia kuluttajapäätöksiä uutta autoa hankittaessa: hankintatuki ja muuntotuki. Valtio tuki myös kolmannella tavalla uusauton hankintaa maksamalla romutuspalkkiota, mutta sen tuen maksaminen päättyi vuonna 2021.

Romutuspalkkio oli korvaus, joka myönnettiin yli kymmenen vuotta liikennekäytössä olleelle romutettavalle ajoneuvolle. Romutuspalkkiossa oli tiettyjä ehtoja ja tarkennuksia korvauksen saamiseksi. Palkkion pystyi käyttämään vain uuden henkilöajoneuvon hankkimiseen. Palkkion suuruus määräytyi ostettavan ajoneuvon käyttövoiman ja hiilidioksidipäästöjen mukaan. Sitä ei voinut antaa toiselle henkilölle ja vain yksityiset henkilöt pystyivät saamaan romutuspalkkion. Valtion varoista maksettavan romutuspalkkion suuruus oli 1 000 € uusille bensiini- ja dieselautoille, joidenka hiilidioksidipäästöt olivat alle 120 g/km. Romutuspalkkion suuruus oli 2 000 €, jos ostettavan uuden ajoneuvon käyttövoima oli sähkö, bensiinikaasu tai bensiinikorkeaseosetanoli. Kyseisillä ajoneuvoilla ei ollut päästörajaa. 2 000 € romutuspalkkion sai myös uudelle ajoneuvolle, joka oli lataushybridi ja jonka hiilidioksidipäästöt olivat alle 95 g/km. Valtio varasi romutuspalkkion tukeen 8 miljoonaa euroa kampanja-ajalle 1.12.2020 – 31.12.2021. Romutuspalkkiota määrättiin myönnettävän kampanjaajan tai kampanjaan varattujen määrärahojen loppumiseen saakka. Valtio on toteuttanut romutuspalkkio kampanjoita useamman kerran. Romutuspalkkion taka-ajatuksena on, että Suomen ajoneuvokanta uudistuisi, keskimääräisen ajoneuvon ikä laskisi ja päästöt vähenisivät. Romutuspalkkio ei ole tällä hetkellä voimassa. (Traficom 2021e.)

Muuntotukikorvaus myönnetään henkilöautoille, jotka konvertoivat autonsa käyttövoiman kokonaan tai osittain kaasukäyttöiseksi. Muuntotuki myönnetään myös autoille, joidenka rekisteritietoihin merkitään soveltuvuus korkeaseosetanolin käytölle. Muuntotuen edellytyksenä on, että ajoneuvo on muutoskatsastettu. Muutostuki haetaan katsastuksen jälkeen takautuvana korvauksena. Muuntotuen määrä on 1 000 € konvertoidessa henkilöauton kaasukäyttöiseksi ja 200 € konvertoidessa etanolikäyttöiseksi. Muuntotuki on voimassa 1.1.2022–31.12.2024. (1289/2021.)

Hankintatuki luotiin tukemaan Suomen liikenteen sähköistymistä. Yksityishenkilöt, jotka ostavat alle 50 000 € arvoisen uuden sähköä käyttövoimana käyttävän henkilöajoneuvon ovat oikeutettuja tähän etuun. Kyseiseen 50 000 € hankintahintaan tulee sisältyä arvonlisävero ja autovero. Suomen energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on, että Suomessa on 250 000 sähköajoneuvoa vuoteen 2030 mennessä (HE 156/2017 vp, s. 3). Hankintatuki edistää tähän tavoitteeseen pääsemistä. Hankintatuen määrä on 2 000 €, eli enintään neljä prosenttia auton hinnasta. Hankintatuki on voimassa 1.1.2021–31.12.2024. (1289/2021.)

2.2 Liikenteen verotus

Tuloksia pohtiessa tulee huomioida, kuinka paljon muuttuva yksityinen liikenne tuottaa nykyisellä järjestelyllä verotuloja. Verotulojen pitää pysyä samalla tasolla, muussa tapauksessa liikenteen verotusta joudutaan muuttamaan. Jos liikenteen verotusta muutetaan, se vaikuttaa kulutuskäyttäytymiseen ja skenaarion todennäköisyys pienenee.

Tällä hetkellä on aikaisemmin mainittuja liikenteen tukia, jotka ovat kustannuksia valtion budjetissa. Valtion liikenteestä keräämien verotulojen pitää kuitenkin säilyä vuodesta toiseen. Esimerkiksi sähköautoilua ei tulla tukemaan valtion toimesta jatkuvasti. Jossain vaiheessa sähköautoilua tullaan verottamaan yhtä paljon kuin tämän hetken bensiini- ja dieselautoilua. Liikennettä verotetaan useassa osassa ja näitä tullaan tulevaisuudessa säätämään, jotta nykyisten verotulojen määrä säilyy. Vuonna 2022 liikenteen verotus koostuu viidestä osasta: autoverosta, ajoneuvoverosta, polttoaineverosta, eri oheispalveluiden verosta ja arvonlisäverosta. Verojen suuruus vaihtelee ajoneuvon käyttövoiman mukaan. Näin ollen ajoneuvojen käyttövoima vaikuttaa valtion verotuloihin. Liikenneinfrastruktuurin ylläpito on edellytys sisämarkkinoiden toimimiseen ja yhteiskunnan pyörimiseen.

Liikenneinfrastruktuuria voidaan ylläpitää vain kerättävillä verotuloilla. Taulukkoon 1 on merkitty valtion keräämät verotulot liikenteestä vuosina 2009–2021.

Taulukko 1. Suomen verotulot tieliikenteestä 2009–2021 (AUT 2022b).

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Autovero	687	941	1 068	1 007	933	918	884	964	977	1 001	892	722	524
Ajoneuvovero	654	691	759	758	866	878	930	1 083	1 169	1 193	1 150	1 168	1 134
Tieliikenteen polttoaineista kerätty vero	2 364	2 415	2 372	2 571	2 568	2 544	2 538	2 657	2 682	2 677	2 635	2 625	2 507
Polttoaineiden alv	1 009	1 185	1 352	1 455	1 479	1 437	1 283	1 167	1 324	1 415	1 394	1 202	1 485
Alv uusista ajoneuvoista	591	681	787	690	678	700	724	829	884	896	888	811	817
Alv ajoneuvojen osista sekä huolto- ja korjaustöistä	584	658	695	713	763	766	773	785	789	785	794	723	747
Vero liikenne- ja autovakuutusmaksuista	269	285	300	318	343	378	387	384	373	367	380	392	407
Yhteensä	**6 158**	**6 856**	**7 333**	**7 512**	**7 630**	**7 620**	**7 520**	**7 869**	**8 198**	**8 334**	**8 132**	**7 643**	**7 621**
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**	**4 907**	**4 572**

Vuonna 2021 Suomen kokonaisverokertymä oli 108 miljardia euroa (Tilastokeskus 2022c). Verotulot tieliikenteestä vastasivat noin seitsemää prosenttia kokonaisverokertymästä vuonna 2021. Vuoden 2030 kokonaisverokertymää ei tiedetä, mutta vuoden 2030 tieliikenteestä kerättävien verotulojen pitäisi ennusteiden mukaan olla lähellä 8 miljardia euroa.

2.2.1 Autovero

Ajoneuvoja verotetaan autoverolain mukaisesti. Ajoneuvoilla ei ole yhdensuuruista arvonlisäveroa, niin kuin muilla hyödykkeillä. Autovero maksetaan uuden tai käytetyn ajoneuvon ensirekisteröinnin yhteydessä. Autoverolakiin on luokiteltu ajoneuvoluokat ja sovellettavat veroprosentit. Veroprosentti määräytyy joko auton hiilidioksidipäästöjen tai kokonaismassan perusteella. Mitä suuremmat päästöt, tai kokonaismassa, sitä suurempi sovellettava veroprosentti. Käytettyihin tuontiautoihin sovelletaan Suomessa olevien vastaavien ajoneuvojen hintaan perustuvaa autoveroa. Koska autoveron määrä on suoraan verrannollinen päästömäärään, lainsäädäntö kannustaa kuluttajia priorisoimaan vähäpäästöisiä ajoneuvoja. Valtion keräämät autoverot olivat 0,5 miljardia euroa vuonna 2021 (Tilastokeskus 2022c). (777/2020.)

2.2.2 Ajoneuvovero

Ajoneuvoveroa verotetaan jokaiselta tieliikenteeseen rekisteröidyltä ajoneuvolta. Ajoneuvovero määräytyy ajoneuvoluokan mukaan. Ajoneuvoluokkia on 12 kappaletta. Jokaiselle ajoneuvoluokalla on erilainen verotus. Suurimman ajoneuvoluokan muodostavat henkilöautot. Valtion keräämät ajoneuvoverot olivat 1,1 miljardia euroa vuonna 2021 (AUT 2022b). Ajoneuvoveroa kerätään vuosittain.

Ajoneuvovero muodostuu autoveron tavoin: suuri päästöisiä ja kokonaismassaltaan suurempia ajoneuvoja verotetaan tiukemmin. Ajoneuvovero muodostuu kahdesta osasta: perusverosta ja käyttövoimaverosta. Perusvero veloitetaan kaikilta ajoneuvoilta. Käyttövoimavero veloitetaan ajoneuvoilta, jotka käyttävät muuta kuin bensiiniä polttoaineena, kuten esimerkiksi dieseliä. (777/2020.)

Käyttövoimavero määräytyy ajoneuvon kokonaismassan ja käyttövoiman mukaan. Käyttövoimaveron suuruus on 5,5 senttiä per alkava sadan kilogramman kokonaismassa dieseliä käyttäville ajoneuvoille. Jos ajoneuvon käyttövoimana on sähkö, käyttövoimaveron suuruus on 1,5 senttiä per alkava sadan kilogramman kokonaismassa. Käyttövoimaveroa veloitetaan myös hybridi ratkaisuista. Käyttövoimana bensiiniä ja sähköä käyttävän ajoneuvon käyttövoimavero on 0,5 senttiä per alkava sadan kilogramman kokonaismassa; ja käyttövoimana dieseliä ja sähköä käyttävän ajoneuvon käyttövoimavero on 4,9 senttiä per alkava sadan kilogramman kokonaismassa. Kaasuautoille on myös määritetty käyttövoimavero. Metaania polttoaineena käyttävien ajoneuvojen käyttövoimavero on 3,1 senttiä per alkava sadan kilogramman kokonaismassa. (777/2020.)

Kaikkia ajoneuvoja verotetaan siis jollain tavalla ajoneuvolain perusteella. Veron suuruus vaihtelee paljon käytettävän polttoaineen perusteella. Suurin osa käyttövoimaverosta kerätään dieseliä käyttävistä ajoneuvoista. Jos kaikki dieselautot vaihdettaisiin sähköautoihin, niin sillä olisi suuri vaikutus ajoneuvoveron vuosittaiseen veromäärään. Ei ole todennäköistä, että diesel ja bensiini autoilu loppuisi kokonaan, mutta skenaarion pohdinnassa on hyvä arvioida, kuinka paljon veromäärä muuttuu käyttövoimamuutoksien takia. Liian radikaali muutos vuosittaisessa kokonaisajoneuvoveromäärässä johtaisi veromuutoksiin. Hinta-laatusuhteen muutoksella olisi taas iso vaikutus kulutuskäyttäytymiseen.

2.2.3 Polttoaineverot

Polttoainevero muodostuu kolmesta osasta: energiasisältöverosta, hiilidioksidiverosta ja huoltovarmuusmaksusta. Nämä kolme osaa muodostavat valmisteveron. Polttoaineen rekisteröity vastaanottaja, tai maahantuoja, maksaa valmisteveron valtiolle. Polttoainevero on sisällytetty kuluttajan hintaan. Huomioidaan myös, että polttoaineveron lisäksi kuluttajat maksavat polttoaineesta arvonlisäveroa. Polttoaineenhinta koostuukin Suomessa suurimmalta osalta erilaisista kerättävistä veroista.

Liitteeseen 1 on taulukoitu nestemäisten polttoaineiden verotaulukko. Perinteisen dieselöljyn polttoainevero on 0,594 €/l ja biodieselöljyn polttoainevero on 0,5455 €/l. Biodieseliä verotetaan noin 5 senttiä per litra (0,0493 €/l) vähemmän kuin fossiilista dieseliä. Yksittäisen litran veroero ei ole suuri, mutta ero saa oikean mittakaavan kokonaismäärää tarkastellessa. Aliisa-autokantamallissa on ennustettu dieselin kokonaiskäyttömäärä vuonna 2030. Ennuste on, että Suomessa ostettaisiin 2 759 803 906 litraa dieselöljyä vuonna 2030. Jos koko kyseinen määrä valmistettaisiin ja ostettaisiin biodieselinä perinteisen dieselin sijaan, niin polttoaineveroa kertyisi noin 136 miljoonaa euroa vähemmän. Kaasumaisista polttoaineista maksetaan myös polttoaineveroa. Kaasumaisten polttoaineiden käytön muutoksen oletetaan olevan niin vähäistä, ettei siitä kertyvää veromuutosta tarkastella tässä tutkimuksessa. (VTT 2021.)

Sähkön verokertymä liikenteen polttoainekäytöstä on mutkaisempi. Sähkövero määräytyy sähkön tuottamistavan mukaan. Rekisteröidyt sähköntuottajat ja verkonhaltijat maksavat sähköveron valtiolle. Sähkövero on sisällytetty kuluttajien sähkön hintaan. Sähkön verokertymä liikennekäytössä pitää huomioida, koska sähkön kulutus ajoneuvopolttoaineena tulee kasvamaan merkittävästi. Kuluttajan ostamasta sähköstä maksetaan nestemäisen polttoaineen tavoin arvonlisäveroa 24 %. Valmistevero määräytyy energiayhtiöittäin. Esimerkiksi sähköyhtiö Helen maksoi 2,253 senttiä per kWh sähköveroa vuonna 2021 (Helen 2021).

Liitteeseen 2 on taulukoitu esimerkkilaskennassa käytetyt arvot, jotka perustuvat oletukseen henkilöautolla ajettavan keskimäärin 15 000 km vuodessa. Jos bensiiniä kuluu 15 000 km ajamiseen 825 litraa, verokertymä bensiinin käytöstä on 983,07 €. Jos dieseliä kuluu 15 000 km ajamiseen 720 litraa, verokertymä dieselin käytöstä on 704,74 €. Vastaavasti 15 000 km ajamiseen sähköautolla kuuluu 3 000 kW. Latauspaikkahinnalla 0,2 €/kW verokertymä on

211,59 €. Polttoaineveron verokertymässä on siten suuri ero, kun polttoaineena on sähkö fossiilisen polttoaineen sijaan.

Vuonna 2021 polttoaineveron ja polttoaineiden arvonlisäveron suuruus kaikesta tieliikenteen verotulosta oli 52,4 %. Bensiiniajoneuvojen määrä on noin 60 % kaikista liikenteessä olevista ajoneuvoista. Jos kyseiset bensiini ajoneuvot korvattaisiin sähköajoneuvoilla, valtion vuosittaiset verotulot liikenteestä vähenisivät jopa kahdella miljardilla eurolle. Jos verokertymä laskee 1–2 miljardia euroa ajoneuvokannan sähköistyessä, niin on oletettavaa, että tieliikenneverotukseen tulee muutoksia tulevaisuudessa.

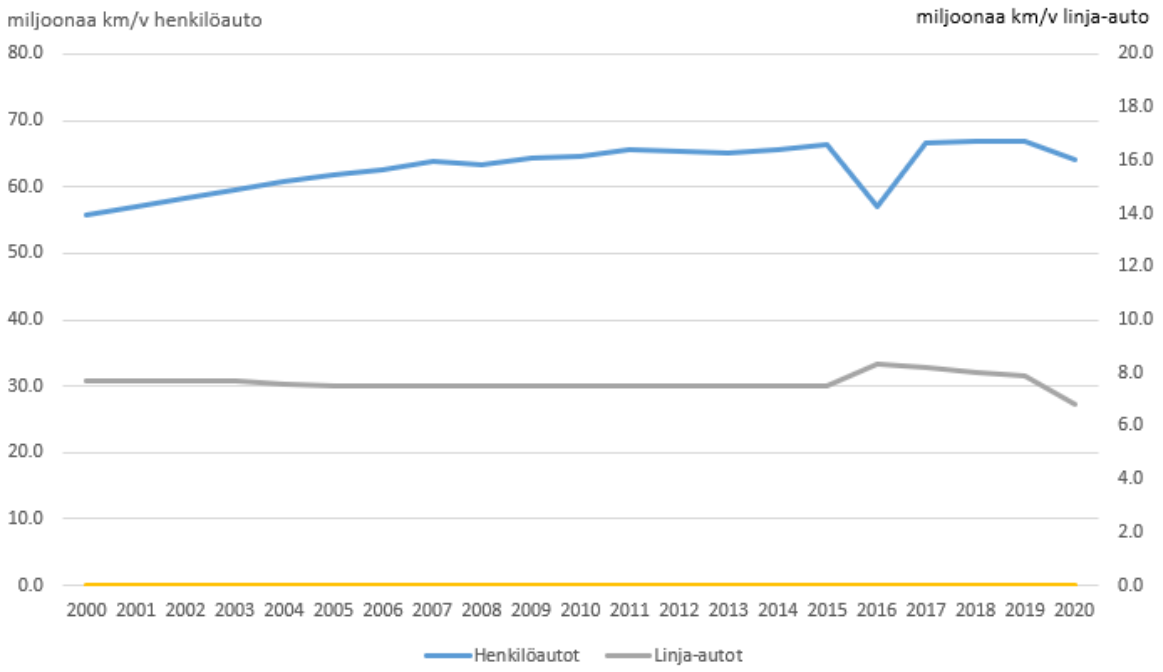
2.3 Kulutuskäyttäytyminen

Kulutuskäyttäytymisen tärkein yksittäinen tekijä on vuosittainen autolla matkustettu kilometrimäärä henkilöä kohden. Ihmiset haluavat ottaa myös kantaa kuluttajapäätöksillään. Esimerkiksi vihreässä siirtymässä sähköauton hankinta on tällainen tapa. Kulutuskäyttäytymiseen vaikuttavat siis hinta-laatusuhteen lisäksi arvovalinnat ja kuluttajan identiteetti.

Suomessa on tiettyjä tyypillisiä maantieteellisiä ominaispiirteitä, jotka vaikuttavat ajoneuvojen hankintaan. Suomessa on geologisesti ja ilmastollisesti haastavat olosuhteet, pitkiä välimatkoja kaupunkien välillä, asukastiheys on matala ja vakituista sekä väliaikaista asutusta on myös maaseudulla. Kulutustottumuksia ohjaa myös mukavuudenhaluisuus. Ajoneuvon hankintaa ohjaavat myös palveluiden, harrastusten, koulujen työpaikkojen läheisyys. Auton käyttövoimatyypin valintaan vaikuttavat siis myös yksilölliset tarpeet. Samoin käyttövoiman vaihtamiseen vaikuttavat käyttövoiman vaatima aika ja työmäärä esimerkiksi latauksen suhteen.

2.3.1 Henkilöliikenne

Henkilöliikennesuoritteella tarkoitetaan henkilömäärän, tässä tapauksessa suomalaisten, vuodessa ajoneuvoilla liikkumaa kilometrimäärää. Henkilöliikennesuorite on hyvä määre mittaamaan kulutuskäyttäytymistä. Liitteeseen 8 on taulukoitu tilastokeskuksen tilastoima henkilöliikennesuorite Suomessa vuosina 2000–2020. Kuvioon 4 on havainnollistettu liitteen 8 taulukon arvot.



Kuvio 4. Henkilöliikenne Suomessa 2000–2020 (Tilastokeskus 2021a).

Kuviosta 4 on tulkittavissa, että henkilöliikennesuorite on noussut vuodesta 2000. Henkilöliikennesuoritteeseen vaikuttaa Suomen väestömäärän ja väestörakenteen muutos. Kuten aiemmin todettiin, Suomen väestömäärä on ollut kasvussa vuodesta 2000. Aikaisemman historiadatan perusteella tieliikenne liikkuminen henkilöautoilla on maltillisesti kasvussa. Henkilöliikkuminen pysyy suhteessa samalla tasolla vuodesta toiseen. Henkilöliikennesuoritteen kasvua selittää väestömäärän kasvu ja väestön ikääntyminen. Ne lisäävät henkilöliikennesuoritetta pari prosenttia vuosittain. Vuosina 2019–2020 on havaittavissa pientä laskua henkilöliikennesuoritteessa, mutta tämä johtuu korona-ajan poikkeusoloista. Suomalaisten liikkumismäärän oletetaan tämän perusteella kasvavan vuoteen 2030 saakka.

Liitteeseen 8 ja kuvioon 4 on eroteltu henkilöliikenteen lisäksi linja-autoliikenne. Linja-autot muodostavat vähemmän päästöjä suhteessa henkilöautoihin, jos niissä olevia matkustajia on riittävästi. Julkinen liikenne on kehittynyt vuosien saatossa, mutta henkilöliikennesuoritteen mukaan linja-autoilla on liikuttu suunnilleen saman verran vuodesta 2000 alkaen. Suomessa on positiivinen ja kannustava ilmapiiri julkiseen liikenteen, mutta käytännön toteutukset ovat haastavia. Suomessa taajamien ulkopuolella henkilöauton tuoma vapaus, nopeus ja

käytännöllisyys ovat ominaisuuksia mihin esimerkiksi linja-autoliikenteellä ei ole tarjota vastaavaa.

2.3.2 Ajoneuvovalmistajien strategiat

Ajoneuvovalmistajilla pitää olla näkemys kuluttajien tulevaisuuden kulutuskäyttäytymisestä. Se on yrityksien elinehto, jotta he voivat valmistaa tuotteita, jotka menevät kaupaksi. Valmistajien strategioista otetaan huomioon, mitä käyttövoimavaihtoehtoja ja prosenttiosuuksia he ovat esittäneet tulevaisuuden suunnitelmakseen.

Toyotan autot ovat vuodesta toiseen olleet myydyimpiä autoja Suomessa. Toyotalla on ympäristöstrategiana Beyond Zero -teema. He eivät ole ilmoittaneet tiettyä päivämäärää, tai vuotta, milloin lopettaisivat polttomoottoriajoneuvojen valmistamisen. Beyond Zero -teeman tavoitteena on päästöttömyyden lisäksi kestävyys. Tämä näkyy Toyotan ajoneuvotarjonnassa. Heillä on myynnissä perinteisten bensiini- ja dieselautojen lisäksi hybridi-, lataushybridi-, sähkö- ja vetyautoja. (Toyota 2021.)

General Motors on yksi maailman suurimmista ajoneuvovalmistajista. General Motors on julkaissut ajoneuvostrategian, jonka tavoitteena on hiilineutraaliuus vuoteen 2040 mennessä. Heidän välitavoitteensa on, että vuoteen 2035 mennessä General Motors ei valmista muita kuin pakokaasupäästöiltään päästöttömiä autoja. (General Motors 2021.)

Ford ilmoitti pääomamarkkinapäivillä toukokuussa 2021, miten kansainväliset ilmastosopimukset sisällytetään Fordin strategiaan. Fordin tavoitteena on vuoteen 2030 mennessä 40 % sähköautojen osuus ajoneuvomyynneissä. Esitykseen on eritelty, että uusien lava-autojen myynnistä 33 %, ja minibusseista sekä pakettiautoista 70 % on sähköisiä. (Ford 2021.)

Volvo on sähköautoilun suhteen yksi kunnianhimoisimmista ajoneuvovalmistajista. Volvo on linjannut strategiakseen, että vuoteen 2030 mennessä Volvo tarjoaa vain sähköautoja. Tämä sisältää myös tarkennuksen, että hybridivaihtoehdot poistuvat valikoimasta. Hybrideissä on useampi voimalähde vaihtoehto. Joten linjaus tarkoittaa sitä, että Volvo lopettaa polttomoottori autojen valmistamisen. (Volvo 2021.)

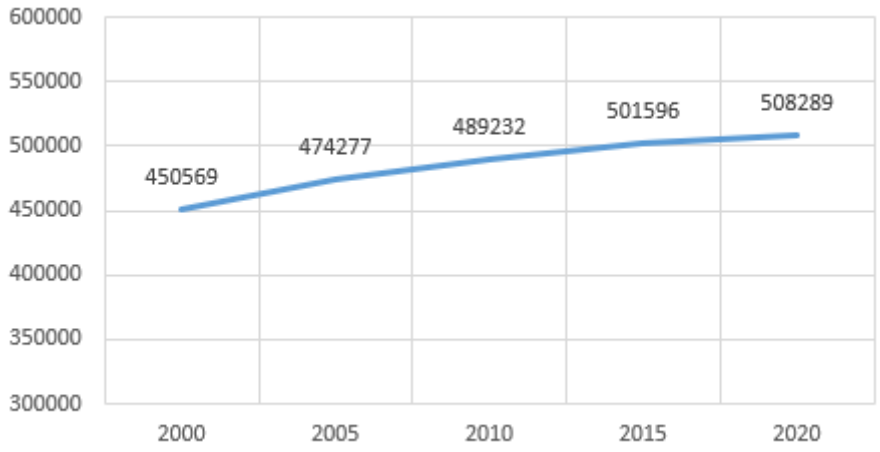
Myös Volkswagen Group on julkaissut strategiansa tuleville vuosille. Volkswagen Group on linjannut strategiansa yhdenmukaiseksi Pariisin ilmastosopimuksessa sovittuihin tavoitteisiin. Vuoteen 2030 mennessä Volkswagen aikoo vähentää ajoneuvojen

kokonaishiilijalanjälkeä 30 % vuoden 2018 tasosta. Fossiilia polttoaineita käyttövoimana käyttävien autojen tuotannon lakkauttamista Volkswagen ei ole ohjeistanut. (Volkswagen Group 2021.)

Stellantis Group valmistaa tunnettuja automerkkejä kuten Opel, Alfa Romeo, Dodge, Jeep, Ram, Citroen, Peugeot, Fiat ja Chrysler. Stellantiksen tavoitteena on, että vuonna 2025 tarjonnassa on sähköautoja ja lataushybridejä kaikissa autoluokissa. Stellantis keskittyy strategiassaan matalan päästön ajoneuvoihin. Heidän oletusarvonsa on, että vuonna 2030 Euroopassa myydyistä henkilöajoneuvoista ja kevyt kuorma-autoista 70 % on vähäpäästöisiä ajoneuvoja. (Stellantis 2021.)

2.3.3 Suomalainen kulttuuri

Mökkeily- ja luontokulttuuri lisää ihmisten liikkumista. Mökit eivät sijaitse kaupungeissa ja taajamissa, vaan niihin pitää matkustaa. Kuviossa 5 on esitetty kesämökkien lukumäärä Suomessa vuosina 2000–2020.



Kuvio 5. Kesämökkien lukumäärä Suomessa 2000–2020 (Tilastokeskus 2021d).

Kuviosta 5 voidaan todeta, että suomalainen mökkeilykulttuuri on vahvaa. Mökkien määrä kasvaa lähes väestömäärän tahdissa. Lähihistorian kehityksen perusteella mökkeily tulee säilyttämään samanlaisen roolin kuin aikaisemminkin. 2030 vuoden yksityistä liikennettä

arvioitaessa muuttoliikkeellä ja mökkeilykulttuurilla ei ole vaikutusta henkilöliikennesuoritteeseen, joka pitäisi ottaa huomioon liikkumista lisäävänä tai vähentävänä tekijänä. Tuloksia arvioitaessa pohditaan käyttövoimavalinnan ja mökkeilyn yhteyttä.

Kaupungissa kauppa, työ, koulu ja palvelut ovat lähempänä kuin maakunnassa. Ajomatkat ovat lyhyempiä ja ajetaan tiheämmin asutetulla alueella, jossa matka polttoaineasemalle on lyhyempi kuin harvemmin asutulla alueella. Polttoaine- tai latausasemien tiheydellä on suuri merkitys kuluttajakäyttäytymismieltymyksissä. Suomessa on totuttu tankkaamaan ajoneuvo täyteen kahdessa minuutissa ja ajamaan sillä 1000 km. Uudelta tekniikalta ja toiselta käyttövoimalta vaaditaan samoja ominaisuuksia. Tästä syystä vetyautot saavat gallupeissa paljon positiivista vastaanottoa. Vetyautojen yleistymisen hidasteena on keskeneräinen vetytankkausinfra, toimitusketjut ja huoltopalvelut. Kulutuskäyttäytymisen puolesta suomalaiset ovat valmiita siirtymään polttomoottoriautoista kokonaan pois vetyautoihin, mutta tarjonta ja infrastruktuuri ei tule olemaan valmis vuonna 2030.

2.4 Autokanta

Suomen autokantaa tutkimalla saadaan esille keskimääräisen suomalaisen auton päästömäärä. Suomen Tilastokeskus ja Traficom keräävät dataa Suomen autokannasta. Historiadatasta nähdään Suomen autokannan kehitys ikäkeskiarvon ja päästökeskiarvon suhteen. Autokannan ensi rekisteröityjen autojen tilasto on myös hyödyllinen. Tilastosta nähdään mihin käyttövoiman suuntaan Suomen autokanta on kehittymässä. Kun tarkastellaan menneitä rekisteröintitilastoja, ja ennustetaan tulevia, vuoden 2030 polttoaineidenkäyttö ei perustu pelkästään vuoden 2030 ensirekisteröintitietoihin. Polttoaineiden käyttö ja päästökeskiarvot perustuvat vuoden 2030 keskimääräisen auton tietoihin. Vanhalla autokannalla on isompi merkitys todellista skenaariota määrittäessä kuin uusien autojen rekisteröinnillä. Skenaarion osatekijöinä täytyy huomioida uusien ajoneuvojen rekisteröinnin lisäksi vanhojen ajoneuvojen poisto, käytetyt maahantuodut autot ja ajoneuvokannan päästökeskiarvo. Taulukkoon 2 on listattu Manner-Suomeen rekisteröityjen ajoneuvojen lukumäärät viimeiseltä kymmeneltä vuodelta.

Taulukko 2. Manner-Suomeen rekisteröityjen ajoneuvojen kokonaismäärä 2011–2021 (Traficom 2021b).

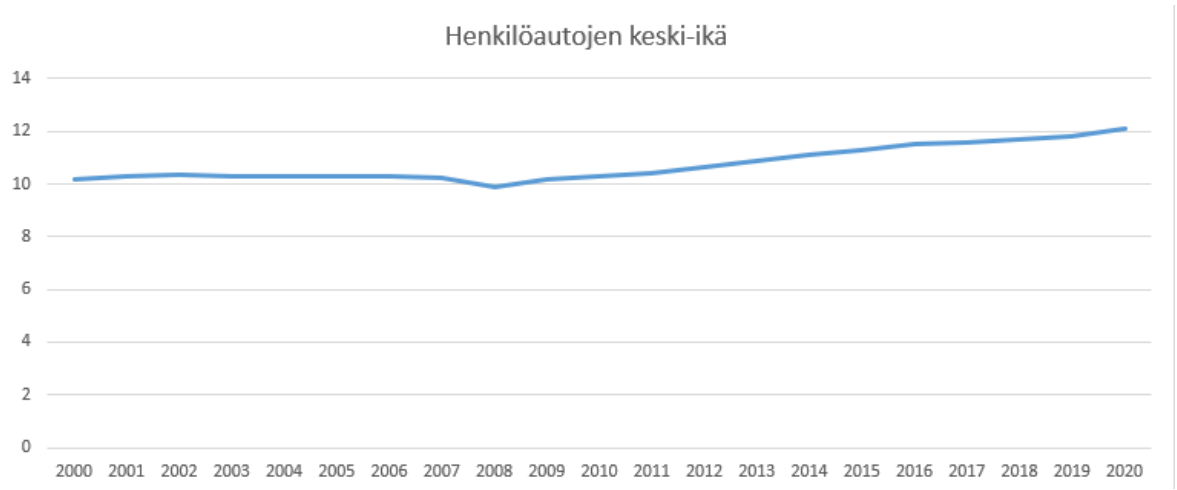
MANNER-SUOMI		
Vuosi		
	Ajoneuvojen lukumäärä	lukumäärän kasvu edellisestä vuodesta
2011Q1	4767310	2,1 %
2012Q1	4877294	2,3 %
2013Q1	4922102	0,9 %
2014Q1	4969511	1,0 %
2015Q1	5019185	1,0 %
2016Q1	5017286	0,0 %
2017Q1	4972042	-0,9 %
2018Q1	5013338	0,8 %
2019Q1	5054625	0,8 %
2020Q1	5066179	0,2 %
2021Q1	5137951	1,4 %
		k.a. muutos
		0,9 %

Keskiarvollinen muutos on linjassa Suomen populaation väestönkasvun ja väestönikääntymisen kanssa. Rekisteröityjen ajoneuvon määrä pitää sisällään sekä uusien ajoneuvojen rekisteröimisen, että vanhojen ajoneuvojen poistumisen. Skenaarion ajoneuvokantaa laskiessa pitää huomioida, että ajoneuvokanta kasvaa myös siitä syystä, että ajoneuvoja tulee nopeammin lisää kuin niitä poistuu.

Liitteessä 3 on taulukoitu liikenteeseen rekisteröidyt ajoneuvot Manner-Suomessa vuosina 2011–2021 käyttövoimittain. Kyseisen liitteen taulukosta on luettavissa verrattain suurta kasvua viimeisimpinä vuosina sähkö- ja hybridiautoissa. Myös erilaiset flexifuel- käyttövoimaratkaisut ovat saaneet pieniä osuuksia ajoneuvojen rekisteröinneissä. Etanolia sekoitetaan jo nykyisellään viisi prosenttia 98E5 bensiiniin ja kymmenen prosenttia 95E10 bensiiniin. Kyseiset muutokset tulivat voimaan tankkausasemilla 2011 ja erityisesti ST1 (Shell) on ollut Suomessa suuri etanolin puolesta puhuja liikennekäytössä. Ruotsiin verrattaessa etanolin käyttö on paljon pienempää Suomessa. Ruotsissa on käytössä muun muassa E85 polttoaine, joka on 85 % etanolia ja 15 % bensiiniä. Talvella kyseiseen E85 sekoituspolttoaineeseen kuitenkin tehdään pieni muutos, että sekoitussuhde bensiini osalta nostetaan 25 % parempien pakkasominaisuuksien takia. (MSB 2021.)

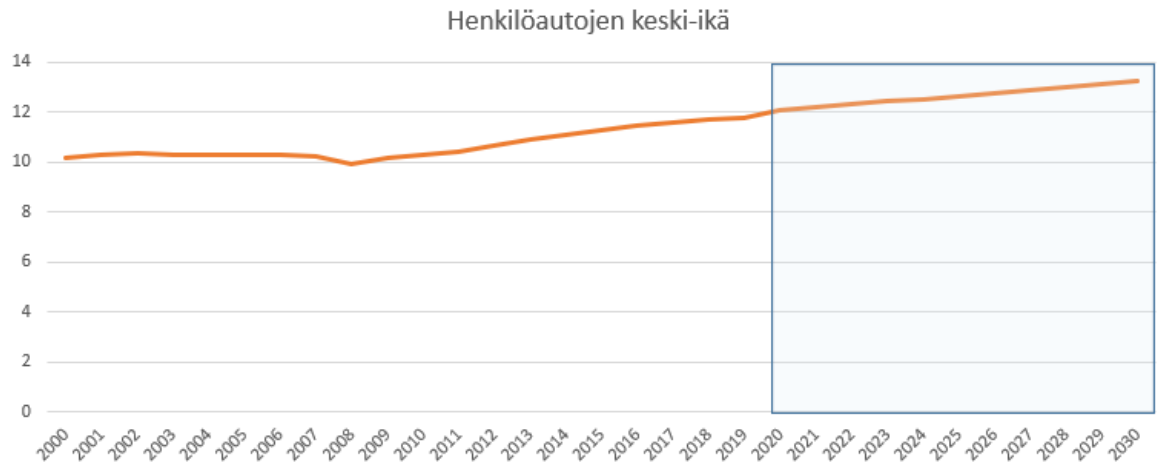
Liitteessä 3 on listattuna ajoneuvon käyttövoimaksi myös muu vaihtoehto. Kyseiseen käyttövoimaan saatiin tarkennus, sillä kyseiselle polttoaineelle, muu, ei ole ilmoitettu Tilastokeskuksen puolesta päästömääriä. Traficomin sähköpostitarkennus selvensi, että muu- käyttövoima sisältää ajoneuvoja, jotka ovat matkailu-, puoli- ja muu perävaunuja. Kyseiset perävaunut rekisteröidään ja luokitellaan ajoneuvoiksi, mutta eivät sisällä voimanlähdettä. Kyseiset perävaunut lisäävät polttoaineiden käyttöä, mutta eivät itsessään käytä sitä. Siitä syystä muu ajoneuvoja ei huomioida diplomityössä, vaikkakin esimerkiksi vuonna 2021 rekisteröidyistä ajoneuvoista 21,74 % oli muu- käyttövoiman omaavia ajoneuvoja. (sähköposti, Kilpelä, P. 26.10.2021.)

Liitteeseen 4 on taulukoitu liitteen 3 mukaisesti ajoneuvojen rekisteröinnit Manner-Suomessa käyttövoimittain vuosina 2011–2021. Taulukosta on karsittu pois pienempiä käyttövoimanlähteitä, jotka eivät ole kasvussa, tai jotka eivät näyttele suurta roolia polttoaineiden kulutusta tarkastellessa. Taulukkoon on lisätty myös prosenttiosuudet tietyn käyttövoiman omaavien ajoneuvojen määrän kehittymisestä rekisterissä. Liitteen 3 mukaan pelkästään moottoribensiinillä kulkevien ajoneuvojen määrä on ollut laskussa yhdeksänä vuonna peräkkäin. Samaan aikaan autokanta on kuitenkin kasvanut. Uusimpana voimanlähde kombinaationa bensiini- ja sähkömoottorilliset lataushybridit ovat kasvaneet kolmanneksi suurimmaksi voimanlähdeluokaksi. Kuviossa 6 on esitetty Suomen henkilöautojen keski-iät tältä vuosituhannelta.



Kuvio 6. Henkilöautojen keski-ikä Suomessa 2000–2020 (Traficom 2021d).

Kuvion 6 mukaan Suomessa ajettiin vuonna 2020 keskimäärin 12,1 vuotta vanhalla autolla. Ajoneuvojen keski-iän kehitys on ollut hyvin maltillista, mutta ajoneuvokanta on vanhenemaan päin. Ajoneuvokannan ikääntyminen hidastaa polttoainekulutuksen ja liikennepäästöjen vähenemistä. 2020–2021 romutuspalkkio tuki uuden auton hankintaa, mutta Suomen ajoneuvokannan keski-ikä ei kääntynyt laskuun. Kuoviossa 7 esitetään henkilöautojen keski-iän kasvu Suomessa, jos kehitys on samansuuntaista kuin aikaisemmin.

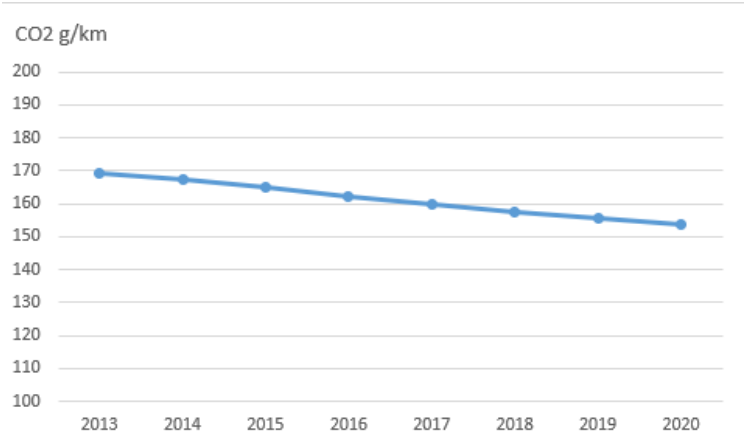


Kuvio 7. Henkilöautojen keski-ikäennuste 2030.

Kun käytetään historiadataa vuosilta 2000–2020 ja muodostetaan keskiarvo kerroin, niin henkilöauton keski-ikä on vanhentunut 0,9 % vuosittain. Tämä tarkoittaisi sitä, että vuonna 2030 henkilöauton keski-ikä on 13,25 vuotta. Taulukkoon 3 ja kuvioon 8 on esitetty keskimääräisen ajoneuvojen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt vuosina 2013–2020.

Taulukko 3. Suomen liikennekäytössä olevien henkilöautojen hiilidioksidipäästöt 2013–2020 (Traficom 2021c).

Vuosi	CO2 g/km	
2013	169,3	
2014	167,1	-1,3 %
2015	164,8	-1,4 %
2016	162,3	-1,5 %
2017	160,0	-1,4 %
2018	157,6	-1,5 %
2019	155,4	-1,4 %
2020	153,5	-1,2 %
		k.a.muutos
		-1,4 %

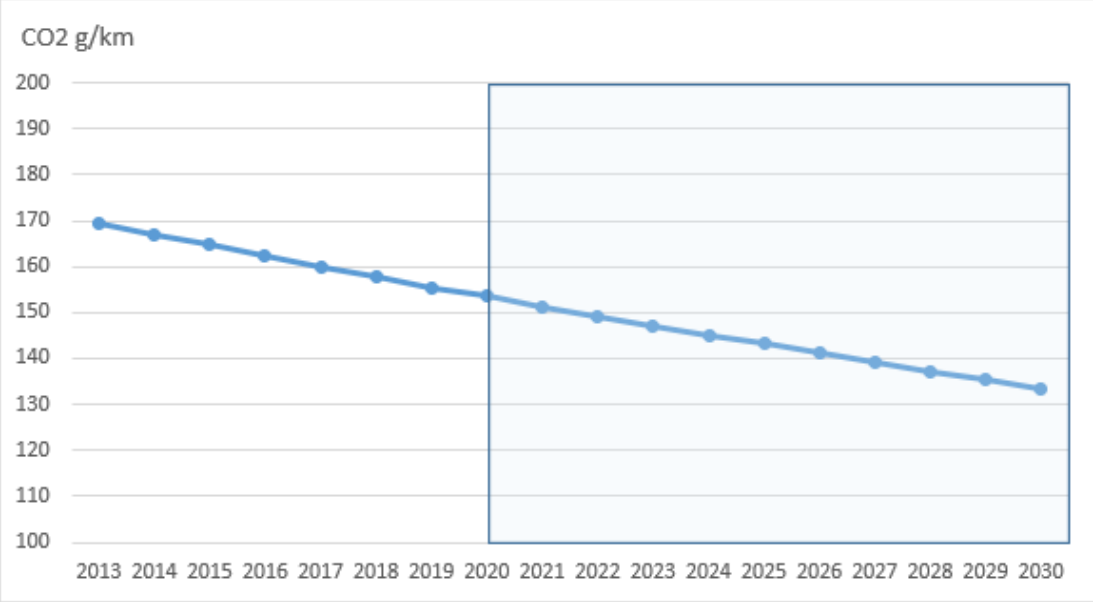


Kuvio 8. Suomen liikennekäytössä olevien henkilöautojen hiilidioksidipäästöt 2013–2020 (Traficom 2021c).

Hiilidioksidipäästöt ovat vähentyneet noin reilu prosentin vuosittain. Hiilidioksidipäästöjen lähteessä on käytetty New European Driving Cycle -menetelmää (NEDC). Hiilidioksipäästöjen mittaukseen on tulossa uusi mittaustapa Worldwide harmonized Light vehicle Test Procedure (WLTP). WLTP:n oletetaan antavan tarkempi mittaus realistisista päästöistä. Yksityisen liikenteen todelliset päästöt eivät kuitenkaan kasva tai laske mittaustavan muuttuessa. Data ei välttämättä ole vertailukelpoista aiempaan verrattuna, mutta ajoneuvot pysyvät samoina kuin aikaisemmin. Todetaan, että samanlaisen muutoksen

odotettaan tapahtuvan vuoteen 2030 saakka, eli keskimääräisen auton hiilidioksidipäästöjen laskevan 1,4 % vuosittain.

Kuvioon 9 on esitetty liikennekäytössä olevan henkilöauton keskimääräinen hiilidioksidipäästön kehitys, jos kehitys on samansuuntaista kuin ennen vuotta 2020.



Kuvio 9. Suomen liikennekäytössä olevien henkilöautojen hiilidioksidipäästöt 2030.

Kun hiilidioksidipäästöt tippuvat 1,4 % vuosittain, niin vuonna 2030 keskimääräinen henkilöauto aiheuttaa 133,5 g/km päästöt. Kyseinen lukema ottaa huomioon henkilöautojen keskiän vanhenemisen, mutta ei riittävässä määrin autokannan sähköistymistä. 133,5 g/km hiilidioksidipäästökerrointa käytetään bensiini-, diesel- ja lataushybridiautojen päästöjen laskennassa, mutta ei sähköautojen.

2.4.1 Uusien ajoneuvojen rekisteröinti

Uusien ajoneuvojen ensi rekisteröintitilastosta huomioidaan kaksi asiaa: uusien ajoneuvojen määrä ja käyttövoima. Suomessa ensirekisteröidään vuosittain noin 100 000 henkilöautoa. Uudet ajoneuvot korvaavat vanhoja ja käytettyjä ajoneuvoja. Ajoneuvokannan uudistuessa ajoneuvojen tekniikka uudistuu. Uudemman tekniikan hyötynä on energiatehokkuus.

Energiatehokkaampi ajoneuvo kuluttaa vähemmän polttoainetta ja aiheuttaa vähemmän päästöjä. Joka vuosi ajoneuvojen päästökeskiarvo pienenee ajoneuvokannan uudistuessa ja tekniikan kehittyessä. Taulukkoon 4 on koottu henkilöautojen ensirekisteröimismäärät käyttövoimittain Manner-Suomessa vuosina 2017–2021.

Taulukko 4. Ensirekisteröidyt henkilöautot käyttövoimittain Manner-Suomessa 2017–2021 (Traficom 2021f).

MANNER-SUOMI					
Vuosi	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Bensiini	79034	84700	82334	62967	56634
Diesel	36064	28936	21863	14133	10632
Sähkö	502	776	1897	4245	10152
Maakaasu (CNG)	65	182	2135	1841	909
Ladattava hybridi	2553	4932	5967	13232	20144
yhteensä	118587	120505	114203	96418	98483

Vähemmän edustetut käyttövoimat on jätetty pois ja lataushybrideihin on sisällytetty sekä sähkö-diesel että sähkö-bensiini ajoneuvot. Ajoneuvot, joita ei ole ensirekisteröity Suomessa, eivät näy tässä tilastossa.

Ero vuoden 2017 ja vuoden 2021 ensirekisteröinneissä on merkittävä sähkö- ja ladattava hybridi- ajoneuvoilla. Vuonna 2017 sähköautoja ensirekisteröitiin 502 kappaletta ja vuonna 2021 10 152 kappaletta. Vuonna 2017 sähköautot edustivat 0.4 % kaikista ensirekisteröidyistä ajoneuvoista ja vuonna 2021 10,3 %. Ajoneuvojen sähköistyminen näkyy tilastoissa merkittävästi. Ajoneuvokannan sähköistymisen ennustaminen luo hankalan osatekijän skenaariolle. Kuluttajien mieltymykset ja globaalit trendit vaikuttavat kaikkiin kolmeen tässä diplomityössä tarkasteltavaan osa-alueeseen: polttoaineiden kulutukseen, kokonaispäästöihin ja ajoneuvokannan kehittymiseen. Taulukkoon 5 on lisätty ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimien markkinaosuudet.

Taulukko 5. Ensirekisteröityjen henkilöautojen markkinaosuudet käyttövoimittain Manner-Suomessa 2019–2021 (Traficom 2021f).

MANNER-SUOMI						
Vuosi	2019	markkinaosuus	2020	markkinaosuus	2021	markkinaosuus
Bensiini	82334	72.1 %	62967	65.3 %	56634	57.5 %
Diesel	21863	19.1 %	14133	14.7 %	10632	10.8 %
Sähkö	1897	1.7 %	4245	4.4 %	10152	10.3 %
Maakaasu (CNG)	2135	1.9 %	1841	1.9 %	909	0.9 %
Ladattava hybridi	5967	5.2 %	13232	13.7 %	20144	20.5 %
Kaikki	114203		96418		98483	

Dieselautojen ensirekisteröintimäärät ovat laskeneet pitkään. Vuonna 2008 diesel-henkilöautojen ensirekisteröinti saavutti ennätyslukeman 69 308 (Traficom 2021f). Vuoden 2021 ensirekisteröintimäärä 10 632 on noin seitsemän kertaa vähemmän. Jos tulevaisuuden kuluttajakäyttäytyminen vastaisi vuosien 2008–2021 kehitystä, vuonna 2030 dieselautoja ensirekisteröitäisiin 1 631 kappaletta Suomessa.

Lataushybridien ensirekisteröinti on kasvanut merkittävästi viimeisen viiden vuoden aikana. Lataushybridit ovat kasvattaneet markkinaosuuksia diesel- ja bensiiniautoilta. Vuosina 2020 ja 2021 kokonaisrekisteröintimäärässä näkyy kulutustippuma. Korona-pandemia aiheutti ongelmia toimitusketjuissa, mikä aiheutti globaalin taantuman ja tuotantovajeen. Globaalin pandemian ei oleteta kuitenkaan vaikuttaneen merkittävästi markkinaosuuksiin henkilöautojen käyttövoiman valinnoissa. Sen oletetaan vaikuttaneen vain henkilöautojen kokonaismyyntimäärään.

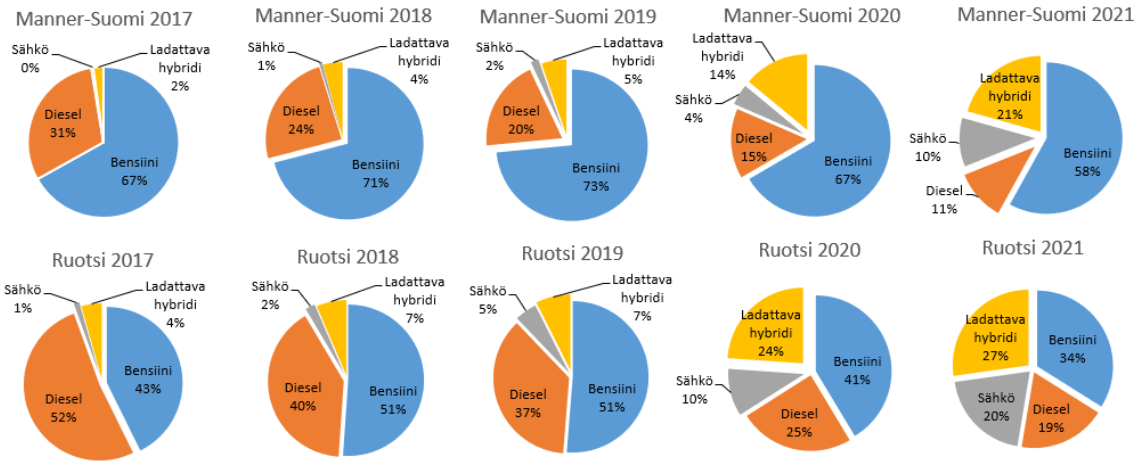
Ensirekisteröityjen henkilöautojen käyttövoimien markkinaosuuksia on mielenkiintoista verrata muiden maiden kesken. Suomessa kulutuskäyttäytyminen ja mantieteelliset olosuhteet ovat hyvin samanlaiset esimerkiksi Ruotsiin verratessa. Muutkaan pohjoismaat eivät poikkea suuresti Suomen olosuhteista. Taulukkoon 6 on tehty vertailu Suomen ja Ruotsin ensirekisteröinneistä käyttövoimittain vuosina 2017–2021.

Taulukko 6. Ajoneuvojen ensirekisteröinti vertailu Suomi ja Ruotsi (SCB 2022; Traficom 2021f).

MANNER-SUOMI					
Vuosi	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Bensiini	79034	84700	82334	62967	56634
Diesel	36064	28936	21863	14133	10632
Sähkö	502	776	1897	4245	10152
Maakaasu (CNG)	65	182	2135	1841	909
Ladattava hybridi	2553	4932	5967	13232	20144
yhteensä	118587	120505	114203	96418	98483
RUOTSI					
Vuosi	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Bensiini	157555	173808	171905	114640	97470
Diesel	191067	137409	122739	68073	53734
Sähkö	4359	7147	15791	28097	57881
Maakaasu (CNG)	3971	3288	4971	3525	1548
Ladattava hybridi	15989	21811	24907	66134	78200
yhteensä	392728	365535	366961	303196	314313

Vertailun yksinkertaistamiseksi taulukkoon 6 on kirjattu viisi suurinta käyttövoimaa ja kokonaisensirekisteröintimäärä. Taulukosta 6 on luettavissa, että Ruotsin automarkkina on noin kolme kertaa suurempi kuin Suomen. Dieselautojen kysyntä on laskenut Ruotsissa Suomen tapaan. Lataushybridien määrä on kasvanut saman suuntaisesti molemmissa maissa. Vuodesta 2019 alkaen Ruotsin kevythybridien määrä on sisällytetty bensiini- ja diesel-käyttövoimien lukuihin samaan tapaan kuin Suomessa. On arvioitu, että hybridit ja kevythybridit vähentävät hiilidioksidipäästöjä diesel- ja bensiiniajoneuvoissa 6–11% (Emissions Analytics 2019). Kevyt hybridien ja hybridien vaikutus kyseisen käyttövoimaryhmän päästöihin sisältyy siten muun muassa taulukon 7 ja kuvion 11 ensirekisteröityjen ajoneuvojen päästömääriin.

Kuvio 10 visualisoi Suomen ja Ruotsin uusien henkilöautojen ajoneuvomarkkinan.



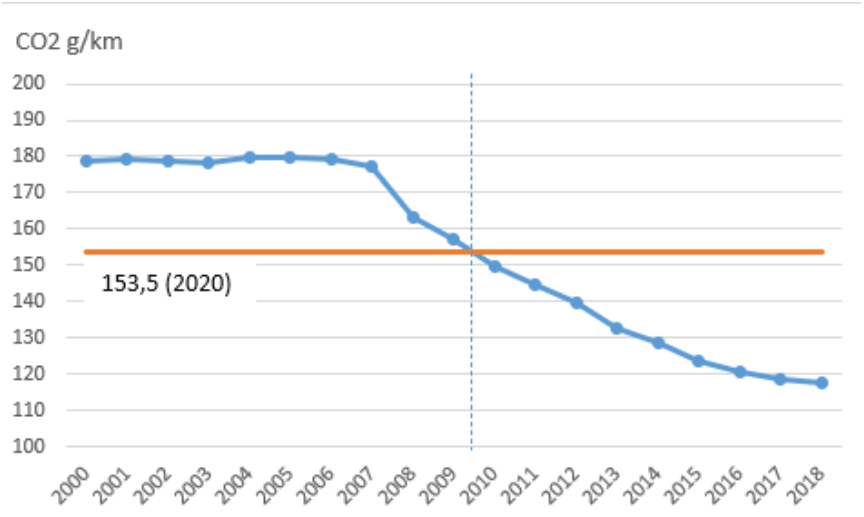
Kuvio 10. Uusien ajoneuvojen käyttövoimien kehitys Suomessa ja Ruotsissa 2017–2021.

Taulukon 6 ja kuvion 10 perusteella Ruotsissa on enemmän sähköajoneuvoja. Ruotsin vuoden 2020 luvut vastaavat lähes Suomen vuoden 2021 lukuja. Markkinaosuudet kuvastavat parhaiten kulutuskäyttäytymistä ja Ruotsissa kulutuskäyttäytyminen on noin vuoden edellä Suomen kulutuskäyttäytymistä.

Liitteessä 3 on eritelty kaikki rekisteröidyt ajoneuvot käyttövoimittain. Liittessä 5 on eritelty kaikki ensirekisteröidyt ajoneuvot käyttövoimittan. Liitteestä 3 nostetaan esille, että vuonna 2019 bensiini-CNG käyttövoiman omaavia ajoneuvoja oli rekisteröity 2 007 kappaletta enemmän kuin vuonna 2018. Liitteen 5 mukaan uusia bensiini-CNG käyttövoiman omaavia henkilöautoja ensirekisteröitiin vain kahdeksan kappaletta vuonna 2019. Kyseisiä ajoneuvoja on siis joko tuotu maahan käytettynä tai ne on muutettu bensiini-CNG käyttöisiksi, mihin saa aikaisemmin mainittua muuntotukea. Taulukon 7 ja kuvion 11 mukaan ensirekisteröityjen henkilöautojen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat olleet laskussa vuodesta 2000 lähtien.

Taulukko 7. Ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt Suomessa 2000–2018 (Traficom 2021c).

Vuosi	CO2 g/km
2000	178.6
2001	179.2
2002	178.6
2003	178.4
2004	179.8
2005	179.5
2006	179.3
2007	177.4
2008	163.1
2009	157.3
2010	149.6
2011	144.8
2012	139.7
2013	132.4
2014	128.4
2015	123.6
2016	120.6
2017	118.8
2018	117.4



Kuvio 11. Ensirekisteröityjen henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt Suomessa 2000–2018 (Traficom 2021c).

Taulukossa 3 vuoden 2020 keskimääräiset henkilöauton hiilidioksipäästöt olivat 153,5 g/km. Kuvion 11 mukaan vuonna 2020 jokainen henkilöauton omaava ajoi siten keskimäärin vuoden 2009 autolla. Vuonna 2020 autokannan keski-ikä oli 12,1 vuotta, mutta päästöjen puolesta katsottuna autokannan keski-ikä oli 10,5 vuotta. Tämän perusteella ajoneuvojen hiilidioksidipäästökeski-ikä kehittyy nopeammin kuin ajoneuvokannan keski-ikä. (Traficom 2021c.)

2.4.2 Käytetyt maahantuodut henkilöautot

Suomeen tuodaan merkittävä määrä ajoneuvoja vuosittain. Suomeen tuodaan ajoneuvoja muun muassa Suomeen muuttaessa, kun kyseistä ajoneuvoa ei ole tarjolla Suomen automarkkinoilla, tai kun ajoneuvo on halvempi ostaa ulkomailta. Käytetyt tuontiautot ovat tekijä, joka jää helposti huomioimatta. Tuontiautojen määrissä valtion päätökset ja kuluttajien mieltymykset ovat suuressa roolissa. Tuontiveron laskeminen vaikuttaisi tuontiajoneuvojen määrän kasvamiseen ja tuontiveron nostaminen tuontiajoneuvojen määrän laskemiseen. Käytetyt maahantuodut ajoneuvot vaikuttavat keskimääräisen ajoneuvon polttoaineen kulutukseen. Käytetyistä maahantuoduista henkilöautoista kiinnostaa kolme asiaa: ajoneuvojen määrä, keski-ikä ja käyttövoima.

Liitteessä 6 on eritelty kaikki maahantuodut henkilöautot vuosina 2014–2021. Vuoden 2021 tiedot sisältävät vajaat tuontitiedot päivämäärään 28.10.2021 saakka. Liitteen 6 taulukkoon on eritelty ensirekisteröidyt autot käyttöönottovuosittain. Taulukkoon 8 on eritelty kaikki ensirekisteröidyt ajoneuvot Suomessa ja maahantuotujen autojen prosenttiosuus.

Taulukko 8. Suomen ajoneuvorekisterin uudet ajoneuvot 2016–2021 (Traficom 2021a).

MANNER-SUOMI						
Vuosi	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Ensirekisteröidyt Suomessa	158605	163560	163284	160157	139212	111975
Maahantuodut Suomeen	24711	29374	39690	45914	43911	33965
Maahantuotujen autojen %-osuus	13,5 %	15,2 %	19,6 %	22,3 %	24,0 %	23,3 %
Yhteensä	183316	192934	202974	206071	183123	145940

Maahantuotujen henkilöautojen määrät ja osuudet ovat kasvaneet viimeisen viiden vuoden ajan. Maahantuonnin kehittyminen on hyvin lainsäädäntö- ja kuluttajakäyttäytymisvaikutteista. Oletetaan tässä diplomityössä, että maahantuotujen autojen osuus kasvaa neljäsosaan ja vakiintuu sille tasolle vuoteen 2030 saakka. Uusien autojen osuus on siten kolme neljäsosaa autojen ensirekisteröinnistä Suomessa.

Maahantuotujen ajoneuvojen määrä on ollut nousussa vuodesta 2014 lähtien. Suomeen tuotiin vuonna 2014 19 047 ajoneuvoa ja vuonna 2021 33 965 ajoneuvoa (Traficom 2021a). Voidaan olettaa, että vuoden 2021 lukema olisi ollut suurempi, jollei korona-viruksen johdosta asetettuja matkustusrajoituksia olisi ollut. Vuonna 2019 Suomeen tuotiin ennätyslukema 45 914 ajoneuvoa. Vuonna 2020 ja 2021 matkustusrajoitukset vaikeuttavat yksittäiskuluttajan kaupankäyntiä ja laski muutenkin yleisesti globaalia kulutusta. Vaikka vuosien 2020 ja 2021 maahantuotujen autojen määrä oli pienempi kuin vuonna 2019 niin voidaan olettaa, että tilanteen normalisoituessa maahantuotujen ajoneuvojen määrä tulee taas kasvamaan. Tämä täytyy huomioida skenaarion tuloksia tarkastellessa. Taulukosta 9 on nähtävissä käyttövoimat, joiden suosio on kasvussa käytettynä maahantuoduissa ajoneuvoissa.

Taulukko 9. Käytettynä maahantuotujen ajoneuvojen käyttövoimaosuudet (Traficom 2021a).

Vuosi	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Bensiini	37,8 %	34,9 %	32,2 %	35,6 %	31,2 %	27,6 %
Diesel	59,9 %	58,1 %	57,0 %	46,2 %	44,7 %	36,9 %
Ladattava hybridi	0,9 %	2,7 %	6,4 %	12,8 %	18,8 %	26,8 %
Sähkö	0,2 %	0,5 %	0,5 %	1,0 %	2,1 %	6,2 %

Dieselautojen osuus on laskenut merkittävästi viimeisen viiden vuoden aikana. Bensiiniautojen tuonti on myös laskenut. Ladattavien hybridien sekä sähköautojen osuus on kasvanut. Taulukon ulkopuolelle on jätetty muun muassa kaasuautot, joita on vain pieni osuus tuontiautoissa.

Taulukkoon 10 on eritelty Suomeen tuotujen ajoneuvojen keski-iät vuosina 2014–2021.

Taulukko 10. Käytettynä maahantuodun ajoneuvon keski-ikä (Traficom 2021a).

Käytettynä maahantuodut ajoneuvot								
Vuosi	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Keski-ikä	10,7	10,1	9,7	9,2	8,2	7,8	7,3	6,9

Energiatehokkuuden ja päästöjen näkökulmasta on positiivista kehitystä, että maahantuotu auto on nykyään keskimäärin uudempi kuin viisi vuotta sitten. Keskimääräisen maahantuodun ajoneuvon ikä on laskenut keskimäärin 0,6 vuosittain vuodesta 2014. Ei ole kuitenkaan todennäköistä, että sama kehitys jatkuisi vuoteen 2030 saakka. Jossain vaiheessa maahantuotujen autojen keski-ikä saavuttaa saturaatiopisteen ja alkaa vakiintumaan. Mediaankeskiarvo on tippunut viiden ja kuuden vuoden paikkeille. Liitteestä 6 on luettavissa, että suurin maahantuotujen ajoneuvojen ikäryhmä on noin viidestä kuuteen vuotta vanha auto. Tämän perusteella oletetaan, että vuonna 2030 keskimääräisen tuontiauton ikä on viisi vuotta.

2.4.3 Vanhojen ajoneuvojen poisto

Niin uuden auton osto kuin vanhan auton poistokin vaikuttavat keskimääräisen ajoneuvon polttoaineen kulutukseen. Kun ajoneuvo halutaan poistaa pysyvästi tai tilapäisesti pois käytöstä, se pitää ilmoittaa liikenneviranomaiselle. Suomen Tilastokeskuksen ja Traficomin lähtötiedot eivät kerro, onko ajoneuvo tilapäisesti vai pysyvästi poistettu liikennekäytöstä. Liikennekäytöstä poistettujen autojen määrä ylitti miljoonan auton rajan vuonna 2019. Kun ajoneuvon poistaa liikennekäytöstä, niin autosta ei enää aiheudu juoksevia kuluja. Vuoden 2020–2021 vaihteessa 1 106 663 autoa oli poistettu tieliikennekäytöstä. Tämä täytyy ottaa huomioon skenaariota luotaessa. Kaikki rekisteröidyt ajoneuvot eivät aiheuta päästöjä, sillä noin 20 % autoista ei ole enää liikennekäytössä. (AUT 2021.)

Taulukkoon 3 on listattu kaikki liikennekäyttöön rekisteröidy ajoneuvot. Jos ajoneuvorekisterissä olevien ajoneuvojen määrä kasvaa, uusia ajoneuvoja rekisteröidään enemmän kuin mitä niitä poistetaan. Joko Suomen autokanta ikääntyy, ja vanhoja autoja ei poisteta, tai Suomeen tuodaan käytettyjä autoja. Ajoneuvon käyttöiän pitkittäminen vähentää ajoneuvon elinkaaren päästöjä, mutta polttoaineen käytöstä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt eivät laske.

Taulukkoon 11 on listattu ajoneuokannasta poistetun keskimääräisen ajoneuvon ikä.

Taulukko 11. Rekisteristä poistetun ajoneuvon keski-ikä Manner-Suomessa 2017–2021 (Tilastokeskus 2022b).

MANNER-SUOMI					
VUOSI	2017	2018	2019	2022	2021
KESKI-IKÄ	20,6	20,5	21,0	21,3	22,0

Viimeisen viiden vuoden aikana rekisteristä poistettujen autojen keski-ikä on pysynyt samalla tasolla. Vuosi 2021 oli poikkeuksellinen, mutta muussa tapauksessa keski-iän oletetaan pysyvän samanlaisena vuoteen 2030 saakka. Tämän perusteella oletetaan, että vuoteen 2030 saakka ajoneuvorekisteristä poistuvan ajoneuvon ikä on 21 vuotta. Tätä tietoa hyödynnetään ajoneuvokannan muuttumisessa.

2.4.4 Euro 7

International Council on Clean Transportation (ICCT) on antanut kommentteja ja teknisiä suosituksia tulevaisuuden autoille ICCT:n julkaisussa liittyen tulevaisuuden Euro 7 standardiin. Ajatuksena on asettaa Euro 7 rajat uusille henkilöautoille vuodesta 2027 alkaen. Euro 7 standardi ei anna viitettä polttoaineenkulutuksille tulevaisuuden autoissa vaan päästömäärille. Viiteraportissa autojen eri toimintamatkoille on asetettu eri tavoitteet päästöjen suhteen. Tämä tarkoittaa, että Euro 7 standardin mukaisissa autoissa lyhyen matkan, eli viitteessä mainittu alle 8 km matkan, päästöt ovat pienemmät ja pitemmän matkan päästöt ovat suuremmat. (ICCT 2021.)

Tämänhetkisen näkemyksen mukaan tulevaisuuden autot tulevat olemaan yhä enemmän lataushybridejä sisältäen kaksi käyttövoimaa. Suurin osa yksityisen liikenteen tehdyistä matkoista on lyhyitä työ-, koulu-, kauppa- ja harrastusliikkumista. Tulevaisuudessa näissä Euro 7 standardin mukaisissa autoissa yhä useampi matka taitettaisiin sähkön turvin. Skenaarion tuloksia on hyvä pohtia, riittääkö Euro 7 standardin omaavat autot kattamaan Suomen olosuhteiden lyhyet matkat sähkökäyttövoimaisesti. Euro 7 standardi käyttää viitteenä Keski-

Euroopan tiheään asuttuja kaupunkeja ja ajomatkat sekä olosuhteet eivät Suomessa ole vastaavia.

ICCT:n julkaisemassa raportissa Euro 7 standardiin liittyen yhtenä kolmesta testiautosta oli dieselauto. Kyseinen auto on Euro 6 standardin mukainen ja pääsi lähes sellaisenaan Euro 7 standardin asettamiin päästörajoihin. Kyseisessä diesel autossa ei ollut sähkömoottoria. Se toimi samalla tavalla kuin perinteinen polttomoottoriauto. Ainut ero raportin autossa oli, että käytössä oli tehokkaat ja nykyaikaiset suodatus- ja puhdistustekniikat. (ICCT 2021.)

Euro 7 standardissa on energiatehokkuuteen ei oteta kantaa. On luonnollista, että energiatehokkuuden kasvaessa päästöt pienenevät. Samoin, kun päästöt pienenevät, voidaan energiatehokkuuden katsoa parantuneen. Uudet autot ovat tekniikaltaan energiatehokkaita. Hukkalämpöä on minimoitu, aerodynamiikka on parannettu, palamisreaktiosta on tehty puhtaampaa ja mekaanisia häviöitä on pienennetty. Auton liikkumiseen tarvittava energiamäärä pysyy lähes samana. Energiahukkaa pystytään ajansaatossa vähentämään, liikutettavan massan määrää pystytään tiputtamaan ja pakokaasujen puhtautta pystytään parantamaan. Teknisten ja mekaanisten parannuksien vaikutusta vuoden 2030 polttoainekulutuksen suhteen ei itsessään arvioida. Se sisältyy keskimääräisen henkilöauton hiilidioksidipäästömäärätilastoon ja näin vältetään kaksinkertainen vaikutus.

2.5 Vaihtoehtoiset käyttövoimat

2.5.1 Kaasuautoilu

Kaasuautoilu edustaa vähemmistöosuutta Suomen tieliikenteessä. Ensirekisteröidyistä autoista vuonna 2020 1,9 % oli kaasuautoja. Traficomin vuoden 2021 vajaan tiedon mukaan vuonna 2021 0,9 % oli ensirekisteröity kaasuautoksi. Vuoden 2020 kokonaisautokannasta alle 0,3 %, tarkemmin noin 2,6 promillea, oli kaasuajoneuvoja. Ensirekisteröinti- ja kokonaiskantalukujen perusteella kaasuautoilu on hyvin pientä Suomessa. Kaasuautoilulla on omat haasteensa saada kuluttajat kiinnostumaan kaasusta ajoneuvon käyttövoimana. (Traficom 2021f.)

Kuvassa 1 on esitetty Suomen kaasuverkko.

Kuva 1. Kuvan Suomen kaasuverkosta (Gasgrid Finland 2021).

Kaasuverkon varrelle on suhteellisen helppo rakentaa kaasutankkausinfrastruktuuria, mutta sen ulkopuolelle ei. Suurin osa Suomen kaasutankkausasemista on verkon varrella, mutta muille asemille polttoaine pitää toimittaa muuta kautta. Suomessa on kaiken kaikkiaan 77 kaasutankkausasemaa (Gasum 2021). Pääkaupunkiseutu poisluettuna, kaasuautoilu vaatii suunnittelua ajon ja tankkauksen suhteen. Kaasuverkosto ei myöskään ole koko Suomen kattava. Kaasuautoilu oli aikaisemmin halvempaa kuin bensiiniautoilu, mutta ei enää vuonna 2022. Kaasuautoilusta aiheutuu vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin bensiini- ja dieselautoilusta, mutta kaasuautoilu aiheuttaa silti päästöjä. Kaasu on fossiilista ja ei uusiutuva luonnonvara. Biokaasu on uusiutuvaa, mutta sen tuotanto ei ole riittävä, että sillä voitaisiin kattaa merkittävä osa yksityisen liikenteen polttoaineiden kulutuksesta.

Lisäksi kaasuautoilun kehittymiselle on kaksi hidastetta. Maakaasu on ostoperäistä ulkomailta siinä määrin missä muutkin fossiiliset polttoaineet. Suomessa on vain kotoperäistä biokaasuntuotantoa. Toinen merkittävä syy on kaasulatausinfrastruktuurin puuttuminen. Kuluttajat eivät ole valmiita suunnittelemaan autoilua kaasun saatavuuden mukaan. Sekä sähköautoilu että kaasuautoilu kohtaavat haasteita kuluttajatottumuksien suhteen. Nämä eroavat kuitenkin toisistaan infrastruktuurin kehittymisen suhteen; autojen sähkölatausinfrastruktuuri kehittyy suurin askelin. Tämän perusteella oletetaan, että kaasuautoilu tulee olemaan pienessä roolissa vuonna 2030.

2.5.2 Vetyautoilu

Vetyautoilu on vaihtoehto perinteisille käyttövoimille. Vetyautoilu omaa suomalaisille kuluttajille mieluisia ominaisuuksia: päästöttömyys, nopeat tankkausmahdollisuudet ja tankkauksen hyötysuhde. Vetyautoilun kehittymisessä vuoteen 2030 mennessä on kuitenkin paljon erilaisia haasteita. Nykytekniikalla tuotettava vety vaatii paljon energiaa. Vedyn tuottaminen vedestä elektrolyysin avulla on päästötöntä ja ympäristöystävällistä, jos tuotannossa käytetty sähkö on tuotettu uusiutuvalla energialla. Mutta se vaatii valtavan paljon sähköä. Jos sähkö ei ole tuotettu uusiutuvalla energialla niin, vetyautoilu ei ole sen ympäristöystävällisempää kuin bensiini- tai dieselautoilu.

Vetyautoilun yleistymistä edellyttävä vetylatausinfrastruktuuri ja autojen huoltopalvelut puuttuvat täysin Suomesta. Suomessa sähköautojen latausinfrastruktuurin kehittymisessä kului monta vuotta. Lataus ja tankkaus infrastruktuuri on edellytys käyttövoiman yleistymiselle. Vetyautoilu vaatisi samanlaisia investointeja sekä suunnannäyttäjäfirmoja, kuten Tesla, ja maita, kuten Norja. Tesla lähti rikkomaan kuluttajatottumuksien rajoja siinä onnistuen. Tesla jopa investoi latausinfrastruktuuriin, jotta sähköautojen menekki olisi suurempaa. Norjassa taas on valtiollisesti tuettu valtavasti sähköautoilua. Vetyautoilusta saman mittakaavan suunnannäyttäjät puuttuvat. Vetyautoilusta ei tule merkittävää Suomessa vuoteen 2030 mennessä.

2.6 Päästöt

2.6.1 Polttoaineiden päästöt

Eri polttoaineet aiheuttavat eri määrän kasvihuonekaasupäästöjä. Tilastokeskus on taulukoinut polttoaineiden aiheuttamat päästöt. Suomen valtion ohjeistus polttoainejakelijoille viittaa kyseisiin lähdetietoon.

Polttoaineiden hiilidioksidipäästölaskennassa on hyvä ottaa huomioon kaksi tekijää, kun lasketaan skenaarion tuloksia: biopolttoaineet ja sähkö polttoaineena katsotaan päästöttömiksi. Valtakunnallisessa laskennassa molempien käyttö lasketaan liikenteen käyttämään energiankäyttöön, mutta ei hiilidioksidipäästöihin. (VTT 2021.) Taulukkoon 12 on kirjattu bensiinin, dieselin ja kaasun CO2 oletuspäästökertoimet.

Taulukko 12. Liikenteen polttoaineiden aiheuttamat päästöt (Tilastokeskus 2021a).

	CO_2 oletus-päästö-kerroin (alemman lämpöarvon mukaisesti)	yksikkö	Tehollinen (alempi) oletus-lämpöarvo käyttötilassa	Ylempi oletuslämpöarvo käyttötilassa (käytetään vain maakaasulla ja biometaanilla)	Oletustiheys	Huom!
	[t/TJ]		*[GJ/yksikkö]*	*[GJ/yksikkö]*	*[t/m3]*	
Moottoribensiini	66,3	t	41,9		0,745	Oletetaan sisältävän km. 10,5 % bio-osuuden tilavuudesta.
Dieselöljy	64,7	t	42,8		0,806	Oletetaan sisältävän km. 12,0 % bio-osuuden tilavuudesta.
Maakaasu	55,4	m3	36,58	40,56		Tehollinen/alempi lämpöarvo muutetaan ylemmäksi kertomalla se luvulla 1,1088
Huom!						
5) Ylemmän lämpöarvon mukainen maakaasumäärä muutetaan alemman lämpöarvon mukaiseksi jakamalla se kertoimella 1,1088						

Kuten aiemmin mainittiin, biopolttoaineita ei ole eritelty omaksi polttoaineeksi, koska biopolttoaineet sekoitetaan fossiilisen polttoaineen sekaan. Biopolttoaineen suhteellisen osuuden kasvu pitää ottaa huomioon päästölaskennassa. Yksinkertaistetaan laskentaa, että huomioidaan jakeluvelvoitteen vähentävän kokonaispäästöjä laskevasti jakeluvelvoiteprosentin verran. Puhtaan uusiutuvan polttoaineen kulutuksen oletetaan olevan alle yhden prosentin luokkaa valtion mittakaavassa. Sen vaikutusta autoilun päästöjen määrään ei oteta huomioon laskennassa.

Nykyään on mahdollista korvata maakaasu biokaasulla. Tällä hetkellä biokaasun hiilidioksidipäästöt ovat samat kuin maakaasulla. Ei vielä tiedetä, tulkitaanko biokaasu jatkossa vastaavasti uusiutuvana kuin nestemäiset biopolttoaineet. Kaasuautoilun vähäisyyden takia kaasun kulutuksesta ei lasketa päästöjä.

Lataushybridi aiheuttaa laskennassa käytettyjä hiilidioksidipäästöjä siltä osin, kun autolla ajetaan polttomoottoria käyttäen. Lataushybridin sähköllä kuljettu matka lasketaan päästöttömäksi. Jotta pystytään laskemaan yksityisestä liikenteestä aiheutuvat päästöt vuonna 2030, täytyy tietää mikä osuus matkan teosta lataushybridillä ajetaan sähköllä ja mikä bensiinillä. Autoalan Tiedotuskeskus on yhdessä Traficomin kanssa tehnyt kuluttajakyselytutkimuksen, jossa on selvitetty kyseinen asia. Kyseisen tutkimuksen tuloksien perusteella 53 % ladattavalla hybridillä ajetuista matkoista kuljetaan sähköllä (AUT 2020). Lukua hyödynnetään päästöjen laskennassa.

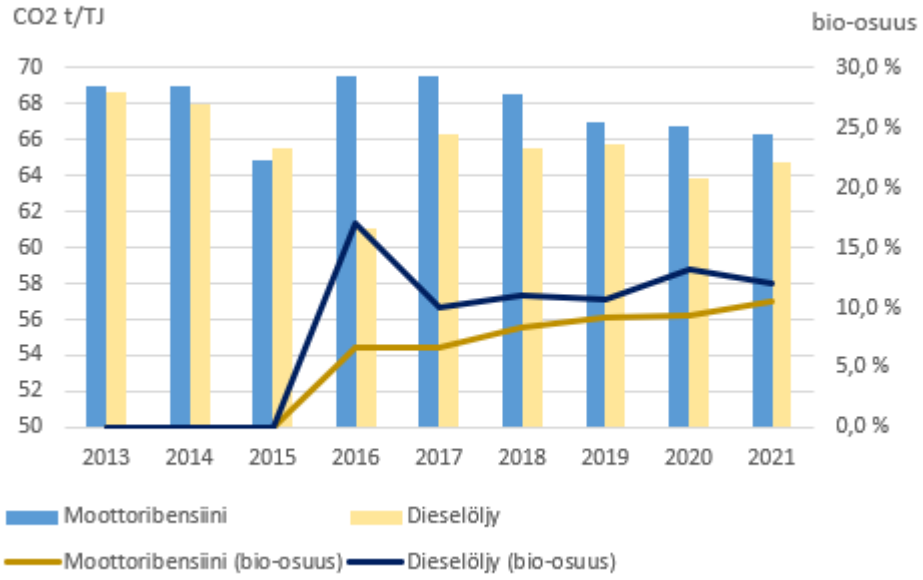
Päästöjen laskennassa käytetään hyödyksi kokonaishiilidioksidipäästöjen laskentatyökalua. Vuoden 2030 päästöjen laskennassa käytetään Greenhouse Gas Protocol palvelun tarjoajan

työkalua. VTT on käyttänyt omissa laskennoissaan kyseistä työkalua ja referoi internetsivuillaan sen käyttöön. Tarkennetaan, että työkaluna käytetään toukokuussa 2015 viimeksi päivitettyä Greenhouse Gas Protocil:n GHG Emissions from Transport or Mobile Sources työkalua. Työkalu on julkisesti saatavilla kaikille. (Greenhouse Gas Protocol 2022.)

2.6.2 Biopolttoaineiden vaikutus

Moottoribensiinin ja dieselöljyn bio-osuus on kasvanut lainsäädännön mukaisesti aikaisempina vuosina. Tämän on Suomen Tilastokeskus huomioinut vuosittaisessa Polttoaineluokitus julkaisussa. Vuoden 2013 Polttoaineluokitus julkaisussa moottoribensiinin CO2 oletuspäästökerroin oli 69,0 t/TJ ja dieselöljyn 68,7 t/TJ. Vuonna 2014 se oli moottoribensiinille 69,0 t/TJ ja dieselille 68 t/TJ. Vuonna 2015 se oli moottoribensiinille 64,9 ja dieselillä 65,5 t/TJ. Vuonna 2016 se oli moottoribensiinille 69,6 t/TJ ja dieselöljylle 61,1 t/TJ. Myös vuonna 2016 merkittiin ensimmäistä kertaa viittaukseen, että moottoribensiini sisälsi 6,6 % bio-osuuden ja dieselöljy 17 % bio-osuuden. Vuonna 2017 moottoribensiinin CO2 oletuspäästökerroin oli 69,6 t/TJ (6,6 % bio-osuus) ja dieselöljyn 66,3 t/TJ (10,0 % bio-osuus). Vuonna 2018 moottoribensiinin CO2 oletuspäästökerroin oli 68,6 t/TJ (8,4 % bio-osuus) ja dieselöljyn 65,5 t/TJ (11,0 % bio-osuus). Vuonna 2019 moottoribensiinin CO2 oletuspäästökerroin oli 67,0 t/TJ (9,1 % bio-osuus) ja dieselöljyn 65,8 t/TJ (10,7 % bio-osuus). Vuonna 2020 moottoribensiinin CO2 oletuspäästökerroin oli 66,8 t/TJ (9,3 % bio-osuus) ja dieselöljyn 63,9 t/TJ (13,2 % bio-osuus). (Tilastokeskus 2021b.)

Kuvioon 12 on kuvattu, kuinka polttoaineiden päästöt ovat kehittyneet vuosina 2013–2021.



Kuvio 12. Bensiinin ja dieselin CO2 oletuspäästökeroimen kehittyminen 2013–2021 (Tilastokeskus 2021b).

Bensiinin ja dieselin päästöt ovat pienentyneet, kun bio-osuus on kasvanut. Laskentamallit ovat muuttuneet arvojen taustalla sillä vuoden 2016 bio-osuus dieselissä oli 17 %, mikä vaikuttaa todella suurelta. Bio-osuus sitten taas laski vuoteen 2017 verrattuna ja dieselin käytöstä aiheutuneet päästöt nousivat.

Polttoainenimikkeiden ja muiden energialähteiden määritelmiin 2021 on mainittu moottoribensiinin bio-osuudesta, että: ”Bio-osuuden vaikutus on otettu huomioon oletuslämpöarvossa, hiilidioksidikertoimessa ja tiheydessä” (Tilastokeskus 2021c). Oletuslämpöarvo ja tiheys ovat pienemmässä roolissa. Riittää, että tarkastellaan toinen niistä: oletuslämpöarvot. Oletuslämpöarvo ja tiheys ovat sidoksissa, jos muutos olisi merkittävä niin silloin tarkasteltaisiin myös tiheys. Taulukkoon 13 on kirjattu teholliset oletuslämpöarvot vuosina 2013–2021.

Taulukko 13. Tehollinen oletuslämpöarvo käyttölämpötilassa 2013–2021 (Tilastokeskus 2021c).

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Moottoribensiini (lämpöarvo)	41,8	41,8	41,9	41,9	42	41,7	41,9	41,9	41,9	GJ/t
Dieselöljy (lämpöarvo)	42,8	42,8	43,2	42,9	43	43	42,7	42,8	42,8	GJ/t

Lämpöarvoon tapahtuva muutos bio-osuuden kasvaessa on hyvin pieni. Käytetyllä laskentatavalla on suurempi merkitys. Vuonna 2017 moottoribensiinillä oli suurempi lämpöarvo kuin vuonna 2018. Tähän oletetaan olevan syynä erilailla käytetty laskentatapa. Nämä kaksimuuttujaa, oletuslämpöarvo ja tiheys, pidetään vakioarvona vuoteen 2030 saakka. Niistä ei aiheudu huomioitavaa muutosta skenaarion polttoaineidenkulutuksille eikä päästöille.

3 Tulokset

Historiaperusteisen kulutuskäyttäytymisen perusteella luodaan seuraava skenaario ajoneuvokannan kehityksestä. Ajoneuvokantaskenaariosta lasketaan hiilidioksidipäästöt.

3.1 Skenaario 1 (Hyrkäs)

Taulukkoon 14 on tiivistetty diplomityössä mainittujen osatekijöiden vaikutus ajoneuvokannan kehitykseen.

Taulukko 14. Yksityinen liikenne Suomessa 2020–2030.

Miikael autokantamalli											
Vuosi	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bensiini	1 907 375	1 868 969	1 826 046	1 778 329	1 725 681	1 667 561	1 603 763	1 534 523	1 460 349	1 383 031	1 300 861
Diesel	1 194 821	1 199 409	1 199 491	1 196 591	1 190 992	1 182 997	1 172 987	1 160 506	1 144 820	1 123 917	1 099 284
Ladattava hybridi	45 695	81 695	123 005	169 415	221 090	278 195	340 895	409 355	483 740	564 215	650 945
Sähkö	10 216	36 458	66 667	99 811	135 580	174 050	214 882	258 137	303 875	352 156	403 038
Yhteensä	3 158 107	3 186 530	3 215 209	3 244 146	3 273 343	3 302 803	3 332 528	3 362 521	3 392 784	3 423 319	3 454 129

Vuonna 2030 Suomessa tulee olemaan 1 300 861 bensiiniautoa, 1 099 284 dieselautoa, 650 945 ladattavaa hybridi autoa ja 403 038 sähköautoa. Yhteensä vuonna 2030 tulee olemaan 3 454 129 henkilöajoneuvoa yksityisen liikenteen käytössä, mitkä käyttävät neljää pääkäyttövoimaa: bensiiniä, dieseliä, ladattavaa hybridiä tai sähköä.

3.2 Skenaario 2 (VTT)

VTT on julkaissut Aliisa-autokantamallin tulokset alkuvuodesta 2020. Aliisa-autokantamallissa on ennuste liikennekäytössä olevien ajoneuvojen lukumäärästä, polttoaineiden kulutuksesta ja energian käytöstä. Aliisa-autokantamalli luo skenaariokuvan Suomen ajoneuvoliikenteen tilasta vuoteen 2050 saakka. Aliisa-autokantamallia hyödynnetään diplomityössä vertaamalla skenaarion tuloksia. Taulukossa 15 on esitetty VTT:n ennuste ajoneuvokannan kehityksestä vuoteen 2030 saakka.

Taulukko 15. Yksityinen liikenne Suomessa 2020–2030 (VTT 2021).

ALIISA autokantamalli											
Vuosi	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Bensiini	1 907 375	1 886 637	1 868 246	1 851 480	1 835 817	1 821 135	1 811 071	1 805 380	1 801 306	1 801 160	1 805 425
Diesel	1 194 821	1 202 208	1 205 528	1 204 824	1 200 234	1 192 856	1 182 114	1 168 276	1 151 605	1 132 400	1 108 385
Ladattava hybridi	45 695	58 474	73 012	89 158	106 707	125 574	143 082	159 110	173 540	183 706	191 088
Sähkö	10 216	15 884	23 425	34 071	47 838	64 790	83 589	104 219	129 165	158 414	192 020
Yhteensä	3 158 107	3 163 203	3 170 211	3 179 533	3 190 596	3 204 355	3 219 856	3 236 985	3 255 616	3 275 680	3 296 918

VTT:n mukaan vuonna 2030 Suomessa tulee olemaan 1 800 425 bensiiniautoa, 1 108 385 dieselautoa, 191 088 ladattavaa hybridi autoa ja 192 020 sähköautoa. VTT:n mukaan Suomessa tulee olemaan vuonna 2030 yhteensä 3 296 918 henkilöajoneuvoa yksityisen liikenteen käytössä, mitkä käyttävät neljää pääkäyttövoimaa. bensiiniä, dieseliä, ladattavaa hybridiä, tai sähköä.

3.3 Tulos

Diplomityössä esitetyn autokantamallin mukaan neljän pääkäyttövoiman aiheuttamat hiilidioksidipäästöt Suomen henkilöautoliikenteessä vuonna 2030 ovat 3,79 miljoona tonnia. Aliisa autokantamallin mukaan hiilidioksidipäästöt ovat 4,2 miljoona tonnia. Taulukossa 16 on esitetty autokantamalleista lasketut hiilidioksidipäästöt Suomessa vuonna 2030.

Taulukko 16. Autokantamalleista lasketut hiilidioksidipäästöt Suomessa vuonna 2030.

Vuosi 2030	Miikael autokantamalli	ALIISA autokantamalli
Ajoneuvojen lukumäärä	3 454 128	3 296 918
Päästölliset km 2030	40 591 337 250	45 054 320 400
Historiadata - Päästöt [g/km]	153,5	153,5
Historiadata korjauskerroin	0,8685	0,8685
Jakeluvelvoite korjauskerroin	0,7	0,7
CO2 päästöt [milj. tonnia/v]	3,79	4,20

Taulukko 16 on osa liitettä 10. Liitteessä 10 on esitetty yllä olevan laskelman lisäksi Greenhouse Gas Protocol:in työkalulla lasketut hiilidioksidipäästöt. Heidän työkalulla laskettu

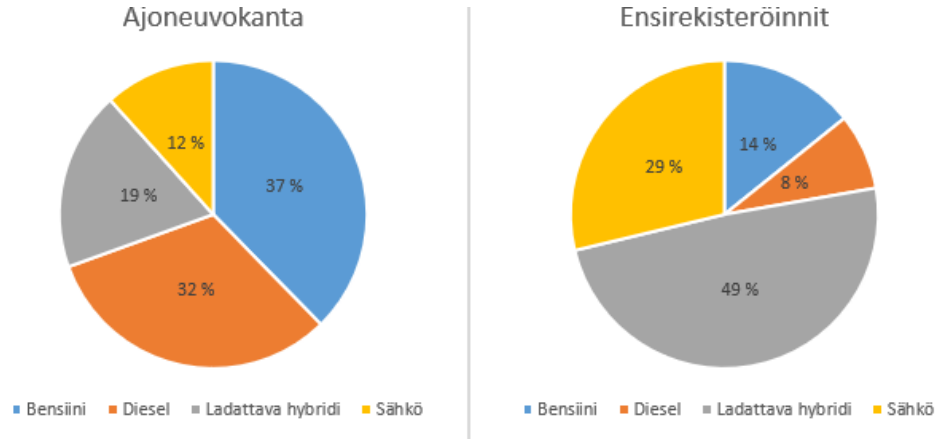
diplomityön mukaisen autokantamallin hiilidioksidipäästöt olisivat 4,7 miljoonan tonnia. Aliisa-autokantamallin hiilidioksidipäästöt olisivat 5,24 miljoonaa tonnia.

4 Analysointi

Ajoneuvokannan uudistuminen kestää pitkään. Ajoneuvokannalla ja ensirekisteröidyillä ajoneuvoilla on iso ero käyttövoimien suhteen.

4.1 Analysointi

Verrattaessa vuosien 2020 ja 2030 ajoneuvokantoja, ajoneuvojen määrä tulee kasvamaan Suomessa tällä aikavälillä noin 300 000 ajoneuvon verran. Laskennassa käytettiin ajoneuvokannan kasvukertoimena 0,9 %:ia. On itsestään selvyys, että Suomen ajoneuvokanta tulee silloin kasvamaan. Suomen väestö on ikääntymässä ja poliittisesti halutaan tukea enemmän työperäistä muuttoa. Tämä tarkoitta, että ajoneuvomäärän heijastaa yhteiskunnan kehitystä. Kuviossa 13 on havainnollistettu vuoden 2030 ajoneuvokannan osuudet käyttövoimien kesken.



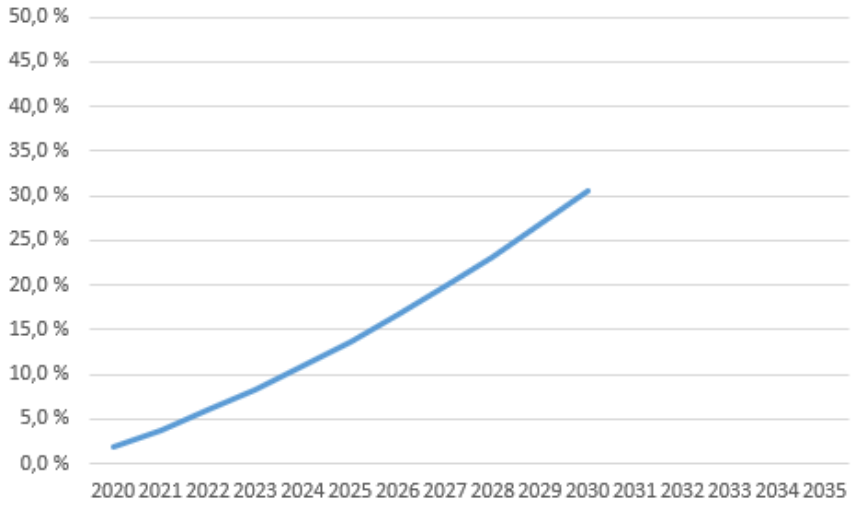
Kuvio 13. Ajoneuvokanta ja ensirekisteröinnit 2030.

Dieselautojen osuus tulee olemaan yllättävän suuri, 32 %. Jos kehitys on tämän hetken mukaista, kestää toiset 10 vuotta, että diesel autojen määrä lähtee radikaalisemmin tippumaan. Vuoden 2030 ensirekisteröidyistä autoista vain 8 % on dieselautoja, mutta ajoneuvokannasta edustavat lähes kolmasosaa.

Bensiiniautojen määrä tulee laskemaan 37 % osuuteen vuonna 2030. Ensirekisteröidyistä autoista vain 14 % on bensiiniautoja. Bensiiniautot ovat tavanomaisesti lyhyiden ajomatkojen käytössä ja on kuluttajakäyttäytymisen mukaista, että ladattavat hybridit ja sähköautot tulevat viemään markkinaosuuksia bensiiniautoilta. Nykyisillä käyttömaksuhinnoilla ladattavan hybridin ja sähköauton käyttäminen on myös halvempaa kuin bensiiniauton käyttäminen ja tämä tukee skenaarion hypoteesia.

Lataushybridien osuus tulee olemaan 19 % ajoneuvokannasta vuonna 2030. Niiden myynnissä on odotettavissa valtavaa kasvua, kuten on huomattavissa ensirekisteröintien määrästä. Uusista ja maahantuoduista ajoneuvoista 49 % tulee olemaan ladattavia hybridejä. Tämä tarkoittaa, että ladattavien hybridien osuus tulee kasvamaan vielä lisää vuoden 2030 jälkeen. Ladattavien hybridien kasvua tukee myös sähköautojen latausinfrastruktuuri. Siitä hyötyy sähköautojen lisäksi myös ladattavat hybridit.

Sähköautojen osuus tulee olemaan pienin neljästä pääkäyttövoimasta. Vuoden 2030 ennusteena on, että ajoneuvokannasta 12 % on sähköautoja ja ensirekisteröidyistä ajoneuvoista 29 % tulee olemaan sähköautoja. Lukema on yllättävän pieni, mutta realistinen. Sähköautojen osuuden kasvun esteenä on kuluttajatottumuksien lisäksi toimitusketjullisia. Korona-pandemia ja Venäjän sota Ukrainassa ovat aiheuttaneet haasteita sähköautojen toimitusketjuissa. Vuonna 2022 osasta myytyjen sähköautojen toimitusaika on yli 14 kk. Sähköautojen saatavuudesta kilpailee Suomen lisäksi muita maita. Monet maat ovat sitoutuneet liikenteestä aiheutuvien päästöjen pienentämiseen, mutta tarjonta ei tällä hetkellä riitä vastaamaan kysyntää. Huolimatta näistä haasteista, niin ajoneuvokanta on vahvasti sähköistymissä. Kuvioon 14 on havainnollistettu ajoneuvokannan sähköistymisen kehittymistä.



Kuvio 14. Ajoneuvokannan sähköistymisen lataushybridit ja sähköautot.

Ajoneuvokannan sähköistymisellä tarkoitetaan tässä tapauksessa ladattavien hybridien ja sähköautojen yhteismäärää. Vuonna 2030 ladattavien hybridien ja sähköautojen osuus ajoneuvokannasta tulee olemaan 31 %, eli lähes kolmasosa. Autoilun sähköistymistä tulee kasvattamaan kahden kolmasosan suuruudella ladattavat hybridit ja yhdellä kolmasosalla sähköautot. Ladattavien hybridien ja sähköautojen aiheutuvien todellisten päästöjen suuruudesta voidaan olla useaa eri mieltä, mutta tilastoitavien lukujen perusteella autokannan sähköistyminen tukee päästötavoitteita.

Vuonna 2030 yksityisestä autoilusta aiheutuu 3,79 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt. Onko tämä linjassa kansainvälisten ympäristöjärjestöjen asettamien tavoitteiden kanssa? EU:n lainsäädännön mukaan Suomen tulee vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoteen 2030 mennessä 39 % liikenteestä verrattuna vuoden 2005 tasoon (Traficom 2022). Vuonna 2005 henkilö- ja pakettiautot aiheuttivat yhteensä 7,7 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt (AUT 2022a). Diplomityössä lasketun päästöennusteen määrä tippuisi siis 51 % vuoden 2005 tasosta. Jos päästöennusteena käytetään Greenhouse Gas Protocol -työkalun päästölaskentaa, vuoden 2030 päästöt olisivat 4,7 miljoonaa tonnia hiilidioksidia, mikä vastaisi 39 prosenttia. Eri työkaluilla laskettujen hiilidioksidipäästöjen ero on suuri, mutta molempia laskentatapoja käyttäen Suomi pääsisi EU:n asettaman lainsäädännön mukaiseen tavoitteeseen.

Päästötavoitteeseen pääsemisen syynä on kolme tekijää: ajoneuvokannan uusiutuminen, ajoneuvokannan sähköistyminen ja uusituvan polttoaineen jakeluvelvoitteen kasvaminen.

Laskennassa arvioitiin historiaperusteisesti, että polttomoottorillisien ajoneuvojen päästöt laskevat 1,4 % vuosittain tekniikan ja teknologian kehittymisen johdosta vuoden 2020 tasosta. Autojen aerodynamiikassa ei ole valtavan paljon kehitettävää enää vuonna 2022. Autojen vastuksia on pystytty vähentämään paljon vuosien saatossa. 2000-luvulla autojen polttoaineiden kulutus on myös tippunut merkittävästi. Polttomoottorien hyötysuhteet ovat parantuneet 2000 luvulla merkittävästi ja autoihin on alettu asentamaan yhä pienempi kokoisia moottoreita. Tämän lisäksi bensiini ja diesel käyttövoima-ajoneuvoluokkiin huomioidaan kevyt hybridi teknologiaa sisältävät ajoneuvot. Hybridi teknologia on vielä jonkin verran uutta ja se tuo paljon mahdollisuuksia päästöjen vähentämiseen. Kun kevyt hybridi autoihin asennetaan nykyistä isommat akut, niin se mahdollistaa pitemmän ajon ilman polttomoottorin käyttöä. On hyvin todennäköistä, että bensiini- ja dieselautojen päästöt tulevat laskemaan 1,4 % vuosittain vuoteen 2030 saakka. Tämä olisi linjassa myös Euro 7 standardin kanssa. Lyhyet ajopätkät pystyttäisiin normaali bensiiniautolla ajamaan pelkän kevyt hybridi tekniikan turvin ilman, että auton tarvitsee olla lataus hybridi.

Autojen käyttämän sähkön katsotaan myös olevan päästötöntä, sähkön lähteestä riippumatta. Tästä syystä autokannan sähköistyminen vähentää hiilidioksidipäästöjä merkittävästi. Laskennassa käytettiin, että 47 % ladattavalla hybridillä ajetuista kilometreistä on päästöttömiä ja 53 % päästöllisiä. Lukema vastaa todellista, mutta valtion käyttämissä tilastoissa on mahdollista käyttää suurempaakin osuutta päästöttömälle osuudelle. Ladattavat hybridit ovat ajoneuvoluokkana vielä verrattain uusi. On hyvin todennäköistä, että ladattavista hybrideistä aiheutuvien päästöjen laskennassa tullaan tekemään muutoksia laskutapaan. Ei olisi yhtään yllättävää, jos ladattavista hybrideistä aiheutuvat laskennalliset päästöt kasvaisivat tai vähenisivät. Ladattavista hybrideistä aiheutuvien päästöjen laskenta on hyvin koulukunta riippuvaista.

Kolmas merkittävä syy valtion raportoimien hiilidioksidipäästöjen vähenemän syynä on uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite. Laskennassa käytettiin, että lainsäädännön mukaisesti 30 % fossiilisista polttoaineista olisi uusiutuvaa tai kestävää polttoainetta. Tämä tarkoittaa, että todelliset päästöt ovat 30 % suuremmat kuin raportoidut. Ilman jakeluvelvoite korjauskerrointa Suomen hiilidioksidipäästöt yksityisestä autoilusta vuonna 2030 olisivat 5,41 miljoonaa tonnia. Kyseinen määrä tarkoittaisi 30 % vähenemää hiilidioksidipäästöissä vuoden 2005 tasosta. Vähenemä on prosentuaalisesti merkittävä, mutta ei riittävän tavoitteisiin nähden. Jakeluvelvoitteessa on tehty poikkeuksia yhteiskunnallisista syistä, mutta

pitkällä aikatähtäimellä muutoksien tekeminen jakeluvelvoitelakiin ei ole kestävää. Jotta vuonna 2030 päästäisiin tavoitteenmukaiseen 39 % päästötasoalenemaan, vuoden 2005 jakeluvelvoitteen pitäisi olla 19 %, mikä on sama kuin vuonna 2019.

Täytyy todeta, että sähköautojen tuilla on ollut, ja tulee olemaan, suuri merkitys autokannan sähköistymisessä. Tuilla on ollut suuri vaikutus kulutuskäyttäytymisen muuttumiseen. Hyvä esimerkki tukien vaikutuksesta on tuulivoiman kasvu. Tuulivoimaa on tuettu ajansaatossa paljon Euroopassa turvaamalla tariffeja. Sitä kautta tuulivoiman teknologia ja hankintaketju on pystynyt kehittymään, niin paljon, että tänä päivänä tuulivoima on yksi halvimmista energian lähteistä. VTT onkin ennustanut autokannan sähköistyvän Aliisa-autokantamallinnusta nopeammin (LVM 2021). Aikaisemmin sähkölatausinfrastruktuuri on rajoittanut kulutuskäyttäytymisen muuttumista sähkövetoiseksi, mutta nyt kuluttajat vastaavat ennusteita vahvemmalla kysynnällä.

4.2 Skenaarion edellytykset ja uhat

Ajoneuvokannan skenaarion suurimpana muuttuvana tekijänä on ajoneuvokannan sähköistyminen. Laskennassa käytettiin, että uusien myytävien sähköautojen markkinaosuus kasvaisi vuosittain yhden prosentin vuoden 2022 22 prosentin markkinaosuudesta. Vuoden 2022 markkinaosuus, 22 %, voi olla hieman liian kunnianhimoinen, kun taas vuoden 2030 markkinaosuus, 30 %, saattaa olla aliarvioiva. Sähköautojen osuuden muutoksella on suora vaikutus päästöllisiin kilometreihin. Jos vuonna 2030 ei olisikaan ollenkaan sähköautoja, niin päästöllisiä kilometrejä muodostuisi 6 miljardia kilometriä enemmän. Päästöjen näkökulmasta se vastaisi 0,7 miljoonaa tonnia hiilidioksidia ja 9 % vuoden 2005 päästöistä. Ajoneuvokannan käyttövoimien puolesta sähköautojen osuudella on siis suurin mahdollisuus poiketa diplomityön ennusteesta.

Suurin uhka suomalaisten kulutuskäyttäytymiseen on valtion liikenteen verotus. Liitteeseen 2 on laskettu suuntaa antava polttoaineverokertymä 15 000 km vuosittaiselle ajolle bensiini-, diesel- ja sähköautolla. Vuoden 2020 ajoneuvokannan tuottama suuntaa antava polttoaineverokertymä on 2,7 miljardia euroa. Vuoden 2030 ajoneuvokannan mukaan suuntaa antava polttoaineverokertymä on 2,5 miljardia euroa. Verokertymä laskee noin 9 %, vaikka ajoneuvokanta kasvaa noin 10 %. Valtion budjetin alijäämäisyyttä ei voi kasvattaa loputtomasti, joten on todennäköistä, että liikenteen verotus tulee muuttumaan ajoneuvokannan

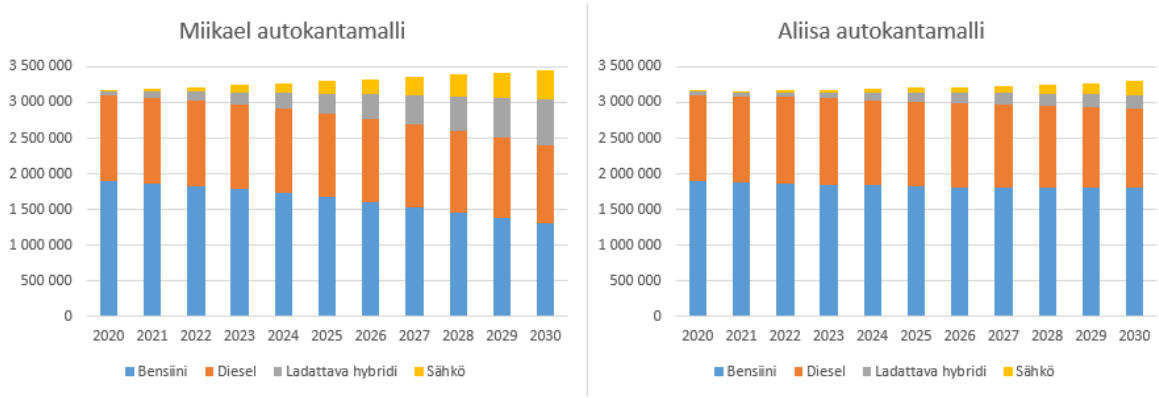
sähköistyessä. Valtio ja EU ei tule joustamaan vuoden 2030 päästötavoitteista, joten lopputuloksena on kaiken autoilun kallistuminen, niin että sähköautoilu on kuluttajan näkökulmasta edullisinta.

Tarkastellaan tilannetta ennustetta vauhdikkaammassa sähköautokannan kehityksen tilanteessa. Lataushybridien akkukapasiteetti on ollut kasvussa markkinoilla olevissa ajoneuvoissa. Keskimääräiseksi suomalaisen päivittäiseksi ajomatkaksi on arvioitu noin 40 km. Jos akkukapasiteetti tulee kasvamaan lataushybrideissä, niin että täydellä akustolla pystyy ajamaan 100 km matkan, eli kahden päivän ajon, tulisi lataushybridiautoilusta suomalaisen kuluttajan näkökulmasta houkutteleva vaihtoehto. Tällöin sähkönoston pystyisi optimoimaan eikä sähkölataus olisi yhtä riippuvainen kotilataus mahdollisuudesta. Pohjoismaissa on myös muita maita, jotka ovat edellä ajoneuvokannan sähköistymisessä. Kuluttajakäyttäytyminen voi lähteä kehittymään heidän vetämänään. Esimerkiksi Norjassa vuonna 2021 ensirekisteröitiin 86 % ajoneuvoista ladattavana hybridinä tai sähköautona ja Ruotsissa 46 % (EAA 2022). On hyvin todennäköistä, että tällä hetkellä vuonna 2022 maailmassa oleva autoteollisuuden toimitusketjuvaikeudet viivästyttävät ajoneuvokannan sähköistymistä. Jos asiakas saa polttomoottorillisen auton 4 kuukaudessa, niin on haaste, että vastaavan sähköauton toimitusaika on jopa 14 kuukautta.

Ajoneuvokannan vaihdunnassa laskettiin uudet ja maahantuodut autot ajoneuvokantaa lisäävänä tekijänä. Ajoneuvojen poistot rekisteristä laskettiin ajoneuvokantaa vähentävänä tekijänä. Poistuvien ajoneuvojen käyttövoimaosuus määritettiin 11 vuotta kyseistä vuotta vanhemman ajoneuvokantaprofiilin mukaan, eli vuoden 2030 ajoneuvopoistumassa hyödynnettiin vuoden 2009 ajoneuvokantaprofiilia. Lataushybridien ja sähköautojen kestävyys on laskennassa uutta. Vuoden 2030 ennusteessa ei poistettu kuin kahdeksan sähköautoa kyseisen vuoden ajoneuvokannasta. Yhtenä uhkana todetaan ennusteelle, ettei ole pitkäaikaista kokemusta Suomen olosuhteita vastaavasta lataus hybridien ja sähköautojen käytöstä pitkällä aikavälillä. On mahdollista, että lataushybridi ja sähköautojen arvon alentuminen tai käyttäjäkokemus laskee merkittävästi 5–10 vuoden jälkeen. Vaihtoautomarkkinat ovat kuitenkin suuremmat kuin uusien autojen markkinat. Diplomityössä on odotusarvona, että lataushybridit ja sähköautot olisivat rekisterissä yhtä pitkään kuin bensiini- ja dieselautot, mutta todellisuus voi poiketa tästä.

4.3 Autokantamallien vertailu

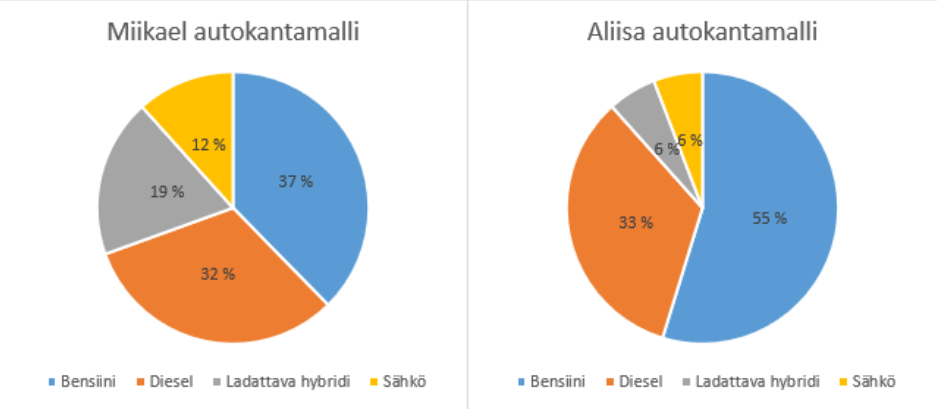
Tehdään vielä lyhyt analyysi diplomityön ja VTT:n autokantamallin eroista ja yhtäläisyyksistä. Kuviossa 15 on visualisoitu ajoneuvokannan kehitys neljän yleisimmän käyttövoiman osalta.



Kuvio 15. Ajoneuvokannan kehitys Suomessa 2020–2030.

Aliisa-autokantamallissa ajoneuvojen lukumäärä on ennustettu pienemmäksi kuin diplomityössä. Aliisa autokantamalli ennustaa, että ajoneuvojen lukumäärä kasvaisi noin 0,4 % vuosittain, kun diplomityössä lukema on 0,9 %. Eroa muodostuu 150 000 ajoneuvon verran ja se voi selittyä esim. suuremmalla ajoneuvomäärän poistolla ja keskimääräisen ajoneuvoiän laskulla.

Kuviossa 16 on visualisoitu piirakkamallinnuksella diplomityön ja VTT:n vuoden 2030 neljän yleisimmän käyttövoiman autokantamalliennustetta.



Kuvio 16. Ajoneuvokanta Suomessa 2030.

Suurin ero kahden ennusteen välillä on bensiiniautojen osuus. Diplomityön skenaario odottaa, että 37 % autokannasta olisi bensiiniautoja ja VTT:n skenaario, että 55 %. VTT:n kommentoinut jälkeenpäin, että autokanta tulee sähköistymään kyseistä ennustetta nopeammin, ja tämä näkyy hyvin kuviossa 16. Dieselautojen ennuste on käytännössä sama. Molemmat ennusteet odottavat, että Suomessa olisi noin 1,1 miljoonaa dieselautoa rekisteröitynä vuonna 2030. Vaikka ensirekisteröityjen dieselautojen määrä on laskussa, niin vuoden 2030 ennuste osoittaa kuinka pitkään ajoneuvokannan uudistumisella kestää.

Diplomityön ennuste pienemmästä bensiiniauto osuudesta on korvautunut suuremmalla lataushybridi ja sähköauto osuuksilla. VTT:n mallinuksen jälkeen valtio lisäsi vähäpäästöisille työsuhdeautoille veroetuuden alkaen vuodesta 2022. Lataushybridit sekä sähköautot kuuluvat kyseisen vetoetuuden piiriin ja niistä tuli taloudellisesti kannattavempia kuin aikaisemmin. Tästä syystä ladattavat hybridit markkina kasvoi erityisesti työsuhdeautoina. Sama etuus kasvatti myös sähköautojen osuutta työsuhdeautona. VTT:n mallinnuksen aikaan sähköauton hankintatuen vaikutus ei ollut vielä nähtävissä kuluttajakäyttäytymisessä. Hankintatuella oli pieni vaikutus hintalaatusuhteeseen, mutta suuri kuluttajille. Valtion etuuksien ja tukien vaikutus näkyy autokannan sähköistymisessä ja diplomityön tuloksissa.

5 Yhteenveto

Suomen Tilastokeskuksella on kattavat julkiset datat liikenteestä. Tilastosta riippuen lähdeaineistoa on saatavilla jopa kolmenkymmenen vuoden takaa. Lähdeaineistosta kerättiin diplomityöhön osatekijöitä eri osa-alueilta. Kaikki lähteet ovat jokaisen henkilön saatavilla ja diplomityön tutkimus on toistettavissa. Suomen väestörakenne ei tule muuttumaan merkittävästi vuoteen 2030 mennessä. Siten väestönmuutoksesta ei myöskään aiheutunut suurta muutosta ajoneuvojen määrän kehitykseen. Suomen valtion ja EU:n asettamilla lainsäädännöillä on iso vaikutus autoilun kustannuksiin. Liikenteen tuet, autoilun verotus ja uusiutuvien polttoaineiden jakeluvelvoite ovat isossa roolissa ajoneuvokannan sähköistyessä. Ne ovat muokanneet markkinoiden hintalaatusuhteita vähäpäästöisiä autoja suosiviksi, mikä on vaikuttaa positiivisesti autoilun päästöjen kehitykseen. Kuluttajakäyttäytyminen on muuttunut nopeammin kuin mitä on aikaisemmissa ennusteissa odotettu. Suomi on kehittymässä enemmän ladattavia hybridejä ja sähköautoja käyttövoimana suosivaan malliin. Ennustetta laskiessa tuli esille, että vuonna 2024 ladattavien hybridien ja sähköautojen ensirekisteröinti ylittää bensiini- ja dieselautojen ensirekisteröinnin. Suomessa kehitys on hieman hitaampaa kuin muissa Pohjoismaissa.

Ajoneuvovalmistajilla pitäisi olla paras näkemys ajoneuvomarkkinoiden kehityksestä. Eri ajoneuvovalmistajakonsernien strategia julkaisuissa on nähtävissä ajoneuvojen sähköistyminen. Jokainen diplomityössä mainittu konserni on huomioinut vähäpäästöisyyden ja ajoneuvojen sähköistymisen heidän tulevaisuuden näkymässään. Kuudesta läpikäydystä konsernista Volvon tavoite on kunnianhimoisin: tuottaa ainoastaan sähköautoja vuoden 2030 jälkeen. Kyseiset maailman suurimmat ajoneuvokonsernit eivät julkaisisi pitkäaikaisia tulevaisuuden näkymiä sähköisestä siirtymästä, ellei heillä olisi vahva näkemys kulutuskäyttäytymisen muuttumisesta.

Suomen olosuhteet ovat haastavat autoille. Talvien pakkaskelit eivät ole otollisimmat sähköautoille. Kylmä ilmasto lyhentää niiden toimintamatkaa. Lyhyissä siirtymissä käyttövoimalla ei ole väliä, mutta maaseudun autoilu on hyvin erilaista kuin kaupungin autoilu. Tämä näkyy kansan kulutuskäyttäytymisen kahtia jakona. Suomalaiset asuvat vielä puolittain kaupungissa ja maaseudulla. Toinen puoli haluaisi pysyä fossiilissa polttoaineissa, jossa omaa autoilua ei tarvitse muuttaa ja toinen puoli on valmis muuttamaan autoilutottumuksiaan.

Tähän sähkölatausinfrastruktuurin kehittymisellä on vaikutus. Jos verrataan sähköautolatauspaikkojen ja kaasuautotankkauspaikkojen määrää, niin sähkölatausinfra kehittyi hetkessä kaasutankkausinfraa laajemmaksi. Kaasuautoja on ollut Suomessa pitkään ja vuoteen 2019 mennessä niitä oli rekisteröitynä enemmän kuin sähköautoja. Vuonna 2021 sähköautojen määrä oli kuitenkin jo kaksinkertainen verrattuna kaasua sekä bensiiniä ja kaasua käyttävien autojen määrään. Kaasuautoilu tulee olemaan pienessä osassa vuonna 2030 ja saman kohtalon kokee vetyautoilu. Vetylatausinfrastruktuuri ei kerkeä kehittymään vuoteen 2030 mennessä. Vetyautoilusta ei tule edes yhden prosenttiosuuden saavaa käyttövoimaa Suomen ajoneuvokannassa. Kulutuskäyttäytymisen ja päästöjen puolesta vetyautoilu sopisi hyvin suomalaisten kulutusmieltymyksille, mutta siihen menee vielä pitkä aika.

Diplomityössä ei lähdetty pureutumaan syvällisemmin liikennesuoritteeseen tai siihen, kuinka paljon autoa tullaan käyttämään vuonna 2030. Julkisen liikenteen, tässä yhteydessä tarkasteltuna linja-autoliikenteen, käyttö ei ole kasvanut viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Autoilla tehtävän vuosittaisen ajon todettiin kasvavan hieman. Laskennassa huomioitiin, että jokaisella Suomen ajoneuvorekisterissä rekisteröidyllä autoilla ajetaan 15 000 km vuonna 2030. Todellisuudessa autoilla ajettavat kilometrit poikkeavat jonkin verran käyttövoimien kesken, mutta sitä ei otettu huomioon laskennassa. On tyypillistä, että dieselautoilla ajetaan vuodessa enemmän kuin bensiiniautoilla. Jos haluttaisiin tutkia tarkemmin todellisia päästöjä, niin käyttövoimaiset vuosittaiset kilometrit pitäisi ottaa myös huomioon, sillä hiilidioksidipäästöt vaihtelevat käyttövoimien kesken. Käyttövoimissa ei myöskään eroteltu ladattavista hybrideistä sähköbensiini ja sähködieselautoja. Ne yhdistettiin yhdeksi käyttövoimaryhmäksi ja niille käytettiin laskennassa bensiinin kerrointa. Ladattavia diesel hybridejä on tosin huomattavasti vähemmän kuin ladattavia bensiini hybridejä ja päästötuloksen poikkeama on ladattavien hybridien osalta vain yhden prosentin luokkaa.

Tulokseksi saatu 3,79 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöt vuoden 2030 yksityisestä autoilusta on rohkaiseva. Päästöt tippuvat puoleen vuoden 2005 tasosta. Päästöjen laskennassa käytettiin vertailuksi päästölaskenta työkalua, josta tulokseksi saatiin 39 % päästöalenema vuoden 2005 tasosta. Autokannan sähköistymisellä on positiivinen vaikutus ilmastonmuutoksen estämiseksi. YK:n kestävän kehityksen tavoitteena on taata puhdas ilma ja yhdenvertaiset ympäristöolosuhteet kaikille ihmisille. Vaikeudet koettelevat aina kovemmin köyhiä ja vähäosaisempia ihmisiä. On mielenkiintoista nähdä, miten autoilun verotus tulee muuttumaan vuoteen 2030 mennessä. Uudet lataushybridit ja sähköautot ovat osalle Suomen

väestöstä liian kalliita. Autoilun verotusta ei voi muuttaa, siten että uudella autolla ajo on huomattavasti halvempaa kuin vanhemmalla autolla ajo, jolloin uusilla lataushybrideillä ja sähköautoilla ajo ei voi olla huomattavasti halvempaa kuin käytetyillä bensiini- ja dieselautoilla ajo. Autokannan sähköistyminen tulee vähentämään polttoaineverosta kerättävää veromäärää. Tähän ongelmaan valtion päättäjien pitää keksiä ratkaisu. Autoilun verouudistus tulee muuttamaan kulutuskäyttäytymistä ja ajoneuvokantamalli on hyvä ennustaa uudestaan sen jälkeen. Jos verotussuhteet käyttövoimien suhteen pysyvät samanlaisia kuin nyt, on mahdollista, että kulutuskäyttäytyminen pysyy ennusteen mukaisena vuoteen 2030 saakka verouudistuksesta huolimatta.

Väestörakennetta tutkiessa huomattiin, että Suomen ikärakenne muuttuu ja vanhusten osuus kasvaa. Ajoneuvokantaan ja päästötuloksiin muutos ei heijastu, mutta ei ole varmaa, miten väestörakenteen muutos vaikuttaa kulutuskäyttäytymiseen ja käyttövoimavalintaan. Väestörakenteen vanhenemisen voisi olettaa vaikuttavan osatekijöistä auton keski-ikään ja auton vuosittaiseen käyttömäärään. Kummankaan osatekijän tutkimuksessa ei kuitenkaan menty niin syvälle, että sieltä olisi voitu vetää kehityksestä yhteys väestörakenteeseen.

6 Pohdinta

Tätä diplomityötä aloitettiin tekemään todella omituisessa maailmantilassa keväällä 2021. Korona-pandemia runteli maailmaa ja Suezin kanava oli juuri ollut tukossa. Koko maailman teollisuus ja toimitusketjut olivat uudessa tilanteessa, jossa sekä autojen ostajat että valmistajat olivat ennen näkemättömässä tilanteessa. Kun korona-pandemian rajoitukset alkoivat hellittämään, Venäjä hyökkäsi Ukrainaan alkuvuodesta 2022. Molemmat valtiot ovat valtavia teollisuuden alihankintamaita ja ajoneuvojen tuotannot menivät aivan uusiksi. Tästä on johtunut, että osasta myytyjä sähköautoja vuonna 2022 on jopa 14 kk toimitusaika. Vuoden 2021 ja 2022 ajoneuvokantatilastoissa on pakko olla vääristymää näiden kahden massiivisen globaalin vaikutuksen takia. Diplomityössä ei kommentoitu ollenkaan maailman rahapolitiikkaa ja vuoden 2022 lopussa uhkaavaa taantumaa, mutta silläkin tulee varmasti olemaan vaikutus ajoneuvokannan tulevaisuuteen. Taloudellisia näkemyksiä otettiin huomioon vain valtion saamien verotulojen näkökulmasta, mutta diplomityön osatekijäksi pystyisi lisäämään rahapolitiikan kehityksen vaikutuksen. Viimeksi kaksikymmentä vuotta sitten korot ovat olleet yhtä suuret kuin nyt. Nousevilla koroilla on suoraan vaikutus kuluttajien käytettävissä olevaan rahaan.

Päästölaskennassa oli yllättävää, että jakeluvelvoitteen tuoma päästöalenema on niin merkittävä. Vaikka taulukosta pystyi helposti näkemään, että uusiutuvien polttoaineiden osuuden pitää olla 30 % vuonna 2030, niin silti 1,62 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöalenema tuli yllätyksenä. Kyseiset päästöthän tapahtuvat todellisuudessa, mutta koska käytetty polttoaine katsotaan uusiutuvaksi, tai hiilineutraaliksi, niin päästöjä ei lasketa. Alun perin diplomityöhön piti sisällyttää myös kehittyneet uusiutuvat polttoaineet, tai kehittyneet kestävät polttoaineet, mutta niitä valmistava teknologia on uutta. Ei ole ihan varmaa tietoa, miten niitä tullaan hyödyntämään päästölaskennassa, ja millä tavalla ne tulevat poikkeamaan laskennoissa uusiutuvista, tai kestävistä, polttoaineista. Tutkimusta pystyy jatkamaan ja sisällyttämään kehittyneet uusiutuvat polttoaineet työhön, kun niiden tulevaisuuden jakeluvelvoite alkaa.

Ajoneuvokantaa ja päästötuloksia ei verrattu Keski-Euroopan maiden tilastoihin. Muutamissa Keski-Euroopan kaupungeissa on muun muassa dieselautoilu kielletty (pois lukien raskas liikenne) ja heidän näkökulmansa erityisesti dieselautoiluun on hyvin erilainen kuin

Suomessa. Jopa heidän suhtautumisensa biopolttoaineisiin on kriittinen. Keski-Euroopassa on hankala ymmärtää miksi kukaan hakkaisi hiilidioksidinielumetsää, mutta Suomessa puusto kasvaa enemmän kuin mitä sitä leikataan. Keski-Euroopan autoilu on myös enemmän kaupunkipainotteista kuin maaseutupainotteista. Asumustiheys on Keski-Euroopan maissa paljon suurempi kuin Suomessa.

Kaikki pienemmät vain marginaaliosuuden omaavat käyttövoimat jätettiin pois diplomityöstä. Tutkimusta on mahdollista laajentaa niihin, mutta niin pienistä osuuksista on hankala ennustaa kuluttajakäyttäytymistä. Pienten käyttövoimien ennustamisessa virheiden todennäköisyys kasvaisi, mutta tuloksiin niillä ei olisi vaikutusta.

Tämän diplomityön tutkimus olisi mielenkiintoista toistaa vuosittain. Vuosittain tehtynä näkisi selvemmin muutoksen, mikä tapahtuu kulutuskäyttäytymisessä. Ennustetta on kuitenkin hankala ulottaa vuoteen 2050 saakka. On hankala arvioida, milloin ilmestyy seuraava kuluttajatottumuksien rajoja rikkova suunnannäyttäjäyritys. Vetyautoilulla on potentiaalia käyttövoimana, mutta se vaatisi valtavia investointeja. Diplomityötä olisi kuitenkin hyvä tukea toisella tutkimuksella. Esitetty ajoneuvokanta ennustaa vahvaa autokannan sähköistymistä, mutta pohdittavaksi jää sähköverkon kantokyky. Onko meillä mahdollisuuksia nykyisessä infrastruktuurissa lisätä latauspaikkoja jokaisen taloyhtiön parkkipaikalle? Suomen sähköverkossa on varmasti monia riskejä autokannan sähköistymisen toteutumiselle, mikä heijastuu ennusteen mukaisen autokannan sähköistymisen mahdollisuudelle.

Vuosien 2021 ja 2022 aikana hybridi työmuodosta on tullut valtakunnallisesti puhuttava aihe. Nykyään työnantajat mahdollistavat enemmän etätyötä. Menee muutamia vuosia etätyöskentelyn vaikutusten arvioimiseksi liikennesuoritteen ja autoilun kehittymisessä. Tätä ennen tekijää on mahdoton huomioida ennusteessa.

Kun diplomityön kirjoittaminen oli jo melkein kokonaan valmis, niin EU ilmoitti lainsäädännöstä, joka kieltää polttomoottorillisten henkilö ja pakettiautojen myynnin Euroopassa vuonna 2035. Tätä ei ole otettu huomioon diplomityössä, vaikka se julkaistiin kesken diplomityön kirjoituksen. EU:n tekemä päätös voi saada aikaan ketjureaktiona, jossa sähköautojen toimitusketjuihin tulee investointeja autoteollisuudelta. Ajoneuvovalmistajien täytyy myös alkaa luomaan ajoneuvoportfoliota, jossa on sähköautoja jokaiselle kuluttajalle sopivaan hintaan. Tämä päätös EU:lta ei tule hidastamaan Suomen ajoneuvokannan

sähköistymistä. Päinvastoin se tulee tukemaan ja kiihdyttämään sitä. Sähköautot näyttävät olevan Euroopan tulevaisuus keskipitkällä tähtäimellä.

Lähteet

446/2007. Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä. Julkaistu 13.4.2007. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070446

603/2021. Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. Julkaistu 29.6.2021. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210603

740/2021. Laki ajoneuvo- ja liikennepalveluhankintojen ympäristö- ja energiatehokkuusvaatimuksista. Julkaistu 15.7.2021. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210740

777/2020. Autoverolaki. Julkaistu 13.11.2020. Saatavissa: https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2020/20200777

1289/2021. Laki vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan sekä ajoneuvon vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivaksi muuntamisen määräaikaisesta tukemisesta. Julkaistu 22.12.2021. Saatavissa: https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20211289

AUT 2020. Ladattavien autojen käyttötutkimus – selvitys ladattavien hybridien ja täyssähköautojen käyttötavoista. Autoalan Tiedostuskeskus. Julkaistu tammikuussa 2020. Saatavissa: https://www.aut.fi/files/2116/Ladattavien_autojen_tutkimusraportti_liitteineen.pdf

AUT 2021. Liikennekäytöstä poistetut autot. Autoalan Tiedotuskeskus. Lainattu 12.4.2022. Saatavissa: https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/liikennekaytosta_poistetut_autot

AUT 2022a. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ennuste 2020–2050. Autoalan Tiedostuskeskus. Lainattu 15.11.2022. Saatavissa: https://www.aut.fi/ymparisto/tieliikenteen_ilmastovaikutukset/liikenteen_paastokehitys

AUT 2022b. Valtion verotulot tieliikenteestä. Autoalan Tiedotuskeskus. Lainattu 1.12.2022. Saatavissa: https://www.aut.fi/tilastot/verotus_hintakehitys_ja_liikennemenot/valtion_verotulot_tieliikenteesta

EAA 2022. New registrations of electric vehicles in Europe. European Environment Agency. Julkaistu 26.10.2022. Saatavissa: https://www.eea.europa.eu/ims/new-registrations-of-electric-vehicles

EPA 2022. Carbon Pollution from Transportation. United States Environmental Protection Agency. Päivitetty 19.5.2022. Saatavissa: https://www.epa.gov/transportation-air-pollution-and-climate-change/carbon-pollution-transportation

Ford 2021. Delivering Ford+ presentation. Ford Motor Company Investor Relations. Julkaistu. 26.5.2021.

Emissions Analytics 2019. Hybrids are 14 times better than battery electric vehicles at reducing real-world carbon dioxide emissions. Hybrids are better. Emissions Analytics Limited. Julkaistu 14.6.2019. Saatavissa: https://www.emissionsanalytics.com/news/hybrids-are-better

Gasgrid Finland 2021. Our operations in brief. Lainattu 10.10.2021. Saatavissa: https://gasgrid.fi/en/our-company/about-us/#in-brief

Gasum 2021. Tankkausasemakartta. Lainattu 15.10.2021. Saatavissa: https://www.gasum.com/yksityisille/tankkaa-kaasua/tankkausasemat/

General Motors 2021. General Motors, the Largest U.S. Automaker, Plans to be Carbon Neutral by 2040. Julkaistu 28.1.2021. Saatavissa: https://media.gm.com/media/us/en/gm/home.detail.html/content/Pages/news/us/en/2021/jan/0128-carbon.html

Greenhouse Gas Protocol 2022. Calculation Tools. GHG Emissions from Transport or Mobile Sources. Lainattu 15.11.2022. Saatavissa: https://ghgprotocol.org/calculation-tools

HE 156/2017 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi henkilöautojen romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöiseksi muuntamisen tuesta. Julkaistu 27.10.2017. Saatavissa: https://finlex.fi/fi/esitykset/he/2017/20170156.pdf

Helen 2021. Tietoa sähköverkosta. Lainattu 6.4.2021. Saatavissa: https://www.helensahkoverkko.fi/palvelut/hinnastot/sähkövero

ICCT 2021. ICCT's comments and technical recommendations on future Euro 7/VII emission standards. The International Council of Clean Transportation. Julkaistu 7.5.2021. Saatavissa: https://theicct.org/sites/default/files/eu-commission-euro-7-and-VI-may2021.pdf

LVM 2021. Ennuste: Tieliikenteen päästöt laskevat hieman ennakoitua nopeammin – syynä sähköautojen yleistyminen. Liikenne- ja viestintäministeriö. Julkaistu 20.9.2021. Saatavissa:

https://www.lvm.fi/-/ennuste-tieliikenteen-paastot-laskevat-hieman-ennakoitua-nopeammin-syyna-sahkoautojen-yleistyminen-1509917

MSB 2021. E85. Myndigheten för samhällsdkydd och beredskap. Lainattu 26.10.2021. Saatavissa: https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandfarligt-och-explosivt/brandfarliga-vatskor/e85/

Opetushallitus 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014.

Kilpelä, P. 2021. Liikenne- ja viestintävirasto Traficom:in liikennejärjestelmäpalveluiden erityisasiantuntija. Sähköposti keskustelu 26.10.2021.

SCB 2022. Registered vehicles January 2006-April 2022. Statistiska CentralByrån. Lainattu 23.5.2022. Saatavissa: https://www.scb.se/en/finding-statistics/statistics-by-subject-area/transport-and-communications/road-traffic/vehicles/pong/tables-and-graphs/registered-vehicles/

Stellantis 2021. Stellantis Presents Its Electrification Strategy. Stellantis EV Day 2021. Julkaistu 8.7.2021. Saatavissa: https://www.stellantis.com/en/investors/events/ev-day-2021

Tilastokeskus 2018. Kasvihuonekaasupäästöt laskivat, päästökaupan ulkopuoliset päästöt tavoitepolulla. Suomen Tilastokeskus. Julkaistu: 11.12.2018. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/2017/khki_2017_2018-12-11_tie_001_fi.html

Tilastokeskus 2019. Liitekuvio 3. Väestö iän mukaan 1900–2018 ja ennustettu 2019–2070. Suomen Tilastokeskus. Päivitetty 30.9.2019. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/vaenn/2019/vaenn_2019_2019-09-30_kuv_003_fi.html

Tilastokeskus 2021a. Henkilöliikennesuorite autoluokittain 2000–2020. Tietilasto. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 15.4.2021.

Tilastokeskus 2021b. Polttoaineluokitus 2021. Edelliset luokitukset. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 1.12.2021.

Tilastokeskus 2021c. Polttoaineluokitus 2021. Polttoaineluokitus 2021 / Bränsleklassificering 2021 / Fuel classification 2021. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 28.11.2021.

Tilastokeskus 2021d. Rakennukset ja kesämökit. 116j – Kesämökit alueittain, 1970–2020. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 11.2.2022.

Tilastokeskus 2021e. Syntyvyys ei ole Suomessa ikärakenteen kannalta riittävällä tasolla. Väestöennuste 2021. Suomen Tilastokeskus. Julkaistu 30.9.2021. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021_2021-09-30_tie_001_fi.html

Tilastokeskus 2022a. Moottoriajoneuvokanta. Autot käyttövoiman mukaan 2000–2020. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 16.11.2022.

Tilastokeskus 2022b. Moottoriajoneuvokanta. Rekisteristä poistetut ajoneuvot 2017–2021. Suomen Tilastokeskus. Lainattu 16.11.2022.

Tilastokeskus 2022c. Verokertymä kasvoi 8,7 prosenttia vuonna 2021. Suomen Tilastokeskus. Julkaistu 15.3.2022. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/vermak/2021/vermak_2021_2022-03-15_tie_001_fi.html#:~:text=Verojen%20ja%20pakollisten%20sosiaaliturvamaksujen%20kertym%C3%A4,9%20prosenttiyksikk%C3%B6%C3%A4%2042%2C8%20prosenttiin

Toyota 2021. Beyond Zero. Lainattu 1.11.2021. Saatavissa: https://www.toyota-europe.com/world-of-toyota/beyond-zero/emissions

Traficom 2021a. Käytettynä yksittäismaahantuodut henkilöautot merkeittäin, käyttövoimittain ja käyttöönottovuosittain 2014-2021. Käytettynä maahantuodut ajoneuvot. Traficom tilastotietokanta. Lainattu 11.12.2021. Saatavissa: https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Kaytettyna_maahantuodut/030_yksmaah_tau_103.px/table/tableViewLayout2/?loadedQueryId=db310ad4-db8f-40af-b97a-e59d66aea6cf&timeType=from&timeValue=2014

Traficom 2021b. Liikennekäytössä olevat ajoneuvot neljännesvuosittain 2008–2021. Liikenne käytössä olevat ajoneuvot. Traficom tilastotietokanta. Lainattu 9.12.2021. Saatavissa: https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Liikennekaytossa_olevat_ajoneuvot/040_kanta_tau_104.px/

Traficom 2021c. Hiilidioksidipäästöt. Traficom tilastotietokanta. Lainattu 14.12.2021. Saatavissa: https://liikennefakta.fi/fi/ymparisto/henkiloautot/hiilidioksidipaastot

Traficom 2021d. Liikennekäytössä olevin henkilöautojen keski-ikä 1998–2020. Ajoneuvokannan tilastot. Traficom tilastotietokanta. Lainattu 8.9.2021.

Traficom 2021e. Romutuspalkkio – usein kysytyt kysymykset. Liikenne- ja viestintävirasto. Julkaistu 6.10.2021. Saatavissa: https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/romutuspalkkio-usein-kysytyt-kysymykset?toggle=Mist%C3%A4%20romutuspalkkiossa%20on%20kyse%3F&toggle=Kuinka%20kauan%20romutuspalkkiokampanja%20on%20voimassa%3F

Traficom 2021f. Ajoneuvojen ensirekisteröinnit maakunnittain 2001–2022. Ensirekisteröinnit. Traficom tilastotietokanta. Lainattu 14.1.2022. Saatavissa: https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/TraFi__Ensirekisteroinnit/030_ensirek_tau_103.px/table/tableViewLayout1/

Traficom 2022. Liikenteen kasvihuonepäästöt ja energiankulutus. Julkaistu: 10.11.2022. Saatavissa: https://www.liikennefakta.fi/fi/ymparisto/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot-ja-energiankulutus

Verohallinto 2021. Nestemäisten polttoaineiden verotaulukot. Valmisteverotus. Verohallinto. Lainattu 9.9.2021. Saatavissa: https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/valmisteverotus/nestemaiset-polttoaineet/verotaulukot/

Volkswagen Group 2021. Group strategy NEW AUTO – Mobility for Generations to Come. Volkswagen AG. Lainattu 10.11.2021. Saatavissa: https://www.volkswagenag.com/en/strategy.html#

Volvo 2021. Volvo Cars to be fully electric by 2030. Julkaistu 2.3.2021. Saatavissa: https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/277409/volvo-cars-to-be-fully-electric-by-2030

VTT 2021. Aliisa-autokantamalli. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Päivitetty 4.7.2021.

Yhdistyneet Kansakunnat 2022. Yhdistyneet kansakunnat. Lainattu 15.9.2022. Saatavissa: https://unric.org/fi/yhdistyneet-kansakunnat/

Liite 1. Nestemäisten polttoaineiden verotaulukko (Verohallinto 2021).

Tuote	Tuoteryhmä	Energiasisältövero	Hiilidioksidivero	Huoltovarmuusmaksu	Yhteensä
Moottoribensiini snt/l	10	53,79	21,49	0,68	75,96
Pienmoottoribensiini snt/l	11	33,79	21,49	0,68	55,96
Bioetanoli snt/l	20	35,3	14,1	0,68	50,08
Bioetanoli R snt/l	21	35,3	7,05	0,68	43,03
Bioetanoli T snt/l	22	35,3	0	0,68	35,98
MTBE snt/l	23	43,71	17,46	0,68	61,85
MTBE R snt/l	24	43,71	15,54	0,68	59,93
MTBE T snt/l	25	43,71	13,62	0,68	58,01
TAME snt/l	26	47,07	18,8	0,68	66,55
TAME R snt/l	27	47,07	17,11	0,68	64,86
TAME T snt/l	28	47,07	15,42	0,68	63,17
ETBE snt/l	29	45,39	18,13	0,68	64,2
ETBE R snt/l	30	45,39	14,78	0,68	60,85
ETBE T snt/l	31	45,39	11,42	0,68	57,49
TAEE snt/l	32	48,75	19,47	0,68	68,9
TAEE R snt/l	33	48,75	16,65	0,68	66,08
TAEE T snt/l	34	48,75	13,82	0,68	63,25
Biobensiini snt/l	38	53,79	21,49	0,68	75,96
Biobensiini R snt/l	39	53,79	10,74	0,68	65,21
Biobensiini T snt/l	40	53,79	0	0,68	54,47
Etanolidiesel snt/l	47	20,23	14,38	0,35	34,96
Etanolidiesel R snt/l	48	20,23	7,9	0,35	28,48
Etanolidiesel T snt/l	49	20,23	1,42	0,35	22
Dieselöljy snt/l	50	34,57	24,56	0,35	59,48
Dieselöljy para snt/l	51	28,65	23,2	0,35	52,2
Biodieselöljy snt/l	52	31,69	22,51	0,35	54,55
Biodieselöljy R snt/l	53	31,69	11,26	0,35	43,3
Biodieselöljy T snt/l	54	31,69	0	0,35	32,04
Biodieselöljy P snt/l	55	28,65	23,2	0,35	52,2
Biodieselöljy P R snt/l	56	28,65	11,6	0,35	40,6
Biodieselöljy P T snt/l	57	28,65	0	0,35	29
Kevyt polttoöljy snt/l	60	12,98	16,9	0,35	30,23
Kevyt polttoöljy rikitön snt/l	61	10,33	16,9	0,35	27,58
Biopolttoöljy snt/l	62	10,33	16,9	0,35	27,58
Biopolttoöljy R snt/l	63	10,33	8,45	0,35	19,13
Biopolttoöljy T snt/l	64	10,33	0	0,35	10,68
Raskas polttoöljy snt/kg	71	11,59	18,67	0,28	30,54
Lentopetroli snt/l	81	57,49	23,33	0,35	81,17
Lentobensiini snt/l	91	52,11	20,81	0,68	73,6
Metanoli snt/l	100	26,9	10,74	0,68	38,32
Metanoli R snt/l	101	26,9	5,37	0,68	32,95
Metanoli T snt/l	102	26,9	0	0,68	27,58
Nestekaasu snt/kg	110	13,29	18,09	0,11	31,49
Bionestekaasu snt/kg	111	13,29	18,09	0,11	31,49
Bionestekaasu R snt/kg	112	13,29	9,04	0,11	22,44
Bionestekaasu T snt/kg	113	13,29	0	0,11	13,4

Liite 2. 15 000 km ajavan auton suuntaa antava polttoaineverokertymä.

Käyttövoima	Kilometrit vuodessa	Polttoaineen kulutus	Polttaineen kokonaiskulutus	Polttoaineen hinta	Polttoaineen kokonaishinta	Arvonlisävero	Arvonlisävero kertymä	Sähkövero	Sähkövero kertymä	Nestemäinen polttoainevero	Nestemäinen polttoaineverokertymä	Vuosittainen verokertymä polttoaineen käytöstä
Sähkö	15000	20 kW/100km	3000 kW	0,2 €/kW	600 €	24 %	144 €	0,02253 €/kW	67,59 €			211,59 €
Bensiini	15000	5,5 l/100km	825 l	1,8 €/l	1485 €	24 %	356,4 €			0,7596 €/l	626,67 €	983,07 €
Diesel	15000	4,8 l/100km	720 l	1,6 €/l	1152 €	24 %	276,48 €			0,5948 €/l	428,26 €	704,74 €

Liite 3. Suomen rekisteröity ajoneuvokanta 2011–2021 Manner-Suomessa (Tilastokeskus 2021a).

Liikennekäytössä olevat ajoneuvot muuttujina Maakunta, Ajoneuvoluokka, Käyttövoima ja Vuosineljännes

MANNER-SUOMI

Vuosi	2011Q1		2012Q1		2013Q1		2014Q1		2015Q1		2016Q1		2017Q1		2018Q1		2019Q1		2020Q1		2021Q1	
	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta	Ajoneuvojen lukumäärä	%-osuus ajoneuvokannas ta
Yhteensä	4767310		4877294		4922102		4969511		5019185		5017286		4972042		5013338		5054625		5066179		5137951	
Bensiini	2563212	53,77 %	2577650	52,85 %	2556824	51,95 %	2540090	51,11 %	2520425	50,22 %	2465088	49,13 %	2368160	47,63 %	2354560	46,97 %	2343667	46,37 %	2318787	45,77 %	2316784	45,09 %
Diesel	1312965	27,54 %	1378584	28,27 %	1415226	28,75 %	1453705	29,25 %	1488840	29,66 %	1521130	30,32 %	1552717	31,23 %	1581255	31,54 %	1601952	31,69 %	1597158	31,53 %	1613977	31,41 %
Polttoöljy	77	0,00 %	92	0,00 %	107	0,00 %	118	0,00 %	124	0,00 %	134	0,00 %	156	0,00 %	203	0,00 %	264	0,01 %	321	0,01 %	359	0,01 %
Sähkö	767	0,02 %	1119	0,02 %	1368	0,03 %	1462	0,03 %	1692	0,03 %	1919	0,04 %	2235	0,04 %	3097	0,06 %	4953	0,10 %	8517	0,17 %	14949	0,29 %
Vety	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %
Kaasu	15	0,00 %	19	0,00 %	20	0,00 %	27	0,00 %	33	0,00 %	37	0,00 %	42	0,00 %	45	0,00 %	50	0,00 %	54	0,00 %	55	0,00 %
Biodiesel	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %
Nestekaasu (LPG)	307	0,01 %	308	0,01 %	304	0,01 %	303	0,01 %	303	0,01 %	306	0,01 %	311	0,01 %	320	0,01 %	322	0,01 %	320	0,01 %	322	0,01 %
Maakaasu (CNG)	225	0,00 %	251	0,01 %	274	0,01 %	310	0,01 %	338	0,01 %	397	0,01 %	507	0,01 %	857	0,02 %	1332	0,03 %	4531	0,09 %	6409	0,12 %
Moottoripetroli	1565	0,03 %	1560	0,03 %	1564	0,03 %	1568	0,03 %	1563	0,03 %	1524	0,03 %	1454	0,03 %	1414	0,03 %	1380	0,03 %	1333	0,03 %	1294	0,03 %
Bensiini/Puu	38	0,00 %	33	0,00 %	36	0,00 %	35	0,00 %	31	0,00 %	28	0,00 %	28	0,00 %	28	0,00 %	27	0,00 %	28	0,00 %	29	0,00 %
Bensiini + moottoripetroli	352	0,01 %	377	0,01 %	387	0,01 %	413	0,01 %	439	0,01 %	449	0,01 %	449	0,01 %	461	0,01 %	467	0,01 %	480	0,01 %	492	0,01 %
Etanoli	1	0,00 %	1	0,00 %	1	0,00 %	4	0,00 %	4	0,00 %	4	0,00 %	6	0,00 %	11	0,00 %	10	0,00 %	12	0,00 %	10	0,00 %
Bensiini/CNG	477	0,01 %	647	0,01 %	875	0,02 %	1026	0,02 %	1276	0,03 %	1495	0,03 %	1904	0,04 %	3442	0,07 %	5449	0,11 %	6968	0,14 %	7781	0,15 %
Bensiini/Sähkö (ladattava hybridi)	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	126	0,00 %	527	0,01 %	1241	0,02 %	2681	0,05 %	6817	0,14 %	14320	0,28 %	27765	0,55 %	50484	0,98 %
Bensiini/Etanoli	517	0,01 %	1763	0,04 %	2681	0,05 %	3067	0,06 %	3413	0,07 %	3561	0,07 %	3703	0,07 %	3903	0,08 %	4243	0,08 %	4427	0,09 %	4573	0,09 %
Bensiini/LPG	21	0,00 %	24	0,00 %	34	0,00 %	40	0,00 %	42	0,00 %	38	0,00 %	41	0,00 %	42	0,00 %	46	0,00 %	46	0,00 %	49	0,00 %
Diesel/CNG	0	0,00 %	0	0,00 %	3	0,00 %	9	0,00 %	11	0,00 %	13	0,00 %	14	0,00 %	13	0,00 %	12	0,00 %	14	0,00 %	16	0,00 %
Diesel/Sähkö (ladattava hybridi)	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	7	0,00 %	123	0,00 %	136	0,00 %	312	0,01 %	606	0,01 %	1285	0,03 %	2235	0,04 %	3477	0,07 %
Muu	886771	18,60 %	914866	18,76 %	942398	19,15 %	967200	19,46 %	1000000	19,92 %	1019785	20,33 %	1037321	20,86 %	1056263	21,07 %	1074845	21,26 %	1093181	21,58 %	1116889	21,74 %

Liite 4. Suomen rekisteröity ajoneuvokanta 2011–2021 Manner-Suomessa (Tilastokeskus 2021a).

MANNER-SUOMI																						
Vuosi	2011Q1		2012Q1		2013Q1		2014Q1		2015Q1		2016Q1		2017Q1		2018Q1		2019Q1		2020Q1		2021Q1	
	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)	Ajoneuvojen lukumäärä	vuosittainen muutos (%)
Yhteensä	4767310	2,11 %	4877294	2,31 %	4922102	0,92 %	4969511	0,96 %	5019185	1,00 %	5017286	-0,04 %	4972042	-0,90 %	5013338	0,83 %	5054625	0,82 %	5066179	0,23 %	5137951	1,42 %
Bensiini	2563212	0,18 %	2577650	0,56 %	2556824	-0,81 %	2540090	-0,65 %	2520425	-0,77 %	2465088	-2,20 %	2368160	-3,93 %	2354560	-0,57 %	2343667	-0,46 %	2318787	-1,06 %	2316784	-0,09 %
Diesel	1312965	5,02 %	1378584	5,00 %	1415226	2,66 %	1453705	2,72 %	1488840	2,42 %	1521130	2,17 %	1552717	2,08 %	1581255	1,84 %	1601952	1,31 %	1597158	-0,30 %	1613977	1,05 %
Sähkö	767	61,81 %	1119	45,89 %	1368	22,25 %	1462	6,87 %	1692	15,73 %	1919	13,42 %	2235	16,47 %	3097	38,57 %	4953	59,93 %	8517	71,96 %	14949	75,52 %
Maakaasu (CNG)	225	9,22 %	251	11,56 %	274	9,16 %	310	13,14 %	338	9,03 %	397	17,46 %	507	27,71 %	857	69,03 %	1332	55,43 %	4531	240,17 %	6409	41,45 %
Bensiini/CNG	477	33,99 %	647	35,64 %	875	35,24 %	1026	17,26 %	1276	24,37 %	1495	17,16 %	1904	27,36 %	3442	80,78 %	5449	58,31 %	6968	27,88 %	7781	11,67 %
Bensiini/Sähkö (ladattava hybridi)	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	126	0,00 %	527	318,25 %	1241	135,48 %	2681	116,04 %	6817	154,27 %	14320	110,06 %	27765	93,89 %	50484	81,83 %
Bensiini/Etanoli	517	2772,22 %	1763	241,01 %	2681	52,07 %	3067	14,40 %	3413	11,28 %	3561	4,34 %	3703	3,99 %	3903	5,40 %	4243	8,71 %	4427	4,34 %	4573	3,30 %
Diesel/Sähkö (ladattava hybridi)	0	0,00 %	0	0,00 %	0	0,00 %	7	0,00 %	123	1657,14 %	136	10,57 %	312	129,41 %	606	94,23 %	1285	112,05 %	2235	73,93 %	3477	55,57 %

Liite 5. Suomen ajoneuvojen ensirekisteröinnit käyttövoimittain 2001–2020 Manner-Suomessa (Tilastokeskus 2022a).

MANNER-SUOMI	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Yhteensä	178890	190309	229034	238851	250505	264309	243468	246791	172476	196692	215795	191762	172048	174123	172775	185624	193000	191813	189016	172964
Bensiini	109222	119033	149452	153573	162065	163231	139493	113849	82997	96376	101798	92836	85519	83316	88168	95524	99704	103461	104231	84170
Diesel	42087	42468	48008	50644	51037	56450	64246	97212	59232	66424	77959	64324	58139	59647	57440	61223	59920	52294	44896	34114
Polttoöljy	-	-	-	-	-	-	1	9	2	4	1	1	8	2	2	6	35	50	71	37
Sähkö	11	27	17	14	49	8	14	53	126	286	407	287	181	287	397	427	875	1358	2809	5699
Vety	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Kaasu	-	-	-	-	-	-	-	2	3	2	1	-	4	4	2	2	2	3	2	-
Biodiesel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Nestekaasu (LPG)	12	6	8	8	5	6	21	10	4	2	5	1	2	4	3	1	18	6	5	2
Maakaasu (CNG)	-	31	3	1	5	17	34	38	40	13	10	26	32	38	24	55	111	236	2241	1958
Moottoripetroli	-	-	1	-	1	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Bensiini + moottoripetroli	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
Etanoli	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	1	1	1	1	-
Bensiini/CNG	-	2	-	-	2	57	20	22	62	50	53	54	90	96	153	151	387	992	8	-
Bensiini/Sähkö (ladattava hybridi)	-	-	-	-	-	-	-	1	2	11	2	63	101	212	399	1118	2405	4801	5809	12832
Bensiini/Etanoli	-	-	-	-	-	-	-	-	1	334	791	1284	402	345	105	14	4	-	1	-
Bensiini/LPG	-	-	-	-	-	-	-	5	4	6	5	8	1	-	2	-	1	-	-	-
Diesel/CNG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-
Diesel/Sähkö (ladattava hybridi)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	67	51	15	93	154	142	162	439
LNG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diesel/LNG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Muu	27558	28742	31545	34611	37341	44537	39639	35588	30003	33183	34762	32873	27498	30121	26063	27009	29383	28469	28779	33711

Liite 6. Suomeen käytettynä maahantuodut henkilöautot 2014–2021 (Traficom 2021a).

Ajoneuvot yhteensä								
Vuosi	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**
Yhteensä	19047	21862	24711	29374	39690	45914	43911	33965
1900-1950	109	86	69	70	80	81	87	57
1951-1960	198	174	155	182	171	188	181	102
1961-1970	616	590	527	511	491	490	519	352
1971-1975	276	285	243	223	221	232	228	153
1976-1980	153	130	128	129	93	107	132	82
1981-1985	117	99	106	70	85	71	89	65
1986	23	20	14	24	24	19	18	16
1987	33	32	24	17	34	28	23	25
1988	47	39	28	23	29	27	32	18
1989	47	43	29	49	29	33	29	29
1990	56	52	39	38	36	40	55	41
1991	59	58	51	52	44	39	39	24
1992	80	65	46	47	37	34	36	30
1993	77	62	40	33	34	39	31	22
1994	103	75	48	45	50	33	40	36
1995	141	78	63	68	54	53	43	31
1996	164	130	93	59	64	49	50	21
1997	245	168	148	103	115	90	63	41
1998	317	243	159	156	145	128	85	54
1999	454	366	263	183	190	152	117	76
2000	518	434	359	287	231	225	165	91
2001	604	478	390	332	267	237	185	103
2002	630	608	535	441	410	325	226	103
2003	805	818	752	632	569	483	340	157
2004	967	933	970	834	815	701	408	201
2005	977	1162	1210	1161	1137	969	609	287
2006	1090	1508	1762	1838	1611	1382	816	390
2007	1131	1651	2099	2309	2319	1938	1158	591
2008	1216	1541	1905	2230	2296	1986	1148	582
2009	1260	1088	1234	1632	1811	1667	1019	540
2010	2151	1593	1522	1839	2289	1999	1334	726
2011	2170	3053	2446	2250	2742	2481	1692	912
2012	1024	2059	2796	2379	2340	2130	1380	821
2013	1023	930	1939	2969	3489	3263	1773	1091
2014	166	1002	1092	2671	4706	4023	2360	1357
2015	-	209	1182	1625	5073	6275	4679	3100
2016	-	-	245	1525	2798	6800	7314	4017
2017	-	-	-	338	2241	3911	7767	6811
2018	-	-	-	-	520	2595	3773	4433
2019	-	-	-	-	-	591	3062	2860
2020	-	-	-	-	-	-	806	3043
2021	-	-	-	-	-	-	-	474

Liite 7. Aliisa-autokantamalli (VTT 2021).

ALIISA autokantamalli											
Vuosi	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Ajoneuvot yhteensä	3180255	3187706	3197417	3208783	3221470	3236297	3252310	3269511	3287773	3307028	3327105
Bensiini	1 907 375	1 886 637	1 868 246	1 851 480	1 835 817	1 821 135	1 811 071	1 805 380	1 801 306	1 801 160	1 805 425
FFV (E85 korkeaseosetanoli)	8 903	8 842	8 711	8 515	8 258	7 946	7 585	7 183	6 746	6 282	5 751
Diesel	1 194 821	1 202 208	1 205 528	1 204 824	1 200 234	1 192 856	1 182 114	1 168 276	1 151 605	1 132 400	1 108 385
Kaasu	13 244	15 660	18 494	20 734	22 615	23 995	24 868	25 342	25 410	25 065	24 435
Ladattava hybridi bensiini	42 715	54 614	68 218	83 407	100 002	117 889	134 438	149 534	163 065	172 366	178 577
Ladattava hybridi diesel	2 980	3 860	4 794	5 751	6 705	7 685	8 644	9 576	10 475	11 340	12 511
Sähkö	10 216	15 884	23 425	34 071	47 838	64 790	83 589	104 219	129 165	158 414	192 020
Vety	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Liite 8. Henkilöliikennesuorite autoluokittain 2000–2020 (Tilastokeskus 2021a).

Henkilöliikennesuorite	Henkilöautot		Linja-autot	
2000	55.7	miljoonaa km / v	7.7	miljoonaa km / v
2001	57.0	miljoonaa km / v	7.7	miljoonaa km / v
2002	58.3	miljoonaa km / v	7.7	miljoonaa km / v
2003	59.6	miljoonaa km / v	7.7	miljoonaa km / v
2004	60.9	miljoonaa km / v	7.6	miljoonaa km / v
2005	61.9	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2006	62.5	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2007	63.8	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2008	63.4	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2009	64.3	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2010	64.7	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2011	65.5	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2012	65.3	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2013	65.1	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2014	65.5	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2015	66.3	miljoonaa km / v	7.5	miljoonaa km / v
2016	57.0	miljoonaa km / v	8.3	miljoonaa km / v
2017	66.6	miljoonaa km / v	8.2	miljoonaa km / v
2018	66.8	miljoonaa km / v	8.0	miljoonaa km / v
2019	66.8	miljoonaa km / v	7.9	miljoonaa km / v
2020	64.1	miljoonaa km / v	6.8	miljoonaa km / v

Liite 9. Typistetty ajoneuvokanta 2000–2020 (Tilastokeskus 2022a).

Ajoneuvokanta	Bensiini	Diesel	Sähkö	Ladattava hybridi
2000	1943613	412580	161	0
2001	1954991	431704	157	0
2002	1974183	449635	124	0
2003	2029643	476503	106	0
2004	2089987	510482	98	0
2005	2144411	543079	102	0
2006	2186756	583614	104	0
2007	2146232	618996	92	0
2008	2050196	684547	85	0
2009	2010026	726076	89	0
2010	1996330	778659	97	0
2011	1992567	834874	131	0
2012	1980688	874896	193	0
2013	1965380	907139	253	0
2014	1952422	941819	456	567
2015	1939053	974524	743	1018
2016	1925760	1005823	1014	2444
2017	1933452	1040143	1659	5733
2018	1930677	1065257	2660	13124
2019	1926629	1080099	4973	24742
2020	1924553	1088593	10141	45728

Liite 10. Yksityisen liikenteen hiilidioksidipäästöt 2030.

Miikael autokantamalli							
Vuosi 2030	Ajoneuvojen lukumäärä	Päästölliset km/v	Päästölliset km 2030	Työkalu - Päästöt [mtCO2e]	Työkalu korjauskerroin	Jakeluvelvoite korjauskerroin	CO2 päästöt [milj. tonnia/v]
Bensiini - henkilöauto	1 170 775	15 000	17 561 623 500	4 170 305	0,7029	0,7	2,05
Bensiini - pakettiauto	130 086	15 000	1 951 291 500	643 566	0,7029	0,7	0,32
Diesel - henkilöauto	989 356	15 000	14 840 334 000	4 152 069	0,5155	0,7	1,50
Diesel - pakettiauto	109 928	15 000	1 648 926 000	640 751	0,6192	0,7	0,28
Ladattava hybridi - henkilöauto	585 851	7 050	4 130 246 025	980 797	0,7029	0,7	0,48
Ladattava hybridi - pakettiauto	65 095	7 050	458 916 225	151 358	0,7029	0,7	0,07
Sähkö	403 038	0	0	0	0	0	0,00
Yhteensä	3 454 128		40 591 337 250	10 738 846			4,70
ALIISA autokantamalli							
Vuosi 2030	Ajoneuvojen lukumäärä	Päästölliset km/v	Päästölliset km 2030	Työkalu - Päästöt [mtCO2e]	Työkalu korjauskerroin	Jakeluvelvoite korjauskerroin	CO2 päästöt [milj. tonnia/v]
Bensiini - henkilöauto	1 624 883	15 000	24 373 237 500	5 787 838	0,7029	0,7	2,85
Bensiini - pakettiauto	180 543	15 000	2 708 137 500	893 185	0,7029	0,7	0,44
Diesel - henkilöauto	997 547	15 000	14 963 197 500	4 186 444	0,5155	0,7	1,51
Diesel - pakettiauto	110 839	15 000	1 662 577 500	646 056	0,6192	0,7	0,28
Ladattava hybridi - henkilöauto	171 979	7 050	1 212 453 360	287 918	0,7029	0,7	0,14
Ladattava hybridi - pakettiauto	19 109	7 050	134 717 040	44 432	0,7029	0,7	0,02
Sähkö	192 020	0	0	0	0	0	0,00
Yhteensä	3 296 918		45 054 320 400	11 845 873			5,24
Miikael autokantamalli							
Vuosi 2030	Ajoneuvojen lukumäärä	Päästölliset km/v	Päästölliset km 2030	Historiadata - Päästöt [g/km]	Historiadata korjauskerroin	Jakeluvelvoite korjauskerroin	CO2 päästöt [milj. tonnia/v]
Yhteensä	3 454 128		40 591 337 250	153,5	0,8685	0,7	3,79
ALIISA autokantamalli							
Vuosi 2030	Ajoneuvojen lukumäärä	Päästölliset km/v	Päästölliset km 2030	Historiadata - Päästöt [g/km]	Historiadata korjauskerroin	Jakeluvelvoite korjauskerroin	CO2 päästöt [milj. tonnia/v]
Yhteensä	3 296 918		45 054 320 400	153,5	0,8685	0,7	4,20