



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TIMO LILJAMO
ROBOTTIAUTOJEN VAIKUTUKSET LIIKKUMISTOTTUMUKSIIN

Diplomityö

Tarkastaja: assistant professor
Heikki Liimatainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
koulutusvaradekaanin päätöksellä
29.5.2017

TIIVISTELMÄ

TIMO LILJAMO: Robottiautojen vaikutukset liikkumistottumuksiin

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 101 sivua, 9 liitesivua

Elokuu 2017

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Liikenne- ja kuljetusjärjestelmät

Tarkastaja: assistant professor Heikki Liimatainen

Avainsanat: robottiauto, autonominen auto, kyselytutkimus, liikennekäyttäytyminen

Tämä diplomityö on toteutettu osana laajempaa Tampereen teknillisen yliopiston, Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafifin projektia, jonka tarkoituksena on selvittää, miten robottiautot vaikuttavat ihmisten liikkumiseen ja miten valmiita ihmiset ovat käyttämään robottiautoja. Tämä diplomityö koostuu kirjallisuusselvityksestä ja laajasta postikyselytutkimuksesta, joiden avulla tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan.

Robottiautojen odotetaan yleistyvän markkinoilla 2020-luvun alkupuolella. Niiden odotetaan tuovan liikennejärjestelmään merkittäviä hyötyjä muun muassa liikenneturvallisuuden ja liikenteen tehokkuuden parantuessa. Robottiautojen odotetaan lisäävän ihmisten liikkumista ja muokkaavan tyypillisiä liikkumistottumuksia erilaisiksi. On arvioitu, että henkilökilometrien määrä voi robottiautojen seurauksena kasvaa jopa 10–40 % nykyisestä. Robottiautot voivat kasvattaa myös henkilöautoilun kulkutapaosuutta keskimäärin jopa 10–30 %, joskin muutoksia kulkutapaosuuksissa on hyvin vaikeita ennakoida useista epävarmuustekijöistä johtuen. Robottiautojen myötä myös autojen yhteiskäyttöpalveluista on tehtävissä houkuttelevampia, jolloin ne mahdollistavat yksityishenkilöiden luopumisen tavanomaisesta autonomistuksesta. Tutkimuksen mukaan noin 66 % suomalaisista ei koe tulevaisuudessa tarvetta omistaa omaa robottiautoa, mikäli robottitaksi olisi aina hyvin saatavilla ja robottitaksien vuosikustannukset olisivat käyttäjälle itse omistettua autoa pienemmät.

Ihmisten suhtautumista robottiautoihin ei ole vielä tutkittu kovin laajasti ennen tätä tutkimusta. Tämän tutkimuksen tuloksena todettiin, että suurin osa suomalaisista suhtautuu myönteisesti robottiautoihin. Robottiautoille löytyy kuitenkin yhä myös laajahko joukko vastustajia, jotka eivät missään nimessä toivo robottiautojen yleistyvän. Voidaan kuitenkin todeta, että suomalaiset ovat keskimäärin melko valmiita kokeilemaan ja käyttämään robottiautoja, kunhan niiden turvallisuus ja luotettavuus pystytään takaamaan.

ABSTRACT

TIMO LILJAMO: The effects of autonomous vehicles on mobility habits

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 101 pages, 9 Appendix pages

August 2017

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Traffic and Transportation Systems

Examiner: Assistant Professor Heikki Liimatainen

Keywords: robot car, autonomous car, questionnaire survey, traffic behavior

This Master's Thesis is a part of a project by Tampere University of Technology, Finnish Transport agency and Finnish Transport safety agency Trafi. The aim of this study is to analyze effects of autonomous vehicles on the mobility habits and people's readiness to use autonomous vehicles for their mobility needs. This Master's Thesis consists of a literature review and a postal survey.

Autonomous vehicles are expected to become more common in the 2020's and have significant benefits on traffic system, as the safety and efficiency improves. It is also expected that autonomous vehicles will increase mobility and alter current mobility habits. Passenger kilometers are estimated to increase by 10–40%. Some scenarios also estimate that the modal share of private cars might increase by 10–30%. Autonomous vehicles can also make car-sharing services more feasible, which might lead to a decrease in conventional car ownership. According to the study, 66% of survey participants express no need to own a private autonomous vehicle, provided there is an autonomous taxi service available and such service has lower annual costs compared to owning an autonomous vehicle.

No extensive research on people's attitudes towards automated vehicles predate this research. This study shows that most of the survey participants have a positive attitude towards automated vehicles. However, there is still also a large group of people, who are strictly opposed to automated vehicles replacing conventional cars. On the average, the survey participants are willing to adapt and use them as long as they feel the vehicles are safe and reliable enough.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on toteutettu liikenteen tutkimuskeskus Vernessä osana rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkintoa. Diplomityö on tehty osana laajempaa Tampereen teknillisen yliopiston, Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafín projektia, jossa tutkitaan robottiautojen vaikutuksia. Robottiautot ovat nousseet viime vuosina varsinaiseksi ”hype-ilmiöksi” ja niiden vaikutusten tutkiminen osana asiantuntevaa ryhmää onkin ollut varsin mielenkiintoista ja antoisaa.

Haluan kiittää työn ohjaajaa assistant professor Heikki Liimataista työn laadukkaasta ohjaamisesta diplomityöprosessin aikana. Kiitokset myös kaikille projektin ohjausryhmään kuuluneille hyvistä vinkeistä ja avusta erityisesti kyselylomakkeen suunnittelussa ja toteuttamisessa. Lisäksi erityiskiitokset koko Vernen henkilökunnalle työn aikana saamastani avusta ja erinomaisesta työilmapiiristä.

Tampereella 28.7.2017

Timo Liljamo

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta.....	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet.....	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rajaus.....	2
1.4	Tutkimuksen rakenne.....	3
2.	ROBOTTIAUTOJEN KEHITYSTILANNE JA VAIKUTUKSET LIIKENNEJÄRJESTELMÄÄN.....	5
2.1	Robottiautojen historia.....	6
2.2	Tilanne autoteollisuudessa nykyisin	7
2.3	Robottiautojen teknologia	9
2.4	Lainsäädäntö ja robottiautoja sallivat alueet	13
2.4.1	Eurooppa ja Yhdysvallat	13
2.4.2	Suomi	13
2.5	Robottiautojen vaikutukset liikennejärjestelmään.....	14
2.5.1	Turvallisuusvaikutukset	14
2.5.2	Ympäristövaikutukset	16
2.5.3	Taloudelliset vaikutukset.....	17
2.5.4	Vaikutukset kaupunkikuvaan ja infrastruktuuriin.....	20
3.	ROBOTTIAUTOJEN VAIKUTUKSET IHMISTEN LIKKUMISEEN.....	22
3.1	Vaikutukset liikkumisen määrään	23
3.2	Vaikutukset kulkutavan valintaan	30
3.3	Vaikutukset liikkumisen suuntautumiseen.....	35
3.4	Autonomistus	36
3.5	Robottiautojen yleistymisen nopeus.....	39
4.	KULUTTAJIEN VALMIUS OTTAA KÄYTTÖÖN ROBOTTIAUTOJA	42
4.1	Kyselytutkimuksia kuluttajien valmiudesta ja mielipiteistä robottiautoja kohtaan.....	42
4.2	Sosiaalinen näkökulma	47
5.	KYSELY JA TULOKSET	50
5.1	Kyselyn toteutus	50
5.2	Tutkimusaineiston sisältö.....	51
5.3	Vastausaktiivisuus	55
5.4	Kyselyn tulokset	56
5.4.1	Kyselyn vastaukset, OSA I.....	56
5.4.2	Kyselyn vastaukset, OSA II	60
5.4.3	Kyselyn vastaukset, OSA III	64
5.4.4	Kyselyn vastaukset, OSA IV	68
5.4.5	Kyselyn vastaukset, OSA V	69
6.	JATKOANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	75
6.1	Suhtautuminen robottiautoihin Suomessa ja maailmalla	75

6.2	Eri henkilöryhmillä esiintyviä poikkeavuuksia.....	78
7.	YHTEENVETO.....	88
7.1	Tutkimuksen tulokset.....	88
7.1.1	Robottiautojen kehitystilanne ja vaikutukset liikennejärjestelmään..	88
7.1.2	Robottiautojen vaikutukset liikkumisen määrään.....	89
7.1.3	Robottiautojen vaikutukset kulkutavan valintaan.....	89
7.1.4	Robottiautojen vaikutukset autonomistukseen	90
7.1.5	Miten valmiita ihmiset ovat ottamaan käyttöön robottiautoja?	90
7.2	Tutkimuksen arviointi.....	91
7.3	Jatkotutkimuskohteet	92
	LÄHTEET.....	94

LIITE A: KYSELYN SAATEKIRJE JA KYSELYLOMAKE

LIITE B: KYSELYN KARHUKIERROKSEN POSTIKORTTIMUISTUTUS

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Auton jakaminen	Useat henkilöt voivat käyttää samaa autoa, mutta auto on kerrallaan vain yhden henkilön tai seurueen käytössä
Autonominen auto	Auto, joka kykenee suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa
MaaS	Liikkuminen palveluna –konsepti (Mobility as a Service)
Matkan jakaminen	Useita toisilleen mahdollisesti tuntemattomia henkilöitä matkustaa samassa autossa
Penetraatioaste	Jonkin tuotteen, esimerkiksi robottiautojen, osuus/yleisyys markkinoilla
Platooning	Letka- tai saattueajoa, jossa letkan kärjessä ajava auto määrittää ajo- linjan ja nopeuden ja perässä tulevat seuraavat tätä
Robottiauto	Yleisnimitys autolle, joka ei tarvitse kuljettajan ohjausta tietyissä liikennetilanteissa tai lainkaan
SP-menetelmä	Kuvitteellisia valintoja hyödyntävä kyselytutkimusmenetelmä (stated preference)
V2V	Informaation jakamista ajoneuvojen välillä (Vehicle to Vehicle)
V2I	Informaation jakamista ajoneuvon ja infrastruktuurin välillä (Vehicle to Infrastructure)
V2X	Ajoneuvojen informaation jakamista kaiken ympäristön kanssa (Vehicle to everything)
Verkottunut auto	Auto, joka jakaa dataa ympäristönsä kanssa

1. JOHDANTO

Tuntemamme liikenne on ajautumassa murrokseen, jossa digitalisaatio maailmanlaajuisena megatrendinä tulee muuttamaan ihmisten liikkumista. Digitalisaation myötä erilaiset älyliikenteen ratkaisut tulevat muuttamaan merkittävästi tieliikenteen toimintaympäristöä ja liikkumisen mahdollisuuksia. Digitalisaation avulla pyritään vastaamaan liikennejärjestelmää vaivaaviin ongelmiin ja tekemään liikkumisesta globaalisti ympäristöystävällisempää, turvallisempaa ja tehokkaampaa.

Tässä tutkielmassa tarkastellaan robottiautojen vaikutuksia ihmisten liikkumistottumuksiin. Robottiautot ovat merkittävimpiä yksittäisiä älyliikenteen ratkaisuja, joiden odotetaan mullistavan tulevaisuuden liikennejärjestelmää. Robottiautoista on viimevuosina muodostunut varsinainen hype-ilmio, josta on puhuttu niin iltapäivälehdissä kuin liikennealan arvostetuimmissa julkaisuissakin.

1.1 Tutkimuksen tausta

Autoteollisuudessa on jo pitkään kehitelty robottiautoja, eli automatisoituja itsestään ohjautuvia autoja, jotka eivät tarvitse kuljettajan ohjausta tietyissä liikennetilanteissa tai lainkaan. Robottiautojen kehitys on nopeaa ja 2010-luvulla myös lainsäädäntö on alkanut sallia robottiautojen käyttämisen tieliikenteessä tietyin rajoituksin. Nykyisin useat suuret automerkit ovat panostaneet entistä enemmän robottiautojen kehittämiseen ja ennakoivat tuovansa robottiautoja markkinoille 2020-luvun alkupuolella.

Ilman kuljettajaa toimivat autot vaikuttavat monin eri tavoin liikennejärjestelmään. Robottiautojen erityispiirteet ja vaikutukset liikennetalouteen, -turvallisuuteen ja -infrastruktuuriin tulevat vaikuttamaan paljon tulevaisuuden liikennejärjestelmään. Robottiautot tulevat muokkaamaan myös ihmisten liikkumistottumuksia erilaisiksi. Robottiautot esimerkiksi mahdollistavat uudentyypistä liikkumista erilaisille käyttäjäryhmille ja siten muokkaavat ihmisten liikkumista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää robottiautojen vaikutuksia ihmisten liikkumistottumuksiin, kuten liikkumisen määrään, suuntautumiseen, kulkutavan valintaan ja autonomistushalukkuuteen sekä ihmisten valmiuteen ottaa käyttöön robottiautoja.

Suomessa robottiautojen vaikutuksia on aiemmin tutkittu liikennejärjestelmätasolla muun muassa Trafín julkaisussa 01/2015 *Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä* (Innamaa et al. 2015) ja Liikenneviraston julkaisussa 19/2016 *Tieliikenteen automatisoinnin etenemissuunnitelma ja toimenpideohjelma 2016–2020* (Lumiaho & Malin 2016).

Tämä tutkimus on kuitenkin ensimmäinen käyttäjänäkökulmasta toteutettu tutkimus Suomessa ja laajuudessaan tämä tutkimus on kansainvälisestikin ainutlaatuinen.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää, miten robottiautot vaikuttavat ihmisten liikkumiseen ja miten muutokset näkyvät ihmisten liikkumisen määrässä, suuntautumisessa, kulkutavan valinnassa ja auton omistuksessa. Tavoitteena on myös tuottaa lisätietoa ihmisten valmiudesta ottaa käyttöön autonomisia autoja tai hyödyntää automaatioon perustuvia järjestelmiä. Tutkimuksen tavoitteiden pohjalta tutkimuksen pääkysymykseksi määrittyy: *Miten robottiautot vaikuttavat ihmisten liikkumiseen?* Tavoitteisiin vastataan lisäksi seuraavien alatutkimuskysymyksien kautta:

- Miten robottiautot vaikuttavat liikkumisen määrään ja suuntautumiseen?
- Miten robottiautot muokkaavat kulkutapajakaumaa?
- Miten robottiautot vaikuttavat autonomistukseen?
- Kuinka valmiita ihmiset ovat ottamaan käyttöön robottiautoja?
- Mikä on robottiautojen kehitystilanne tällä hetkellä?

Tutkimuksen tavoitteena on luoda mahdollisimman kattava yleiskuva aiheesta, sillä tutkimus on ensimmäinen laatuaan Suomessa. Tutkimuksessa pyritään huomioimaan muutoksia ihmisten liikkumistottumuksissa mahdollisimman laajasti monista eri näkökulmista.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rajaus

Tämä diplomityö on osa laajempaa Liikenneviraston, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafic ja Tampereen teknillisen yliopiston hanketta, jossa edellä mainittuihin tutkimuskysymyksiin pyritään vastaamaan. Laajemmin tutkimus jakautuu kolmeen osioon. Ensimmäisessä osassa selvitetään kirjallisuuteen perustuen robottiautojen nykytilanne ja robottiautojen yleistymisen vaikutukset ihmisten liikkumiseen. Tutkimuksessa käytetään hyväksi kirjallisuutta, artikkeleita sekä akateemisia tutkimuksia ja raportteja aiheeseen liittyen.

Toisessa osassa toteutetaan kyselytutkimus, jonka tuloksia analysoidaan työssä. Kyselyn avulla voidaan kartoittaa suomalaisten suhtautumista robottiautoihin ja robottiautojen vaikutuksia liikkumiseen ja autonomistukseen. Laaja kansalaiskysely on siten oleellinen osa tutkimusta, jotta tutkimuskysymyksiin voidaan vastata. Kysely toteutetaan pääosin SP-tutkimuksena (stated preference), eli siinä hyödynnetään kuvitteellisia valintoja. Kyselyssä otoksen perusjoukkoon kuuluvat kaikki 18–64-vuotiaat Manner-Suomessa asuvat suomalaiset ja otoksen koko on 10 000 henkilöä. Kyselymenetelmäksi valikoitui postikysely, jota täydennetään internetvastaamismahdollisuudella. Postikyselyssä on mahdollista

valita koko populaatiota kuvaava laaja otos kustannustehokkaasti eikä useimmilla ihmisillä ole rajoitteita kyselyyn vastaamisen kanssa. Lisäksi internetvastaamismahdollisuudella voidaan lisätä kyselyn joustavuutta vastaajille.

Tutkimuksen kolmannessa osassa haastatellaan asiantuntijoita ja järjestetään työpaja, jossa analysoidaan työn ensimmäisen ja toisen osan tuloksia. Näin muodostetaan kokonaiskuva automaattiajamisen tulevaisuudesta ja vaikutuksista liikkumiseen Suomessa. Haastateltavia henkilöitä on noin kymmenen ja he edustavat liikennehallintoa, tutkimuslaitoksia sekä autovalmistajia tai maahantuojia.

Tämän diplomityön tarkoituksena on toteuttaa kirjallisuuskatsaus sekä kyselyn suunnittelu ja toteutus osana laajempaa hanketta. Kirjallisuuskatsaus toteutetaan täysimääräisenä, mutta kyselyn osalta tämä diplomityö toimii esiraporttina laajemman tutkimuksen lopulliselle raportille. Tämän diplomityön puitteissa toteutetaan kysely, mutta analysoidaan vain kyselyn ensimmäisen kierroksen vastauksia. Myöhemmin julkaistava raportti laajemmasta tutkimuksesta tulee sisältämään myös kyselyn karhukierroksilla saatavat vastaukset sekä asiantuntijahaastatteluiden ja työpajan tulokset.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen rakenne jakautuu siten, että ensin tutkimuksessa esitetään aiheen teoreettista taustaa kirjallisuuteen perustuen. Tässä osassa pyritään etsimään mahdollisimman laajasti tietoa tutkimuskysymyksiensä ympärillä. Tämän jälkeen esitellään toteutettu kysely ja tarkastellaan kyselyn tuloksia. Lopuksi kyselyn tuloksia vertaillaan aiemmissä tutkimuksissa esiin nousseisiin tuloksiin ja näin pyritään muodostamaan mahdollisimman laaja kokonaiskuva aiheesta.

Johdannon jälkeen luvussa kaksi selvitetään kirjallisuuden avulla robottiautojen kehitystilannetta ja vaikutuksia liikennejärjestelmään. Ensin käydään läpi robottiautojen historiaa, nykytilannetta ja teknologiaa. Toiseksi esitellään robottiautoihin liittyvä lainsäädännöllinen tilanne Suomessa ja maailmalla. Lopuksi tarkastellaan robottiautoilta odotettuja vaikutuksia liikennejärjestelmätasolla.

Kolmannessa luvussa pyritään selvittämään kirjallisuuden perusteella, millaisia vaikutuksia robottiautoilla on ihmisten liikkumiseen. Tässä luvussa selvitetään vaikutuksia esimerkiksi liikkumisen määrään, kulkutavan valintaan, liikkumisen suuntautumiseen ja autonomistukseen. Lisäksi tarkastellaan, miten nopeasti näiden vaikutusten voidaan odottaa toteutuvan, eli kuinka nopeasti robottiautot voivat yleistyä.

Neljännessä luvussa tarkastellaan kirjallisuuteen perustuen, miten valmiita kuluttajat ovat ottamaan käyttöön robottiautoja tällä hetkellä. Tässä luvussa esitellään erilaisia kyselytutkimuksia aiheesta. Lisäksi luvussa tarkastellaan robottiautoihin usein liitettäviä moraalisia haasteita ja ongelmia.

Viidennessä luvussa esitellään työhön sisältyvä kyselytutkimus. Ensin esitellään kyselyn toteutusta. Tämän jälkeen analysoidaan tutkimusaineiston sisältöä ja vastausaktiivisuutta. Lopuksi esitellään kyselyn tulokset ja analysoidaan niitä.

Kuudennessa luvussa vertaillaan kyselyn tuloksia kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseisiin huomioihin ja pohditaan työn tuloksia laajemmin. Luvussa tarkastellaan myös, miten suomalaiset suhtautuvat robottiautoihin suhteessa muihin kansalaisuuksiin. Lisäksi kyselyn tuloksia analysoidaan syvällisemmin eri henkilöryhmien kautta ja pyritään nostamaan esiin mielenkiintoisia ilmiöitä kyselyn vastauksista. Lopuksi tutkimuksesta tehdään yhteenveto ja pohditaan mahdollisia jatkotutkimuskohteita.

2. ROBOTTIAUTOJEN KEHITYSTILANNE JA VAIKUTUKSET LIIKENNEJÄRJESTELMÄÄN

SAE eli Society of Automotive Engineers on määritellyt tieliikenteen automaatiolle kuu-
siportaiset teknologiatasot, jotka ovat yleisesti käytössä. Kyseisiä, taulukossa 1 esitettyjä
suomennettuja teknologiatasoja, on suositeltu käytettäväksi myös Suomessa ainakin sii-
hen asti, että saadaan yhtenäinen eurooppalainen laatustandardi. (Innamaa et al. 2015)

Taulukko 1. Tieliikenteen automaatiotasot (Innamaa et al. 2015)

Taso	Nimi	Määritelmä	Automaation kattavuus
Ihminen monitoroi ajoympäristöä			
0	Ei automaatiota	Ihminen suorittaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, vaikka ajamista tuetaankin varoituksilla tai ajamiseen puuttuvilla järjestelmillä.	–
1	Kuljettajan tuki	Ajotilannekohtaisia kuljettajan tukijärjestelmiä, jotka liittyvät joko ohjaamiseen tai kiihdyttämiseen/jarruttamiseen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajotehtävän osa-alueista.	Joitakin ajotilanteita
2	Osittainen automaatio	Yksi tai useampi ajotilannekohtainen kuljettajan tukijärjestelmä, joka kattaa sekä ohjaamisen että kiihdyttämisen/jarruttamisen hyödyntämällä tietoa ajoympäristön tilasta. Ihminen vastaa kaikista muista dynaamisen ajotehtävän osa-alueista.	Joitakin ajotilanteita
Järjestelmä monitoroi ajoympäristöä			
3	Ehdollinen automaatio	Ajotilannekohtainen automaatiojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet, kuten pituus- ja poikittaissuuntaisen kontrolloinnin. Ihminen täytyy kuitenkin ottaa auto hallintaansa, kun järjestelmä näin pyytää.	Joitakin ajotilanteita
4	Korkea automaatio	Ajotilannekohtainen automaatiojärjestelmä kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet myös silloin, kun ihminen ei ota autoa hallintaansa, vaikka järjestelmä näin pyytää. Ellei kuljettaja ota ajoneuvoa haltuunsa, järjestelmä ohjaa auton hallitusti tien sivuun ja pysäyttää sen.	Suurin osa ajotilanteista
5	Täysi automaatio	Kaiken kattava automaatiojärjestelmä, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.	Kaikki ajotilanteet

Tasolla 0 ihminen suorittaa kaikki ajotoimenpiteet itsenäisesti, mutta käytössä sillä voi olla yksittäisiä apujärjestelmiä, kuten esimerkiksi kaistanvaihtoavustin tai pysäköinti-tutka. Tasolla 1 on joitakin ajotilannekohtaisia tukijärjestelmiä, kuten ohjaamiseen, kiihdyttämiseen ja jarrutukseen liittyviä järjestelmiä, mutta tällä tasolla järjestelmä tukee vain yhtä ”toimintoa”. Esimerkiksi pysäköintiavustin voi ohjata rattia, mutta kaasun ja jarrun käyttäminen on kuljettajan vastuulla. Tasolla 2 on yksi tai useampia ajotilannekohtaisia tukijärjestelmiä, jotka toteuttavat itsenäisesti ohjaamista, kiihdyttämistä ja jarruttamista. Tällä tasolla kuljettajan tulee vielä seurata ajoympäristöä jatkuvasti. Esimerkiksi pysäköintiavustin voi pysäköidä auton automaattisesti, jolloin kuljettajan tehtäväksi jää vain toimenpiteen varmistaminen ja auton pysäyttäminen tarvittaessa. (Innamaa et al. 2015)

Tasolla 3 järjestelmä huolehtii sekä ohjaamisesta, kiihdyttämisestä ja jarruttamisesta että ympäristön monitoroinnista. Tällä tasolla kuljettaja voi tehdä ajon aikana myös muita asioita ajaessaan, mutta sen on oltava välittömässä valmiudessa ottamaan ajoneuvo hallintaansa ja ryhtyä ajamaan. Tasolla 4 järjestelmä hoitaa käytännössä jo kaiken eikä kuljettajan tarvitse olla välittömässä ajovalmiudessa. Taso 4 on ensimmäinen taso, jolla dynaamisen ajamisen varasuorittajan ei tarvitse olla ihminen. Tällöin mahdollisissa ongelmatilanteissa järjestelmä voi pysäyttää auton itsenäisesti ja hallitusti tien sivuun. Tasolla 5 järjestelmä hoitaa kaikki ajotilanteet itsenäisesti kaikissa olosuhteissa. (Innamaa et al. 2015)

2.1 Robottiautojen historia

Robottiautojen kehittäminen ja innovointi alkoivat jo 1900-luvun alkupuolella. Tietävästi ensimmäisen vision täysin automaattisesti toimivasta liikenteestä esitti General Motors vuoden 1939 maailmannäyttelyssä. Seuraavien vuosikymmenien aikana visiota yritettiin toteuttaa erilaisten keinojen avulla. (O’Toole, 2009, Innamaa et al. 2015 mukaan). 1960-luvulla autot saatiin seuraamaan maahan asennettuja kaapeleita ja ajamaan siten ilman kuljettajaa. Esimerkiksi Citroenin kehittämä auto saatiin kulkemaan radalla luotettavasti lähes 130 kilometrin tuntivauhdilla liukkaissakin olosuhteissa ja samalla auton todettiin olevan ihmiskuljettajaa tarkempi ajolinjojen osalta. Tuolloin tiehen asennettavat kaapelit kuitenkin rajoittivat auton ominaisuuksia ja esimerkiksi kaistanvaihtoa ei onnistuttu toteuttamaan. (The Telegraph 2001)

Ensimmäiset tutkasovellukset robottiautoihin kehitettiin 1970-luvulla ja kameraan perustuvat sovellukset 1980-luvulla. Tämän jälkeen tulevana vuosikymmeninä useat tahot ovat rahoittaneet robottiautojen kehittämistä yhteensä miljardeilla euroilla. (Innamaa et al. 2015) Sen seurauksena 2000-luvulla robottiautojen kehitys kiihtyi toden teolla ja useat eri autonvalmistajat ilmoittautuivat mukaan robottiautojen kehittämiseen.

2.2 Tilanne autoteollisuudessa nykyisin

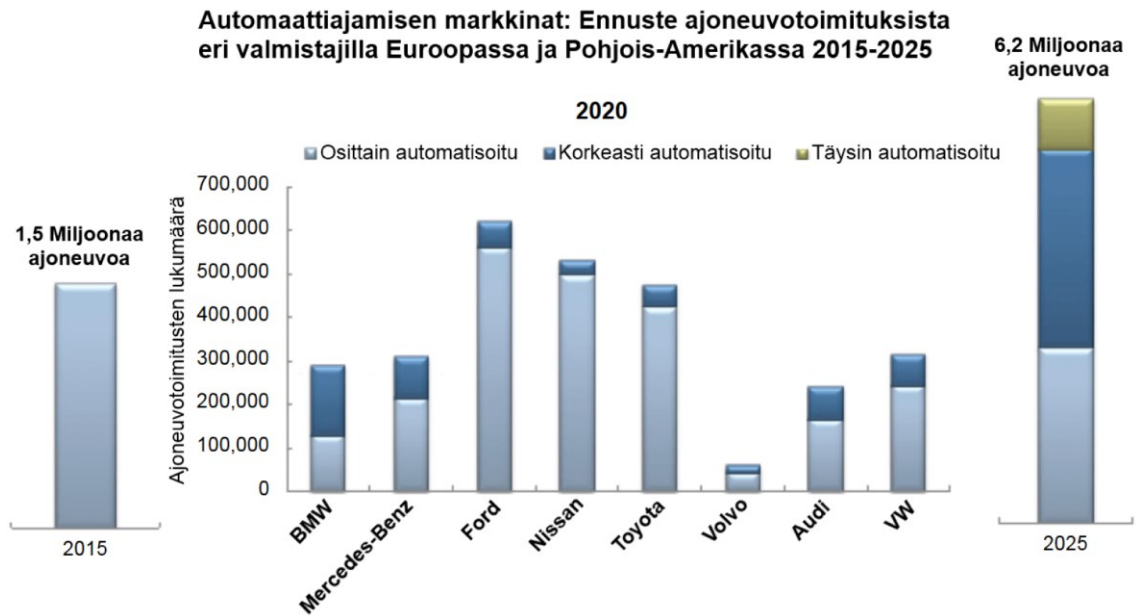
Nykyisin lähes kaikilla suurilla autonvalmistajilla sekä myös joillakin teknologia-alojen toimijoilla on omat robottiautojen kehitysprojektinsa. Useissa lähteissä Googlen kehittämää robottiautoa on pidetty toistaiseksi kehittyneimpänä tai ainakin parhaiten tunnettuna robottiautona. Google aloitti robottiauton kehittämisen 2009. Vuoteen 2014 saakka Google testasi ja kehitti automaattista ajamista muiden autonvalmistajien autoihin, kunnes se lanseerasi oman prototyypinsä robottiautosta (kuva 1). Uusi prototyyppi on suunniteltu automaattiotason 4 autoksi, mutta testivaiheessa ihminen on vielä auton varasuorittajana, jolloin käytännössä puhutaan tason 3 autosta. Google on itse arvioinut tuovansa markkinoille ensimmäiset tasojen 4 ja 5 täysautomaattiautot vuonna 2020. (Google 2016; Lumiaho & Malin 2016)



Kuva 1. Googlen 2014 lanseeraama prototyyppi robottiautosta (Google 2016)

Googlen robottiautot ovat ajaneet Yhdysvalloissa itsenäisesti jo yli 2,4 miljoonaa kilometriä. (Google 2016) Pitkään uutisoitiin, että Googlen robottiauto olisi ajanut liikenteessä ilman yhtäkään itse aiheutettua kolaria. Kuitenkin vuoden 2016 helmikuussa uutisoitiin Googlen robottiauton aiheuttaneen ensimmäistä kertaa itse kolarin. Kolari tapahtui pienillä nopeuksilla, joten henkilövahingoilta vältyttiin. Kolarissa Googlen auto väisti tiellä olevaa estettä viereiselle kaistalle, jolloin sen kylki raapaisi vieressä kulkevaa linja-autoa. Googlen robottiauto on aiemminkin ollut osallisena kolareissa, mutta ne ovat yhtiön mukaan aina olleet vastapuolen aiheuttamia. Niissä ei myöskään koskaan ole tullut henkilövahinkoja. (Reuters 2016)

Robottiautojen lukumäärien odotetaan kasvavan räjähdysmäisesti seuraavan vuosikymmenen aikana. Kuvassa 2 on esitetty perinteisten autonvalmistajien markkinoille tuomien robottiautojen arvioidut lukumäärät eri automaatiotasoilla Pohjois-Amerikassa sekä Euroopassa vuosina 2015, 2020 ja 2025.



Kuva 2. Robottiautojen lukumäärät Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinoilla vuosina 2015, 2020 ja 2025 (Frost & Sullivan 2014a)

Osittain automatisoidut autot ovat selkeästi yleisimpiä vielä vuonna 2020. SAE:n määrittelemillä automaatiotasolla nämä vastaavat suurin piirtein tasoja 1–2. Korkeasti automatisoidut autot yleistyvät markkinoilla vuoteen 2020 mennessä. Automaatiotasoltaan nämä vastaavat suurin piirtein tasoa 3. Vastaavasti täysin automatisoitujen autojen odotetaan yleistyvän markkinoilla vuoteen 2025 mennessä. Automaatiotasoltaan nämä vastaavat suurin piirtein tasoja 4–5. (Frost & Sullivan 2014a)

Useat valmistajat ovat jo kehittäneet testikäyttöön automaatiotason 4 autoja. Toistaiseksi kaikissa testikäytössä olevissa autoissa on kuitenkin ajoneuvon hallintalaitteet ja varakuljettaja, joten käytännössä puhutaan vielä automaatiotason 3 ajoneuvoista. Periaatteessa teknologia automaattiseen ajamiseen tavanomaisissa tilanteissa ja olosuhteissa on jo olemassa, mutta suurimmat haasteet ennen automaatiotasojen 4–5 yleistymistä liittyvät liikennejärjestelmän kompleksisuuteen ja harvoin tapahtuviin erikoistilanteisiin. (Lumiaho & Malin 2016; Volvo 2015)

Robottiautoliiketoimintaan on tullut mukaan myös tuntemattomampia yrityksiä hieman erilaisella strategialla perinteisiin autonvalmistajiin nähden. Useimmat autonvalmistajat pyrkivät kehittämään robottiautoja hiljalleen automaatiotaso kerrallaan, mutta markkinoilla on myös toimijoita, jotka tähtäävät suoraan tason 4 automaattiautoihin. Esimerkkinä tällaisesta ovat muun muassa Suomessakin testattavat Easymilen markkinoimat ja Ligierin valmistavat EZ-10 minirobottibussit (Easymile 2016). Nämä bussit toimivat jo

varsin tehokkaasti rakennetussa ympäristössä, mutta toistaiseksi bussien reitit perustuvat tarkkaan ohjelmointiin, eivätkä ne pysty liikkumaan ohjelmoidun reitin ulkopuolella.

Ihminen pystyy havainnoimaan ja analysoimaan ympäristöään tehokkaasti yhdellä katseella. Robottiautojen tulisi pystyä vähintään samanlaiseen ja yhtä nopeaan ympäristön havainnointiin kuin ihminen, jotta robottiautot voisivat nousta automaatiotasolle 5. Periaatteessa teknologia mahdollistaa saman havainnointitason, mutta toistaiseksi ei ole onnistuttu kehittämään riittävän tehokasta ja hyvää keinoa eri havaintojen yhdistämiseen ja johtopäätösten tekemiseen. Tämä vaatisi suurta rinnakkaislaskentakapasiteettia ja toisaalta kaikkien yksittäisten havaintojen tehokasta analysointia ja yhdistämistä, eikä siihen ole nykyisin käytössä olevalla teknologialla onnistuttu kehittämään ainakaan kustannus-
tehokasta ratkaisua. Ero täysin automaattisessa ajamisessa suhteessa automaatiotasoihin 3 ja 4 on melko suuri, eikä eron kiinni kuromista ole vielä kyetty kunnolla ratkaisemaan. (Frost & Sullivan 2014b; Lumiaho & Malin 2016)

Pohjoismaissa myös erityisesti sääolosuhteiden aiheuttamat ongelmat tulevat vaikuttamaan täysin autonomisten autojen yleistymiseen. Talvisin lumi ja tiestön paikoittainen yllättävä liukkaus voivat osoittautua haastaviksi autonomisille ajoneuvoille. Lumi voi myös peittää tiemerkin­
töjä ja liikennemerkkejä, jolloin yksi osa nykyisistä ympäristön havainnointimenetelmistä ei ole käytettävissä. (Innamaa et al. 2015) Volvon edustajat ovatkin arvioineet erilaiset liikennejärjestelmässä tapahtuvat erikoistilanteet suurimmaksi haasteeksi täysin autonomisen auton kehittämisessä. Tällaisia ovat esimerkiksi poikkeukselliset tai hankalat sääolosuhteet, yllättävät esteet tiellä sekä muiden liikennejärjestelmän käyttäjien arvaamattomat liikkeet. (Volvo 2015)

2.3 Robottiautojen teknologia

Robottiautot pyrkivät samanlaiseen havainnointi- ja analysointikykyyn kuin ihminen. Niiden täytyy tällöin muodostaa kattava tilannekuva lähiympäristöstä. Havaintojen kerääminen voidaan toteuttaa erilaisten teknologioiden avulla. Erilaiset yksittäiset tekniset ratkaisut tuottavat suhteellisen yksipuolista tietoa ympäristöstä, jolloin on ensiarvoisen tärkeää yhdistää erilaisten järjestelmien antamia tietoja kattavan tilannekuvan saamiseksi. (Innamaa et al. 2015) Taulukossa 2 on esitetty erilaisia yksittäisiä robottiautoissa tarvittavia teknisiä järjestelmiä sekä niiden pakollisuutta eri automaatiotasolla. Suomessa käytettävällä luokituksella avustava taso vastaa suurin piirtein automaatiotasoa 0, osittain automatisoitu tasoja 1–2, korkeasti automatisoitu tasoja 3 ja täysin automatisoitu tasoja 4–5.

Taulukko 2. Robottiautoissa käytettäviä teknisiä järjestelmiä eri automaatiotasolla (Frost & Sullivan 2014a)

Automaatiotaso	Avustava	Osittain automatisoitu	Korkeasti automatisoitu	Täysin automatisoitu
Mukautuvat ajovalot	valinnainen	valinnainen	pakollinen	valinnainen
Tutka	pakollinen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Ultraäänisensorit	valinnainen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Kamera eteen	pakollinen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Kamera taakse	valinnainen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Kamera sivuille	valinnainen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Pimeänäkö	valinnainen	valinnainen	pakollinen	pakollinen
Optinen kaukokartoituslaite	valinnainen	valinnainen	pakollinen	pakollinen
Paikkatietojärjestelmät	valinnainen	valinnainen	pakollinen	pakollinen
Kaasu- ja jarruautomaatio	valinnainen	pakollinen	pakollinen	pakollinen
Tekoäly	valinnainen	valinnainen	valinnainen	pakollinen
Toimintojen päällekkäisyys	valinnainen	valinnainen	valinnainen	pakollinen
Itsestään parantuvat järjest.	valinnainen	valinnainen	valinnainen	pakollinen

Mukautuvat ajovalot vaihtavat ajovalojen suuntautumista automaattisesti liikenneympäristöön sopivaksi ja esimerkiksi kaarteissa ajovalot osaavat kohdentaa valokeilat kaarteeseen suuntaisesti, jolloin näkyvyys on parempi. Mukautuvat ajovalot ovat pakollinen järjestelmä vain korkeasti automatisoiduissa autoissa, mutta jo nykyisin sitä näkyy käytössä alemmillakin automaatiotasolla. (BMW 2016) Tutkat ovat yleisin tekninen kuljettajaa avustava järjestelmä ja ne ovatkin pakollisia kaikilla automaatiotasolla. Tutkat mittaa kohteen etäisyyttä lähettämällä radiosignaalia. Radiosignaalin osuessa esteeseen, se peilautuu takaisin tutkaan ja näin tutka voi laskea esteen etäisyyden peilautumiseen kuluvaan ajan avulla. Tutkan kantama voi autoissa olla aina 250 metriin asti. Tutkan heikkoutena on sen huono tarkkuus sivusuunnassa, jolloin kohteiden luokittelu on heikkoa. Tutkan perusteella voidaan siis sanoa, että jotain on edessä tietyllä etäisyydellä, mutta ei tiedetä mitä. (Innmaa et al. 2015)

Ultraäänisensoreilla suoritetaan ultraäänimittausta, eli yleisemmin kaikuluotausta. Ultraäänipulssin nopeus ilmassa on pieni ja se vaimentuu nopeasti, mikä johtaa alle 10 metrin mittausetäisyyteen. Ultraäänimittauksen periaate on sama kuin tutkan, mutta se on huomattavasti halvempi kuin tutka. Ultraäänimittausta käytetäänkin usein lähinnä ajoneuvon lähialueen valvomiseen, esimerkiksi pysäköintitutkan tai pysäköintiavustimeen. (Innmaa et al. 2015)

Kamerat (eteen, taakse, sivuille) ovat suosituimpia järjestelmiä ajoneuvojen ympäristön havainnoinnissa. Kameran etuina ovat sen halpa hinta ja suuri resoluutio. Lisäksi vähintään kahta kameraa käyttämällä voidaan saada esteistä myös etäisyystietoa. Kameran

tuottama tieto on käytännössä yksittäisten pikseleiden mittaama valon määrä eli intensiteetti. Kamerakuva analysoidaan intensiteettierojen perusteella, jolloin voidaan muodostaa kuvaa mielenkiintoisista kohteista. Kameroiden ongelmana on niiden heikko toimivuus huonoissa olosuhteissa. Kontrasteja pienentävät olosuhteet, kuten luminen maisema tai hiekkatie aavikolla, haittaavat kuvan analysoimista merkittävästi. Kameroiden tuottamien kuvien analysointi vaatii myös huomattavan suurta laskentakapasiteettia. (Innamaa et al. 2015)

Kameroissa voidaan käyttää myös valonvahvistimia eli pimeänäkölaitetta. Tällöin erillisellä laitteella valosäteilyä vahvistetaan ja muutetaan ihmissilmälle näkyväksi. Tällöin kameran tuottama kuva on selkeämpää ja sitä on helpompi analysoida. Myös lämpökameroiden tuottamaa kuvaa voidaan käyttää robottiautoissa ympäristön havainnointiin. Lämpökamerat mittaavat lämpösäteilyä, tarkemmin infrapunasäteilyä, jonka avulla voidaan mitata heijastumispisteiden suhteellisia lämpötilaeroja. Ajoneuvokäyttöön soveltuvat lämpökamerat ovat toistaiseksi kuitenkin tarkkuudeltaan suhteellisen heikkoja. Lämpökameralla voidaan kuitenkin kuvata myös pimeässä sekä sumuisessa ympäristössä, jolloin se on erinomainen lisä ympäristön havainnointiin. (Innamaa et al. 2015)

Optinen kaukokartoituslaite tarkoittaa käytännössä lasertutkaa. Lasertutkan periaate on sama kuin perinteisen tutkan, mutta se perustuu laservaloimpulssiin. Lasertutkalla muodostetaan ympäristöstä pistepilvidataa, josta saadaan hyvin tarkka ja nopea etäisyystieto ympäristöstä. Lasertutkan luotettava mittausetäisyys jää sen ominaisuuksien vuoksi kuitenkin melko pieneksi eli noin 30 metriin. Lasertutka on tarkkuudeltaan ylivertainen, mutta se on myös erittäin hintava. Esimerkiksi Googlen autossaan käyttämän lasertutkaturin hinta on noin 70 000 €. (Innamaa et al. 2015)

Paikkatietojärjestelmillä tarkoitetaan erilaisia kuljettajaa avustavia paikkatietoa tukevia järjestelmiä. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset reittivalintaan ja oikean kaistan valintaan liittyvät apujärjestelmät. Karttapalvelut ovat tärkeä osa robottiautojen kehitystä. Täsmällinen paikkatieto eli aineistojen virheettömyys, sijaintitarkkuus ja ajantasaisuus ovat keskeisiä tekijöitä autonomisen ajamisen kannalta. Autonomiset autot tarvitsevat paikkatietoa määrittääkseen ajonopeudet, kaistanvaihdot, risteysten-, suojateiden- ja liikennevalojen sijainnit, paikannukseen käytettävät maamerkit yms. Paikkatietojärjestelmät sisältävät myös ajoneuvon GPS-laitteet, joiden avulla ajoneuvo paikantaa itsensä reaaliaikaisesti. (Innamaa et al. 2015; Rämä et al. 2008)

Google on mullistanut karttapalvelut tarjoamalla vuosien ajan ilmaisia kartta-aineistoja netissä. Google ei ole kuitenkaan ainoa paikkatietoa tuottava alusta robottiautoille. Muun muassa Nokia aloitti yhteistyön Mercedes-Benzin kanssa vuonna 2013 tarkoituksenaan kehittää Nokian Here karttapalvelusta uudenlaisia robottiautoihin soveltuvia älykkäitä karttoja (Digitoday 2013). Pari vuotta myöhemmin vuonna 2015 Nokia myi koko Here liiketoimintansa Audin, BMW:n ja Daimlerin yhteenliittymälle, jotka halusivat oman kehittyneen ja Googlestä riippumattoman kartta-alustan robottiautoihin. (Yle 2015)

Kaasu- ja jarruautomaatiolla tarkoitetaan automaattisesti tapahtuvaa kaasun ja jarrun käyttämistä, ilman että kuljettaja puuttuu tähän. Luonnollisesti robottiautoissa tarvitaan jo alemmillakin automaatiotasolla automaattista ohjaamista ja nopeuden vaihtelua. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että auto osaa tehdä ajosuoritteita ilman, että ihminen puuttuu niiden tekemiseen. Näitä ajosuoritteita tehdään ympäristöä havainnoivien järjestelmien tuottaman datan ja sen pohjalta toteutetun lähiympäristön tilannekuvan perusteella.

Täysin automaattisiin autoihin liittyy pakollisina myös tekoäly, useiden toimintojen päällekkäisyys ja itsestään parantuvat järjestelmät. Tekoälyä tarvitaan erilaisten tilanteiden mallintamiseen, simuloimiseen ja oikean toimintatavan laskemiseen, jotta autonomiset ajoneuvot osaavat ajaa oikein myös poikkeustilanteissa. Tekoälyn avulla eri järjestelmien tuottamasta datasta voidaan tehdä ihmismäisiä johtopäätöksiä ympäristöstä, jolloin autonomisesta ajamisesta tulee mahdollista.

Toimintojen päällekkäisyydellä tarkoitetaan saman asian suorittamista useilla erillisillä järjestelmillä. Esimerkiksi autonomisen ajamisen havainnot voidaan suorittaa tutkilla ja kamerasovelluksilla yhtä aikaa ja näin muodostaa tilannekuva useista toisistaan riippumattomista erillisistä lähteistä virheiden minimoimiseksi. Vastaavasti esimerkiksi jarrutusjärjestelmillä voisi olla varajärjestelmä, joka huolehtii auton pysäyttämisestä tarvittaessa (TRW 2015). Itsestään parantuvat järjestelmät puolestaan tarkoittavat nimensä mukaisesti järjestelmiä, jotka kehittävät itse itseään ja parantavat ongelmia. Esimerkiksi Nokia Here karttapalvelua työstettiin robottiautoissa siihen suuntaan, että ne parantaisivat itse itseään. Tämä tarkoittaisi käytännössä, että auto tuottaisi ajaessaan dataa karttajärjestelmään, jolloin kartan tarkkuus parantuisi reaaliajassa. (SlashGear 2014)

V2V (Vehicle to Vehicle), V2I (Vehicle to Infrastructure) ja V2X (Vehicle to everything) kommunikaatiojärjestelmät ovat myös tärkeä osa autonomista ajamista. V2V tarkoittaa ajoneuvosta toiseen tapahtuvaa kommunikaatiota, jonka avulla vaihdetaan tietoja ja dataa. Tämän yhteyden avulla voidaan esimerkiksi jakaa tietoa edellä ajavan auton toiminnosta takana ajavaan autoon, jolloin esimerkiksi jarrutusilannetta ei tarvitse havainnoida erikseen, vaan tieto tulee suoraan reaaliajassa edellä olevan auton alkaessa jarruttaa. V2I puolestaan tarkoittaa ajoneuvon ja infrastruktuurin välistä kommunikaatiota. V2I:n avulla tietoja voidaan vaihtaa esimerkiksi ajoradan sijainnista, nopeuden hallinnasta tai mahdollisista saapuvista hälytysajoneuvoista (U.S. Department of Transportation 2016). V2V ja V2I kommunikaatioiden olisi käytännössä tarkoitus parantaa ja täydentää auton itsensä muodostamaa tilannekuvaa ympäristöstä ja toiminnoista. (Frost & Sullivan 2014b) V2X Tarkoittaa käytännössä ajoneuvon kommunikoimista kaiken ympäristön kanssa, eli sekä muiden ajoneuvojen että infrastruktuurin ja laitteiden kanssa. Tämän kommunikoinnin on tarkoitus tapahtua langattomasti reaaliajassa, jolloin kaikki tarvittava tieto ympäristöstä on saatavissa ilman viiveitä. (Innamaa et al. 2015)

2.4 Lainsäädäntö ja robottiautoja sallivat alueet

Maailmalla on paljon kansainvälisiä ja kansallisia säädöksiä, jotka hankaloittavat robottiautojen yleistymistä. Esimerkiksi vuonna 1968 tehty ja vuonna 1986 myös Suomessa ratifioitu tieliikennettä koskeva kansainvälinen Wienin tieliikennesopimus määrää, että autolla on oltava kuljettaja, jonka on joka hetki pystyttävä hallitsemaan ajoneuvonsa. (Finlex 1986) Kuitenkin lainsäätäjät ovat viime vuosina alkaneet muuttaa lakeja siihen suuntaan, että autonomisia autoja voidaan alkaa vähintäänkin testaamaan myös yleisillä teillä. (Lumiaho & Malin 2016)

2.4.1 Eurooppa ja Yhdysvallat

Autonomisten autojen testaaminen rajoitetulla alueella yleisillä teillä on ollut sallittua Yhdysvalloissa jo useiden vuosien ajan joissakin osavaltioissa. Nevada, Florida, Michigan, Havaiji, Washington, Washington, D.C, Tennessee ja Kalifornia ovat hyväksyneet autonomisten autojen rajoitetun ja luvanvaraisen testaamisen alueillaan. (Techcrunch 2016a) Yhdysvaltoja voidaankin pitää jonkinasteisena edelläkävijänä robottiautojen salmisessa.

Myös Euroopassa on alettu sallimaan robottiautojen testaamista yleisillä teillä. Euroopan Unionin tasolla on vuonna 2016 sovittu, että unionin jäsenmaat sitoutuvat laatimaan sääntöjä ja määräyksiä, jotka sallivat autonomisten autojen käyttämisen yleisillä teillä. (GPS Business News 2016) Jotkin maat ovat jo sallineet robottiautojen rajoitetun testaamisen ennen unionitason päätöstä.

Isossa-Britanniassa autonomisten autojen testaaminen julkisilla teillä mahdollistettiin vuoden 2013 lopussa (BBC 2013). Vuonna 2015 Ison-Britannian liikenneministeriö julkaisi katsauksen, jossa todettiin autonomisten autojen testaamisen olevan laillista, kunhan ajoneuvoissa on aina testikuljettaja, joka on vastuussa sen turvallisesta käytöstä (DfT 2015, Lumiaho & Malin 2016 mukaan). Muista Euroopan maista Ranska on jo sallinut autonomisten autojen testaamisen julkisilla teillä (RT 2016). Lisäksi esimerkiksi Ruotsi ja Saksa ovat muuttamassa lainsäädäntöjään autonomisten autojen testaamista salliviksi. (Lumiaho & Malin 2016)

2.4.2 Suomi

Suomessa lainsäädäntö ei toistaiseksi tunne autonomista ajoneuvoa. Tällöin lain puitteissa kuljettajalla on aina vastuu ajoneuvosta ja sen liikkeistä. Nykyisiin säädöksiin on kuitenkin odotettavissa muutoksia. Erityisesti joudutaan tarkastelemaan ajoneuvon ja ajo-oikeuden käsitteitä sekä lisäämään autonomisen ajoneuvon määritelmä lakiin. Autonomisesta ajoneuvosta täytyisi lainsäädännössä huomioida muun muassa tyyppihyväksynät, katsastusvaatimukset ja -ohjeet sekä tuotevastuu- ja vakuutuslainsäädökset. (LVM 2016)

Suomen tieliikennelainsäädäntö mahdollistaa kuitenkin jo nykyisellään melko pitkälle menevän autonomisen ajamisen testaamisen. Ajoneuvoja voidaan Suomessa testata laillisesti, mutta täysin autonomiselle ajamiselle Suomen lainsäädäntö ei vielä ole valmis. Erilaiset kokeilu- ja kehityshankkeet on kuitenkin mahdollista toteuttaa myös nykyisien lakien puitteissa. (Lumiaho & Malin 2016) Liikenne- ja viestintäministeri Anne Berner (2017) on todennut, että Suomessa lainsäädäntö sallii kuljettajattomat ajoneuvot vuoden 2017 loppuun mennessä.

Liikenne- ja viestintäministeriö on käynnistänyt vuonna 2014 robottiautot sallivan kokeilun. Tuolloin tieliikennelakiin tehtiin muutos, jonka myötä ilman kuljettajaa liikkuvat robottiautot voivat liikkua autonomisesti rajatulla alueella yleisen liikenteen seassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että liikenteen turvallisuusvirasto Trafi voi myöntää testausluvan robottiautoille rajatuille alueille. Nämä kokeilut noudattavat muualla maailmassa nähtyä mallia, jossa robottiautoissa on oltava kuljettaja, joka ottaa ohjat tarvittaessa. (LVM 2014)

Suomessa kokeilut on jo aloitettu. Vantaan asuntomessuilla vuonna 2015 ihmisiä kuljettiin asuntomessualueelle robottibusseilla, joiden kuljetuskapasiteetti oli yhdeksän henkilöä. Vuonna 2016 käynnistettiin SOHJOA-hanke, jossa vastaavat autonomiset pikkubussit kuljettavat ihmisiä muun liikenteen seassa. SOHJOA-hankkeessa kaksi pikkubussia operoivat liikenteessä Helsingissä, Espoossa ja Tampereella. Hankkeen tavoitteena on luoda kaupungeille valmiuksia automaattiseen ajamiseen sekä tutkia ja kehittää autonomista ajamista Suomessa. (Aamulehti 2016; SOHJOA 2016)

Suomessa on käynnistetty myös robottiautojen testaamiselle tarkoitettu arktinen kokeiluhanke eli AURORA-hanke. Hankkeen tarkoituksena on luoda arktinen testausekosysteemi älyliikenteen innovaatioiden testaamiseen. Hankkeessa rakennetaan perusparannettavan valtatie 21:n yhteyteen älykäs kokeilu ympäristö automaattiautojen ja älyliikenne-ratkaisujen testaamiseen arktisissa olosuhteissa. Hankkeeseen kuuluu sekä suljettu testi ympäristö että yleisen liikenteen seassa tapahtuvaa testausta. Hankkeen erityisluonteena on tarjota automaatti- ja älyliikenteen toimijoille haastavat testausolosuhteet muun muassa pakkasen, lumen, jään ja pimeyden muodossa. (Fintrip 2016; Liikennevirasto 2016)

2.5 Robottiautojen vaikutukset liikennejärjestelmään

2.5.1 Turvallisuusvaikutukset

Tärkeimpänä vaikutuksena robottiautoilta odotetaan liikenneturvallisuuden paranemista. Juuri turvallisuuden odotettu parantuminen on ollut merkittävimpiä yksittäisiä robottiautojen kehitystä tukevia seikkoja. On arvioitu, että jopa 95 prosenttiin kaikista onnettomuuksista liittyy inhimillisiä virheitä ainakin jollain tasolla (Hoeger et al. 2011). Robottiautojen odotetaan parantavan liikenneturvallisuutta nimenomaan ehkäisemällä näitä inhimillisiä virheitä.

Tieliikenteeseen on määritelty jo 1990-luvulla niin kutsuttu nollavisio, jonka mukaan tieliikennejärjestelmä tulisi suunnitella siten, että kenenkään ei tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti liikenneonnettomuuksien seurauksena (Valtonen 2014). Nollavisiota tai vastaavia tieliikenteen turvallisuutta parantavia strategioita on lanseerattu laajasti myös muualla maailmalla 2000-luvun aikana (Ahlroth & Pöllänen 2011). Robottiautot ovat eräänlainen autonvalmistajien vastaus nollavisiioon. Esimerkiksi Volvo (2015) on arvioinut, että autonomiset autot ovat ainoa keino saavuttaa nollavisio tieliikenteessä.

Robottiautojen oletetuista turvallisuusvaikutuksista löytyykin melko paljon tutkimusaineistoa. Suomessa Trafín julkaisussa (Innamaa et al. 2015) on koottu yhteen erilaisia automaattiajoneuvojen liikenneturvallisuuteen liittyviä tutkimuksia ja pyritty peilaamaan näitä Suomen olosuhteisiin. Kyseisessä tutkimuksessa luotiin erilaisia skenaarioita eri automaatiotasojen vaikutuksista liikennejärjestelmään. Tutkimuksen mukaan liikenneturvallisuus kohentuisi jo alhaisilla automaatiotasolla ja parantuisi jo erittäin merkittävästi automaatiotasolla 4 ja 5.

Robottiautoihin liittyvissä liikenneturvallisuustutkimuksissa ei kuitenkaan ole aina otettu huomioon kaikkia muuttuvia seikkoja. Esimerkiksi huonot sääolosuhteet voivat muuttaa merkittävästi automaattiajoneuvojen liikenneturvallisuutta. Autonomiset ajoneuvot vähentävät selvästi eniten riskiryhmien, kuten juuri kortin saaneiden nuorten ja vanhusten, aiheuttamia kolareita. Toisaalta näihin riskiryhmiin kuuluvilla henkilöillä ei usein ole varsinkaan siirtymävaiheessa varaa automaattiajoneuvoihin. Tällöin voidaan olla tilanteessa, jossa parhaat ja varmimmat kuljettajat ovat siirtyneet automaattiajoneuvojen käyttöön, kun epävarmat kuljettajat ajavat vielä tavallisilla ajoneuvoilla. Tätä ongelmaa syventää entisestään se, että tällä hetkellä automaattiajoneuvojen suurimmat liikenneturvallisuushaasteet vaikuttaisivat olevan nimenomaan tavallisten ajoneuvojen ihmiskuljettajien tekemät ratkaisut, jotka eivät aina ole niin sanotusti oppikirjan mukaisia (Dougherty & Richtel 2015).

Potentiaalisenä ongelmana voidaan nähdä myös ihmisten ajotaitojen heikentyminen automaattiajamisen seurauksena, mikä aiheuttaa ongelmia erityisesti tilanteissa, joissa automaatio pyytää kuljettajaa ottamaan yllättäen ajoneuvon haltuunsa. Mitä paremmin automaatio toimii, sitä vähemmän ihmiset kiinnittävät huomiota liikenneympäristöön, minkä seurauksena valmius ajoneuvon manuaaliseen ohjaamiseen heikkenee. Erityisesti tämä korostuu automaatiotasolla 3. (Seppelt & Victor 2016) Joidenkin tutkimusten mukaan automaattiajoneuvon hallintaan ottaminen voi viedä jopa 25 sekuntia, kun ihminen on ehtinyt tottumaan ja luottamaan automaatioon (Innamaa et al. 2015).

Jotkin tutkimukset suhtautuvat myös skeptisesti liikenneturvallisuuden parantumiseen robottiautojen myötä. Sivak ja Schoettle (2015) esittävät tutkimuksessaan, että siirtymävaiheessa liikenneturvallisuus voisi jopa heikentyä nykyiseen verrattuna. Väitettä perustellaan muun muassa siten, että kaikki onnettomuudet eivät ole ajoneuvojen kuljettajien ai-

heuttamia, vaan esimerkiksi yllättävät esteet, huonokuntoiset tiet ja yllättävät ympäristöolosuhteet aiheuttavat onnettomuuksia. Näiden lisäksi muut kuljettajat eivät välttämättä sopeudu robottiautojen kanssa samaan liikennetilaa, mikä voi pahimmillaan lisätä tavallisten autojen onnettomuusriskiä. Onnettomuusmäärien kasvaminen edes siirtymävaiheessa vaikuttaisi kuitenkin suhteellisen epätodennäköiseltä skenaariolta ja toistaiseksi tutkimukset näyttäisivät olevan konsensus siitä, että täysin automatisoitu liikenne vähentäisi merkittävästi liikenneonnettomuuksia.

Robottiautot tuovat myös aivan uudenlaisia turvallisuusuhkia liikenteelle. Robottiautojen turvallisuudesta puhuttaessa kyberturvallisuus on noussut usein esille. Kyberturvallisuudesta tulee erityisen relevantti asia viimeistään siinä vaiheessa, kun autot verkottuvat ja erilaisia toimintoja tehdään tietoverkkojen yli tulevan datan perusteella. Kyberturvallisuudesta huolehtiminen tulee olemaan merkittävä osa robottiautojen turvallisuutta, jotta verkottuneiden ajoneuvojen ajojärjestelmiin ei voida tunkeutua ulkopuolelta. (Lumiaho & Malin 2016) Singaporen teknillisen yliopiston tutkija Rahmanin (2016) mukaan robottiautojen kyberturvallisuus ei kuitenkaan ole ainoa uudenlainen turvallisuusuhka. Hänen mukaansa myös terroristit voivat olla kiinnostuneita robottiautoista, sillä esimerkiksi Isisin on raportoitu testanneen robottiautopommeja Syyriassa.

2.5.2 Ympäristövaikutukset

Robottiautojen odotetaan tuovan positiivisia ympäristövaikutuksia. Jo pienillä automaattiotasoilla robottiautojen odotetaan vähentävän liikenteen häiriöitä sekä parantavan yleistä liikenteen sujuvuutta laajemminkin. Häiriöttömässä liikenteessä ajoneuvojen energiankulutus on pienempää, minkä seurauksena päästöjä syntyy vähemmän. Lisäksi ylinopeuksien vähentymisen ja tasaisemman ajamisen seurauksena syntyy vähemmän meluhaittoja. (Innamaa et al. 2015)

Robottiautojen odotetaan vähentävän polttoaineen kulutusta merkittävästi. Automaattiautot mahdollistavat esimerkiksi letka- tai saattueajon (platooning), jossa letkan kärjessä ajava auto määrittää ajolinjan ja nopeuden ja perässä tulevat autot seuraavat tätä. Letkaajossa ideana on ajaa automaation turvin lähellä edellä ajavaa ajoneuvoa, jolloin ilmanvastus pienenee. Samalla ajoneuvojen verkottumisen seurauksena jarruttamisesta ja kiihdyttämisestä saadaan välittömästi tieto, jolloin kaikki ajoneuvot letkassa voivat tehdä sen yhtä aikaa. Tällöin kiihdyttämisen ja jarruttamisen reaktioajat eivät kertaannu ja letkan perässä tulevien autojen ajamisesta tulee sujuvampaa. Erityisesti kuorma-autojen odotetaan hyödyntävän tätä ominaisuutta. Erään tutkimuksen mukaan letkan kärjessä ajavan kuorma-auton polttoaineenkulutus voi vähentyä 8 % ja tätä seuraavien autojen jopa 16 % (Chan et al. 2012). Koska polttoaineen kulutus on melko suoraan verrannollinen päästöjen määrään, kulutuksen pieneminen vähentää myös päästöjä. (Mersky & Samaras 2016)

Tutkimusten valossa vaikuttaisi olevan kiistatonta, että autonomiset ajoneuvot vähentävät päästöjen määrää suoritetta kohden. Robottiautot voivat kuitenkin lisätä kilometrisuoritetta ja joissain tapauksissa siirtää ihmisiä julkisen liikenteen sekä myös jalankulun ja pyöräilyn sijasta henkilöauton käyttäjiksi robottiautojen tuomien etujen vuoksi. Autonomisiin autoihin liitetään usein myös yhteiskäyttö- ja kutsuautot eli sellaiset autot, joita auton käyttäjät eivät ainakaan kokonaan omista. Autonomiset yhteiskäyttöautot toimisivat ikään kuin taksit ilman erillistä kuljettajaa. On tutkittu, että tällaiset yhteiskäyttöautot voisivat lisätä auton suoritetta keskimäärin jopa 11 %. Suoritteen kasvu olisi seurausta tyhjänä ajosta, jota tulee tilanteissa, joissa auto hakeutuu seuraavan kuljetettavan luokse. (Fagnant & Kockelman 2014) Onkin vielä hieman epäselvää, millaiset ympäristövaikutuksia autonomiset ajoneuvot tulevat kokonaisuudessaan tuomaan.

2.5.3 Taloudelliset vaikutukset

Automaattiautojen yleistymisellä tulee olemaan merkittäviä ja moninaisia taloudellisia vaikutuksia Suomessa. Selkeimpänä menoeränä autonomiset autot tuovat liikenneinfrastruktuurininvestointien ja erityisesti talvihoidon kustannusten kasvun, sillä varsinkin alkuvaiheessa autonomiset ajoneuvot tarvitsevat lisäpanostuksia tiestöön. Talvihoidon kustannusten on arvioitu tuplaantuvan, eli kasvavan noin 108 miljoonalla eurolla automaattiotasosta riippumatta, mikäli autonomisten autojen tarpeisiin halutaan vastata. Infrastruktuurin osalta myös väylien kunnossapidon tarve lisääntyy. Autonominen ajaminen nykyisellä teknologialla edellyttää korkeatasoisia tiemerkintöjä ja riittävän hyvässä kunnossa olevaa tien pintaa. Myös infrastruktuuriin liittyvän digitaalisen tiedon kysyntä kasvaa erityisesti korkeammilla automaattiotasoilla. (Innamaa et al. 2015)

Infrastruktuurin osalta voidaan kuitenkin havaita myös positiivisia taloudellisia vaikutuksia. Korkeasti automatisoidut ajoneuvot eivät tarvitse niin leveitä ajokaistoja, kuin ihmiskuljettajat. Tällöin kaistaleveyden pienentyminen ja liikennetilän kaventuminen tuovat säästöjä infrastruktuurille rakennus- ja kunnossapitovaiheissa. Tällöin tilaa vapautuu myös muuhun maankäyttöön. Toisaalta urautuminen tulee kasvamaan, kun ajoneuvot ajavat tarkasti samassa urassa. Urautumista voidaan kuitenkin hillitä ohjelmoimalla ajoneuvot ajamaan tarvittaessa hieman erilaista linjaa, mutta vaikutusmahdollisuudet ovat kuitenkin erityisesti kaistatilan kaventuessa rajalliset. Autonomiset ajoneuvot vähentävät myös pysäköintitilantarvetta keskustoissa, jolloin parkkiruutujen viemää tilaa voidaan karnavoida tehokkaampaan ja taloudellisesti järkevämpään maankäyttöön. (Innamaa et al. 2015)

Autonomiset ajoneuvot tuovat Suomeen tutkimuksen (Innamaa et al. 2015) mukaan enemmän suoria positiivisia kustannusvaikutuksia kuin negatiivisia kustannusvaikutuksia. Kaikilla automaattiotasoilla esimerkiksi onnettomuus-, aika- ja ympäristökustannusten odotetaan pienentyvän. Näiden lisäksi saadaan muitakin positiivisia hyötyjä, joita ei

voida suoraan arvottaa. Tällaisia ovat esimerkiksi matkustusmukavuuden ja esteettömyyden parantuminen, kilpailukyvyn ja kauppataseen parantuminen sekä tasa-arvoisen liikkumisen kehittyminen (Linturi 2013).

Autonomiset ajoneuvot tuovat ainakin aluksi käyttäjille lisäkustannuksia. Korkean automaatiotason on arvioitu maksavan 7 000–10 000 Yhdysvaltain dollaria vastaavaa tavallista ajoneuvoa enemmän vuonna 2025, 5 000 dollaria enemmän vuonna 2030 ja 3 000 dollaria enemmän vuonna 2035. (EY 2014) Lisäksi lisääntyvä automaatio voi erityisesti alkuvaiheessa kasvattaa korjaus- ja huoltokustannuksia. Toisaalta autonomiset autot helpottavat esimerkiksi yhteiskäyttöautojen yleistymistä ja käyttöönottoa, jolloin myös käyttäjien kulut voivat todellisuudessa pienentyä. Nykyisin autot ovat valtaosan ajasta käyttämättöminä. Ajoneuvojen yhteiskäytöllä autojen ajallinen käyttöaste saadaan tehokkaammaksi. Tällöin ajoneuvoja tarvitaan vähemmän, jolloin niihin sitoutuu vähemmän pääomaa ja verot sekä vakuutusmaksut jakaantuvat useammalle henkilölle. Autonomisten autojen odotetaan myös vähentävän polttoainekustannuksia ja turvallisuuden parantuessa pienentävän vakuutusmaksuja. Lisäksi hyödyt esimerkiksi autossa vietetyn ajan hyötykäytöstä tulevat suoraan käyttäjille. (Innamaa et al. 2015)

Robottiautot mahdollistavat myös liikkuminen palveluna -konseptin, eli MaaS (Mobility as a Service) -konseptin toteuttamisen entistä tehokkaammin. MaaS-konseptissa ideana on muuttaa liikkumista palveluksi, jossa liikennejärjestelmä rakennetaan käyttäjä- ja palvelulähtökohtaisesti. Tarkoituksena on rakentaa digitalisaation avulla liikennejärjestelmästä kokonaisuus, jossa eri liikennemuodot toimivat hyvin yhdessä ja matkustamisesta tulee sujuvaa ja helppoa. (Liikennevirasto 2014) MaaS-konseptissa on siis tarkoituksena luoda yritysvetoisesti palveluita liikennejärjestelmän käyttäjille.

Robottiautot tulevat mahdollistamaan monia uusia innovaatioita ja liiketoimintamalleja. Monet liikenneoperaattorit ovat olleet kiinnostuneita kuljettajakustannusten hävittämisestä. Esimerkiksi kyytipalvelu Uber on ollut pitkään kiinnostunut autonomisista kuljettajattomista autoista, jolloin taksipalvelusta jäisi kuljettajakustannukset pois. Uber on ollut vahvasti myös lobbaamassa autonomisia autoja. Uber on perustanut yhdessä Googlen, Fordin, Lyftin ja Volvon kanssa ryhmittymän, jonka tavoitteena on edistää lainsäädäntöä ja nopeuttaa autonomisten autojen yleistymistä. (The Verge 2016) Suomessa Uber on mukana liikkuminen palveluna -konseptin kehittämispoolissa yhdessä 23 suomalaisen yrityksen ja toimijan, kuten Tampereen kaupungin, HSL:n, Rambollin ja Siton, kanssa (ITS Finland 2016). Uber aloitti syyskuussa 2016 Pittsburghissa tarjoamaan testimielessä käyttäjilleen robottiautokyytejä. Toistaiseksi näissä kokeiluissa käytetään kuitenkin vielä kuljettajaa sekä erikseen insinööriä varmistamassa autojen toimintaa ja keräämässä tietoa kokeilusta. (Techcrunch 2016b)

Autonomiset autot mahdollistavat myös täysin uudenlaista liiketoimintaa liikennesektorille. Trendinä on ollut liiketoimintaympäristön muuttuminen entistä avoimemmaksi, jol-

loin monet eri toimijat voivat innovoida ja kehittää erilaista liiketoimintaa liikennesektorin ympärille. Yhtenä tärkeimmistä vaikutuksista oletetaan olevan autonomistutarpeen ja -halun pienentyminen sekä yhteiskäyttöautojen yleistyminen. Tällöin erilliset operaattorit voisivat ostaa ajoneuvot perinteisiltä autonvalmistajilta ja jälleenmyynnin sijaan pyörittää yhteiskäyttöautoliiketoimintaa. (Frost & Sullivan 2014a) Tämä puolestaan mahdollistaa erilaisen liiketoiminnan tarjoamista myös ajoneuvojen sisälle. Esimerkiksi kolmansien osapuolien tuottamat lisäarvopalvelut, kuten viihdejärjestelmät, mainostaulut ja esimerkiksi erilaiset välipalat tai virvokkeet, voisivat kuulua ajoneuvon varusteluun, kun autoja ei enää omisteta yksityisesti.

Robottiautot vaikuttavat myös logistiikkaan ja joukkoliikenteen tarjoamiseen merkittävästi. Kuljettajakustannusten poistuttua joukkoliikenteestä saadaan taloudellisesti merkittävästi tehokkaampaa. Esimerkiksi linja-autoliikenteessä kuljettajien palkat sivukuluneen ovat Suomessa keskimäärin noin 46 prosenttia liikennöinnin kustannuksista (HSL 2013). Toisaalta robottiautot tuovat jonkin verran myös ylimääräisiä työtunteja esimerkiksi laitehuollon- ja liikennöinnin varmistamisen puolelle, mutta kokonaisuudessaan kustannusvaikutus olisi todennäköisesti merkittävästi positiivinen yrityksille.

Robottiautojen vaikutukset logistiikkaan kokonaisuudessaan rajautuvat tämän työn ulkopuolelle, mutta vaikutukset jakeluun on perusteltua käydä läpi, sillä ne voivat vaikuttaa suoraan ihmisten liikkumiseen. Robottiautot nimittäin mahdollistavat taloudellisesti merkittävästi tehokkaamman välittömän kotiinkuljetuksen verrattuna perinteiseen ihmisen operoimaan kotiinkuljetuspalveluun. Nykyisin tällaista välitöntä kotiinkuljetusta suoritetaan lähinnä ruokayritysten, kuten pizzeriaiden, toimesta. Jonkin verran kotiinkuljetuspalveluita löytyy myös tavaroiden vähittäismyynnistä, mutta usein näitä toteutetaan vain isoille tuotteille ja merkittävää maksua vastaan. Kustannustehokas kotiinkuljetus mahdollistaisi verkkokaupan kasvun entistä suositummaksi. Tällöin liikenne perinteisille kivijalkakaupoille vähentyisi, millä olisi suora vaikutus ihmisten liikkumiseen.

Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkimuksen (Pajarinen & Rouvinen 2014) mukaan tekniikan kehittyminen uhkaa Suomessa jopa kolmannesta nykyisistä työpaikoista seuraavien vuosikymmenien aikana. Raportti ei kuitenkaan lupaa massatyöttömyyttä, vaan työtehtävien luonne ja työpaikat tulevat muuttumaan digitaalisempaan suuntaan. Vastavaa kehitystä tulee tapahtumaan myös liikennesektorille. Tulevaisuudessa on odotettavissa, että autonomiset ajoneuvot vievät työn perinteisiltä autonkuljettajilta (Pursiainen 2014). Tämä ei kuitenkaan suoraan tarkoita työpaikkojen vähentymistä liikennesektorilta. Digitalisaation seurauksena ohjelmoinnin tarpeen kasvaminen sekä MaaS-ajattelun mahdollistamien uudenlaisten palvelukonseptien yleistyminen luovat varmasti uusia työpaikkoja liikennesektorille ja mahdollistavat näin jopa uudentyyppisten vientiyritysten syntymisen. Suomessa on tällä hetkellä lainsäädännöllisesti loistavat ja muihin Euroopan maihin nähden joustavat mahdollisuudet autonomisten autojen testaamiseen ja kehittämiseen. Lisäksi Suomesta löytyy valmiiksi paljon digiosaamista, minkä seurauksena Suomessa

olisi hyvät mahdollisuudet myös kehittää autonomisten autojen teknologiaa ja näin lisätä työllisyyttä.

Vaikutuksia valtion rahoitukseen ei tiettävästi ole vielä tutkittu kunnolla, eikä niiden täydellinen selvittäminen ole relevanttia tämänkään tutkimuksen kohdalla. Vaikutukset ovat kuitenkin hyvin moninaiset. Robottiautot vievät perinteisiä työpaikkoja, mutta samalla synnyttävät myös uudenlaista työtä. Infrastruktuurikustannukset tulevat kasvamaan, mutta samalla robottiautojen tuomat muut kustannushyödyt kasvavat. Ajoneuvokannan pienentyessä pääomaa vapautuu muuhun käyttöön, mutta samalla valtion keräämät verotulot pienentyvät.

Nykyisin tieliikenneajoneuvoista peritään autovero ja ajoneuvovero. Autovero tarkoittaa Suomeen tuotavien autojen ensiverotusta. Ajoneuvovero puolestaan koostuu vuosittain perittävistä perusverosta ja käyttövoimaverosta, jota peritään ajoneuvoilta, jotka käyttävät jotain muuta energialähdettä kuin moottoribensiiniä. (Trafic 2016) Tämän lisäksi Suomessa kerätään erikseen polttoainevero sekä arvonlisäveroa esimerkiksi polttoaineesta, uusista autoista, autojen huolto- ja korjaustöistä sekä vakuutusmaksuista. Ajoneuvokannan mahdollisesti pienentyessä ja ajoneuvojen energiatehokkuuden parantuessa on odotettavissa, että valtion nykyisessä muodossa keräämät verotulot liikenteestä pienentyvät. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida erilaisilla liikennepoliittisilla keinoilla. Verotuksen luonnetta voidaan muuttaa esimerkiksi enemmän kilometriperusteiseksi tai liikenteestä voidaan periä muita maksuja, kuten esimerkiksi infrastruktuurin käyttömaksuja (Silberg & Wallace 2012). On melko selvää, että robottiautojen yleistyminen tulee muuttamaan tieliikenteen hinnoittelua ja veroperusteita merkittävästi, mikäli tieliikenteen kustannusvastaavuus halutaan pitää tulevaisuudessa nykyisen kaltaisena.

2.5.4 Vaikutukset kaupunkikuvaan ja infrastruktuuriin

Yhtenä merkittävimpänä vaikutuksena kaupunkikuvaan, robottiautojen odotetaan vähentävän liikenteen tilantarvetta. Nykyisin kaistat ja liikenne on suunniteltu ihmisille, jotka tekevät usein inhimillisiä virheitä, eivätkä ole aina täysin valppaita liikenteessä. Tällöin kaistoista on tehty ylileveitä, näkemät ovat suuria, pientareet ovat leveitä ja teillä tarvitaan suojakaiteita. Tarkat verkottuneet autonomiset autot eivät tarvitse näitä turvallisuutta parantavia, mutta tilaa vieviä ratkaisuja, jolloin liikenteestä vapautuu tilaa. (Silberg & Wallace 2012) Robottiautojen myötä vaikutukset liikenteen sujuvuuteen ja välityskykyyn tulevat parantumaan merkittävästi erityisesti korkeilla automaatiotasoilla (Innamaa et al. 2015). Tällöin esimerkiksi kaistamäärät voivat joissain tapauksissa tippua, kun riittävään välityskykyyn päästään pienemmälläkin kaistamäärällä.

Toinen tilantarvetta vähentävä seikka on kaupunkiliikenteessä pysäköintitarpeen pienentyminen. Korkeilla automaatiotasoilla robottiauto voi kuljettaa matkustajan suoraan haluttuun paikkaan ja ajaa tämän jälkeen kauemmas pysäköitäväksi. Tällöin pysäköintitilan

tarve pienenee, millä on merkitystä erityisesti tiheästi rakennetuilla alueilla. Robottiautojen tarkkuudella ja tyhjänä autot voidaan myös pysäköidä tiiviimmin ja tarvittaessa esimerkiksi pystytasoon, jolloin horisontaalisen tilan tarve minimoituu. (Silberg & Wallace 2012) Automäärien odotetaan myös pienentyvän korkeimpien automaatiotasojen yleistymisen myötä yhteiskäyttövaikutuksen vuoksi. Anders Eugensson (2015) Volvota esittää, että neljännen automaatiotason autot voisivat pienentää esimerkiksi Singaporen automäärän lähes kolmannekseen nykyisestä. Tilantarpeen pienentyminen on erityisen merkittävää kaupunkiympäristössä, jossa maalla on suuri arvo.

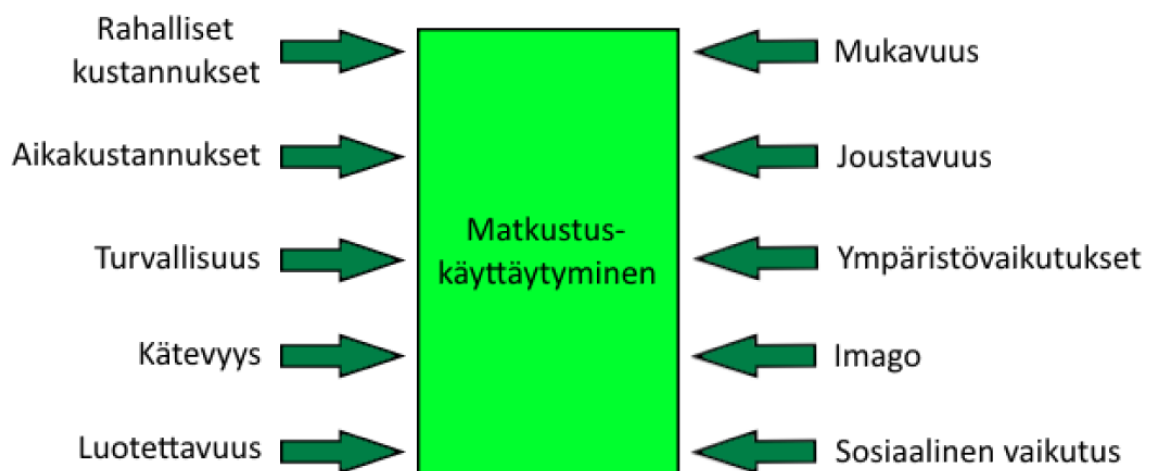
Robottiautot tulevat vaatimaan enemmän älykkyyttä liikenneinfrastruktuuriin. V2I tulee vaatimaan tietoteknisiä investointeja, jotta robottiautot voivat kommunikoida riittävän laajasti ympäristön kanssa. Erityisesti huonoissa oloissa robottiautot saattavat tarvita tulevaisuudessakin infrastruktuurilta apua esimerkiksi paikannukseen liittyen.

Kaupungistuminen on yksi tieliikenteen toimintaympäristöä muokkaava megatrendi. Sen myötä väestö keskittyy entistä enemmän kaupunkiseuduille, mikä lisää joukkoliikenteen järjestämisen edellytyksiä. Toisaalta yhdyskuntarakenne on kuitenkin entistä hajautuneempi, kun esimerkiksi asuin- ja työpaikkojen väliset etäisyydet ovat kasvaneet. (Pöllänen et al. 2014) Etätyöskentelymahdollisuuksien kasvaminen ja toisaalta robottiautojen yleistymisen voivat kuitenkin hajauttaa kaupunkirakennetta nykyisestä. On mahdollista, että muuttoliike ei enää suuntaudu joukkoliikenneyhteyksien varrelle tai keskustoihin, vaan ihmiset muuttavat hajautuneemmin kaupunkiseuduille liikkumisen helpotuttua robottiautojen myötä.

Toisaalta viranomaistoimet voivat rajoittaa ja muokata kehitystä. Vaikka tulevaisuuden autot olisivat ympäristöystävällisiä, vievät ne silti tilaa ja alentavat viihtyisyyttä keskustoissa. Tällöin viranomaiset pyrkinevät tulevaisuudessakin rajoittamaan henkilöautoliikennettä keskustoissa ja siirtämään ihmisiä joukkoliikenteen sekä jalankulun ja pyöräilyn käyttäjiksi. Yksi potentiaalinen tulema on joukkoliikenteen runkolinjojen vahvistuminen ja keskusta-alueiden joukkoliikenteen tehostuminen, mutta muun liikkumisen siirtyminen enemmän henkilöautopainotteiseksi. Tällöin kaupunkirakenne hajautuisi merkittävästi ja ydinkeskustan ja joukkoliikenteen runkolinjojen ulkopuolinen liikennöinti tapahtuisi pääosin autonomisilla autoilla. Tällöin kaupunkien keskustoista tulisi tiiviitä, mutta reuna-alueet hajautuisivat laajemmalle alueelle. Kaupunkikuvan muutokset ovat kuitenkin paljolti viranomaistoimien vaikutusten ja yleisen poliittisen tahdon alla, jolloin niiden enustaminen on hankalaa.

3. ROBOTTIAUTOJEN VAIKUTUKSET IHMISTEN LIIKKUMISEEN

Ihmisten liikkumiseen vaikuttavat ensisijaisesti tarve ja halu siirtyä paikasta toiseen. Tyypillisesti liikkumisen kysynnän ajatellaan olevan johdettua kysyntää, johon vaikuttavat erilaisten toimintojen aikataulutus. Toiminnoilla tarkoitetaan esimerkiksi työssäkäyntiä, vapaa-ajan aktiviteetteja, ostosreissuja tai lomareissuja. (Rubin 2016) Matkojen määrään, pituuteen, suuntautumiseen ja kulkutavan valintaan vaikuttaa lisäksi monet erilaiset tekijät. Kuvassa 3 on esitetty matkustuskäyttäytymiseen tyypillisesti vaikuttavia tekijöitä.



Kuva 3. Matkustuskäyttäytymiseen vaikuttavat tekijät (Polzin 2016)

Rahallisten ja ajallisten kustannusten, eli matkan hinnan ja keston, on havaittu olevan kriittisimmät matkustuskäyttäytymiseen vaikuttavat tekijät (Polzin 2016). Robottiautoihin liittyen turvallisuuteen vaikuttaa paitsi absoluuttinen turvallisuus myös koettu turvallisuus. Vaikka tutkimukset osoittaisivat yksiselitteisesti robottiautojen olevan ihmiskuljettajia turvallisempia, eivät kaikki ihmiset välttämättä koe niitä turvallisiksi, varsinkaan alkuvaiheessa. Tällöin osin aiheettomat pelot robottiautojen turvallisuudesta voivat pienentää robottiautojen vaikutuksia ihmisten liikkumiseen.

Kätevyys, luotettavuus, matkustusmukavuus sekä joustavuus ovat myös ilmeisiä matkustuskäyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä. Ihmiset suosivat vaivattomia ja toimivia ratkaisuja liikenteessä. Kulkutavan tulee olla helposti käytettävissä ja aikataulujen tulisi olla mahdollisimman tarkkoja. Matkustusmukavuus sekä kulkutavan joustavuus ovat usein tekijöitä, joista ihmiset ovat valmiita maksamaan hieman enemmän.

Muiden vaikutuksen voidaan katsoa olevan ulkoisia vaikutuksia, jotka vaihtelevat suuresti käyttäjistä riippuen. Osa käyttäjistä haluaa toimia mahdollisimman ympäristöystävällisesti, kun taas toisille sillä ei ole merkitystä. Myös kulkutavan imago ja mielikuva

sekä muiden luoma sosiaalinen vaikutus vaikuttavat suuresti liikkumiseen. Tämä näkyy esimerkiksi siten, että tietyt ajoneuvomerkit ja –mallit ovat suosittuja tietyissä piireissä. Kuluttavan valinnalla voidaan katsoa olevan myös jonkinlaista statusarvoa.

3.1 Vaikutukset liikkumisen määrään

Maaliskuussa 2015 yli sata asiantuntijaa Euroopasta, Yhdysvalloista, Japanista ja Singaporesta osallistuivat CityMobil2-projektin organisoimaan työpajaan keskustelemaan robottiautojen vaikutuksista. CityMobil2 on EU:n rahoittama, useiden sidosryhmien projekti, jonka tarkoituksena on tutkia robottiautojen vaikutuksia ja kehittää teknologiaa robottiautoihin liittyen (CityMobil2 2016). Työpajaa varten luotiin kaksi skenaariota autonomisten autojen omistumismalleista ja tutkittiin näiden vaikutuksia neljässä erilaisessa kaupunkiympäristössä. (Sessa et al. 2016)

Työpajassa käytetyt, jokseenkin äärimmäiset skenaariot olivat:

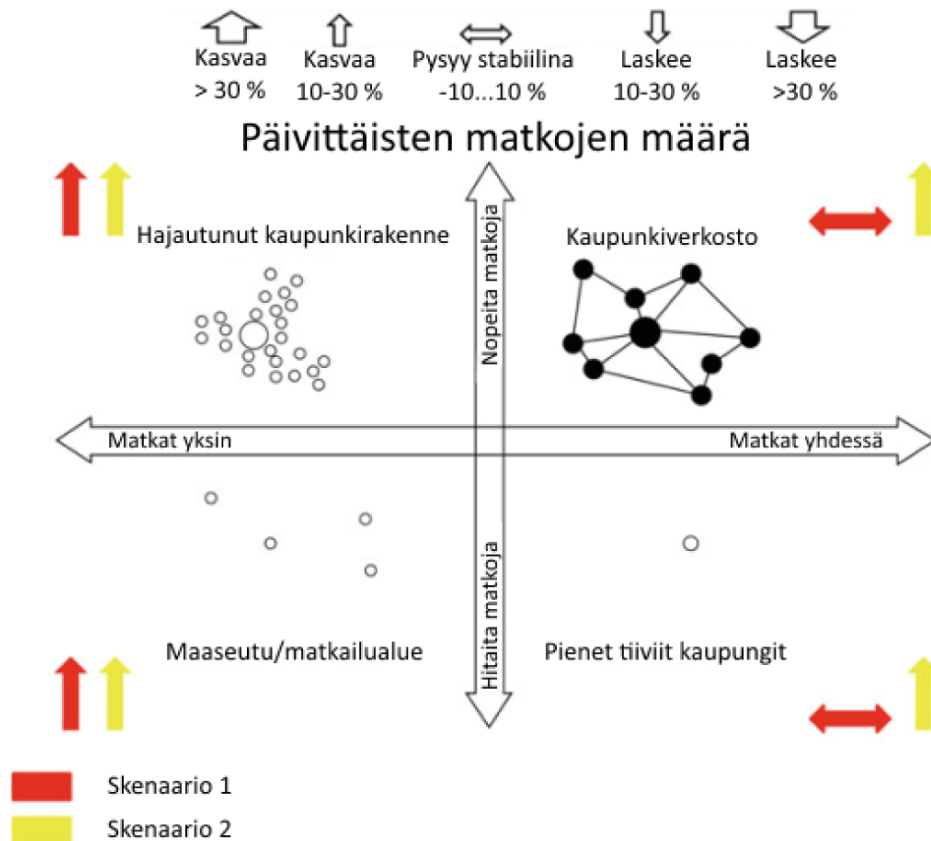
- *Skenaario 1: Autonomisten autojen omistaminen.* Tässä skenaariossa oletetaan, että autonomisten autojen yleistyttyä ihmiset omistavat ja ajavat yhä itse omilla autoillaan ja ajoneuvojen yhteiskäyttö rajoittuu lähinnä kotitalouksien sisäiseen jakamiseen.
- *Skenaario 2: Autonomisten autojen yhteiskäyttö.* Tässä skenaariossa huomioidaan yksityisen autonomistuksen muuttuminen entistä enemmän muotoon, jossa auto omistetaan joko yhdessä muiden kanssa tai autoista ja liikkumisesta vastaa erillinen operaattori. Skenaario sisältää sekä matkojen jakamisen (useita henkilöitä samassa autossa) että autojen jakamisen (auto on kerrallaan vain yhden henkilön käytössä). (Sessa et al. 2016)

Työpajassa käytetyt kaupunkiympäristöt olivat:

- *Hajautunut kaupunkirakenne:* Kaupunkien ydinkeskustoja ympäröivät laajasti leviittäytyneet matalan tiheyden lähiöt. Matkat ovat yleisesti nopeita ja yksin tehtäviä. Liikenne on pääosin keskustan ja lähiöiden välistä, jolloin lähiöiden kesken poikittaisliikennettä on rajoitetusti. Autonomistusprosentti on korkea, matkoja asukasta kohden tehdään työpäivinä paljon, keskimääräinen matkapituus on korkea ja ajoneuvojen käyttöaste matala.
- *Kaupunkiverkosto:* Kaupungit ja alueet ovat monikeskuksisia. Matkat ovat yleisesti nopeita ja yhdessä tehtäviä. Autonomistusprosentti on matala, mutta matkat asukasta kohden, keskimääräinen matkapituus ja ajoneuvojen käyttöaste ovat korkeita.
- *Maaseutu/matkailualue:* Kaupunkirakenteen tiheys on matala ja alue hajautunut. Matkat ovat tyypillisesti hitaita ja yksin tehtäviä. Autonomistusprosentti on matala, matkoja asukasta kohden tehdään vähän, keskimääräinen matkapituus on korkea ja ajoneuvojen käyttöaste matala.

- *Pienet tiiviit kaupungit:* Kaupunkirakenne on tiivis ja matkat ovat yleensä hitaita ja yhdessä tehtäviä. Jalankulun ja pyöräilyn osuus kulkutapajakaumasta on suu- rehko. Ajoneuvojen käyttöaste on korkea, mutta autonomistusprosentti, matkat asukasta kohden ja keskimääräinen matkapituus ovat matalia. (Sessa et al. 2016)

Työpajaa varten asiantuntijoita pyydettiin arvioimaan päivittäisten matkamäärien, keski- määräisen matkan pituuden, käyttöasteen ja autonomistuksen kehittymistä kummankin skenaarion kannalta yllä esitellyissä kaupunkiympäristöissä. Kuvassa 4 on esitetty asian- tuntija-arvioiden kooste skenaarioiden vaikutuksista päivittäisiin matkamääriin.

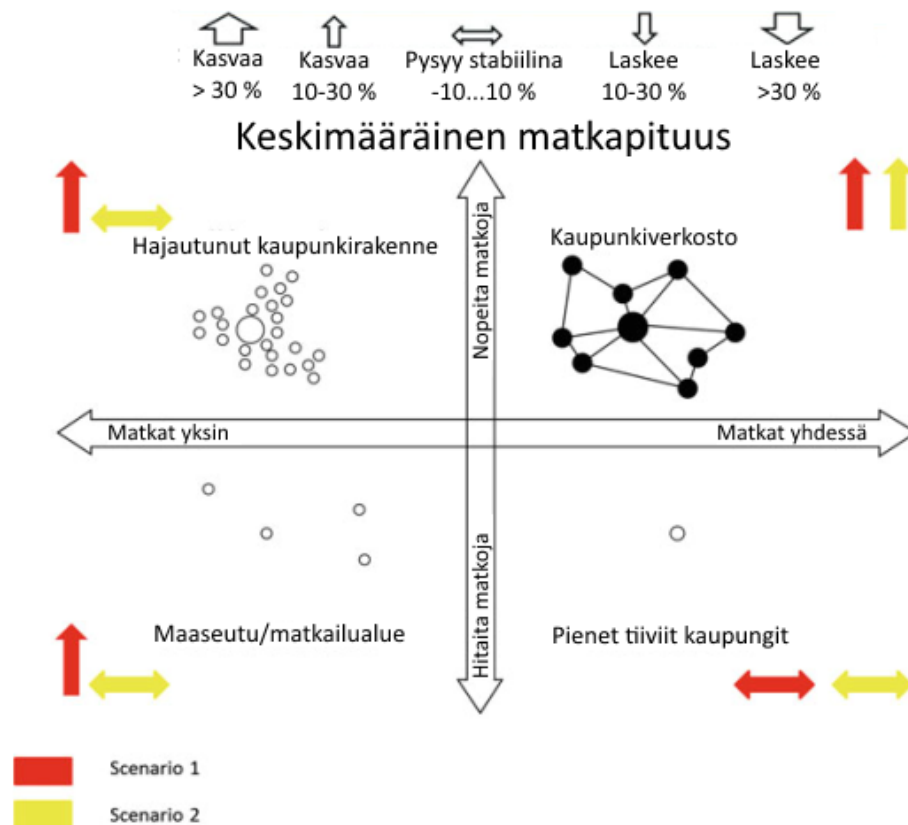


Kuva 4. Päivittäisten matkojen määrän muutos eri skenaarioissa (Sessa et al. 2016)

Skenaariossa 1, eli autonomisten autojen omistusskenaariossa, asiantuntijat odottivat maltillista kasvua hajautuneessa kaupunkirakenteessa ja maaseuduilla, mutta kaupunki- verkostossa ja pienissä tiiviissä kaupungeissa tällä ei olisi vaikutusta matkojen määrään. Kasvua selitetään autojen paremmalla joustavuudella ja kotitalouksien mahdollisuudella aikatauluttaa menoja siten, että kaikki voivat kulkea autolla. Skenaariossa 2, eli autonomisten autojen yhteiskäyttöskenaariossa, asiantuntijat odottivat maltillista kasvua kai- kissa kaupunkirakenteissa. Skenaario 2 kasvattaisi matkamääriä myös kompakteimmista kaupunkiympäristöissä erityisesti paremman saatavuuden ja kehittyneiden palvelukon- septien vuoksi. (Sessa et al. 2016)

Asiantuntijat odottavat matkamäärän kasvua myös liikuntakyvyttömien osalta. Toisaalta autoihin nouseminen ja autoista poistumisen pitäisi olla helppoa ja lisäksi fasiliteettien pitäisi esimerkiksi matkan loppupäässä olla esteettömät. Matkamäärien kasvua hillitsee myös erityisesti vanhemmilla ihmisillä kyky ja halu käyttää teknologisia laitteita. Uudet teknologiat voivat myös pelottaa monia ihmisiä. (Sessa et al. 2016)

Työpajaan osallistuneet asiantuntijat olivat odotuksissaan keskimäärin konservatiivisempia kuin tutkimuksesta vastannut työryhmä. Asiantuntijat odottivat keskimäärin robotti-autojen tuovan lähinnä pieniä tai jopa olemattomia muutoksia matkojen määrään kummassakin skenaariossa. Tutkimuksen toteuttanut työryhmä puolestaan odotti, että pelkäänsä autojen parempi saatavuus ja niiden vaivattomuus nostaisivat päivittäisten matkojen määrää yli 30 %. Monet asiantuntijat puolestaan ajattelivat, että autonomiset autot ovat vain yksittäinen tekijä, joka muuttaa tulevaisuuden liikenneympäristöä, eikä se välttämättä ole edes suurin vaikuttava tekijä. (Sessa et al. 2016)



Kuva 5. Keskimääräinen matkapituuden muutos eri skenaarioissa (Sessa et al. 2016)

Kuvassa 5 on esitetty asiantuntija-arvioiden kooste skenaarioiden vaikutuksista keskimääräiseen matkan pituuteen. Autonomisten autojen omistusskenaariossa keskimääräisen matkapituuden oletetaan kasvavan maltillisesti muissa kaupunkiympäristöissä kuin pienissä tiiviissä kaupungeissa. Pienissä tiiviissä kaupungeissa matkat ovat luonnostaan lyhyitä eikä autonomisilta autoilta odoteta merkittäviä muutoksia tähän. Autonomisten

autojen yhteiskäyttöskenaariossa matkapituuden maltillista kasvua odotetaan vain kaupunkiverkostossa, vaikutuksien pysyessä stabiilina muissa kaupunkirakenteissa. Kaupunkiverkostoissa hyvin toimivat yhteiskäyttöautopalvelut toisivat todennäköisesti kasvua keskusten väliseen liikenteeseen, mikä lisäisi keskimääräistä matkapituutta. Parantuvan matkustusmukavuuden odotetaan kasvattavan pitkien matkojen määrää, mutta toisaalta helpompi saatavuus myös lyhyille matkoille voi lisätä näiden määriä, jolloin kokonaisvaikutus keskimääräisen matkapituuteen jää melko pieneksi. (Sessa et al. 2016)

Tutkimuksesta vastannut ryhmä esitti, että kokonaisuudessaan keskimääräinen matkapituus kasvaisi 10–30 %, minkä myös muut asiantuntijat pääosin hyväksyivät. Osa asiantuntijoista oli kuitenkin sitä mieltä, että varsinkin lyhyellä tähtämellä autonomisten autojen vaikutukset matkapituuteen jäävät melko pieniksi. Tätä perusteltiin muuan muassa siten, että alussa autonomisten autojen kustannukset voivat olla suuria ja keskimääräinen matkan pituus on enemmän seurausta kaupunkirakenteesta kumpuavasta matkustustarpeesta kuin liikennevälineiden saatavuudesta, eikä sitä voida muuttaa lyhyellä tähtämellä. (Sessa et al. 2016)

Davidson ja Spinoulas (2015) tutkivat ja mallinsivat robottiautojen vaikutuksia tulevaisuuden liikennejärjestelmään skenaariolla, jossa automaatiotasojen 3 ja 4 autot jakavat liikenteen yhdessä tavallisten autojen kanssa. Kaikissa autoissa täytyy kuitenkin lainsäädännön puitteissa olla ajokortin omaava ihminen vastuussa liikkumisesta, eikä siten esimerkiksi tyhjänäajoa saa suorittaa. Oletuksena oli, että jo tällä tasolla matkojen määrät kasvavat ja myös pidempiä matkoja tehdään, kun ajamisesta tulee mukavampaa ja ajamiseen käytettyä aikaa ei nähdä niin suurena kustannuksena.

Tutkimuksessa mallinnettiin robottiautojen vaikutuksia olettamalla, että ihmiset pyrkivät maksimoimaan nettohyödyt. Nettohyödyillä tarkoitetaan käytännössä matkan kohteen vetovoimaa suhteessa matkustuksen kustannuksiin. Matkan kohteen vetovoimana voi olla esimerkiksi työpaikka tai vapaa-ajan harrastus ja matkan kustannuksina matkustus- ja aikakustannukset sekä näihin vaikuttavat osatekijät. Mallinnus suoritettiin Brisbanen kaupunkiin Australiassa. Mallinnuksessa oletettiin, että vuonna 2021 robottiautojen penetraatioaste, eli robottiautojen osuus kaikista autoista, olisi 25 % ja vuonna 2031 jo 75 %. Lisäksi oletettiin, että robottiautot kasvattavat matkojen lukumäärää 10 %. Taulukossa 3 on esitetty mallinnuksen tulokset matkojen määrän, pituuden ja ajoneuvokilometrien suhteen. (Davidson & Spinoulas 2015)

Taulukko 3. Mallinnuksen tulokset Brisbanen kaupungissa (Davidson & Spinoulas 2015)

Vuosi	Matkojen määrä	Matkojen pituus	Ajoneuvokilometrit
2021	+ 2,5 %	+ 1,1 %	+ 3,6 %
2031	+ 8,1 %	+ 5,9 %	+ 14,5 %

Mallinnuksen tuloksena Brisbanessa robottiautot lisääisivät matkamääriä vuonna 2021 yhteensä 2,5 % ja vuonna 2031 yhteensä 8,1 %. Keskimääräinen matkapituus kasvaisi 1,1 % vuonna 2021 ja 5,9 % vuonna 2031. Ajoneuvokilometrit kasvaisivat vuonna 2021 yhteensä 3,6 % ja vuonna 2031 yhteensä 14,5 %. Tämän seurauksena esimerkiksi ruuhkat kasvaisivat vielä enemmän, sillä robottiautoilla ruuhkassa ajaminen olisi mielekkäämpää. (Davidson & Spinoulas 2015)

Tutkimuksessa otettiin kantaa myös kahteen muuhun skenaarioon. Ensimmäisessä autonomiset autot jakavat liikennetilän tavallisten autojen kanssa, mutta autonomisilla autoilla ei tarvitsisi olla enää vastuullista kuljettajaa mukana. Tällöin myös tyhjänäajo ja ajokortittomien ihmisten kuljettaminen olisi sallittua. Toisessa skenaariossa kaikki ajoneuvot liikenteessä ovat täysin autonomisia. Kummassakin skenaariossa erityisesti matkojen määrä kasvaisi merkittävästi, mutta myös keskimääräinen matkan pituus oletettavasti kasvaisi. Tämän lisäksi tyhjänäajosta tulisi vielä ylimääräisiä kilometrejä, jolloin ajoneuvokilometrien määrä kasvaisi erittäin merkittävästi. Näiden skenaarioiden tarkempi mallintaminen ei kuitenkaan ollut kyseisessä tutkimuksessa käytetyllä ohjelmistolla mahdollista niiden kompleksisuuden vuoksi. (Davidson & Spinoulas 2015)

Yleisellä tasolla liikkumisen määrän odotetaan kasvavan autonomisten ajoneuvojen yleistymisen seurauksena. Useissa tutkimuksissa toistuvat samat syyt (mm. Davidson & Spinoulas 2016; Hörl et al. 2016; Gruel & Stanford 2015) matkamäärien ja matkojen pituuden kasvulle:

- Autonomisilla autoilla sekä todelliset että koetut kustannukset voivat olla matalampia. Tällöin nykyisin nettohyödyiltään marginaaliset matkat voivat muuttua houkuttelevammiksi ja autoilusta voi tulla viehättävämpää.
- Auton pysäköinnistä tulee helpompaa, kun kuljettajan ei tarvitse itse huolehtia pysäköinnistä.
- Auton jakaminen kotitalouksien sisällä helpottuu, jolloin nykyisin mahdottomia tai muilla kulkumuodoilla toteutettavia matkoja siirtyy robottiautoilla tehtäviksi.
- Ihmiset voivat tehdä matkoja, vaikka eivät olisi ajokunnossa. Tällaisia ovat esimerkiksi tilanteet, joissa ihmiset ovat humalassa, lääkkeiden vaikutuksen alaisina tai liian väsyneitä ajaakseen. Osa näistä matkoista tehdään nykyisin taksilla, mutta autonomisten autojen parempi saatavuus ja pienemmät kustannukset lisäävät tällaisia matkoja.
- Autonomiset ajoneuvot lisäävät matkoja henkilöillä, jotka eivät nykyisellään voi ajaa. Eli uutta kysyntää tulee esimerkiksi ajokortittomilta, lapsilta, vanhuksilta ja sairauksien vuoksi ajokyvyttömiltä.

Yhdysvalloissa on tehty useita tutkimuksia, jotka ennustavat ajoneuvokilometrien kokonaismäärän kasvua autonomisten autojen seurauksena erityisesti henkilöryhmillä, jotka eivät itse voi nykyisin ajaa. Näitä henkilöryhmiä ovat nuoret, vanhukset, sairauden takia

ajokyvottomät sekä ajokortittomat aikuiset. Koonti näistä tutkimuksista on esitetty taulukossa 4. Useimmat näistä tutkimuksista perustuvat datan puolesta vuonna 2009 Yhdysvalloissa toteutettuun suureen henkilöliikennetutkimukseen, eli 2009 NHTS (National Household Travel Survey) tutkimukseen. 2009 NHTS tutkimuksessa selvitettiin matkapäiväkirjojen avulla henkilöiden liikkumista ja siihen sisältyivät kaikki tutkimusaikana tehdyt matkat. Matkoista kerättiin perustiedot, kuten kulkumuoto, tarkoitus, pituus, ajan kohta ja sijainti (NHTS 2009).

Taulukko 4. Koonti tutkimuksista, jotka ennustavat muutosta henkilökilometreihin autonomisten autojen seurauksena Yhdysvalloissa

Tutkimus	Data	Muutos ajoneuvokilometreissä	Muutoksen lähde
Brown et al. 2014	2009 NHTS	Enintään +40 %	Nuorten, ajokyvottomien ja vanhusten matkamäärien kasvu
Fagnant & Kockelman 2014	2009 NHTS	+11 %	Tyhjänäajo, jota tapahtuu kun jaetut autonomiset autot hakeutuvat seuraavan kyyditettävän luo.
Fagnant & Kockelman 2015	-	+10 – 20 %	Kasvanut kysyntä autonomisten autojen etujen vuoksi. Kysyntä keskimäärin erilaista eri penetraatioasteilla.
Wadud et al. 2016	2009 NHTS	Enintään +10 %	Yli 62-vuotiaiden kasvava kysyntä
Harper et al. 2016	2009 NHTS	Enintään +14 %	Ajokortittomien, vanhusten ja ajokyvottomien matkamäärien kasvu

Brown et al. (2014) olettivat tutkimuksessaan erityisesti nuorien, ajokyvottomien ja vanhusten matkamäärien kasvavan. Tutkimuksessa arvioitiin karkeasti, että mikäli nämä nykyisin vähäisiä määriä liikkuvat ryhmät alkavat täysin autonomisten autojen seurauksena liikkumaan saman verran kuin eniten liikkuva kymmenys nykyisin, kasvaisi ajoneuvokilometrien määrä kasvaa parhaimmillaan jopa 40 %.

Fagnant & Kockelman (2014) arvioivat ja simuloivat tyhjänäajon määrää täysin autonomisilla autoilla. Tulosten mukaan tyhjänäajon osuus Yhdysvalloissa olisi jopa 11 % luokkaa jaetuilla autonomisilla autoilla. Tämä tyhjänäajo koostuu sekä uusien asiakkaiden

noutamisesta että esimerkiksi auton siirtymisestä ja pysäköimisestä halvemmille seuduille, kun asiakas on ensin ajettu kohteeseen. Myöhemmin Fagnant & Kockelman (2016) simuloivat tyhjänäajon osuutta Austinissa. Tuloksena oli, että auton suoritteesta noin 8,7 % ajetaan tyhjänä. Kuitenkin, mikäli kimpakyydit sallitaan, tippuu lukema 4,5 % ja mikäli kysyntää on riittävästi, tyhjänäajon osuus voi jäädä jopa alle 1 %.

Fagnant & Kockelman (2015) arvioivat autonomisten autojen kysyntää erilaisilla penetraatioasteilla. Kun autonomisten autojen osuus liikenteestä on 10 %, oletetaan niiden käytön kasvavan keskimäärin 20 % tavallisiin autoihin nähden. Kun penetraatioaste on 90 % oletetaan kasvun olevan keskimäärin 10 % tavallisiin autoihin nähden. Eroa kasvussa perustellaan sillä, että aikaisilla omaksujilla on keskimäärin enemmän kysyntää autonomisille autoille kuin myöhemmin niitä hankkivilla ihmisillä.

Wadud et al. (2016) arvioivat tutkimuksessaan vanhojen ihmisten potentiaalista matkamäärien kasvua korkeasti automatisoitujen ajoneuvojen seurauksena. Tutkimuksessa todettiin, että eniten matkoja tekevät 44-vuotiaat, minkä jälkeen matkamäärät putoavat tasaisesti 62 ikävuoteen asti, minkä jälkeen matkamäärät romahtavat. Yli 62-vuotiailla matkamäärien romahtamista selitetään sekä eläköitymisellä että lisääntyvillä ajamista vaikeuttavilla sairauksilla. Mikäli autonomisten autojen seurauksena trendi 44–62-vuotiaiden matkamäärien laskusta säilyisi samanlaisena myös 62 ikävuoden jälkeen, nousisi matkojen määrä kokonaisuudessaan noin 2 %. Vanhojen ihmisten kasvavan matkamäärän ylärajaksi arvioitiin matkamäärien pysyvän samalla tasolla kuin 62 vuotiailla nykyisin, jolloin matkojen määrä kasvaisi kokonaisuudessaan 10 %.

Harper et al. (2016) analysoivat tutkimuksessaan henkilökilometrimäärän kasvua täysin automatisoidussa liikennenympäristössä ajokortittomien aikuisten, vanhusten ja ajokyvyttömien henkilöiden osalta. Tutkimuksessa tehtiin henkilöryhmille kolme perusolettamusta täysin autonomisten autojen seurauksena:

1. Ajokortittomien aikuisten odotetaan matkustavan yhtä paljon kuin samaan ikä- ja sukupuoliryhmään kuuluvat ajokortilliset henkilöt.
2. Terveet 65–74-vuotiaat matkustavat keskimäärin saman verran kuin 19–64-vuotiaat ja terveet yli 75-vuotiaat matkustavat keskimäärin saman verran kuin 65-vuotiaat nykyisin.
3. 19–74-vuotiaat, joilla on ajamista rajoittavia sairauksia, matkustavat saman verran kuin 19–64-vuotiaat samaan suokupuoliryhmään kuuluvat ajokyvylliset. Yli 75-vuotiaat, joilla on ajamista rajoittavia sairauksia, matkustavat saman verran kuin 65-vuotiaat henkilöt nykyisin.

Tutkimuksen tuloksena kasvua henkilökilometreissä tulee enintään noin 14 %, joista valtaosa, eli noin 9 % tulee perusolettamasta 1. Tutkimuksessa ei oteta kantaa muihin auto-

nomisten autojen seurauksiin, vaan siinä ennustettiin vain ajokortittomien aikuisten, vanhusten ja ajokyvyttömiä aikuisten potentiaalista kysynnän kasvua autonomisten autojen seurauksena nykyisillä ajotottumuksilla. (Harper et al. 2016)

Aiheesta julkaistuissa tutkimuksissa vaikuttaisi olevan konsensus siitä, että liikkumisen määrä tulee kasvamaan autonomisten autojen seurauksena. Kasvun suuruuden arvioiminen on kuitenkin hankalaa, sillä siihen ei voida soveltaa suoraan tavanomaisia tulevaisuudentutkimuksen laskennallisia menetelmiä, sillä kasvun arviointi vaatii aina useita oletuksia tulevaisuudesta. Asiantuntijamenetelmillä ja erityisesti toimintaympäristön analysoinnilla pyritään hakemaan jonkinlaisia ennusteita mahdollisilla kasvulukemille ja –tekijöille. Yhdistämällä näitä muihin liikennetutkimuksiin, voidaan saada esimerkiksi taulukossa 4 näkyviä tuloksia liikkumisen kasvulle tietyissä ryhmissä tietyillä oletuksilla.

Kokonaisuudessaan tutkimukset ennustavat keskimäärin 10–40 % kasvua henkilökilometreissä. Tämän lisäksi noin 10 % kasvu ajoneuvokilometreissä tyhjänäajon seurauksena on mahdollinen, riippuen hieman autonomistuksen muutoksista. Useimmat laskennallisia tuloksia sisältävät tutkimukset eivät kuitenkaan käsittele aihetta kokonaisuutena, vaan hahmottelevat asiaa yhdeltä kantilta, esimerkiksi tiettyjen väestöryhmien potentiaalilta. Tällöin eri tekijöiden kumuloitumisen seurauksena kasvu voi olla ennakoitua suurempaa.

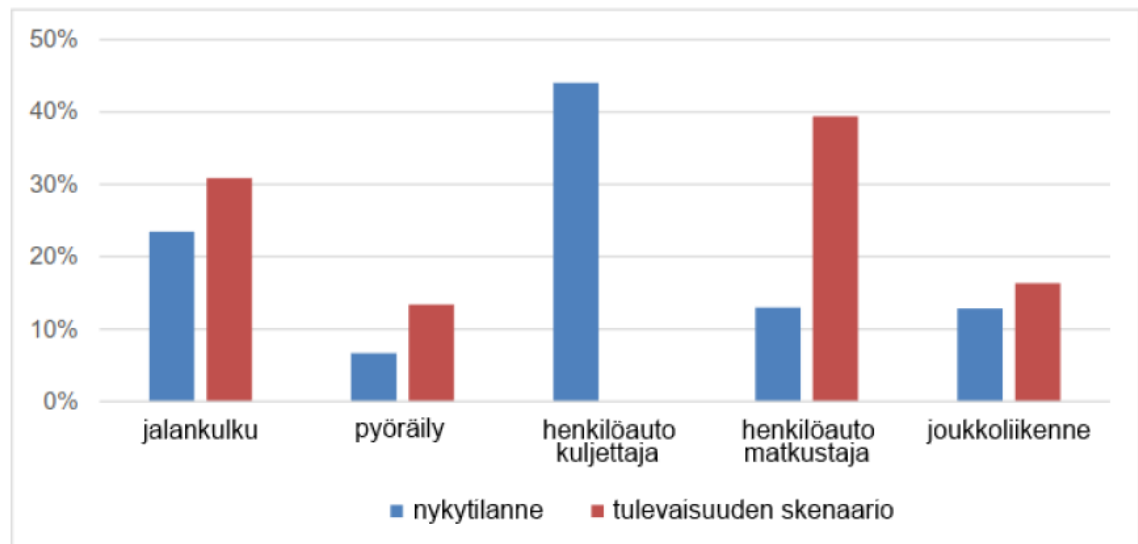
3.2 Vaikutukset kulkutavan valintaan

Kappaleessa 3.1 esitellyssä Citymobil2-projektin organisoimassa työpajassa pohdittiin autonomisten autojen vaikutusta myös kulkutapajakaumiin eri skenaarioissa. Luonnollisesti autonomisten autojen omistusskenaariossa henkilöautojen kulkutapajakauman odotetaan kasvavan maaseutua lukuun ottamatta keskimäärin 10–30 %:n luokkaa, kun taas joukkoliikenteen käytön odotetaan pienentyvän saman verran. Maaseuduilla, joissa joukkoliikenteen kulkutapaosuus on jo valmiiksi alhainen, muutosten ei oleteta olevan suuria. Kulkutapajakauman muutoksen pääsyynä arvioitiin olevan sekä käyttömukavuuden parantuminen että nuorten, vanhusten ja sairaiden kasvava kysyntä henkilöautoliikenteelle. (Sessa et al. 2016)

Osa asiantuntijoista kuitenkin kyseenalaisti joukkoliikenteen kulkutapaosuuden laskemisen, sillä kustannustasoista ei ole varmuutta. Mikäli henkilöauton käyttäminen on merkittävästi kalliimpaa kuin joukkoliikenteen käyttäminen, voi joukkoliikenteen kulkutapaosuus jopa kasvaa. Autonomisten autojen myötä joukkoliikenteestä tulee kustannustehokkaampaa, jolloin palvelutasoa voidaan parantaa merkittävästi. Lisäksi autonomiset autot tarjoavat ratkaisua joukkoliikenteen niin kutsuttuun viimeisen kilometrin ongelmaan, mikä voi nostaa joukkoliikenteen kulkutapaosuutta. (Sessa et al. 2016)

Lähtökohtaisesti jalankulun ja pyöräilyn kulkutapaosuudelle nähdään enemmän negatiivisia kuin positiivisia vaikutuksia. Siitä huolimatta useimmat vastaajat odottavat jalankulun ja pyöräilyn osuuden pysyvän suhteellisen stabiilina. Osa asiantuntijoista näkee myös positiivisia vaikutuksia varsinkin tiheästi asutuissa kaupunkiympäristöissä, joissa autoilun ja pysäköinnin viemää tilaa voidaan vapauttaa tehokkaammin jalankulun ja pyöräilyn käyttöön. Tällöin väylien laatu ja viihtyisyys parantuvat, mikä voi jopa nostaa jalankulun ja pyöräilyn kulkutapaosuutta. (Sessa et al. 2016)

Heilig et al. (2016) simuloivat tutkimuksessaan autonomisten autojen yhteiskäytön vaikutuksia kulkutapajakaumaan. Tutkimuksessa oletettiin, että autonomisten yhteiskäyttöautojen penetraatioaste on 100 %, jolloin yksityisomistuksessa olevia autoja ei ole. Simulointi suoritettiin mobiTopp-mallilla Saksassa Stuttgartin kaupunkiin. Mallinnuksessa saadut tulokset esitetään kuvassa 6.



Kuva 6. Kulkutapajakauma Stuttgartissa nykytilanteessa sekä simuloitussa tulevaisuuden skenaariossa (Heilig et al. 2016)

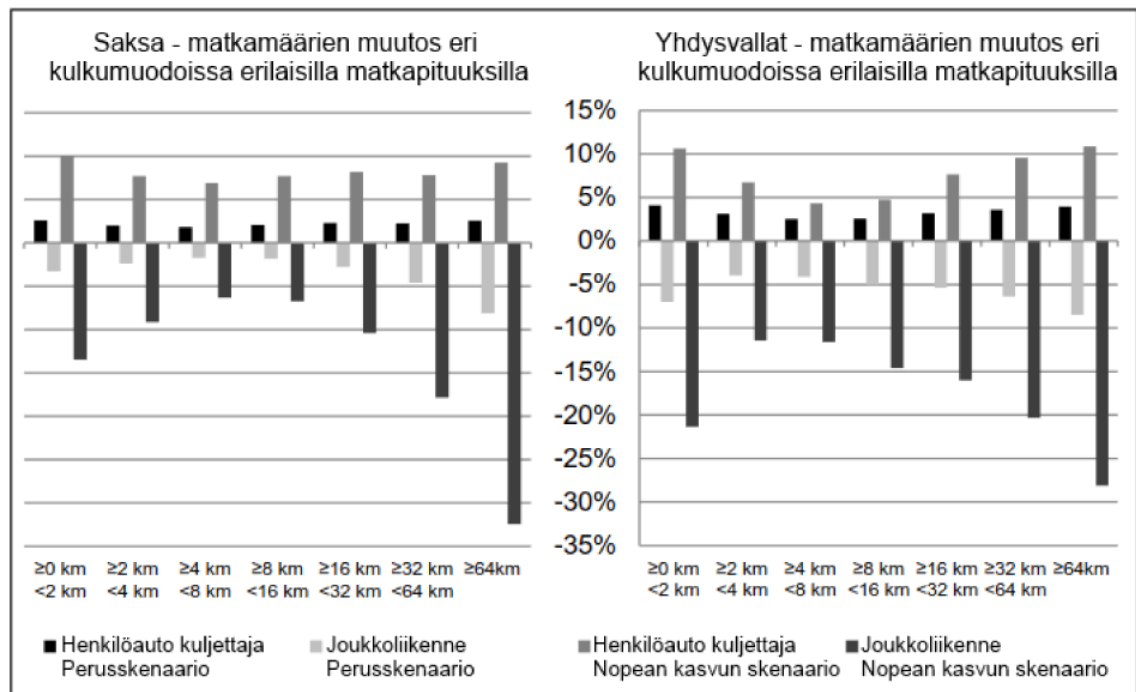
Tutkimuksen mukaan yksityisomisteisten henkilöautojen korvaaminen yhteiskäyttöisillä robottiautoilla vähentäisi henkilöauton kulkutapaosuutta suhteessa muihin kulkumuotoihin. Suurin osa nykyisistä henkilöautojen käyttäjistä siirtyisi suoraan henkilöauton matkustajiksi, mutta samalla osa näistä henkilöistä käyttäisi yhä useammin myös muita kulkutapoja muun muassa niiden pienempien kustannusten vuoksi. (Heilig et al. 2016) Tutkimuksessa ei nähdäkseeni kuitenkaan huomioitu riittävästi autonomisten autojen luomaa uutta kysyntää ja matkustusmukavuuden parantumisen vaikutuksia, jolloin simuloitut tulokset eivät välttämättä anna kattavaa kokonaiskuvaa vaikutuksista.

Kröger et al. (2016) mallinsivat tutkimuksessaan yksityisomisteisten automaatiotasojen 4 ja 5 ajoneuvojen vaikutuksia eri kulkutavoilla tehtävien matkojen määrään Saksassa ja Yhdysvalloissa. Tuloksia analysoitiin kahden skenaarion avulla, jotka muodostettiin ar-

vioimalla korkeasti automatisoitujen ajoneuvojen osuutta vuosittain rekisteröitävistä autoista ja vertaamalla tätä kyseisille maille tyypillisille ajoneuvojen elinkaarille. Skenaariot olivat:

1. Perusskenaariossa vuonna 2035 korkeasti automatisoitujen autojen osuus ajoneuvokannasta on Yhdysvalloissa 11,4 % ja Saksassa 17,4 %.
2. Nopean kasvun skenaariossa vuonna 2035 korkeasti automatisoitujen autojen osuus ajoneuvokannasta on Yhdysvalloissa 31,8 % ja Saksassa 42,4 %

Tutkimuksen tulokset näkyvät kuvassa 7. Simuloinnin tuloksena huomataan, että autonomisten autojen yleistyminen generoi uusia matkoja henkilöautoille ja vähentää joukkoliikenteen käyttöä merkittävästi. Kuvassa 7 nähtävät muutokset ovat suhteellisia muutoksia, eli muutoksia nykyisiin matkamääriin kussakin liikennemuodossa. (Kröger et al. 2016)



Kuva 7. Henkilöautoilun ja joukkoliikenteen matkamäärien muutokset Saksassa ja Yhdysvalloissa perusskenaariossa ja nopean kasvun skenaariossa (Kröger et al. 2016)

Kuvan 7 tuloksista huomataan, että suurimmat muutokset kulkutavan valinnassa tapahtuvat sekä kaikkein lyhyimmillä että kaikkein pisimmillä matkoilla. Näiden lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että myös jalankulun ja pyöräilyn kulkutapaosuudet voivat pudota nykyisestä. Taulukossa 5 on esitetty lyhyiden matkojen (alle 4 km) osalta arvio kulkutapajakaumista vuonna 2035 ilman automaation yleistymistä sekä tutkimustulokset näissä kahdessa skenaariossa kulkutapaosuuksien suhteellisista muutoksista. (Kröger et al. 2016)

Taulukko 5. Kulkutapajakauma alle 4 km matkoilla sekä eri skenaarioiden suhteelliset muutokset siihen vuonna 2035 (Kröger et al. 2016)

		Henkilö- auto	Joukko- liikenne	Jalan- kulku	Pyöräily
Yhdysvallat	Kulkutapajakauma ilman auto- maatiota 2035	72,2 %	2,3 %	24,1 %	1,4 %
	Perusskenaario 2035 (suhteellinen muutos)	+ 1,1 %	- 7,0 %	- 2,2 %	- 5,9 %
	Nopean kasvun skenaario 2035 (suhteellinen muutos)	+ 3,2 %	- 19,1 %	- 6,8 %	- 17,9 %
Saksa	Kulkutapajakauma ilman auto- maatiota 2035	41,2 %	7,7 %	39,0 %	12,1 %
	Perusskenaario 2035 (suhteellinen muutos)	+ 1,9 %	- 2,8 %	- 1,0 %	- 3,1 %
	Nopean kasvun skenaario 2035 (suhteellinen muutos)	+ 6,0 %	- 8,1 %	- 3,1 %	- 5,3 %

Kröger et al. (2016) odottavat siis autonomisten autojen syövän kulkutapaosuutta muilta liikennemuodoilta. Erityisesti Yhdysvalloissa, jossa henkilöautoilla on jo valmiiksi suuri kulkutapaosuus lyhyilläkin matkoilla, suhteelliset muutokset muiden kulkumuotojen kulkutapaosuuksissa ovat suuria. Eniten autonomisten autojen odotetaan syövän kulkutapaosuutta joukkoliikenteeltä ja pyöräilyltä, kun taas kävelyn osalta muutosten ennustetaan olevan pienempiä.

Gruel ja Stanford (2015) pohtivat autonomisten ajoneuvojen vaikutuksia erilaisten skenaarioiden kautta. Kulkutapajakaumien osalta ongelmaksi todettiin painottuminen entistä enemmän henkilöautoihin autonomisten autojen vetovoiman vuoksi. Tosin erityisesti autonomisten autojen yhteiskäytöskenaariossa nähtiin myös muita mahdollisia seurauksia. Autonomisten autojen seurauksena yhdyskuntarakenne voi alkaa hajautua, kun liikkumisesta tulee mielekkäämpää. Tämän seurauksena autojen kysyntä ja tarjonta voivat ajautua epätasapainoon, jolloin palvelutason takaamiseksi tarvitaan enemmän ajoneuvoja ja toisaalta tyhjänäajoa esiintyy enemmän. Tällöin myös hintataso voi kasvaa, millä voi olla positiivisia vaikutuksia muiden kulkumuotojen kulkutapaosuuteen henkilöautojen kustannuksella.

Davidson ja Spinoulas (2016) päätyivät simuloinneissaan monien muiden tutkimusten kanssa samaan lopputulemaan: Todennäköisesti autonomiset ajoneuvot lisäävät henkilöautojen kulkutapaosuutta ja syövät sitä niin jalankululta, pyöräilyltä kuin joukkoliikenteeltäkin. Kustannukset ovat kuitenkin suuressa roolissa tässä muutoksessa. Mikäli kustannustaso on korkealla, on myös mahdollista, että kulkutapajakauma painottuu nykyistä enemmän jalankulun, pyöräilyn ja joukkoliikenteen suuntaan.

Yhdyskuntarakenteen mahdollinen hajautuminen autonomisten autojen seurauksena voi tehdä joukkoliikenteen palvelutarjonnasta haastavaa. Toisaalta kuljettajakustannusten poistuessa kaiken kokoiset kuljetusyksiköt pystyvät operoimaan tehokkaammin, jolloin joukkoliikennettä voidaan tarjota kustannustehokkaasti myös harvempaan asutuille alueille. Autonomiset autot voivat toimia myös joukkoliikennettä täydentävänä palveluna, tarjoten ratkaisua niin kutsuttuun viimeisen kilometrin ongelmaan (EY 2014). Tällöin seurauksena voisi olla joukkoliikenteen runkolinjojen vahvistuminen niin kaupungeissa kuin kaupunkien välisessäkin liikenteessä, mutta syöttöliikenteen muuttuminen enemmän henkilöautopainotteiseksi. Tämä voisi lisätä erityisesti kaupunkien välistä nopeaa raide-liikennettä, kun matkan molemmissa päissä olisi kustannustehokkaasti käytettävissä myös henkilöauto.

Themsche (2017) pohtii artikkelissaan linja-autojen ja raitiovaunujen hyödyllisyyttä autonomisten ajoneuvojen yleistyessä. Artikkelissa päädyttiin johtopäätökseen, jossa autonomiset autot voivat saavuttaa letka-ajossa (platooning) lähes saman henkilöliikennesuoritekapasiteetin kuin bussit ja raitiovaunut. Tällöin reunaehtoien täytyessä nämä joukkoliikennemuodot voivat hävitä kokonaan. Reunaehtoja ovat muun muassa riittävän alhaiset kustannukset ja ajoneuvojen ympäristöystävällisyys, jotta tämän kaltainen kehityskulku olisi mahdollinen. Kuitenkin isoissa kaupungeissa suuren kapasiteetin joukkoliikennevälineet, kuten metrot ja lähijunat, tulevat pysymään jatkossakin olennaisena osana liikennejärjestelmää.

Kulikutapajakaumien odotetaan siis painottuvan entistä enemmän henkilöautoiluun. Henkilöautoilun kulkutapaosuus voi kasvaa tutkimusten mukaan keskimäärin jopa 10–30 %, kun autonomisten ajoneuvojen penetraatioaste lähestyy sataa. Erityisesti joukkoliikenteen kulkutapaosuuden odotetaan pienentyvän, mutta monissa tutkimuksissa nähdään negatiivisia vaikutuksia myös jalankulun ja pyöräilyn kulkutapaosuuksiin. Toisaalta on myös tutkimuksia, joissa henkilöautojen kulkutapaosuuden odotetaan pienentyvän ja muiden kulkumuotojen osuuden kasvavan.

Robottiautojen vaikutukset kulkutapajakaumaan näyttäisi olevan melko ristiriitainen aihe, sillä kulkutapajakaumaan vaikuttavat merkittävästi monet sellaiset tekijät, joita ei voida vielä varmuudella ennustaa. Tällaisia ovat esimerkiksi autonomistumallien muuttuminen, kustannusvaikutukset kokonaisuudessaan eri kulkumuodoilla, kustannusten erilainen kohdentuminen esimerkiksi kilometriperusteisesti, kaupunkirakenteen ja -suunnittelun muutokset sekä liikennepoliittiset päätökset. Näin ollen tutkimuksissa näkyi paljon risteäviä arvioita ja toteamuksia vaikutuksista kulkutapajakaumaan ja toisaalta melko vähän tarkkoja prosentuaalisia ennusteita.

3.3 Vaikutukset liikkumisen suuntautumiseen

Keskeisimpiä liikkumisen suuntautumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat yhdyskuntarakenteen mahdollinen hajautuminen ja työmatkaliikenteen muuttuminen robottiautojen seurauksena. Yhdyskuntarakenteen hajotessa päivittäinen liikkuminen luonnollisesti muuttuisi hajautuneempaan suuntaan. Käytännössä tämä tarkoittaisi pidempiä matkoja ja liikkumisen painottumista nykyistä laajemmalle alueelle. Työmatkaliikenne voi ajautua murrokseen, jos työnteko voidaan aloittaa jo työmatkalla korkeiden automaatiotasojen ajoneuvoissa. Tämä mahdollistaisi entistä pidemmät ja laajemmalle leviävät työmatkat, mikä voisi hajauttaa yhdyskuntarakennetta ja liikkumista entisestään.

Nykyisin harvoin tehtävien ja nettohyödyiltään marginaalisten matkojen osuus tulee kasvamaan robottiautojen seurauksena. Tämä generoi uutta liikkumista ja voi kasvattaa harvemmin tehtävien matkojen frekvenssiä. Tutkimusten valossa vaikuttaisi melko todennäköiseltä, että sekä matkojen lukumäärä että matkojen pituus tulisivat kasvamaan.

Matkojen pituuden kasvun ja matkustamisen vaivattomuuden seurauksena esimerkiksi suurten ostoskeskittymien saavutettavuus parantuu, mikä voi generoida lisää liikkumista tällaisiin kohteisiin. Saman voidaan nähdä tapahtuvan myös virkistysmatkoilla. Matkat esimerkiksi Lapin matkailukeskuksiin ja erilaisiin lomakohteisiin ympäri maan voivat lisääntyä. Robottiautot voivat generoida myös lisää syrjäseuduille tapahtuvia vierailuja ystävien ja sukulaisten luo. Käytännössä pitkän matkan liikenteestä tulee houkuttelevampaa, jolloin tällaisia matkoja voidaan tehdä enemmän.

Matkamäärien kasvu generoi osaltaan matkojen uutta suuntautumista myös lyhyemmillä matkoilla. Matkojen muuttuessa vaivattommaksi, matkoja voidaan tehdä useammin henkilöille tyypillisten reittien ulkopuolelle. Matkamäärien kasvu tulee lisäämään erityisesti vapaa-ajan matkojen osuutta, jolloin liikkumista suuntautuu enemmän nykyisen kaltaisiin virkistys- ja ostosmatkoihin.

Asiantuntijat odottavat pääsääntöisesti myös kulkutapajakaumien painottuvan entistä enemmän henkilöautoliikenteeseen autonomisten autojen myötä. Tällöin eri kohteiden saavutettavuus parantuu, mikä vaikuttaa myös liikkumisen suuntautumiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa, että liikkumista voi suuntautua nykyistä enemmän joukkoliikenne-reittien ulkopuolelle ja nykyisin kävellen tai pyörällä tehtäviä matkoja, kuten lähiososmatkoja, voi suuntautua kauemmas saavutettavuuden parantuessa.

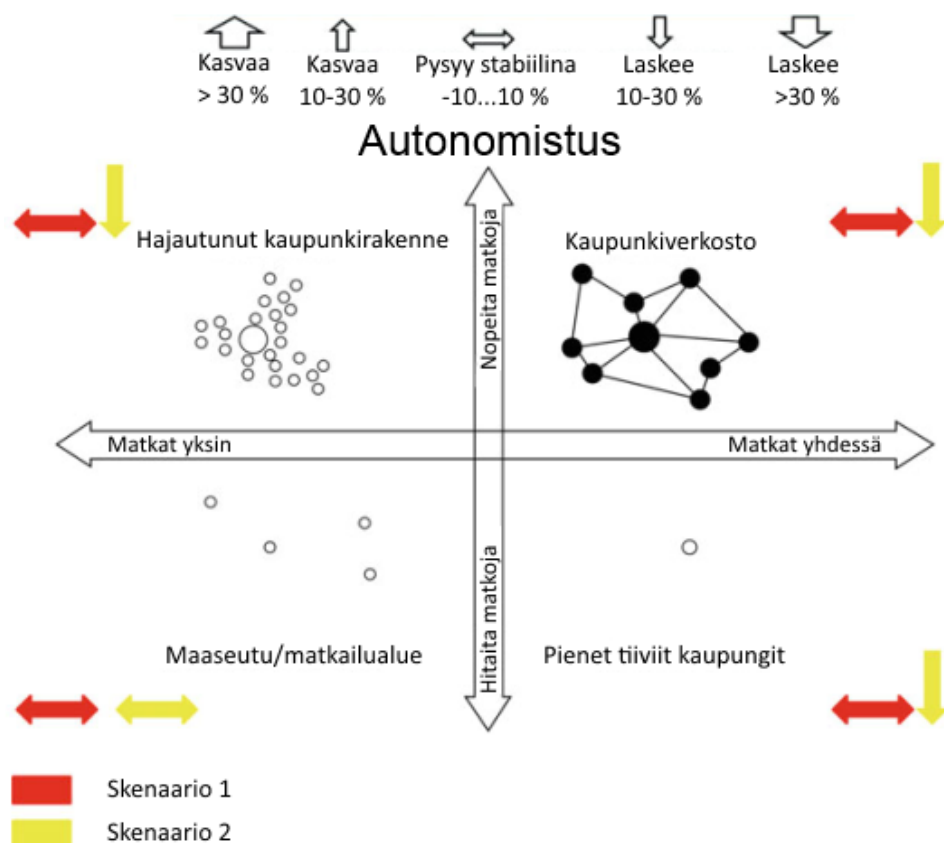
Parantuva liikkuvuus nuorten, vanhusten, sairaiden ja ajokortittomien aikuisten henkilöryhmissä vaikuttavat yleisesti liikkumisen suuntautumiseen merkittävästi. Näille henkilöryhmille tyypillistä on matkojen painottuminen suoritteen osalta ostos-, asiointi-, vierailu- ja vapaa-ajan matkoihin (Liikennevirasto 2012), jolloin henkilöautoliikennettä tulee suuntautumaan enemmän tällaisille matkoille.

3.4 Autonomistus

Automatisoiduilla ajoneuvoilla voi olla merkittäviä vaikutuksia autonomistushalukkuuteen. Autonomistukseen vaikuttavat perinteisesti monet tekijät. Tällaisia ovat esimerkiksi tarve tai halu omistaa auto, vaihtoehtoisten kulkumuotojen tarjonta, omistamisen ja vaihtoehtoisten ratkaisujen kustannukset ja niiden helppous, tottumus omistaa oma auto sekä autonomistamisen statusarvo. (HSL 2016)

Vaihtoehtoina perinteiselle yksityiselle autonomistukselle ovat erillisten operaattoreiden omistavat autot tai yksityishenkilöiden yhdessä omistamat autot. Operaattoreiden omistavat robottiautot toimisivat joko kutsupalveluperusteisesti kuten taksit nykyisin tai autovuokrausperiaatteella. Yksityishenkilöiden yhdessä omistettavat autot voisivat olla esimerkiksi naapuruston, ystäväpiirin tai muun sosiaalisen ryhmän yhdessä omistavia ajoneuvoja, joita voidaan käyttää yhteisten pelinsääntöjen mukaisesti.

Kappaleessa 3.1 esitellyssä Citymobil2-projektin organisoimassa työpajassa pohdittiin myös robottiautojen vaikutuksia autonomistukseen. Kuvassa 8 on esitelty autonomistukseen odotettavia muutoksia eri skenaarioissa.



Kuva 8. Autonomistuksen muutos eri skenaarioissa (Sessa et al. 2016)

Skenaariossa 1, eli autonomisten autojen omistusskenaariossa, muutoksia autonomistukseen ei luonnollisesti odoteta tapahtuvan juurikaan. Skenaariossa 2, eli autonomisten autojen yhteiskäyttöskenaariossa, autonomistuksen odotetaan sen sijaan pienentyvän, mutta vain maltillisesti. Tässä skenaariossa autoja voidaan omistaa yhdessä tai autonomistus ja liikkuminen voivat olla erillisten operaattoreiden vastuulla. Valtaosa työpajaan osallistuneista oli sitä mieltä, että autonomistus laskee vain jonkin verran muissa kaupunkirakenteissa ja maaseudulla autonomistus pysyisi nykyisen kaltaisena myös skenaariossa 2. (Sessa et al. 2016)

Osa asiantuntijoista oli sitä mieltä, että autonomistus voisi laskea hieman myös autonomisten autojen omistusskenaariossa, sillä kotitaloudet voisivat jakaa auton käyttöä paremmin. Tällöin kotitalouksissa ei välttämättä tarvittaisi yhtä montaa autoa kuin nykyisin. Lisäksi mikäli autonomiset autot ovat merkittävästi kalliimpia kuin tavanomaiset autot, voi autonomistus pienentyä jonkin verran molemmissa skenaarioissa. (Sessa et al. 2016)

Lisäksi osa asiantuntijoista oli sitä mieltä, että erityisesti autonomisten autojen yhteiskäyttöskenaariossa autonomistus voi laskea myös merkittävästi enemmän kuin kuvassa 8 esitetystä vastausten keskiarvossa. Mikäli yhteiskäyttäjoneuvojen liiketoimintamallit saadaan toimiviksi ja ihmiset omaksuvat nämä hyvin, voi autonomistus laskea lyhyelläkin tähtäimellä suhteellisen paljon. Kokonaisuudessaan autonomistuksen odotetaan siis laskevan yhteiskäyttöautojen hyötyjen vuoksi, mutta muutos tulee olemaan hidasta. (Sessa et al. 2016)

Schoettle ja Sivak (2015) arvioivat kotitalouksien autonomistustarvetta ja keskimääräistä autojen lukumäärää kotitalouksissa Yhdysvalloissa. Nykyisin Yhdysvalloissa kotitalouksilla on käytössä keskimäärin 2,1 autoa. Tutkimuksessa toteutetun analyysin perusteella kotitaloudet voisivat tehdä täsmälleen samat matkat samoina ajankohtina kuin nykyisin keskimäärin 1,2 robottiautolla kotitaloutta kohden. Toisin sanoen autojen lukumäärä kotitalouksien sisällä voisi teoriassa laskea noin 43 % siten, että palvelutaso säilyisi täysin nykyisen kaltaisena. Tämän seurauksena autojen vuosittainen käyttö tehostuisi ja auto-kohtainen kilometrimäärä kasvaisi keskimäärin nykyisestä noin 18 800 kilometristä noin 32 800 kilometriin. Kyseinen tutkimus oli kuitenkin hyvin suurpiirteinen, eikä siinä otettu huomioon robottiautojen tuomia muita vaikutuksia.

Potentiaalia autonomistuksen pienentymiselle on merkittävästi. Kun riski ihmiskuljettajan tekemistä virheistä tai esimerkiksi autolle haitallisesta ajotavasta katoaa, on autojen lainaaminen ja yhteiskäyttö helpompi ja mielekkäämpi toteuttaa. Nykyisin ajoneuvot ovat käyttämättömänä valtaosan ajasta. Autojen tehokkaammalla käytöllä niiden pääomakustannukset jakautuisivat tasaisemmin eikä verrattain kallis investointi seisoisi turhaan pitkiä aikoja paikallaan. Tällöin olisi mahdollista saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä, mikä voisi kiihdyttää autonomistustarpeen katoamista. Taulukossa 6 on koottu yhteen tutkimuksia siitä, miten pienillä robottiautomäärillä nykyinen liikennesuorite olisi toteutettavissa tehokkaasti.

Taulukko 6. Kooste tutkimuksista, jotka arvioivat miten pieni osa nykyisestä autokannasta tarvittaisiin samaan liikennesuoritteeseen robottiautojen seurauksena

Tutkimus	Tutkittu kaupunki	Tulos (prosenttia autokannasta tarvittaisiin)
OECD 2015	Lissabon, Portugali	alimmillaan 10 %
Bischoff & Maciejewski 2016	Berliini, Saksa	jopa alle 10 %
Fagnant et al. 2016	Austin, Texas	noin 11 %
Spieser et al. 2014	Singapore	noin 30 %
Boesch et al. 2015	Zürich, Sveitsi	noin 10 %

Taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestö OECD (2015) toteutti tutkimuksen, jossa arvioitiin miten pienillä automäärillä nykyisen kaltainen liikennesuorite olisi toteutettavissa autonomisilla autoilla keskikokoisissa eurooppalaisissa kaupungeissa. Tutkimuksen mukaan jaetuilla autonomisilla takseilla (useita tuntemattomia kyydissä yhtä aikaa) ja tehokkaalla julkisella liikenteellä lähes nykyisen kaltainen liikennesuorite olisi toteutettavissa 90 % nykyistä pienemmällä autokannalla. Ilman julkista liikennettä autokannan tarve olisi jaetuilla robottitakseilla noin 18 % ja yksin käytettävillä robottitakseilla noin 26 % nykyisestä autokannasta.

Bischoff ja Maciejewski (2016) tutkivat robottiautokannan koon tarvetta Berliinissä. Simuloinnin tuloksena todettiin, että nykyisen kysynnän tyydyttämiseen tarvittavat 1,1 miljoonaa yksityisesti omistettua autoa olisi mahdollista korvata noin 90 000–110 000 robottitaksilla. Simulointi suoritettiin nykyisen keskimääräisen vuorokauden liikenteen huipputunnin perusteella. Mikäli huipputunnin liikennettä voitaisiin jakaa esimerkiksi hinnoittelun keinoin laajemmalle, olisi autojen tarve vieläkin pienempi.

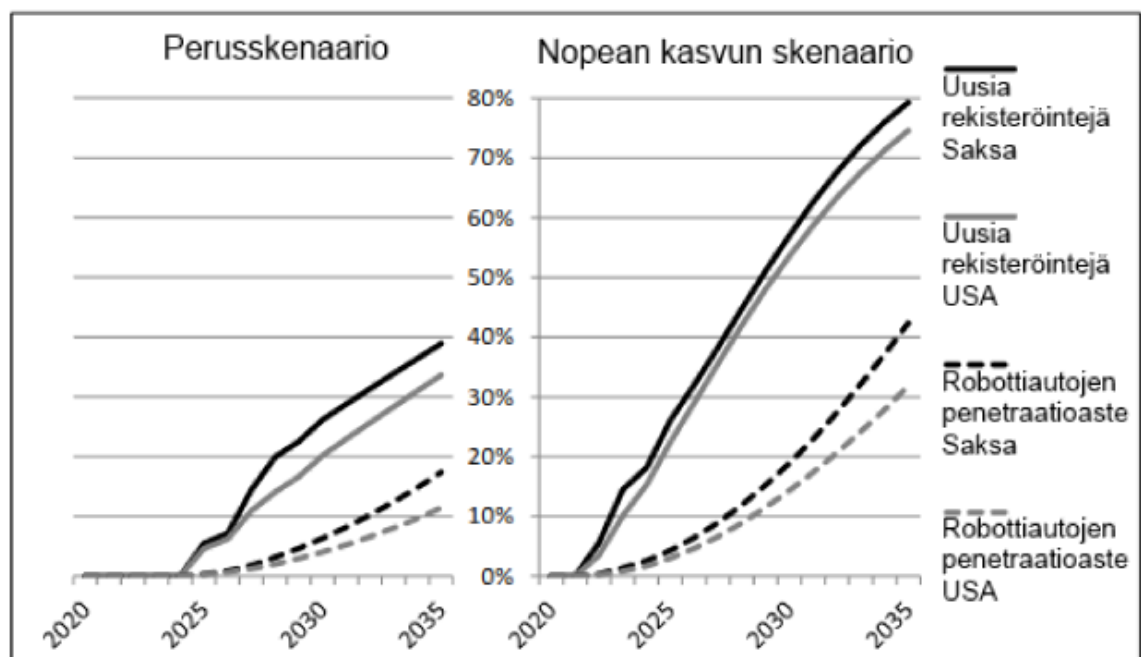
Fagnant et al. (2016) simuloivat robottiautokannan koon tarvetta Austinissa. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että yksi robottitaksi voisi korvata 9,3 tavallista ajoneuvoa. Tutkimuksessa käytettiin perusoletuksena sitä, että kulkutapajakauma ja matkustuskäyttäytyminen pysyisivät nykyisen kaltaisena.

Spieser et al. (2014) arvioivat tutkimuksessaan autonomisten ajoneuvojen kutsupalvelujen, eli käytännössä robottitaksien, liikenteellisiä ja taloudellisia vaikutuksia. Tutkimuksessa tehtiin casetutkimus Singaporessa ja tuloksena saatiin muun muassa, että robottitaksiautokannan koko voisi olla noin kolmanneksen nykyisestä autokannasta, mikäli liikennekäyttäytyminen pysyisi muuten samanlaisena.

Boesch et al. (2015) tutkivat tarvittavaa robottitaksien lukumäärää nykyisen kysynnän tyydyttämiseen Zürichissä. Tuloksena saatiin, että mikäli enintään 10 minuutin odottelu-aika robottitaksin saapumiselle hyväksytään, olisi tarvittava autokannan koko 90 % nykyistä autokantaa pienempi.

3.5 Robottiautojen yleistymisen nopeus

Tutkimuksissa odotetaan robottiautojen tuovan paljon muutoksia ihmisten liikkumistottumuksiin. Osa tutkimuksista lähtee erilaisista aikaan perustuvista oletuksista, kun taas toiset tutkimukset käsittelevät tilannetta, jossa autonomisten autojen penetraatioasteeksi oletetaan 100 %. Muutosten tapahtumiseen voi kuitenkin kulua paljon aikaa. Erityisesti skenaarioissa, joissa autonomistustarpeen odotetaan pysyvän nykyisen kaltaisen, voi muutos viedä useita vuosikymmeniä. Kuvassa 9 on esitetty autonomisten autojen penetraatioasteen kasvuun kuluva aika kahdessa skenaariossa Saksassa ja Yhdysvalloissa.



Kuva 9. Autonomisten autojen penetraatioasteen kasvuun kuluva aika kahdessa skenaariossa Saksassa ja Yhdysvalloissa (Kröger et al. 2016)

Kuvassa 9 yhtenäinen viiva tarkoittaa robottiautojen osuutta uusista rekisteröitävistä ajoneuvoista ja katkoviiva robottiautokannan kokoa suhteessa koko autokantaan. Eli esimerkiksi äärimmäisen kasvun skenaariossa vuonna 2035 Saksassa rekisteröitävistä autoista noin 80 % olisi robottiautoja, mutta robottiautojen penetraatioaste koko autokannassa olisi kuitenkin vasta noin puolet tästä. Kuvassa 9 ero uusissa rekisteröinneissä Saksan ja Yhdysvaltojen välillä tulee siitä, että Saksassa luksusautojen osuus on tyypillisesti suurempi ja ajoneuvojen käyttöikä pidempi. (Kröger et al. 2016)

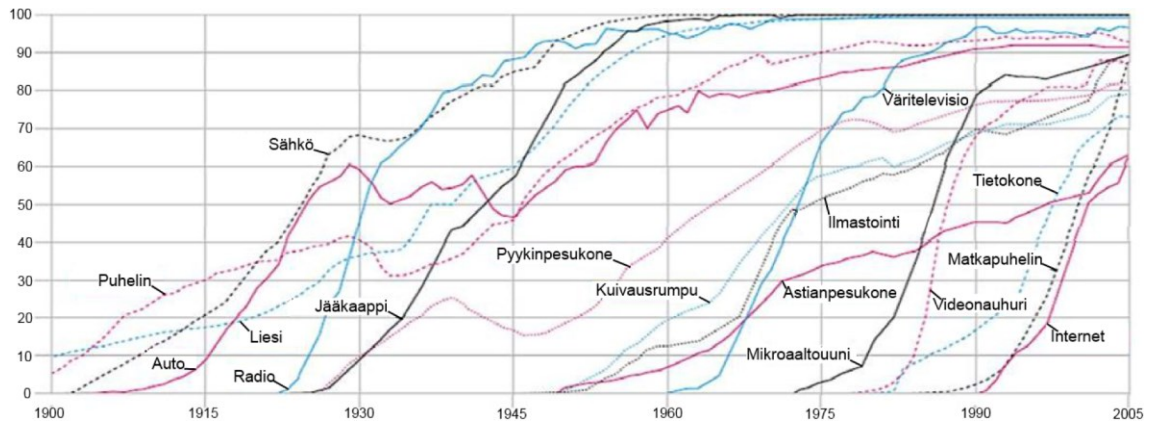
Suomessa muutokset robottiautojen osuudessa autokannasta ovat vielä merkittävästi hitaampia, sillä ajoneuvokannan keski-ikä ja keskimääräinen romutusikä ovat paljon suurempia kuin Saksassa ja Yhdysvalloissa. Vuonna 2010 henkilöautojen keski-ikä Suomessa oli noin 12 vuotta, kun se Saksassa oli noin 8 vuotta (Autoalan tiedotuskeskus 2014). Suomessa autokanta myös uusiutuu hitaasti, sillä autojen keskimääräinen romutusikä on yli 20 vuotta, mikä on merkittävästi suurempi kuin romutusikä Euroopassa keskimäärin (Autoalan tiedotuskeskus 2016).

Sen sijaan skenaariossa, joissa yksityisestä autonomistuksesta siirrytään kohti yhteiskäyttöajoneuvoja ja robottitakseja, muutokset voivat tapahtua paljon nopeamminkin. Tällöin uusien ajoneuvojen hankintahinta ei itsessään muodostu ongelmaksi. Näin robottiautoja voi tulla markkinoille alusta alkaen nopeammin, kun nykyisin autottomat kuluttajat voivat siirtyä henkilöautojen käyttäjiksi ja toisaalta autolliset kuluttajat voivat saada jopa suoria säästöjä luopuessaan omista ajoneuvoistaan. Tosin näissäkin skenaariossa nykyisiin autoihin sisältyvä suuri pääoma tulee hidastamaan jonkin verran uudistumista, jolloin penetraatioasteen kasvu lähelle sataa prosenttia tulee kuitenkin viemään kauan aikaa.

Robottiautojen osuuteen uusista rekisteröitävistä ajoneuvoista vaikuttavat erityisesti robottiautojen ja palveluiden toimivuus, ihmisten valmius ottaa robottiautoja käyttöön sekä robottiautojen kustannukset. Lisäksi erityisesti yhteiskäyttöskenaariossa palveluntarjoajien, eli erillisten operaattoreiden, rooli voi olla suuri. Poliittisilla ohjauskeinoilla voidaan myös vaikuttaa robottiautojen yleistymiseen. On siis odotettavissa, että mikäli toimintaympäristö ei merkittävästi muutu, tulee robottiautojen yleistymisen kestämään vuosikymmeniä. Tosin robottiautojen yleistymisen nopeuteen on mahdollista vaikuttaa hyvin merkittävästi muun muassa hinnoittelun ja lainsäädännön keinoilla.

Erilaisia ennusteita robottiautojen penetraatioasteen kasvusta löytyy jonkin verran. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) järjestön paneeli ennustaa autonomisten autojen penetraatioasteen olevan 75 % vuonna 2040 (IEEE 2012). Litman (2017) ennustaa hieman maltillisemmin penetraatioasteen olevan 40–60 % vuonna 2050. Bierstedt et al. (2014) ennustavat penetraatioasteen olevan 25 % vuonna 2035. Kuitenkin samassa tutkimuksessa todettiin, että 95 % penetraatioaste voisi olla mahdollinen vuonna 2040, mikäli valtio tukee robottiautoja tai yhteiskäyttömallit lyövät kunnolla läpi.

Yllä esitellyt ennusteet perustuvat siihen, että autonominen teknologia ajoneuvoissa yleistyi yhtä nopeasti kuin muu autoihin kehitetty teknologia on yleistynyt. Davidson ja Spinoulas (2015) esittivät, että autonomisia autoja voitaisiin verrata myös muihin teknologisiin tuotteisiin. Oheisessa kuvassa 10 on esitetty erilaisten teknologioiden yleistymiseen kulunut aika Yhdysvalloissa 1900-luvulla. Huomion arvoista kuvassa on, että mitä pidemmälle ajallisesti mennään, sen nopeammin uudet teknologiset tuotteet ovat lyöneet läpi.



Kuva 10. Erilaisten teknologisten tuotteiden yleistymiseen kulunut aika Yhdysvalloissa 1900-luvulla (Davidson & Spinoulas 2015)

Esimerkiksi tietokoneella kesti noin 20 vuotta saavuttaa 80 % kattavuus. Kännykät yleistyivät vielä nopeammin, sillä 80 % kattavuuden saavuttamiseen riitti 15 vuotta. Luonnollisesti nämä ovat huomattavasti halvempia laitteita ja käyttöikä on pienempi, mutta siitä huolimatta nopeakin kasvu robottiautojen penetraatioasteessa on mahdollinen. (Davidson & Spinoulas 2015) Robottiautoja voisi verrata myös älypuheliiniin. Älypuhelimia ei aluksi koettu hyödyllisiksi, mutta todellisuudessa älypuhelimilla kesti alle 10 vuotta saavuttaa 80 % penetraatioaste (comScore 2015).

Tutkimukset vaikuttaisivat olevan yksimielisiä siitä, että jossain vaiheessa autonomiset autot valtaavat automarkkinat. Muutos tulee kuitenkin viemään vuosikymmeniä. Tutkimukset ennustavat keskimäärin, että autonomiset autot saavuttavat 50 % penetraatioasteen vuosina 2035–2050. Ennusteet sisältävät kuitenkin merkittävää epävarmuutta kumpaankin suuntaan. Suomessa muutosta hidastaa tyypillisesti vanha autokanta ja vaikeat olosuhteet robottiautoille. Toisaalta Suomessa tavoitellaan robottiautoilun edelläkävijän asemaa ja suomalaiset ovat keskimäärin teknisesti hyvin valveutuneita, mikä voi kiihdyttää automaattiajamisen suosiota muuhun maailmaan nähden.

4. KULUTTAJIEN VALMIUS OTTAA KÄYTTÖÖN ROBOTTIAUTOJA

4.1 Kyselytutkimuksia kuluttajien valmiudesta ja mielipiteistä robottiautoja kohtaan

Schoettle ja Sivak (2014) tutkivat ihmisten yleisiä mielipiteitä robottiautoista Kiinassa, Intiassa, Japanissa, Yhdysvalloissa, Isossa-Britanniassa ja Australiassa. Tutkimuksessa toteutettiin kysely kussakin maassa siten, että vastaajia oli kutakin maata kohden noin 500–600. Tutkimuksen tärkeimmät havainnot olivat seuraavat:

- Valtaosa vastaajista oli aiemminkin kuullut robottiautoista ja omasi positiivisen yleisen mielipiteen ja korkeat odotukset robottiautojen tuomista hyödyistä.
- Valtaosa vastaajista oli kuitenkin myös huolissaan robottiautojen turvallisuudesta ja tekniikan toimivuudesta.
- Vastaajat ilmaisivat huolensa erityisesti robottiautoista, joissa ei ole tavanomaisia ajoneuvon hallintalaitteita ollenkaan.
- Suurin osa vastaajista halusi älykästä teknologiaa heidän autoihinsa, mutta eivät toisaalta olleet valmiita maksamaan ylimääräistä siitä.

Taulukossa 7 on esitetty ihmisten suhtautumista robottiautoihin eri maissa. Kaikkein positiivisimmat asenteet robottiautoja kohtaan olivat Kiinassa ja Intiassa, joissa hyvin positiivisesti tai lievästi positiivisesti robottiautoihin suhtautui noin 85 % vastaajista. Japanissa puolestaan yli puolet vastaajista suhtautui neutraalisti robottiautoihin. Eniten kielteisiä vastauksia tuli Yhdysvalloissa, jossa hyvin kielteisesti tai lievästi kielteisesti suhtautui noin 16 % vastaajista. (Schoettle & Sivak 2014)

Taulukko 7. Suhtautuminen robottiautoihin eri maissa prosentteina (Schoettle & Sivak 2014)

Vastaus	Hyvin myönteinen	Lievästi myönteinen	Neutraali	Lievästi kielteinen	Hyvin kielteinen
Kiina	49,8	37,4	9,8	2,3	0,7
Intia	45,9	38,3	12,5	3,0	0,2
Japani	10,1	32,8	50,3	6,2	0,7
USA	22,0	34,3	27,3	12,4	4,0
U.K.	13,9	38,3	34,2	11,2	2,5
Australia	16,2	45,7	26,7	8,3	3,0

Schoettle ja Sivak (2014) kysyivät myös robottiautoihin liittyviä huolenaiheita. Vastavaan tutkimukseen Suomessa on toteuttanut Liikenneturva (2016). Molempien tutkimusten kyseisen kysymyksen tuloksia on esitelty taulukoissa 8–13. Taulukoissa ylimmällä rivillä on kansainvälisessä tutkimuksessa käytetty asteikko ja alimmalla rivillä Liikenneturvan Suomessa käyttämä asteikko. Numerot taulukoissa tarkoittavat prosentteja vastaajista. Eroavaisuudet kysymyksissä on eroteltu kauttaviivoilla.

Taulukko 8. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet järjestelmän toimimattomuudesta ja turvallisuudesta? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	68	28	4	1	
Intia	59	28	11	3	
Japani	31	46	20	4	
USA	51	31	15	4	
U.K.	45	37	15	4	
Australia	44	34	17	4	
Suomi	33	48	13	7	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukosta 8 huomataan, että valtaosa vastaajista kaikissa maissa on hyvin tai kohtalaisen huolissaan/peloissaan robottiautojen järjestelmän toimimattomuudesta ja turvallisuudesta. Suurinta huoli on Kiinassa, mutta myös Intiassa, Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa yli 80 % vastaajista oli hyvin tai kohtalaisen huolestuneita aiheesta. Suhteessa vähiten huolestuneita vastaajat olivat Suomessa ja Japanissa, joissa tosin vain pieni osa vastaajista ei ollut lainkaan huolissaan/peloissaan aiheesta.

Taulukko 9. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet epäselvistä vastuukysymyksistä onnettomuustilanteissa? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	55	37	8	0	
Intia	47	37	14	3	
Japani	21	49	24	6	
USA	41	36	15	7	
U.K.	30	43	20	7	
Australia	33	40	20	7	
Suomi	22	49	19	11	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukon 9 mukaan myös vastuukysymyksissä suomalaiset yhdessä japanilaisten kanssa vaikuttaisivat olevan suvaitsevaisimpia robottiautoja kohtaan. Noin viidennes suomalaisista ei pitänyt vastuukysymyksiä lainkaan ongelmallisina. Suurinta huoli oli Kiinassa, jossa hyvin huolestuneita tai kohtalaisen huolestuneita oli noin 92 % vastaajista.

Taulukko 10. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet ajoneuvon hakkeroinnista ulkopaikoin? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	55	32	12	1	
Intia	57	25	13	4	
Japani	19	50	26	5	
USA	40	31	21	9	
U.K.	29	37	23	10	
Australia	34	33	23	11	
Suomi	25	46	20	9	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukosta 10 huomataan, että erityisesti kiinalaiset ja intialaiset ovat hyvin huolissaan tietoturvasta, kun taas japanilaisista, briteistä ja suomalaisista selvästi alle kolmannes oli hyvin huolestuneita / hyvin peloissaan robottiautojen tietoturvallisuudesta. Suomalaisista vastaajista lähes viidennes ei ollut lainkaan peloissaan kyberturvallisuudesta, kun muualla ei lainkaan huolestuneita vastaajia oli merkittävästi vähemmän.

Taulukko 11. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet yksityisyydensuojan pienemmisestä? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	50	36	13	1	
Intia	51	31	13	5	
Japani	13	50	26	12	
USA	39	31	20	11	
U.K.	24	38	23	15	
Australia	28	32	27	13	
Suomi	16	36	37	11	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukosta 11 huomataan, että kiinalaiset ja intialaiset ovat selvästi muita huolestuneempia myös yksityisyyden suojan pienentymisestä. Huomionarvoista on myös, että suomalaisista peräti yli kolmannes vastaajista eivät ole ollenkaan peloissaan yksityisyyden suojan heikkenemisestä. Japanilaisista vastaajista harva oli hyvin huolestunut, mutta toisaalta puolet vastaajista oli kuitenkin kohtalaisen huolestuneita yksityisyydensuojan pienentymisestä.

Taulukko 12. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet siitä, että et opi käyttämään autonomisia autoja? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	42	44	13	2	
Intia	44	33	17	7	
Japani	10	42	32	16	
USA	29	30	26	15	
U.K.	15	33	30	21	
Australia	21	32	27	20	
Suomi	7	23	62	7	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukon 12 mukaan suomalaiset vaikuttaisivat olevan selvästi muita luottavaisempia siihen, että osaavat käyttää autonomisia autoja. Suomalaisista peräti 62 % ei ole lainkaan peloissaan asiasta. Puolestaan kiinalaisista ja intialaisista valtaosa vastaajista on vähintään kohtalaisen huolestuneita siitä, että he eivät opi käyttämään autonomisia autoja.

Taulukko 13. *Kuinka huolissasi/peloissasi olet tekniikan toimimattomuudesta huonoissa oloissa / Suomen oloissa? (Schoettle & Sivak 2014; Liikenneturva 2016)*

Vastaus	Hyvin huolestunut	Kohtalaisen huolestunut	Hieman huolestunut	En lainkaan huolestunut	
Kiina	60	33	6	1	
Intia	51	29	16	5	
Japani	15	47	30	8	
USA	40	34	19	7	
U.K.	18	37	30	14	
Australia	26	34	29	12	
Suomi	31	46	14	9	
Vastaus	Pelottaa paljon	Pelottaa jonkin verran	Ei pelota ollenkaan	En osaa sanoa	

Taulukon 13 mukaan kaikissa maissa valtaosa vastaajista oli vähintään jonkin verran huolissaan/peloissaan tekniikan toimimattomuudesta huonoissa oloissa. Briteistä ja suomalaisista löytyi eniten (14 %) vastaajia, jotka eivät olleet lainkaan huolissaan/peloissaan tekniikan toimimattomuudesta huonoissa oloissa.

Hieman yllättäen kiinalaiset ja intialaiset vaikuttaisivat olevan keskimäärin selvästi muita kansoja huolestuneempia yksittäisistä robottiautoihin liittyvistä asioista, vaikka suhtautuivat samalla kaikkein myönteisimmin robottiautoihin kokonaisuudessaan. Japanilaiset suhtautuivat yleisesti robottiautoihin kaikkein neutraaleimmin. Tämä näkyy myös huolestuneisuudessa robottiautoihin liittyvissä asioissa, sillä japanilaiset olivat keskimäärin eniten hieman tai kohtalaisen huolestuneita. Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa vain noin puolet vastaajista suhtautui robottiautoihin myönteisesti. Näissä maissa huolestuneisuus robottiautoihin liittyvistä asioista korreloi suhtautumisen kanssa ja vastaukset painottuivatkin hyvin huolestuneeseen ja kohtalaisen huolestuneeseen. Suomalaiset vaikuttaisivat olevan vähiten huolissaan robottiautoihin liittyvissä asioissa. Australialaiset vastaajat vaikuttavat keskimäärin hieman huolestuneemmilta kuin suomalaiset, mutta muuten vastaukset jakautuivat samankaltaisesti Suomessa ja Australiassa.

Tuloksia ei kuitenkaan voida vertailla suoraan toisiinsa. Schoettle ja Sivak toteuttivat tutkimuksensa vuonna 2014 ja Liikenneturva vuonna 2016. Robottiautojen ollessa hypevaiheessa, tällainen kahden vuoden ero tutkimuksissa voi olla merkittävä. Vastausasteikko tutkimuksissa oli myös hyvin erilainen, mikä varmasti vaikutti jonkin verran tuloksiin. Lisäksi Schoettlen ja Sivakin tutkimuksessa otoksen edustavuus ei ole kovin hyvän sen pienen koon vuoksi. Liikenneturvan kyselyn otoskoko, 1238, on kuitenkin jo suhteellisen edustava otos suomalaisista (Liikenneturva 2016). Liikenneturvan raportissa huomioitiin kuitenkin vain ajokortilliset vastaajat, kun kansainvälisessä tutkimuksessa huomioitiin kaikki vastaajat.

Kyriakidis et al. (2015) toteuttivat laajan internetkyselyn yleisestä mielipiteestä robottiautoihin liittyen. Kyselyssä oli vastaajia noin 5 000, mutta ne tulivat hajautuneesti ympäri maailmaa, yhteensä 109:stä eri maasta. Tutkimuksessa ei mainittu tarkemmin otoksen poimintatavasta, joten otannon kattavuus voidaan kyseenalaistaa. Tutkimuksen tärkeimpiä havaintoja olivat:

- Vastaajat olivat eniten huolissaan kyberturvallisuudesta, liikenneturvallisuudesta, laillisuudesta ja yksityisyydestä.
- Yleinen mielipide jakautui melko paljon. Osa vastaajista piti automaattista ajamista hyvänä asiana, kun taas toiset eivät olleet valmiita maksamaan siitä eivätkä pitäneet automaattista ajamista nautinnollisena kokemuksena.
- Erityisesti vastaajat korkean tulotason maista eivät pitäneet ajatuksesta, että ajoneuvo jakaa dataa suoraan vakuutusyhtiöille, veroviranomaisille tai liikenneviranomaisille. (Kyriakidis et al. 2015)

Kirjallisuudessa useissa lähteissä on havaittu samankaltaisuuksia tiettyjen väestöryhmien kiinnostuksesta robottiautoihin. Monissa kyselytutkimuksissa miesten on havaittu olevan naisia kiinnostuneempia autonomisista autoista. Lisäksi on havaittu, että erityisesti tiheästi asutulla kaupunkialueella asuvat, korkeasti koulutut ja hyvätuloiset henkilöt ovat keskimäärin muita kiinnostuneempia autonomisista autoista. Tyypillisesti myös nuoret ovat olleet vanhoja ihmisiä kiinnostuneempia käyttämään autonomisia autoja. (Alessandrini et al., 2014; Bansal et al. 2016; Cavoli et al. 2017; Ipsos MORI 2014; König & Neumayr 2017).

Ihmisten kiinnostusta ja halukkuutta käyttää autonomisia autoja on tutkittu jo melko paljon viime vuosina. On tutkimuksia, joissa valtaosa vastaajista ei ole kiinnostuneita robottiautoista eikä halukkaita käyttämään robottiautoja. Syitä tähän ovat muun muassa epäluottamus robottiautoja kohtaan ja toisaalta kiintymys omaa autoa ja ajamista kohtaan. Osa tutkimuksista taas päättyy johtopäätökseen, jossa iso prosentti vastaajista olisi halukkaita käyttämään autonomisia autoja. Valtaosa kyselytutkimuksista on kuitenkin melko yksipuolisia ja suunnattuja tietyille ryhmille. Otoksia ei välttämättä ole valittu satunnaisotannalla ja siten tuloksia ei voida yleistää koko populaatioon. (Cavoli et al. 2017)

König ja Neumayr (2017) tutkivat ihmisten muutosvastarintaa uusia radikaaleja innovaatioita kohtaan case-tutkimuksella, jonka aiheena olivat autonomiset autot. Tutkimuksessa kerättiin aineistoa määrällisellä internetkyselyllä, jota pyrittiin levittämään laajasti useisiin maihin. Tutkimuksessa oli yhteensä 489 vastaajaa 33 eri maasta. Tutkimuksessa havaittiin, että hypoteesi psykologisista esteistä autonomista ajamista kohtaan on olemassa. Ihmiset olivat keskimäärin haluttomia luovuttamaan auton ohjaustoimintoja automaatiolle. Eniten ihmiset pelkäsivät autoihin kohdistuvia kyberhyökkäyksiä ja automaatiojärjestelmien toimimattomuutta.

4.2 Sosiaalinen näkökulma

Moraaliset haasteet nousevat usein esiin robottiautoista puhuttaessa. Moraalisilla haasteilla tarkoitetaan tilanteita, joissa robottiauto voi joutua päättämään, kuka kärsii onnettomuustilanteissa. Usein vertailukohtana on esimerkiksi tilanne, jossa robottiauton pitää päättää, ajaako se väkijoukkoon suojellen kyydissä olevia vai uhraako se kyydissä olevat säästääkseen mahdollisesti enemmän ihmishenkiä auton ulkopuolella.

Bonnefon et al. (2016) tutkivat tätä sosiaalista dilemmaa autonomisilla autoilla. Tutkimuksen lähtökohtana oli, että robottiautot muun muassa vähentävät päästöjä, tehostavat liikennettä ja vähentävät noin 90 % onnettomuuksia. Silti onnettomuuksia tapahtuu vielä ja joskus robottiautojen tulee tehdä vaikeita eettisiä päätöksiä tilanteissa, joissa henkilövahingoilta ei voida välttyä. Avoimia eettisiä kysymyksiä ovat esimerkiksi: Onko hyväksyttävää välttää kolari moottoripyöräilijän kanssa väistämällä päin seinää, kun selviytymisen todennäköisyys on suurempi robottiauton matkustajalla kuin moottoripyöräilijällä?

Pitäisikö robottiautojen huomioida matkustajien ja onnettomuuteen joutuvien jalankulkijoiden ikä? Jos autonvalmistaja tarjoaa erilaisia moraalisia algoritmeja, voidaanko asiakasta pitää vastuussa, jos hän tietoisesti valitsee robottiautoonsa algoritmin, joka suojelee matkustajia?

Bonnefon et al. (2016) suorittivat Yhdysvalloissa kuusi erillistä internetkyselyä, joissa vastaajia oli yhteensä 1928. Ihmisten moraalikäsitykset poikkesivat jonkin verran toisistaan, mutta valtaosa vastaajista oli kuitenkin sitä mieltä, että robottiauton kyydissä olevat voidaan uhrata, mikäli näin voidaan säästää enemmän ihmishenkiä. Samalla valtaosa vastaajista oli kuitenkin sitä mieltä, että eivät itse haluaisi matkustaa robottiautolla, joka voisi onnettomuustilanteissa uhrata kyydissä olevat säästääkseen auton ulkopuolella enemmän ihmishenkiä. Karrikoidusti voidaan sanoa, että yleisesti ihmiset haluavat muiden käyttävän robottiautoja, jotka pyrkivät minimoimaan henkilövahinkojen määrän, mutta haluavat itse käyttää robottiautoa, joka suojelee matkustajia tarvittaessa muiden kustannuksella.

Lin (2016) pohtii artikkelissaan miksi etiikka on tärkeää huomioida autonomisissa autoissa. Tulevaisuudessakaan onnettomuuksia ei välttämättä pystytä ehkäisemään kokonaan, jolloin autonomisilla autoilla oltava eettisyyden huomioiva strategia onnettomuuksien vahinkojen minimoimiselle. Mikäli ajoneuvojen eettisyyttä ei huomioida ja onnettomuuksia tapahtuu, voi seurauksena olla massiivisia ongelmia niin yksittäisille autonvalmistajille kuin koko robottiautojen yleistymisellekin.

Suurin haaste ei välttämättä kuitenkaan ole eettisten dilemموjen ratkaiseminen vaan se on ratkaisujen saattaminen yleiseen tietouteen. Antaapa eettisiin dilemmoihin minkä tahansa vastauksen, se ei tule miellyttämään kaikkia ihmisiä. Tällöin ihmiset eivät välttämättä hyväksy robottiautoja, jolloin niiden yleistymisen hidastuu. Ennemmin tai myöhemmin autonomiset ajoneuvot tulevat kuitenkin valtaamaan markkinat ja muutos sujuu paremmin, jos myös eettiset ongelmat käsitellään ennakoitusti ja perusteellisesti. (Lin 2016)

Ajoneuvojen ohjelmointiin liittyvän etiikan lisäksi myös vastuukysymykset nousevat usein esiin puhuttaessa robottiautoista. Käytännössä vastuukysymysten ytimenä on se, että kuka kantaa vastuun mahdollisista onnettomuuksista autonomisilla autoilla. Hevelke ja Nida-Rumelin (2015) käsitelivät tutkimuksessaan robottiautojen onnettomuustilanteiden vastuukysymyksiä eettisestä näkökulmasta. Tutkimuksen mukaan vastuukysymyksiä ei voida pitää vain laillisuuskysymyksinä, vaan niiden moraalista näkökulmaa tulee myös pohtia.

Tutkimuksen mukaan ajoneuvon valmistajan pitäminen vastuussa olisi kaikkein selkein valinta. Se on samalla myös hyvin ongelmallinen. Valmistajien pitäminen täysin vastuussa kaikista onnettomuuksista voisi heikentää robottiautojen kehitystyötä. Vaihtoehtona voisi olla osittainen vastuu onnettomuuksista, missä vastuu määriteltäisiin siten, että

se ei haittaisi kehitystyötä tai parhaimmillaan jopa edistäisi sitä. (Hevelke & Nida-Rumelin 2015)

Toinen vaihtoehto olisi pitää robottiautojen käyttäjiä vastuussa mahdollisista onnettomuuksista. Tämä toimisi tilanteissa, joissa kuljettajalla on velvollisuus seurata jatkuvasti ja tarvittaessa puuttua ajoneuvon toimintaan. Tämä toimii kuitenkin vain alemmilla automaatiotasolla, joissa ajoneuvoissa on vielä hallintalaitteet käytettävissä. Samalla se veisi kuitenkin robottiautojen merkittäviä etuja pois, kuten nuorten, vanhusten ja ajokortittomien paremman liikkuvuuden sekä ajamisesta vapautuvan ajan hyötykäytön. (Hevelke & Nida-Rumelin 2015)

Yhtenä mahdollisuutena olisi pitää robottiauton käyttäjää vastuussa auton toiminnasta, vaikka hänellä ei olisi velvollisuutta tai edes mahdollisuutta puuttua ajoneuvon toimintaan. Tätä vaihtoehtoa voi järkeistää siltä kantilta, että matkustaja ottaa tietoisesti riskin käyttäessään autonomista autoa ja on siten vastuussa mahdollisista onnettomuuksista. Tässä tapauksessa vastuu onnettomuuksista voisi jakautua kaikille robottiautoja käyttäville riippumatta siitä, mikä yksittäinen robottiauto joutuu onnettomuuteen. Tällöin järkevänä ratkaisuna voisi olla vero tai pakollinen vakuutus, josta onnettomuuskulut kateetaan. (Hevelke & Nida-Rumelin 2015)

Olettaen, että robottiautot säästävät vuosittain merkittävästi ihmishenkiä, ei valmistajia kannata pitää täydessä vastuussa onnettomuuksista. Tietenkään valmistajia ei myöskään tule vapauttaa vastuusta kokonaan, vaan selkeistä virheistä ja piittaamattomuudesta tulisi jatkossakin rankaista. Käyttäjien pitäminen vastuussa vaikuttaisi kuitenkin järkevimmältä ratkaisulta vastuukysymyksiin. Se, mikä käyttäjäkohtainen vastuumalli olisi paras, riippuu pitkälti automaation tasosta ja kehityksestä. (Hevelke & Nida-Rumelin 2015)

Moraalisia haasteita kohtaan löytyy kuitenkin myös kriittisempää suhtautumista. Muun muassa Brooks (2017) kritisoi artikkelissaan eettistä dilemmaa teennäiseksi ja turhaksi. Artikkelin mukaan usein esitetyt eettiset dilemmat ovat täysin hypoteettisia ja epärealistisia, eikä niitä todellisuudessa tapahdu koskaan. Tällöin ne eivät ole oleellisia kysymyksiä robottiautojen kehitystä tutkittaessa.

5. KYSELY JA TULOKSET

5.1 Kyselyn toteutus

Kyselytutkimus toteutettiin vuonna 2017 touko- ja kesäkuun aikana postikyselynä internetvastausmahdollisuudella. Kyselyssä kerättiin tietoa Manner-Suomessa asuvien 18–64-vuotiaiden suomalaisten suhtautumisesta robottiautoihin ja robottiautojen vaikutuksista ihmisten liikkumiseen. Kyselyssä kartoitettiin erityisesti automaatiotasojen 2 ja 4 vaikutuksia kaikissa liikenneympäristöissä. Lähtökohtaisesti kyselyn tarkoituksena oli muodostaa mahdollisimman laaja kokonaiskuva aiheesta, sillä kyselytutkimus oli ensimmäinen laatuaan Suomessa.

Kysely toteutettiin SP-menetelmällä (stated preference), eli kuvitteellisia valintoja hyödyntämällä. Kyselyssä vastaajilta kerättiin taustatiedot, kuten ikä, sukupuoli ja ajokorttilisuus, joiden avulla vastaajat voidaan kategorisoida. Muut kyselyn kysymykset olivat valintatehtäviä ja järjestämistehtäviä.

Tutkimuksen otos poimittiin Väestörekisterikeskuksesta satunnaisotannalla ikä- ja sukupuoliryhmittäin suhteessa perusjoukon ikä- ja sukupuolijakaumaan. Otoksen perusjoukkoon kuuluivat Suomessa asuvat 18–64-vuotiaat henkilöt. Vaikka tätä ikähaarukkaa nuoremmat ja myös vanhemmat ihmiset ovat robottiautojen liikkumisvaikutuksia tutkittaessa mielenkiintoisia, ei tämän kaltaisessa kyselyssä näiltä ryhmiltä voida olettaa riittävän objektiivisia ja tiedostavia vastauksia. Perusjoukon koko on 3 271 630 henkilöä Tilastokeskuksen vuoden 2017 väestöennusteen mukaan (Tilastokeskus 2015). Otantasuhde on 0,3 % ja otoskoko 10 000 henkilöä. Kustakin ikä- ja sukupuoliryhmästä otokseen tuli valituksi mukaan henkilöitä taulukon 14 mukaisesti.

Taulukko 14. *Otokseen valittujen henkilöiden lukumäärä ikä- ja sukupuoliryhmittäin*

otoskoko		
ikäryhmät	miehet	naiset
18-24	683	654
25-34	1084	1028
35-44	1052	995
45-54	1056	1036
55-64	1185	1227
yhteensä	5060	4940

Tutkimus toteutettiin suomeksi, mutta tutkimukseen oli mahdollista vastata internetissä myös ruotsiksi. Tutkimus toteutettiin kolmessa osassa. Ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin koetutkimus kauppakeskus DUO:ssa Tampereen Hervannassa. Koetutkimuksen

tarkoituksena oli selvittää kyselylomakkeen toimivuutta ihmisillä. Koska koetutkimuksen jälkeen lomakkeeseen ei tehty enää muutoksia, otettiin myös koetutkimusvastaukset mukaan tietokantaan. Toisessa vaiheessa kaikille otokseen valituille henkilöille lähetettiin postikyselylomake saatekirjeineen (Liite A). Vastausvaihtoehtoina olivat vastaaminen internetissä tai kyselylomakkeen postittaminen. Kolmannessa vaiheessa lähetettiin kaikille toisessa vaiheessa vastaamatta jättäneille postikorttimuotoinen muistutus (Liite B) osallistua tutkimukseen. Tämän diplomityön puitteissa analysoidaan kuitenkin vain ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa tulleita vastauksia.

5.2 Tutkimusaineiston sisältö

Tutkimuksen kyselylomake ja saatekirje löytyvät liitteestä A. Tutkimuksen kyselylomake koostui viidestä osa-alueesta:

- OSA I: Kiinnostus automaatioon
- OSA II: Matkustuskäyttäytyminen
- OSA III: Robottitaksit
- OSA IV: Automaattiautojen käyttöönoton pelot ja esteet
- OSA V: Taustatiedot ja avoin palaute

Koska kyselyn aihe on varsin laaja ja kyselyllä haluttiin muodostaa mahdollisimman laaja kokonaiskuva aiheesta, ei kysymyksiä voitu linkittää niin hyvin toisiinsa kuin yleensä SP-tutkimuksissa tehdään. Tyypillisessä liikenteen SP-kyselyssä aihe on melko rajoitettu ja kysymysten asettelu ja vastausvaihtoehdot pysyvät pitkälti samoina, mutta vastausvaihtoehtojen parametrit muuttuvat. Näin pystytään tutkimaan parametrien vaikutusta vastauksiin. Tässä tutkimuksessa parametrit olivat kuitenkin sivuroolissa, sillä tarkoituksena oli selvittää, miten ihmiset suhtautuvat tällä hetkellä robottiautoihin eri tilanteissa ja ympäristöissä. Parametrien vaikutuksia tutkittaessa olisi kysymysmäärän pitänyt olla moninkertainen jokaista aihealuetta kohden, jolloin tutkimuksesta olisi tullut liian pitkä. Tällöin virhemarginaali olisi kasvanut merkittävästi vastausväsymyksen ja vastauskadon johdosta.

OSA I: Kiinnostus automaatioon

Kyselyn ensimmäisessä osassa kartoitettiin yleisesti ihmisten kiinnostuneisuutta ja mielipiteitä robottiautoja kohtaan. Ensimmäisenä kysyttiin, miten ihmiset suhtautuvat yleisesti robottiautoihin. Kysymys asetettiin ensimmäiseksi, jotta ihmiset voivat vastata siihen välittömästi ohjeet luettuaan ilman, että kyselylomake vaikuttaa vastauksiin. Kysymyksen haluttiin myös olevan vertailukelpoinen kansainvälisten tutkimusten kanssa, joten asteikoksi valittiin viisiportainen likert-asteikko, jota mm. Schoettle ja Sivak (2014) käyttivät tutkimuksessaan.

Kyselyn toisena kysymyksenä kysyttiin, mitä seuraavista automaatiojärjestelmistä olette jo käyttänyt. Vaihtoehtoina olivat mukautuva vakionopeudensäädin, kaistavahti ja automaattinen pysäköintiavustin. Kysymyksen pääasiallisena tarkoituksena oli herätellä vastaajia siihen, että automaatio on jo tätä päivää, eikä aihe välttämättä ole niin utopistinen, miltä se ensin voi vaikuttaa. Samalla kysymyksellä saadaan tietoa siitä, miten laajasti automaatiojärjestelmiä on kokeiltu ja toisaalta, miten automaatiojärjestelmien kokeileminen vaikuttaa muihin vastauksiin.

Kolmannessa kysymyksessä kysyttiin, millaisista automaatiojärjestelmistä olisitte eniten kiinnostunut. Vastausvaihtoehtoina olivat kuljettajaa avustavat järjestelmät, automaatiotason 2 autot, automaatiotason 4/5 autot ja autot, joissa ei ole mitään kuljettajia avustavia järjestelmiä. Näin jaoteltuna vastausvaihtoehdoissa saatiin kattavasti automaation eri tasoja huomioitua siten, että vastausvaihtoehdot kuitenkin erosivat toisistaan riittävästi.

Ensimmäisen osion viimeisessä kysymyksessä haettiin ihmisten mielipiteitä siitä, mihin suuntaan automaation tulisi kehittyä. Kysymyksessä esitettiin kuusi erilaista väittämää, joihin ihmisten piti vastata viisiportaisella likert-asteikolla (samaa mieltä – eri mieltä). Väittämällä pyrittiin selvittämään, miten vahvasti ihmiset haluavat käyttää automatiikkaa, miten ihmiset kokevat henkisesti ja fyysisesti automaatiojärjestelmien käyttämisen ja pitävätkö ihmiset automaation kehittymistä yleisesti toivottavana kehityssuuntana.

OSA II: Matkustuskäyttäytyminen

Kyselyn toisessa osassa pyrittiin kartoittamaan muutoksia yleisesti matkustuskäyttäytymisessä. Kysymys 5 jakautui kolmeen osaan, joissa täytyi laittaa paremmuusjärjestykseen oma tavallinen henkilöauto, oma robottiauto (automaatiotaso 4) ja joukkoliikenne eri pituisilla matkoilla, eri liikenneympäristöissä ja erilaisilla kustannus-, matka-aika- ja kävelymatkan arvioilla. Lähtökohtaisesti eri parametrit pyrittiin hakemaan mahdollisimman todennukaisiksi. Todellisuudessa kaikki välillisetkin kustannukset huomioiden omat autot olisivat hieman kalliimpia, mutta vertailtavuuden vuoksi tässä jätettiin huomioimatta esimerkiksi ajoneuvojen vuotuinen arvonalenema. Joukkoliikenne pidettiin tässä kysymyksessä tarkoituksella suurempien kaupunkien tai niiden lähialueiden tasolla, eli melko kilpailukykyisenä. Suurelle osalle suomalaisista näin kilpailukykyinen joukkoliikenne ei kuitenkaan ole todellisuutta.

Kysymyksessä 5a kuvitteellinen matka oli 200 kilometriä kaupungin A keskustasta kaupungin B keskustaan. Oma robottiauto arvotettiin hieman kalliimmaksi kuin omatavallinen auto, koska ajoneuvon automatisointi luonnollisesti maksaa hieman. Kuitenkin matka-aika ja kävelymatkan pituus olivat hieman lyhyempiä, sillä robottiautoa ei tarvitse itse pysäköidä, jolloin se voi jättää matkustajan lähemmäs määränpäättä ja ajaa itsestään pysäköintialueelle. Joukkoliikenne arvotettiin tässä merkittävästi halvemmaksi, mutta toisaalta matka-aika hieman pidemmäksi kuin muissa vaihtoehdoissa. Koska matka oli

keskustasta keskusta, haluttiin kävelyn osuus jättää pienemmäksi kuin omalla autolla, mutta toisaalta suuremmaksi kuin robottiautolla.

Kysymyksessä 5b kuvitteellinen matka oli 10 kilometriä laitakaupungilta keskusta. Tässä oma henkilöauto ja oma robottiauto olivat yhtä kalliita sillä ajatuksella, että pysäköintikustannukset ovat omalla robottiautolla pienemmät, kun se voi pysäköidä kauemmas keskustasta. Joukkoliikenne on myös tässä kysymyksessä selkeästi halvin vaihtoehto. Joukkoliikenteen matka-aika ja kävelymatkan pituus ovat muita suurempia, koska oletuksena laitakaupungilla oma ajoneuvo on keskimäärin lähempänä kuin joukkoliikenneväline, odotusaikaa ei ole ja myös ajoaika on pysähdyksistä johtuen tyypillisesti hitaampi.

Kysymyksessä 5c kuvitteellinen matka oli 100 kilometriä haja-asutusalueella. Tällöin voidaan olettaa, että ajoneuvon voi pysäköidä määränpähän, jolloin robottiauton ja tavallisen auton välillä ei ole eroja matka-ajassa ja kävelyn määrässä. Kustannuksiin robottiauton tekniikan oletetaan kuitenkin tuovan pienen lisän. Tässäkin tapauksessa joukkoliikenne on halvin vaihtoehto, mutta matka-aika ja kävelymatkan pituus ovat jo merkittävästi suurempia.

Kysymyksessä 6 kysyttiin yleisellä tasolla, uskoisivatko ihmiset liikkuvansa henkilöautolla enemmän, mikäli tietyt oletukset liikkumisesta toteutuvat. Oletuksina käytettiin yleisesti robottiautoilta odotettuja hyötyjä ilman, että kysymyksessä suoraan mainittiin robottiautoja. Oletuksia olivat, että autolla liikkumisesta tulisi kokonaiskustannuksiltaan nykyistä halvempaa, autolla liikkumisesta tulisi vähemmän rasittavaa, kun ajon aikana voisi tehdä muuta ja autolla liikkumisesta tulisi aina mahdollista, vaikka ei itse olisi ajokunnossa.

OSA III: Robottitaksit

Kolmannessa osiossa jatkettiin matkustuskäyttäytymisen muutoksilla, mutta mukaan otettiin myös robottitaksit. Lisäksi tässä osassa pohdittiin autonomistuksen tarvetta tulevaisuudessa, mikäli yhteiskäyttöajoneuvot yleistyvät.

Kysymyksessä 7 kysyttiin, kummasta ihmiset ovat enemmän kiinnostuneita, omasta robottiautosta vai robottitaksista. Oman robottiauton odotettiin tuovan 2 000 euron vuosittaisen lisäkustannuksen ja robottitaksin odotettiin olevan aina saatavilla 7 minuutissa tilauksesta. 2 000 euron kustannukset autonomistuksesta lienevät alakanttiin ainakin alkuvaiheessa, kun kaikki robottiautot ovat melko kalliita. Vuosittaiset kustannukset jätettiin kuitenkin tarkoituksella näin pieneksi, sillä iso osa vastaajista ei välttämättä ymmärrä ajoneuvon arvonaleneman vaikutusta vuosittaisiin kustannuksiin ja toisaalta suuri osa ihmisistä ei välttämättä usko tulevaisuudessa omistavansa ajoneuvoa, jonka arvonalena vuosittain on tuhansia euroja. Robottitaksin 7 minuutin saatavuus ei luonnollisesti haja-asutusalueella ole realismia, mutta suurimmalle osalla ihmisistä tällainen palvelutaso on kuitenkin mahdollista toteuttaa.

Kysymyksessä 8 täytyi laittaa 10 kilometrin matkalla paremmuusjärjestykseen yksityinen robottitaksi, jaettu robottitaksi, joukkoliikenne ja tavallinen taksi. Erityisenä mielenkiinnon kohteena kysymyksessä oli vastausten jakautuminen robottitaksien välillä sekä se, miten robottitaksit vaikuttavat joukkoliikenteen kysyntään suhteessa omaan robottiautoon. Tavallinen taksi lisättiin kysymykseen lähinnä vaihtoehdoksi niille, jotka eivät voi kuvitella käyttävänsä robottiautoja tai joukkoliikennettä. Kävelymatka oletettiin kaikilla vaihtoehdoilla yhtä pitkäksi, joten se jätettiin kokonaan huomioimatta tässä kysymyksessä. Kustannukset ja matka-aika pyrittiin arvioimaan mahdollisimman todenmukaisesti. Eli tällöin joukkoliikenne olisi halvin mutta hitain vaihtoehto ja tavallinen taksi kallein mutta nopein vaihtoehto. Yksityinen robottitaksi arvioitiin yhtä nopeaksi kuin tavallinen taksi, mutta kustannuksiltaan puolet pienemmäksi. Jaetulla robottitaksilla kustannusten arvioitiin laskevan entisestään, mutta matka-ajan hieman kasvavan, kun kyytiin voi tulla myös tuntemattomia matkustajia.

Kysymyksessä 9 haluttiin selvittää, miten robottitaksi vaikuttaa vastauksiin oman tavallisen auton, oman robottiauton ja joukkoliikenteen rinnalla 100 kilometrin matkalla. Tässä kysymyksessä joukkoliikenne merkittiin junaksi ja siitä tehtiin nopein ja halvin vaihtoehto, jolloin voidaan tutkia, onko tällä vaikutusta vastauksiin suhteessa kysymykseen 5. Yksityinen robottitaksi arvioitiin autoista halvimmaksi ja oma robottiauto kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Oma robottiauto oli kuitenkin muita autoja nopeampi vaihtoehto, sillä sitä ei tarvitse itse pysäköidä eikä sitä tarvitse erikseen tilata ja siten käyttäjälle ei tule odotusaikaa.

Kysymyksessä 10 haluttiin kysymyksen 7 tapaan selvittää, miten robottiautot ja robottitaksit vaikuttavat autonomistukseen tilanteessa, jossa kaikki liikenteessä olevat ajoneuvot ovat robottiautoja. Kysymyksessä vuosittaiset kulut ajateltiin prosentteina, jotta nähdään, onko tällä vaikutusta vastausten jakaumaan. Robottitaksille oletettiin tässä kysymyksessä viiden minuutin saatavuus.

OSA IV: Automaattiautojen käyttöönoton pelot ja esteet

Kysymyksessä 11 täytyi laittaa tärkeysjärjestykseen yleisesti robottiautoihin liitettäviä huolenaiheita ja uhkakuvia. Huolenaiheiden saaminen tärkeysjärjestykseen oli kyselyn suunnitteluvaiheessa erityinen tilaajan toive. Yleisesti tunnettuja huolenaiheita löytyi enemmänkin, mutta järjestämistehtävän selkeyden vuoksi kysymykseen voitiin valita vain kuusi mielestämme tärkeintä/yleisintä huolenaihetta.

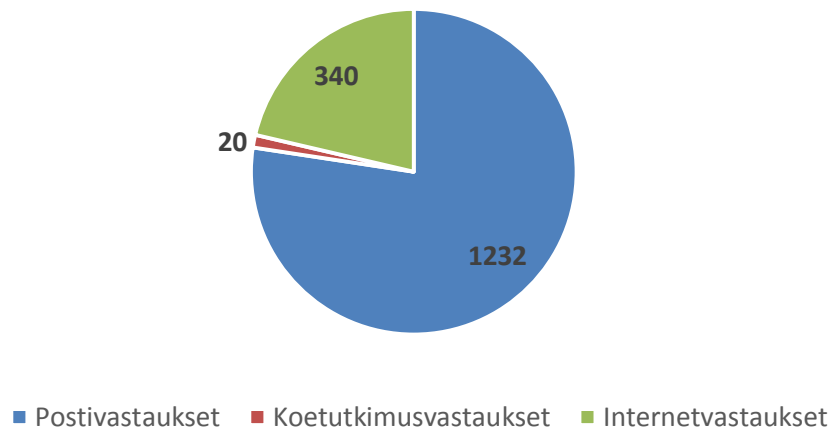
OSA V: Taustatiedot ja avoin palaute

Tämän osion tarkoituksena oli kerätä henkilöistä taustatietoja, joiden pohjalta vastaajia voidaan kategorisoida. Taustatiedoiksi kerättiin tyypillisesti liikkumistottumuksiin vaikuttavia asioita siitä näkökulmasta, että niillä voisi olla vaikutusta myös robottiautojen käyttämisessä. Näiden lisäksi vastaajille annettiin mahdollisuus antaa palautetta erikseen sekä robottiautoista että tutkimuksesta.

5.3 Vastausaktiivisuus

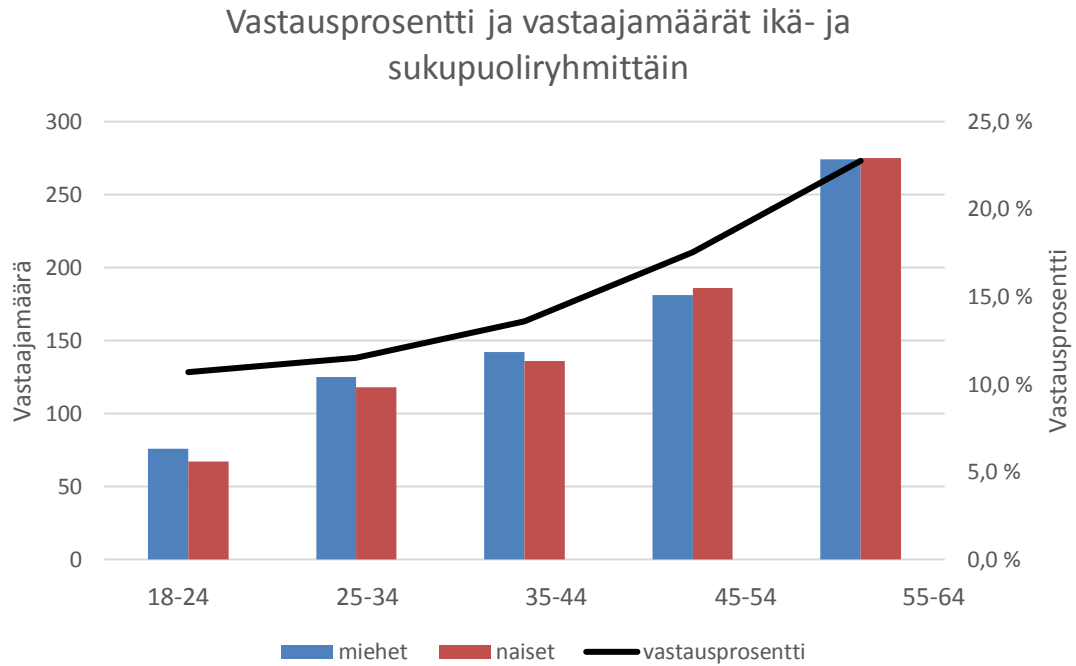
Tutkimukseen osallistui kahdessa ensimmäisessä vaiheessa yhteensä 1592 vastaajaa. Vastaajista 78 % palautti vastauksen postin välityksellä, 21 % vastasi kyselyyn internetissä ja 1 % vastauksista saatiin koetutkimuksessa. Tutkimukseen oli mahdollista vastata myös ruotsiksi internetissä ja ruotsinkielisten vastausten lukumäärä oli 11 kappaletta. Vastaajamäärät vastaustavan mukaan on esitetty kuvassa 11.

Vastaajamäärät vastaustavan mukaan



Kuva 11. Vastaajamäärät vastaustavan mukaan

Tutkimuksen vastausprosentti vaihteli ikäryhmittäin, mutta pysyi sukupuoliryhmittäin käytännössä samanlaisena kaikissa ikäryhmissä. Suurin ero vastausprosentissa sukupuolten välillä oli 18–24-vuotialla, mutta tälläkin ikäryhmällä absoluuttinen ero vastausprosentissa oli vain 0,9 %. Tutkimukseen osallistuneiden vastausprosentti ikä- ja sukupuoliryhmittäin on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Vastausprosentti ikäryhmittäin ja vastaajamäärät ikä- ja sukupuoliryhmittäin

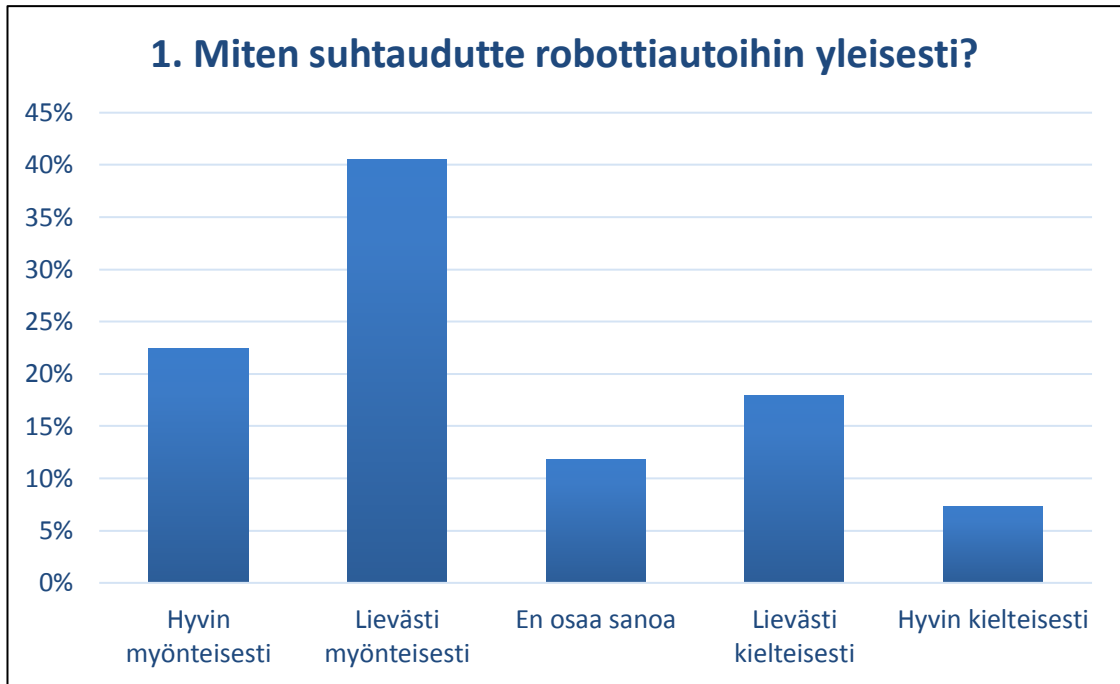
Kuten kuvasta 12 huomataan, miesten ja naisten osuus vastaajista pysyi suhteellisen saman kaltaisena kaikissa ikäryhmissä. Yhteensä vastaajista miehiä oli 798 kappaletta ja naisia 782 kappaletta. 12 vastaajaa eivät kertoneet sukupuoltansa. Vastausprosentti oli ikäryhmittäin jatkuvasti kasvava siten, että 18–24-vuotiailla vastausprosentti oli noin 11 % ja 55–64-vuotiailla vastausprosentti oli noin 23 %.

5.4 Kyselyn tulokset

Seuraavassa käydään kyselyn vastauksia läpi. Tässä luvussa käydään kaikki kysymykset osioittain läpi. Varsinainen tulosten analysointi ja peilaaminen kirjallisuuskatsauksessa esiin nousseisiin ilmiöihin toteutetaan luvussa 6.

5.4.1 Kyselyn vastaukset, OSA I

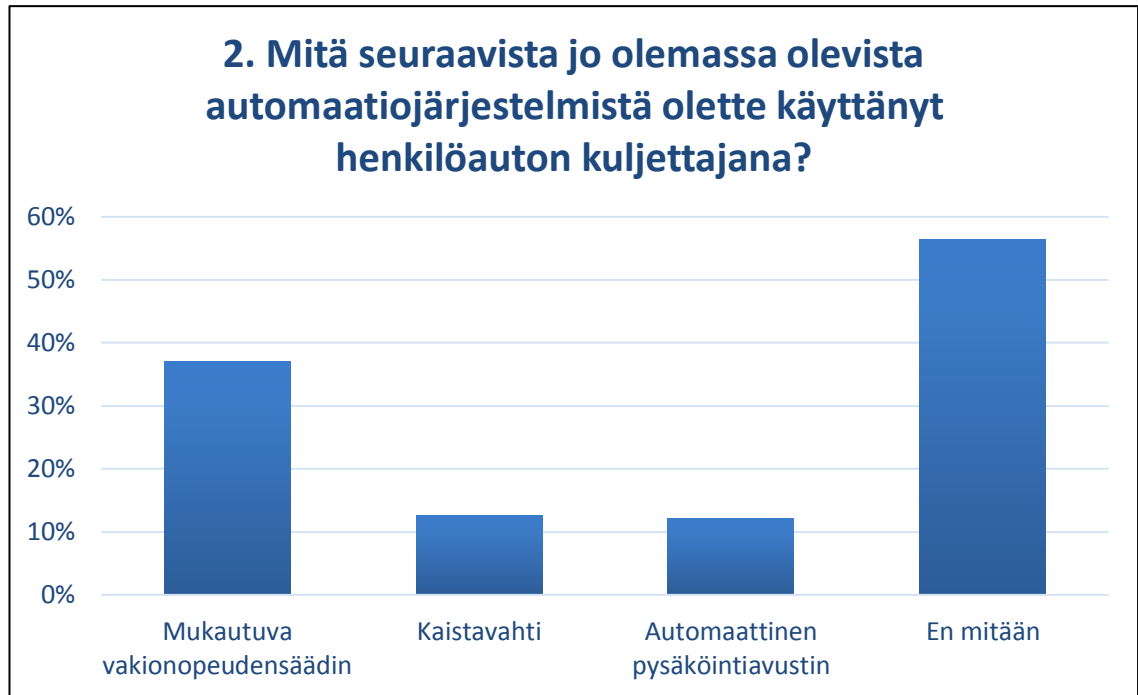
Kysymyksessä 1 kysyttiin robottiautoihin suhtautumista yleisesti. Vastausten jakautuminen on esitetty kuvassa 13.



Kuva 13. Kysymys 1: Miten suhtaudutte robottiautoihin yleisesti? $N = 1577$

Kuten kuvasta 13 huomataan, valtaosa vastaajista suhtautui joko hyvin myönteisesti tai lievästi myönteisesti robottiautoihin. Kuitenkin reilu neljännes vastaajista suhtautui kielteisesti robottiautoihin. Hyvin kielteisesti suhtautuneiden osuus vastaajista oli noin 7 %. 15 vastaajaa jättivät vastaamatta tähän kysymykseen.

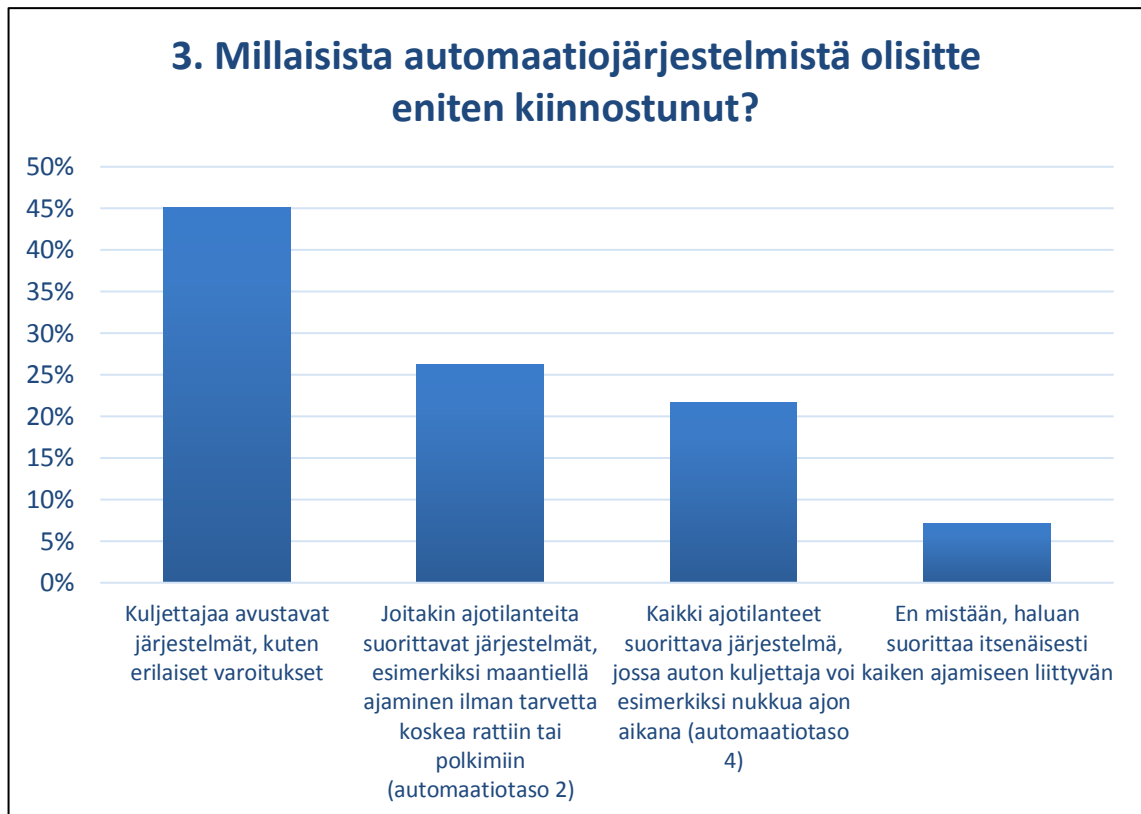
Kysymyksessä 2 kysyttiin, mitä seuraavista jo olemassa olevista automaatiojärjestelmistä olette käyttänyt henkilöauton kuljettajana. Kysymyksessä oli mahdollista valita useita vastausvaihtoehtoja. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Kysymys 2: Mitä seuraavista jo olemassa olevista automaatiojärjestelmistä olette käyttäneet henkilöauton kuljettajana? $N = 1577$

Kuvasta 14 huomataan, että noin 56 % vastaajista eivät olleet käyttäneet mitään näistä jo olemassa olevista automaatiojärjestelmistä. Mukautuva vakionopeudensäädin oli näistä automaatiojärjestelmistä kaikkein yleisin, sillä noin kolmannes vastaajista oli käyttänyt sitä henkilöauton kuljettajana. Vastausten todenmukaisuutta on kuitenkin syytä epäillä, sillä moni vastaaja on sekoittanut mukautuvan vakionopeudensäätimen tavalliseen vakionopeudensäätimeen. Osa vastaajista on jälkikäteen tarkentanut käyttäneensä vain tavallista vakionopeudensäädintä, mutta on todennäköistä, että monet vastaajat ovat vastanneet tähän kysymykseen väärin. 15 vastaajaa jättivät vastaamatta tähän kysymykseen.

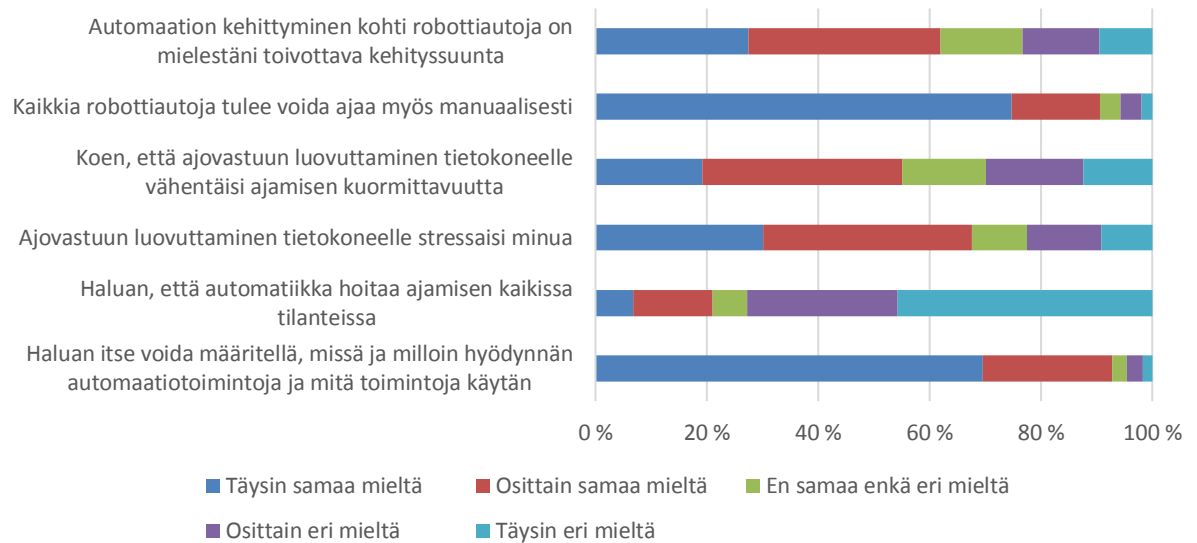
Kysymyksessä 3 kysyttiin, millaisista automaatiojärjestelmistä vastaaja olisi eniten kiinnostunut. Vastausten jakauma on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Kysymys 3: Millaisista automaatiojärjestelmistä olisitte eniten kiinnostunut? $N = 1577$

Kuvasta 15 huomataan, että kuljettajaa avustavat järjestelmät olivat kaikkein suosituimpia vastaajien keskuudessa. Noin 45 % vastaajista oli eniten kiinnostuneita vain kuljettajaa avustavista järjestelmistä, kuten erilaisista varoituksista. Tällä vastaajaryhmällä varsinaisen ajamisen tulisi kuitenkin tapahtua ilman automaatiota. Noin 26 % vastaajista olivat eniten kiinnostuneita automaatiotason 2 autoista ja noin 22 % vastaajista olivat eniten kiinnostuneita automaatiotason 4 autoista. Täysin itsenäisesti ajamisen haluaa suorittaa vain noin 7 % vastaajista.

Kysymyksessä 4 esitettiin kuusi erilaista väittämää robottiautoihin liittyen. Vastausvaihtoehtoina väittämällä oli asenneasteikoin mukaisesti täysin samaa mieltä, osittain samaa mieltä, en samaa enkä eri mieltä, osittain eri mieltä tai täysin eri mieltä. Vastaukset on esitetty kuvassa 16.



Kuva 16. Kysymyksen 4 asenneasteikolliset väittämät. $N = 1567\text{--}1573$ väittämistä riippuen.

Kuvasta 16 huomataan, että yli 60 % vastaajista pitää automaation kehittymistä kohti robottiautoja hyvänä asiana. Väittämän kanssa täysin eri mieltä vastaajista oli noin 10 %. Jopa 90 % vastaajista oli sitä mieltä, että kaikkia robottiautoja tulee voida ajaa myös manuaalisesti.

Hieman yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että ajovastuun luovuttaminen automaatiolle vähentäisi ajamisen kuormittavuutta. Noin kolmannes vastaajista oli väittämän kanssa eri mieltä. Ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle stressaisi kuitenkin lähes 70 % vastaajista. Vain reilu viidennes vastaajista oli sitä mieltä, että ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle ei stressaisi.

Vain noin viidennes vastaajista haluaa, että automatiikka hoitaa ajamisen kaikissa olosuhteissa. Noin 46 % vastaajista oli väittämän kanssa täysin eri mieltä. Valtaosa vastaajista (93 %) haluaa itse voida määritellä, missä ja milloin hyödyntävät automaatiotoimintoja ja mitä toimintoja käyttävät. Vastaajamäärät väittämällä vaihtelivat 1567 ja 1573 välillä, eli väittämistä riippuen 19–25 vastaajaa jättivät vastaamatta kysymyksiin.

5.4.2 Kyselyn vastaukset, OSA II

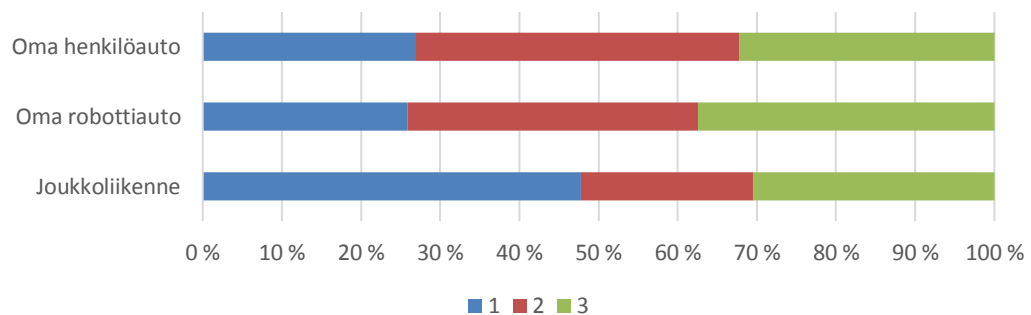
Kysymys 5 koostuu kolmesta järjestämistehtävästä, jossa laitetaan oma tavallinen henkilöauto, oma robottiauto ja joukkoliikenne paremmuusjärjestykseen eri pituisilla matkoilla ja erilaisilla kustannus-, matka-aika- ja kävelymatkan arvioilla. Kysymyksessä 5a pohdittiin kulkutapojen jakautumista pitkällä matkalla kaupungin keskustasta toisen kaupungin keskusta. Taulukossa 15 on esitetty kysymyksen 5a sisältö ja kuvassa 17 kysymyksen 5a vastausten jakautuminen. Kuvassa 17 sininen palkki tarkoittaa sitä osuutta vastaajista, jotka ovat arvioineet kyseisen kulkumuodon parhaaksi, eli antaneet arvon 1. Vastaavasti

punainen tarkoittaa arvoa 2, eli toiseksi parasta vaihtoehtoa ja vihreä arvoa 3 eli huonointa vaihtoehtoa. Vastaavaa asteikkoa on käytetty myös kysymyksissä 5b (kuva 18) ja 5c (kuva 19).

Taulukko 15. Kysymys 5a järjestämistehtävä

5a. Matkustatte päivittäin kaupungin A keskustasta kaupungin B keskusta. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 200 km.			
	Oma henkilö- auto	Oma robotti- auto	Joukkoliikenne
Kustannukset	40 €	45 €	20 €
Matka-aika	2 h 30 min	2 h 15 min	2 h 35 min
Kävely	500 m	100 m	300 m

Kysymys 5a järjestämistehtävä



Kuva 17. Kysymys 5a järjestämistehtävä vastaukset. $N = 1561$

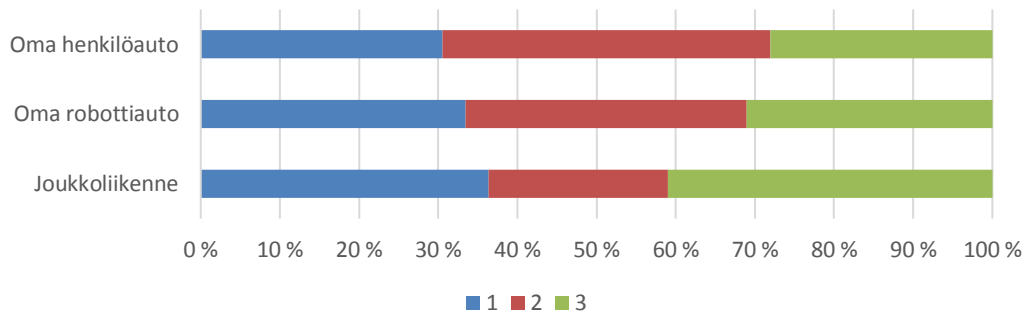
Kysymyksen 5a järjestämistehtävässä joukkoliikennettä pidettiin parhaimpana vaihtoehtona, sillä lähes 50 % vastanneista arvotti joukkoliikenteen parhaaksi kulkumuodoksi. Joukkoliikenne oli tässä kysymyksessä kilpailukykyinen vaihtoehto erityisesti merkittävästi pienempien kustannusten vuoksi. Huomionarvoista vastauksissa on myös joukkoliikenteen arvottamisen polarisoituminen muita vaihtoehtoja enemmän parhaimmaksi ja huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Muista vaihtoehdoista omaa henkilöautoa pidettiin hieman mieluisampana vaihtoehtona kuin omaa robottiautoa.

Kysymyksessä 5b pohdittiin kulkutapojen jakautumista lyhyellä matkalla kaupungin sisällä. Taulukossa 16 on esitetty kysymyksen 5b sisältö ja kuvassa 18 kysymyksen 5b vastausten jakautuminen.

Taulukko 16. Kysymys 5b järjestämistehtävä

5b. Matkustatte päivittäin laitakaupungilta keskustaan. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 10 km.			
	Oma henkilö-auto	Oma robotti-auto	Joukkoliikenne
Kustannukset	6 €	6 €	2 €
Matka-aika	15 min	10 min	25 min
Kävely	400 m	100 m	600 m

Kysymys 5b järjestämistehtävä



Kuva 18. Kysymys 5b järjestämistehtävä vastaukset. $N = 1564$

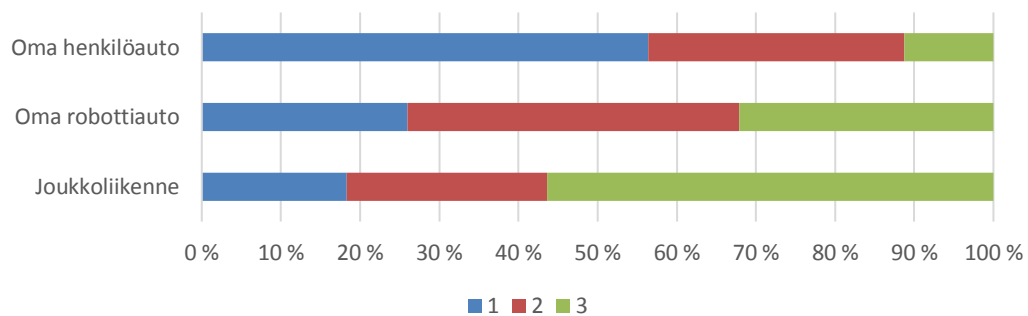
Kysymyksen 5b järjestämistehtävässä joukkoliikenne arvoitettiin useimmiten parhaaksi kulkumuodoksi mutta samalla se arvioitiin selkeästi useimmiten myös huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Joukkoliikenteellä matkan kustannukset olivat selkeästi pienemmät, mutta matka-ajan ja kävelyn osuus selkeästi suurempi kuin kahdella muulla vaihtoehdolla. Tässä kysymyksessä oma robottiauto arvoitettiin hieman useammin parhaaksi vaihtoehdoksi kuin oma henkilöauto, mutta toisaalta oma henkilöauto arvioitiin huonoimmaksi vaihtoehdoksi harvemmin kuin muut vaihtoehdot. Tässä kysymyksessä oma robottiauto oli kaikilla annetuilla tunnusluvuilla mitattuna joko yhtä hyvä tai parempi vaihtoehto kuin oma henkilöauto, mutta siitä huolimatta yli 30 % vastaajista valitsi oman henkilöauton parhaaksi vaihtoehdoksi.

Kysymyksessä 5c pohdittiin kulkutapojen jakautumista keskipitkällä matkalla haja-asutusalueella. Taulukossa 17 on esitetty kysymyksen 5c sisältö ja kuvassa 19 kysymyksen 5c vastausten jakautuminen.

Taulukko 17. Kysymys 5c järjestämistehtävä

5c. Matkustatte päivittäin haja-asutusalueella. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 100 km.			
	Oma henkilöauto	Oma robotti-auto	Joukkoliikenne
Kustannukset	18 €	21 €	10 €
Matka-aika	1 h 5 min	1 h 5 min	1 h 35 min
Kävely	50 m	50 m	600 m

Kysymys 5c järjestämistehtävä



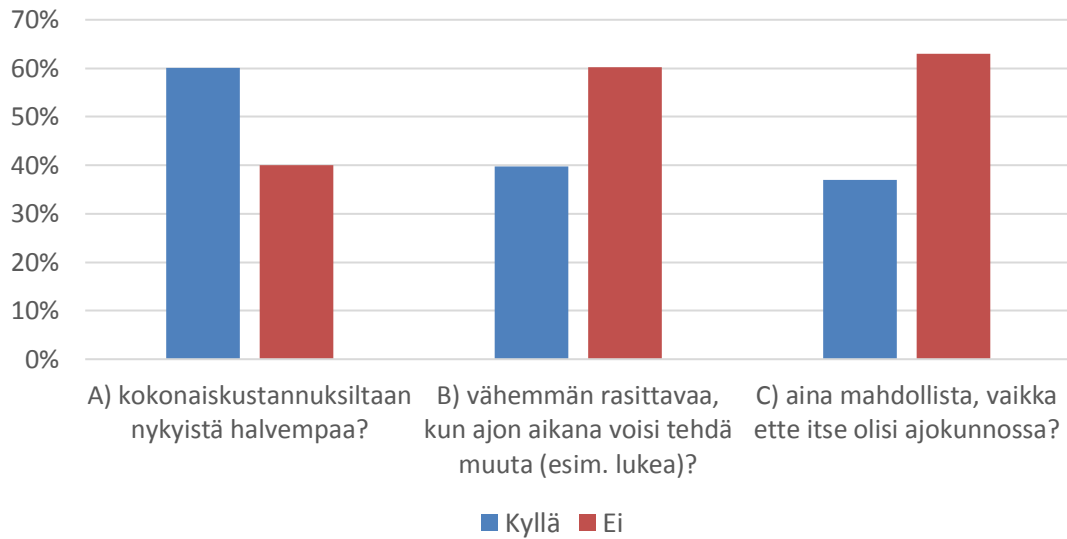
Kuva 19. Kysymys 5c järjestämistehtävä vastaukset. $N = 1563$

Kysymyksen 5c järjestämistehtävässä omaa henkilöautoa pidettiin selkeästi mieluisimpana vaihtoehtona, sillä yli 55 % vastaajista arvotti oman henkilöauton parhaaksi vaihtoehdoksi. Joukkoliikennettä puolestaan pidettiin tässä kysymyksessä selkeästi huonoimpana vaihtoehtona, vaikka joukkoliikenteen kustannukset olivat merkittävästi pienemmät kuin muilla vaihtoehdoilla. Omaa henkilöautoa pidettiin merkittävästi parempana kuin omaa robottiautoa, vaikka ainoa ero vaihtoehdoilla oli kolmen euron ero kustannuksissa.

Kysymyksen 5 arvottamistehtävistä huomataan, että robottiautot arvotetaan melko samankaltaisesti kaikissa kysymyksissä riippumatta kustannuksista, matka-ajasta tai kävelyn määrästä. Joukkoliikenteen ja oman henkilöauton osuudet puolestaan vaihtelevat kysymyksittäin merkittävästi. On mahdollista, että erityisesti robottiautojen kohdalla ennakkoluulot vaikuttavat tässä kysymyksessä vastauksiin jopa enemmän, kuin varsinaiset muuttajat.

Kysymyksessä 6 kysyttiin, uskoisitteko liikkuvanne henkilöautolla useammin tai pidempiä matkoja, jos autolla liikkuminen olisi A) halvempaa, B) vähemmän rasittavaa tai C) aina mahdollista, vaikka itse ei olisi ajokunnossa. Vastaukset kysymykseen 6 on esitetty kuvassa 20.

6. Uskoisitteko liikkuvanne henkilöautolla useammin tai pidempiä matkoja, jos autolla liikkuminen olisi

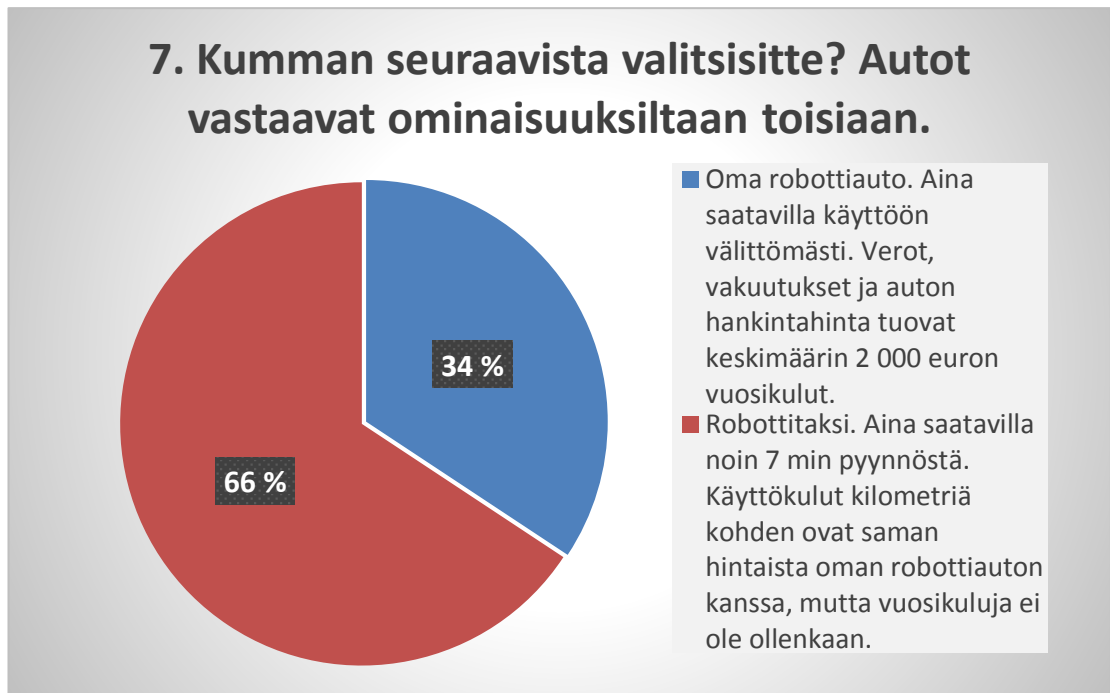


Kuva 20. Kysymys 6: Uskoisitteko liikkuvanne henkilöautolla useammin tai pidempiä matkoja, jos autolla liikkuminen olisi A) halvempaa B) vähemmän rasittavaa C) aina mahdollista. $N = 1568$

Noin 60 % vastaajista oli sitä mieltä, että liikkuisivat henkilöautolla nykyistä useammin tai pidempiä matkoja, mikäli liikkuminen olisi kokonaiskustannuksiltaan nykyistä halvempaa. Noin 40 % vastaajista oli sitä mieltä, että voisivat liikkua nykyistä enemmän, mikäli autolla liikkuminen olisi vähemmän rasittavaa. Noin 37 % vastaajista uskoisivat liikkuvansa henkilöautolla nykyistä enemmän, mikäli autolla liikkuminen olisi aina saatavilla, vaikka ei itse olisi ajokunnossa.

5.4.3 Kyselyn vastaukset, OSA III

Kysymyksessä 7 kartoitettiin, olisiko yksityinen robottitaksi mieluisampi vaihtoehto kuin oma robottiauto. Oman robottiauton oletettiin olevan vuositasolla selvästi kalliimpi ja robottitaksien saatavuuden olevan kaikissa olosuhteissa kohtalaisen hyvä. Kysymyksen 7 vastaukset näkyvät kuvassa 21.



Kuva 21. Kysymys 7: Kumman seuraavista valitsisitte (oma robottiauto vai robottitaksi)? Autot vastaavat ominaisuuksiltaan toisiaan. $N = 1557$

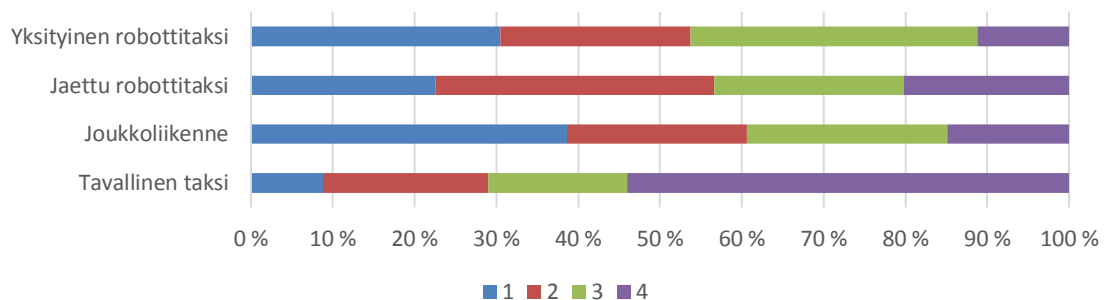
Selkeä enemmistö vastaajista pitää tässä tilanteessa robottitaksia parempana vaihtoehtona kuin omaa robottiautoa. Kuitenkin noin kolmannes ihmisistä olisi valmiita maksamaan jonkin verran ylimääräistä, että saavat itse omistaa oman auton. Tosin autonomistamisesta aiheutuvat kulut olivat tässä kysymyksessä arvioitu selkeästi alakanttiin, mikä on varmasti vaikuttanut jonkin verran vastauksiin.

Kysymyksessä kahdeksan pyydettiin laittamaan paremmuusjärjestykseen yksityinen robottitaksi, jaettu robottitaksi, joukkoliikenneväline ja tavallinen taksi kymmenen kilometrin matkalla laitakaupungilta keskustaan. Taulukossa 18 on esitetty kysymyksen 8 sisältö ja kuvassa 22 vastausten jakautuminen. Kuvassa 22 sininen palkki tarkoittaa sitä osuutta vastaajista, jotka ovat arvioineet kyseisen kulkumuodon parhaaksi, eli antaneet arvon 1. Vastaavasti punainen tarkoittaa arvoa 2 eli toiseksi parasta vaihtoehtoa, vihreä arvoa 3 eli kolmanneksi parasta vaihtoehtoa ja violetti arvoa 4 eli huonointa vaihtoehtoa. Vastaavaa asteikkoa on käytetty myös kysymyksessä 9 (kuva 23).

Taulukko 18. Kysymys 8 järjestämistehtävä

8. Kuljette 10 km matkan laitakaupungilta keskustaan. Järjestäkää vaihtoehdot paremmuus-järjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 4 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.				
	Yksityinen robottitaksi, jonka kyydissä olen yksin	Jaettu robottitaksi, jonka kyydissä voi olla myös tuntemattomia matkustajia	Joukkoliikenneväline, esimerkiksi linja-auto	Tavallinen taksi, jonka kyydissä matkustetaan yksin
Kustannukset	10 €	5 €	3 €	20 €
Matka-aika	14 min	19 min	30 min	14 min

Kysymys 8 järjestämistehtävä



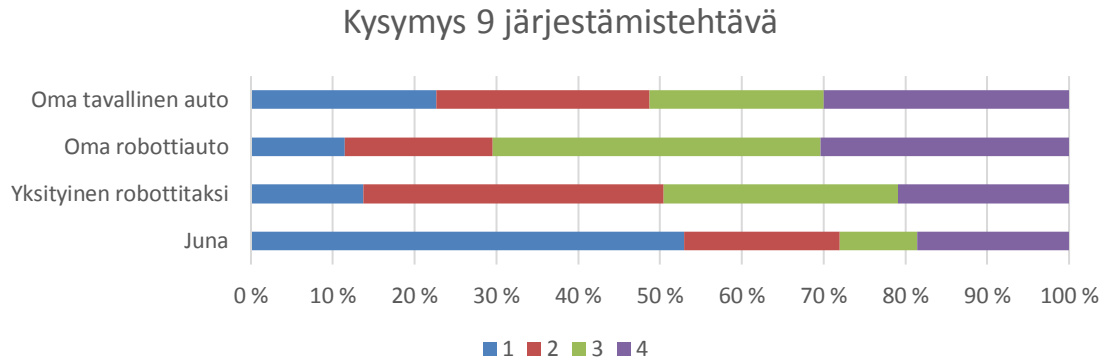
Kuva 22. Kysymys 8 järjestämistehtävän vastaukset. $N = 1573$

Kysymyksessä 8 lähes 40 % vastaajista pitää joukkoliikennettä parhaana vaihtoehtona. Tosin robottitaksien osuus yhteensä parhaana pidettynä vaihtoehtona on lähes 55 %. Robottitakseista yksityistä robottitaksia pidetään hieman useammin parhaimpana vaihtoehtona, kun taas jaettua robottitaksia pidetään useammin joko parhaana tai toiseksi parhaana vaihtoehtona. Tavallista taksia puolestaan pidetään keskimäärin kaikkein huonoimpana vaihtoehtona.

Kysymyksessä 9 pyydettiin laittamaan paremmuusjärjestykseen oma tavallinen auto, oma robottiauto, yksityinen robottitaksi ja juna 100 km matkalla suuren kaupungin keskustaan. Taulukossa 19 on esitetty kysymyksen 9 sisältö ja kuvassa 23 vastausten jakautuminen.

Taulukko 19. Kysymys 9 järjestämistehtävä

9. Kuljette 100 km matkan suuren kaupungin keskustaan. Järjestäkää vaihtoehdot paremmuus-järjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 4 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.				
	Oma tavallinen auto	Oma robottiauto	Yksityinen robottitaksi	Joukkoliikenne (juna)
Kustannukset	30 €	35 €	25 €	15 €
Matka-aika	1 h 20 min	1 h 15 min	1 h 20 min	1 h 0 min
Kävely	600 m	100 m	100 m	500 m



Kuva 23. Kysymys 9 järjestämistehtävän vastaukset. $N = 1568$

Kysymyksessä 9 yli puolet vastaajista piti junaa parhaana vaihtoehtona. Joukkoliikennettä pidettiin tässä tapauksessa selkeästi parempana vaihtoehtona kuin aiemmissa järjestämistehtävissä, sillä se oli myös nopein vaihtoehto. Lisäksi monet pitävät junaa parhaana joukkoliikennevälineenä, jolloin vastauksen lukitseminen nimenomaan junaksi voi kasvattaa vaihtoehdon suosiota. Parhaaksi vaihtoehdoksi oman tavallisen auton valitsi noin 22 % vastaajista. Omaa robottiautoa parhaana vaihtoehtona piti noin 11 % vastaajista ja yksityistä robottitaksia noin 14 % vastaajista. Keskimäärin vastaajat pitivät kuitenkin jompaakumpaa robottiautoa parhaana vaihtoehtona hieman useammin kuin omaa tavallista autoa. Huomionarvoista on myös se, että yli 50 % vastaajista piti yksityistä robottitaksia joko parhaana tai toiseksi parhaana vaihtoehtona, kun vastaava lukema oman robottiauton kohdalla oli alle 30 % ja oman henkilöauton kohdalla hieman alle 50 %.

Kysymyksessä 10 kartoitettiin ihmisten autonomistushalukkuutta tulevaisuudessa. Kysymyksessä 10 oletettiin, että kaikki liikenteessä olevat ajoneuvot olisivat robottiautoja, robottitaksi olisi aina saatavilla noin viidessä minuutissa ja robottitaksien vuosikustannukset olisivat käyttäjille noin 20 % omaa robottiautoa pienemmät. Kysymyksen 10 tulokset on esitetty kuvassa 24.



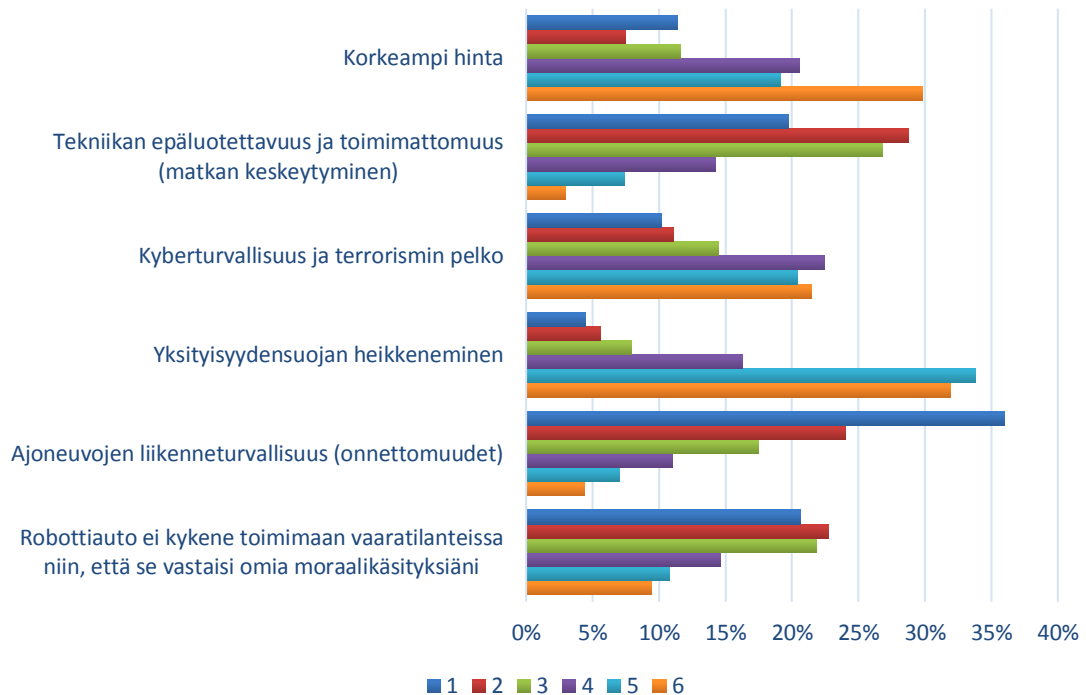
***Kuva 24.** Kysymys 10: Olisiko teillä (tulevaisuudessa) tarvetta/halua omistaa omaa robottiautoa. $N = 1573$*

Noin kolmannes vastaajista oli sitä mieltä, että haluavat tulevaisuudessakin omistaa itse oman auton, vaikka sen omistaminen olisi vuositasolla noin 20 % robottitaksin käyttämistä kalliimpaa. Vastaavasti 65 % vastaajista eivät näe tarvetta omistaa itse omaa robottiautoa, mikäli robottitaksit toimivat hyvin tulevaisuudessa.

5.4.4 Kyselyn vastaukset, OSA IV

Kysymyksessä 11 pyydettiin laittamaan erilaisia huolenaiheita, pelkoja ja uhkakuvia tärkeysjärjestykseen. Kysymyksen tulokset on esitetty kuvassa 25. Kuvassa huolenaiheet on laitettu järjestykseen siten, että numero 1 tarkoittaa vastaajan mielestä suurinta huolenaihetta ja 6 vähäisintä.

11. Laittakaa seuraavat robottiautoihin liittyvät huolenaiheet tärkeysjärjestykseen



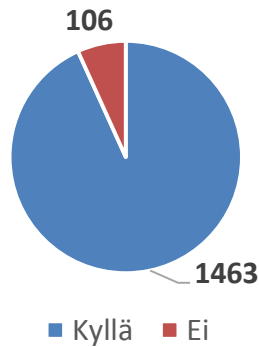
Kuva 25. Kysymys 11: Laittakaa seuraavat robottiautoihin liittyvät huolenaiheet tärkeysjärjestykseen siten, että 1 on suurin huolenaihe 6 vähäisin. $N = 1576$

Vastaajat pitivät ajoneuvojen liikenneturvallisuutta selkeästi suurimpana uhkakuvana. Noin 36 % vastaajista arvotti liikenneturvallisuuden kaikkein suurimmaksi huolenaiheeksi. Myös tekniikan epäluotettavuus ja moraalinen dilemma huolestuttivat vastaajia melko paljon. Ajoneuvojen korkeampi hinta ja erityisesti yksityisyydensuojan heikkeneminen puolestaan huolestuttivat vähiten vastaajia. Kyberturvallisuus ja terrorismin pelko jakoi mielipiteitä eniten, sillä sitä vaihtoehtoa arvoettiin tasaisimmin kaikille järjestysluville.

5.4.5 Kyselyn vastaukset, OSA V

Kyselyn viidennessä osassa kerättiin vastaajien taustatiedot ja annettiin mahdollisuus avoimelle palautteelle. Ensimmäisenä kysyttiin vastaajien ikä ja sukupuoli, jotka ovat nähtävissä kappaleen 4.2 kuvassa 12. Vastaajien ajokortillisuuden jakautuminen on esitetty kuvassa 26. 93 %:lla vastaajista oli ajokortti ja 7 %:lla ei.

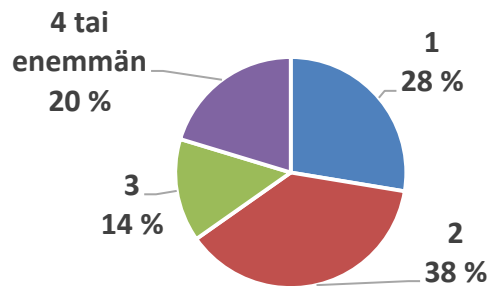
14. Onko teillä ajokorttia?



Kuva 26. Kysymys 14: Onko teillä ajokorttia? $N = 1580$

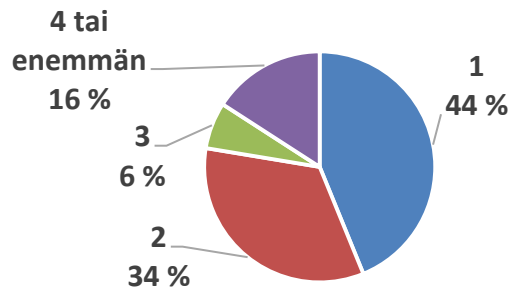
Vastaajien kotitalouksien koko ja henkilöautojen lukumäärä on esitetty kuvissa 27 ja 28. Erityisesti kotitalouden koossa on mukana jonkin verran virheitä, sillä moni ei ole laske-
nut itseään mukaan kotitalouden kokoon, vaikka kysymyksessä erikseen painotettiin sitä.

15. Kotitaloudessa henkilöitä



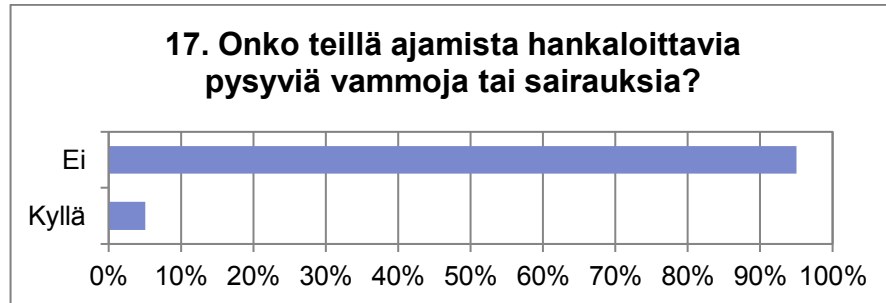
Kuva 27. Kysymys 15: Kuinka monta henkilöä kotitalouteenne kuuluu teidät itsenne mukaan lukien? $N = 1565$

16. Henkilöautojen lukumäärä kotitaloudessa

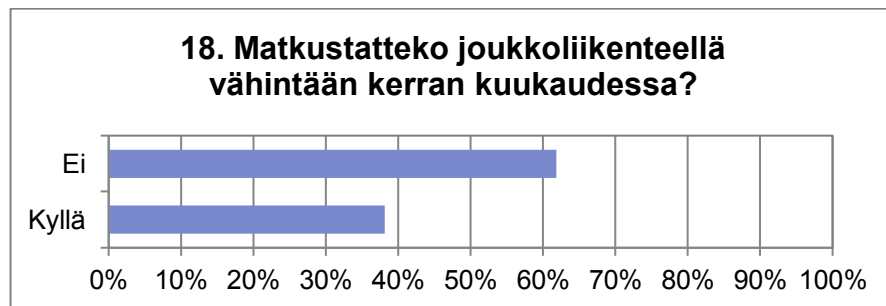


Kuva 28. Kysymys 16: Kuinka monta henkilöautoa kotitaloudessanne on? $N = 1581$

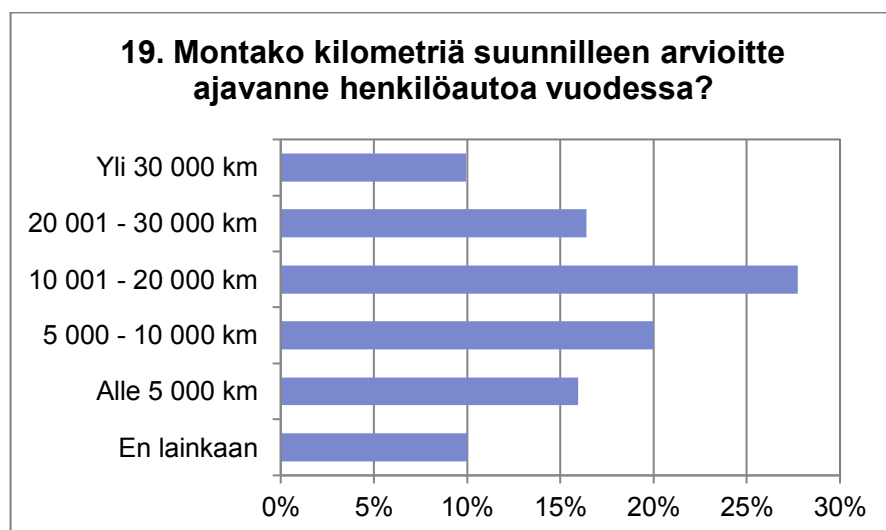
Viimeisinä taustatietoina selvitettiin, onko vastaajilla ajamista hankaloittavia pysyviä vammoja tai sairauksia, käyttävätkö he joukkoliikennettä vähintään kuukausittain, kuinka paljon he ajavat vuosittain itse henkilöautoa ja mikä on heidän koulutustasonsa. Vastauksen jakaumat näihin kysymyksiin on esitetty kuvissa 29–32.



Kuva 29. Kysymys 17: Onko teillä ajamista hankaloittavia pysyviä vammoja tai sairauksia? $N = 1574$



Kuva 30. Kysymys 18: Matkustatteko joukkoliikenteellä vähintään kerran kuukaudessa? $N = 1589$



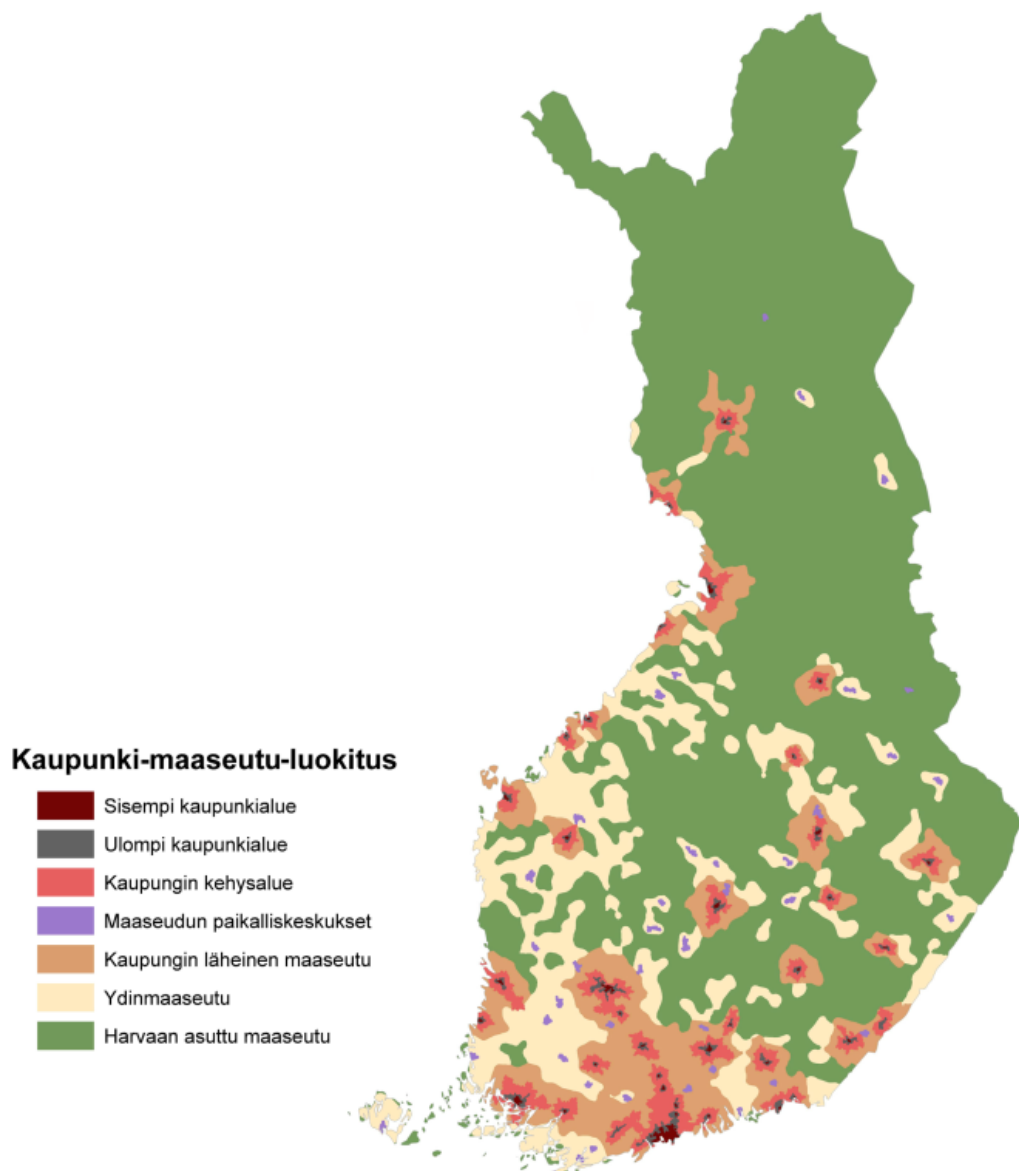
Kuva 31. Montako kilometriä suunnilleen arvioitte ajavanne henkilöautoa vuodessa? $N = 1580$



Kuva 32. Kysymys 20: Mikä on ylin koulutustaso, josta olette valmistunut / jota opiskelette tällä hetkellä? N = 1577

Vastaajien asuinpaikan sijainti on myös olennainen osa taustatietoja. Tässä kyselyssä asuinpaikan sijaintia ei kysytty erikseen, vaan se yhdistettiin vastaajatunnukseen postinumeron perusteella. Yhdistämällä postinumeroaineisto (Tilastokeskus 2016) kaupunkimaaseutu-luokitukseen (Ympäristöhallinto 2017), saadaan kaikki vastaajat luokiteltua postinumeron perusteella melko tarkasti seitsemänportaisella luokituksella (esitetty myös kuvassa 33):

1. Sisempi kaupunkialue
 - Kaupunkien tiivis yhtenäinen tehokkaasti rakennettu alue
2. Ulompi kaupunkialue
 - Kaupungin taajamarakenteen rajalle ulottuva kaupunkimaisen tehokas alue
3. Kaupungin kehysalue
 - Kaupunkiin välittömästi kytkeytyvä osa maaseudun ja kaupungin väli-
vyöhykkeestä
4. Maaseudun paikalliskeskukset
 - Suurten kaupunkialueiden ulkopuolella sijaitsevat taajamakeskukset ja
pienet kaupungit
5. Kaupungin läheinen maaseutu
 - Maaseutumainen alue, joka on kuitenkin toiminnallisesti ja fyysisesti lä-
hellä kaupunkia
6. Ydinmaaseutu
 - Elinkeinorakenteeltaan monipuolista ja suhteellisen tiiviisti asuttua maa-
seutua
7. Harvaan asuttu maaseutu
 - Harvaan asuttua aluetta, joissa monipuolisia keskittymiä ei ole, tai ne ovat
pieniä ja kaukana toisistaan. Alue koostuu pääosin metsästä.



Kuva 33. Kaupunki-maaseutu-luokitus kartalla (Ympäristöhallinto 2017)

Kyselyssä vastaajia saatiin melko hyvin muista luokitusalueista paitsi maaseudun paikalliskeskuksista. Kyselyyn vastanneiden osuudet eri alueilla noudattivat melko tarkasti suomalaisten todellista jakautumista alueille. Ainoastaan kaupungin kehysalueella eroa voidaan pitää merkittävänä, sillä kaupungin kehysalueella asuvien vastaajien osuus kyselyssä on 21 % kun se on todellisuudessa koko väestöstä vain 11 %. Taulukossa 20 on esitetty vastaajien jakauma asuinpaikan sijainnin perusteella sekä kaikkien suomalaisten jakautuminen vuoden 2012 tilastojen (Syke 2014) perusteella.

Taulukko 20. *Vastaajien jakauma asuinpaikan sijainnin perusteella*

Aluejako	Vastaajien lukumäärä	Osuus kaikista vastaajista	Suomalaisten jakautuminen vuonna 2012
Sisempi kaupunkialue	423	27 %	32 %
Ulompi kaupunkialue	365	23 %	27 %
Kaupungin kehysalue	323	21 %	11 %
Maaseudun paikalliskeskukset	28	2 %	6 %
Kaupungin läheinen maaseutu	131	8 %	7 %
Ydinmaaseutu	184	12 %	12 %
Harvaan asuttu maaseutu	115	7 %	6 %

Viimeisenä lomakkeessa annoimme vastaajille mahdollisuuden antaa avointa palautetta sekä robottiautoista että tutkimuksesta. Yhteensä palautetta antoi 719 vastaajaa. Palautetta robottiautoista antoi 628 vastaajaa ja tutkimuksesta 548 vastaajaa.

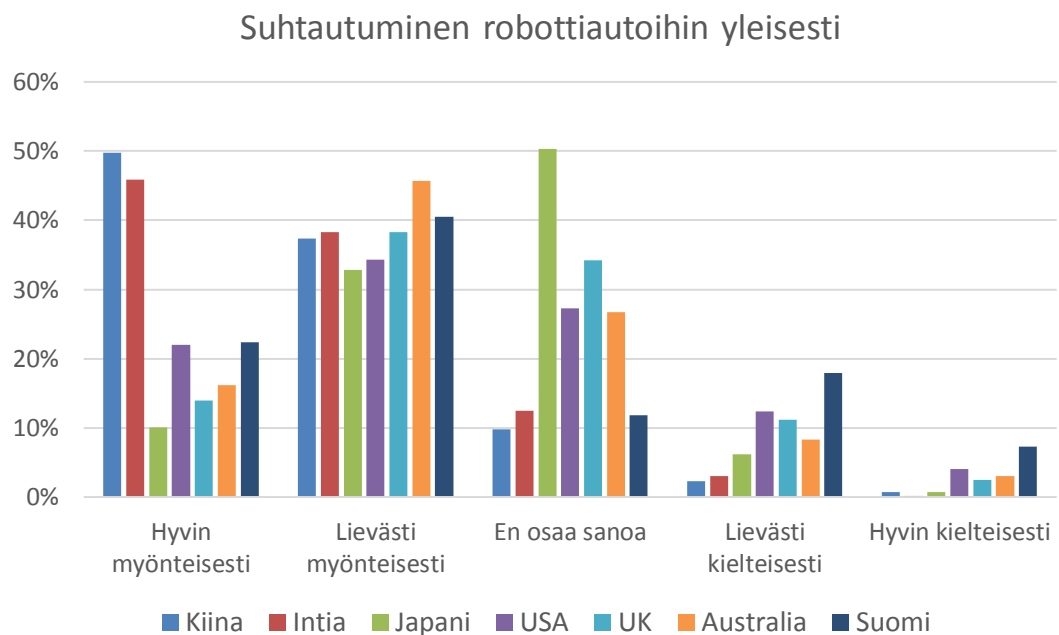
Palaute robottiautoista jakautui melko tasaisesti positiivisten ja negatiivisten palautteiden osalta. Suurta osaa palautteen antajista robottiautot pelottavat, eivätkä vastaajat luota niihin. Erityisesti Suomen sääolosuhteet ja infrastruktuurin laatu erityisesti haja-asutusalueella aiheuttavat huolia palautteen antajissa. Myös kohtalainen osa palautteista koski sitä, että robottiautoja ei koeta välttämättä ollenkaan tarpeellisiksi ja että monet myös nauttivat itse ajamisesta. Toisaalta noin puolet palautteen antajista piti robottiautoa ”hyvänä juttuna”, ”mielenkiintoisena asiana” tai ”tulevaisuuden juttuna”.

Palaute tutkimuksesta puolestaan oli pääosin hyvää, sillä lähes 90 % palautteesta oli positiivista. Erityisesti palautteissa nousivat esiin ”hyvä kun tutkitaan”, ”mielenkiintoinen aihe” ja ”hyvä/selkeä lomake”. Varsinaisia negatiivisia palautteita, joissa tutkimusta pidettiin turhana tai kysymyksiä johdattelevina/virheellisinä, tuli muutamia kymmeniä. Lisäksi tuli jonkin verran neutraalia palautetta, jossa toivottiin esimerkiksi joihinkin kysymyksiin lisää vaihtoehtoja.

6. JATKOANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Suhtautuminen robottiautoihin Suomessa ja maailmalla

Aiemmin kappaleessa 4.1 esitellyssä tutkimuksessa Schoettle ja Sivak (2014) tutkivat ihmisten suhtautumista robottiautoihin Kiinassa, Intiassa, Japanissa, Yhdysvalloissa, Isossa-Britanniassa ja Australiassa. Käytimme vastaavia parametreja tässäkin kyselytutkimuksessa. Tulokset kummastakin tutkimuksesta on esitetty kuvassa 34.

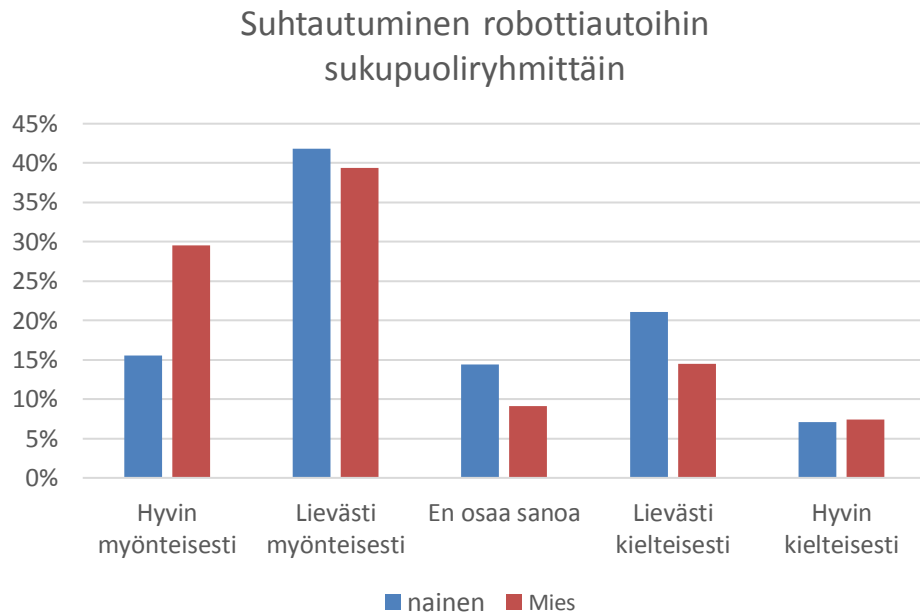


Kuva 34. Suhtautuminen robottiautoihin maailmalla ja Suomessa. (Schoettle & Sivak 2014)

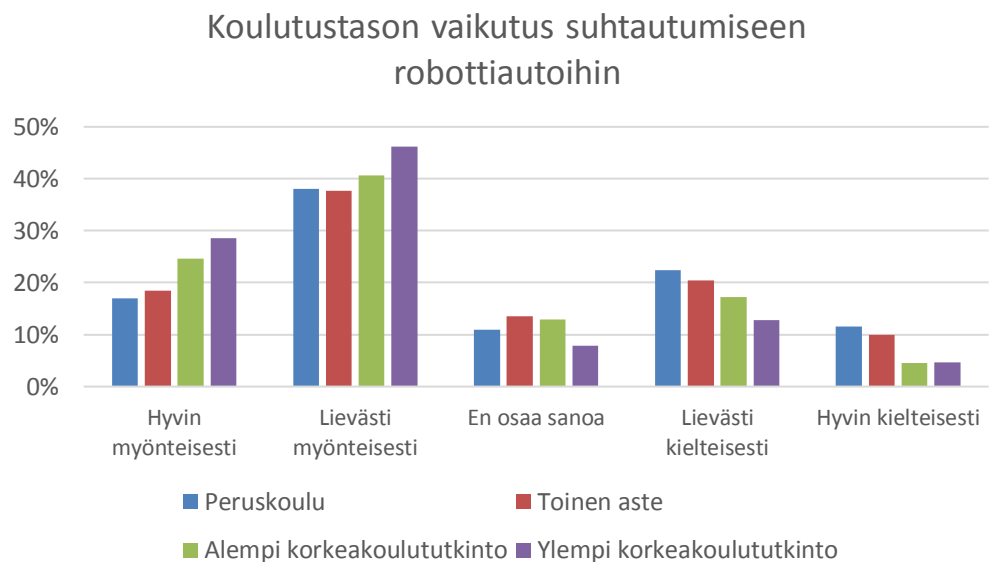
Selkeästi myönteisintä suhtautuminen robottiautoihin vaikuttaisi olevan Kiinassa ja Intiassa, joissa myönteisesti robottiautoihin suhtautui lähes 90 % vastaajista. Muiden maiden osalta Suomessa oli eniten sekä myönteistä että kielteistä suhtautumista robottiautoihin. Suomalaisista vain harva suhtautui neutraalisti tai oli epävarma omasta kannastaan, kun Australiassa, Isossa-Britanniassa, Yhdysvalloissa ja erityisesti Japanissa suuri osa vastaajista suhtautui neutraalisti robottiautoihin. Tosin Schoettlen ja Sivakin (2014) tutkimuksessa otokset eivät välttämättä edusta kovin hyvin maiden koko populaatiota ja vastaajamäärät olivat melko pieniä. Lisäksi tutkimusten kontekstit ovat hieman erilaiset, mikä voi vähentää tutkimusten vertailukelpoisuutta.

Kirjallisuudessa on havaittu (mm. Alessandrini et al. 2014; Cavoli et al. 2017), että miehet, nuoret, korkeasti koulutetut ja hyvätuloiset suhtautuvat muita myönteisemmin robot-

tiautoihin. Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että sekä sukupuoli että koulutustaso korreloivat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) yleisen suhtautumisen kanssa siten, että miehet ja korkeasti koulutetut suhtautuvat robottiautoihin muita myönteisemmin. Kuvissa 35 ja 36 on esitetty sukupuolen ja koulutustason vaikutus yleiseen suhtautumiseen robottiautoihin.



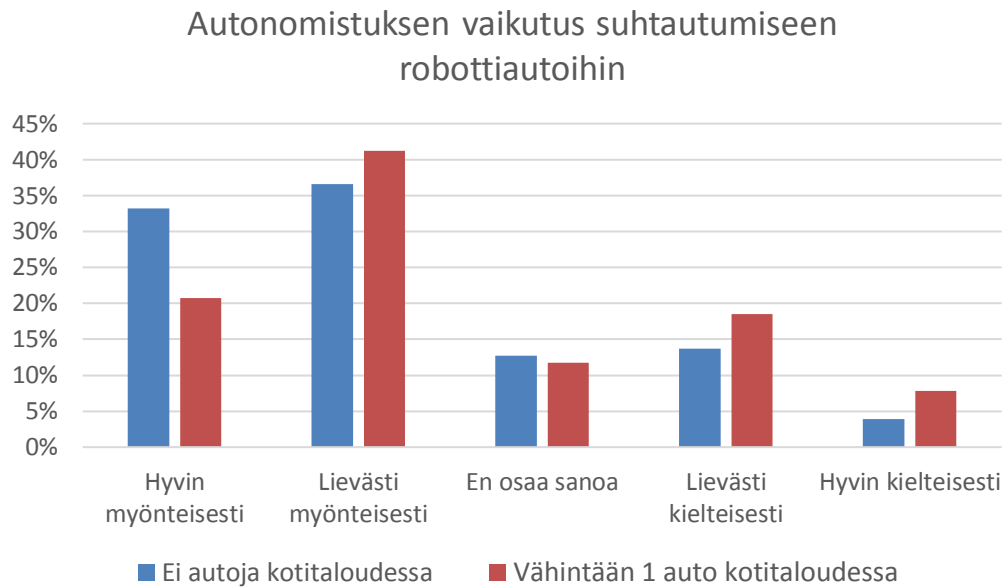
Kuva 35. Suhtautuminen robottiautoihin sukupuoliryhmittäin



Kuva 36. Suhtautuminen robottiautoihin koulutustason mukaan

Sen sijaan eri ikäryhmillä ei havaittu merkittävää eroa suhtautumisessa robottiautoihin. Suhtautumisesta on havaittavista, että nuoret suhtautuvat hieman vanhempia useammin hyvin myönteisesti robottiautoihin, mutta kokonaisuutena erot suhtautumisessa eivät ole

tilastollisesti merkitseviä. Muista henkilöryhmistä erityisesti autollisissa kotitalouksissa asuvat sekä säännöllisesti joukkoliikennettä käyttävät vastaajat suhtautuivat muita myönteisemmin robottiautoihin. Kuvassa 37 on esitetty autonomistuksen vaikutus suhtautumiseen robottiautoihin.

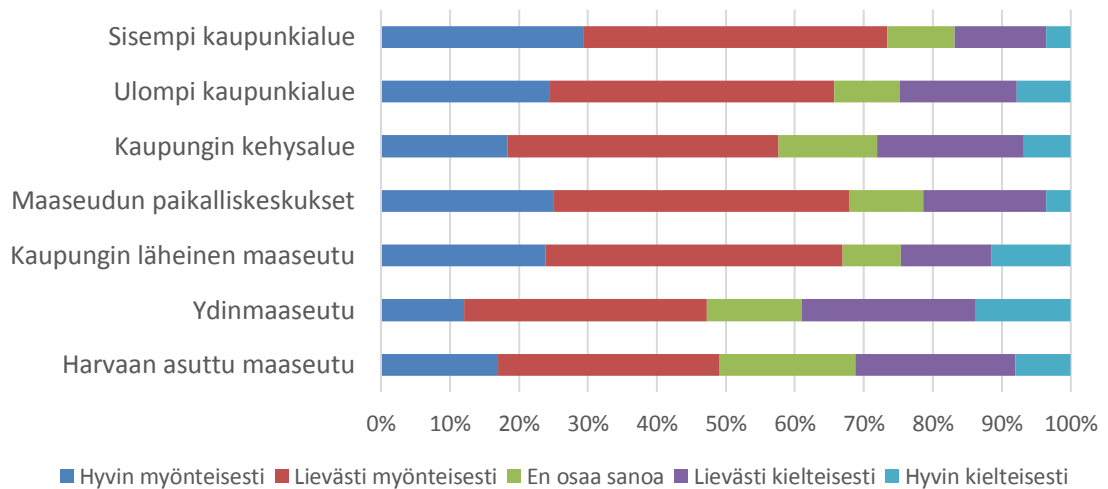


Kuva 37. *Autonomistuksen vaikutus suhtautumiseen robottiautoihin*

Nykyisin autottomissa talouksissa elävät vastaajat suhtautuvat tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) muita useammin hyvin myönteisesti robottiautoihin. Autottomissa talouksissa elävistä vastaajista kolmannes suhtautuu hyvin myönteisesti robottiautoihin, kun vastaava lukema autollisissa talouksissa on noin viidennes. Kotitalouksissa, joissa autoja on 4 tai enemmän, suhtaudutaan kaikkein kielteisimmin robottiautoihin. Näistä kotitalouksista neljännes suhtautuu lievästi kielteisesti ja toinen neljännes hyvin kielteisesti robottiautoihin.

Vastaajien asuinpaikan sijainnilla havaittiin olevan tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$) eroja yleisessä suhtautumisessa robottiautoihin. Kaupunki-maaseutu-luokituksen perusteella määritetyn asuinpaikan sijainnin vaikutus yleiseen robottiautoihin suhtautumiseen on esitetty kuvassa 38.

Asuinpaikan sijainnin vaikutus robottiautoihin suhtautumiseen

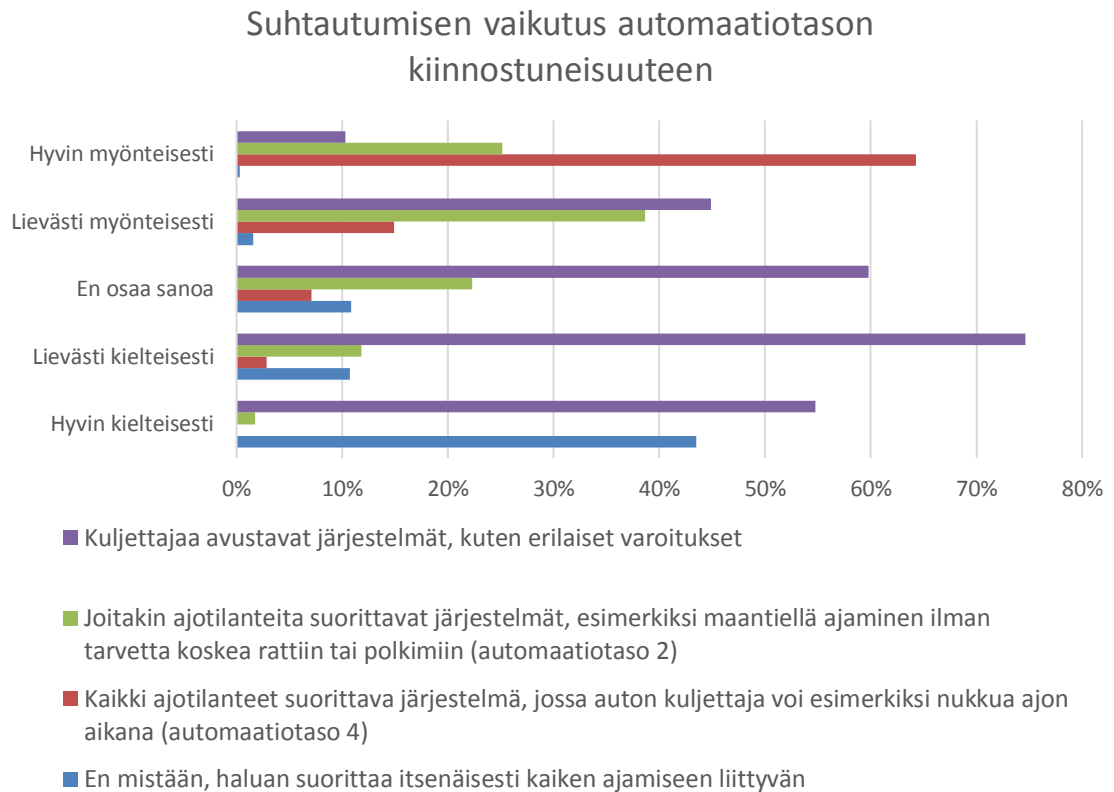


Kuva 38. *Asuinsijainnin vaikutus robottiautoihin suhtautumiseen*

Kuvan 38 mukaan suurten kaupunkien sisemmällä kaupunkialueella suhtaudutaan myönteisimmin robottiautoihin. Ulommalla kaupunkialueella, kaupungin kehysalueella, maaseudun paikalliskeskuksissa ja kaupungin läheisellä maaseudulla suhtautuminen jakautuu melko tasaisesti. Ydinmaaseudulla ja harvaan asutulla maaseudulla suhtautuminen on kaikkein kielteisintä.

6.2 Eri henkilöryhmillä esiintyviä poikkeavuuksia

Tässä alaluvussa esitellään mielenkiintoisia ja tilastollisesti merkitseviä eroavaisuuksia eri vastaajaryhmillä sekä taustatietojen että vastausten mukaan. Yleinen suhtautuminen robottiautoihin korreloi luonnollisesti melko vahvasti lähes kaikkien kysymysten kanssa. Mitä myönteisemmin robottiautoihin suhtaudutaan, sitä useammin vastaukset painottuvat robottiautoja suosivaan suuntaan. Kuvassa 39 on esitetty, miten yleinen suhtautuminen robottiautoihin vaikuttaa siihen, mistä automaatiotasosta vastaaja olisi erityisesti kiinnostunut.

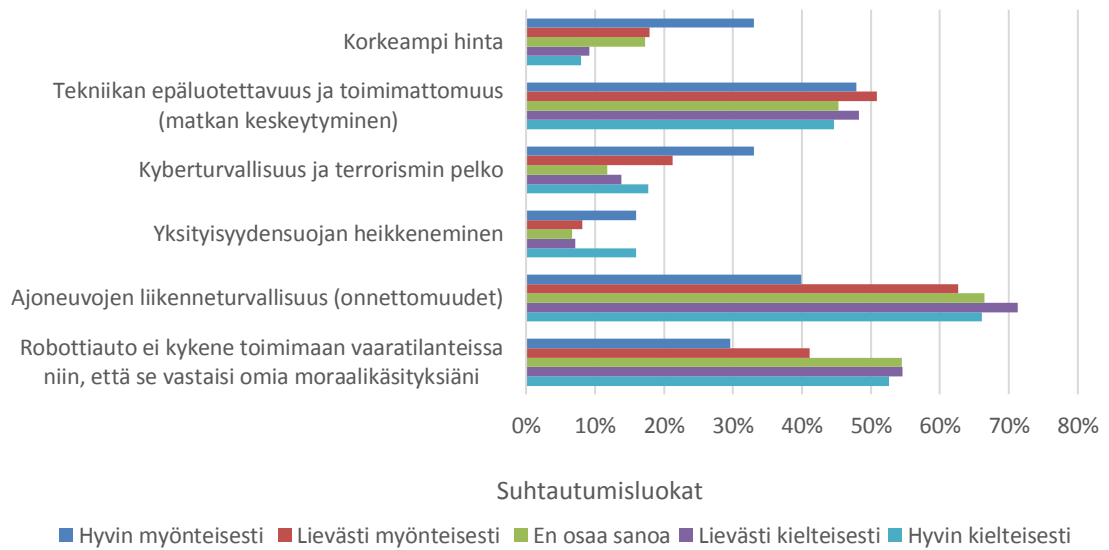


Kuva 39. Yleisen suhtautumisen vaikutus siihen, mistä automaatiotasosta ollaan eniten kiinnostuneita

Hyvin myönteisesti robottiautoihin suhtautuvista vastaajista noin 65 % ovat eniten kiinnostuneita automaatiotasojen 4 ja 5 autoista. Huomionarvoista on, että myös kielteisesti robottiautoihin suhtautuvista valtaosa on kuitenkin kiinnostuneita kuljettajaa avustavista järjestelmistä.

Yleinen suhtautuminen robottiautoihin vaikuttaa jonkin verran suurimpina pidettyihin huolenaiheisiin, kuten kuvasta 40 ilmenee. Kuvassa huomioitiin kultakin vastaajalta kaksi suurinta huolenaihetta. Esimerkiksi hyvin myönteisesti suhtautuvista vastaajista noin 33 % piti ajoneuvojen korkeampaa hintaa joko suurimpana tai toiseksi suurimpana huolenaiheena robottiautoihin liittyen.

Suhtautumisen vaikutus suurimpina pidettyihin huolenaiheisiin

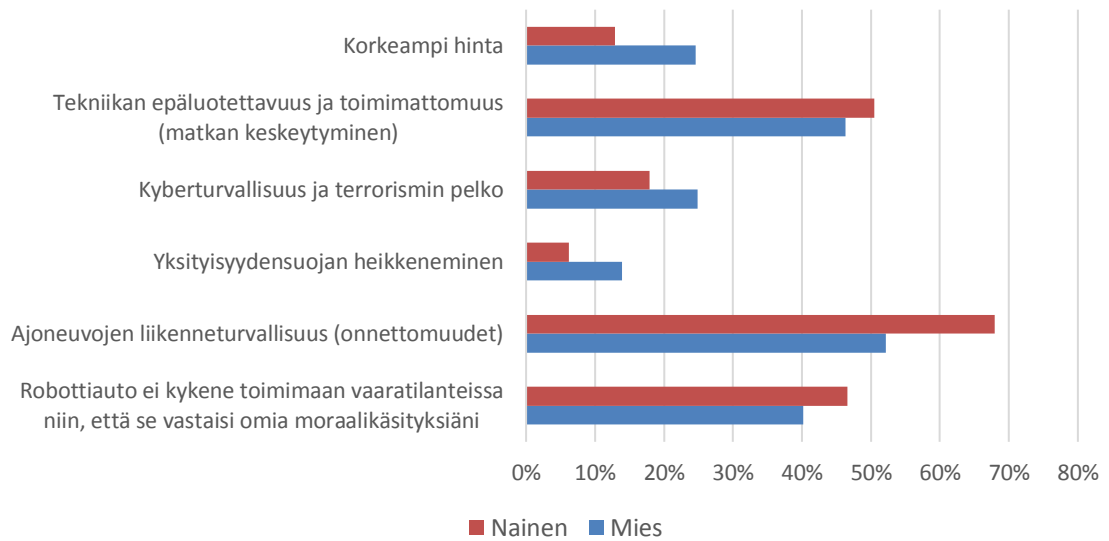


Kuva 40. Suhtautumisen vaikutus suurimpina pidettyjen pelkojen ja uhkien tärkeysjärjestykseen. Kuvassa on yhdistetty suurimpana tai toiseksi suurimpana kyseistä huolenaihetta pitävät vastaukset.

Yleinen suhtautuminen vaikuttaa jonkin verran robottiautoihin liittyvien huolenaiheiden tärkeysjärjestykseen. Yleisesti hyvin myönteisesti robottiautoihin suhtautuvat arvottavat korkeamman hinnan ja kyberturvallisuuden keskimäärin useammin suurimmiksi huolenaiheiksi kuin vastaajat keskimäärin. Sen sijaan hyvin myönteisesti suhtautuvat eivät pidä ajoneuvojen liikenneturvallisuutta yhtä usein suurimpana huolenaiheena kuin vastaajat keskimäärin. Vastaavasti moraalikysymykset eivät ole hyvin myönteisesti suhtautuville niin iso huolenaihe kuin muille vastaajille. Kielteisesti robottiautoihin suhtautuvilla vastaajilla ajoneuvojen liikenneturvallisuus ja moraalikysymykset nousevat tärkeimmiksi huolenaiheiksi, kun taas ajoneuvojen korkeampi hinta ei huolestuta yleisesti kielteisesti suhtautuvia juurikaan.

Myös vastaajan sukupuoli vaikuttaa hieman suurimpina koettuihin huolenaiheisiin. Suurimmat erot huolenaiheissa sukupuolten välillä liittyvät ajoneuvojen liikenneturvallisuuteen, jota naisista lähes 70 % pitää suurimpana tai toiseksi suurimpana huolenaiheena, kun miehistä vain hieman yli puolet pitää liikenneturvallisuutta suurimpana tai toiseksi suurimpana huolenaiheena robottiautoihin liittyen. Muissa huolenaiheissa on havaittavissa myös pieniä eroja sukupuolten välillä. Kuvassa 41 on esitetty vastaajan sukupuolen vaikutus uhkien ja pelkojen tärkeysjärjestykseen. Kuvassa on huomioitu kaksi suurinta huolenaihetta kultakin vastaajalta.

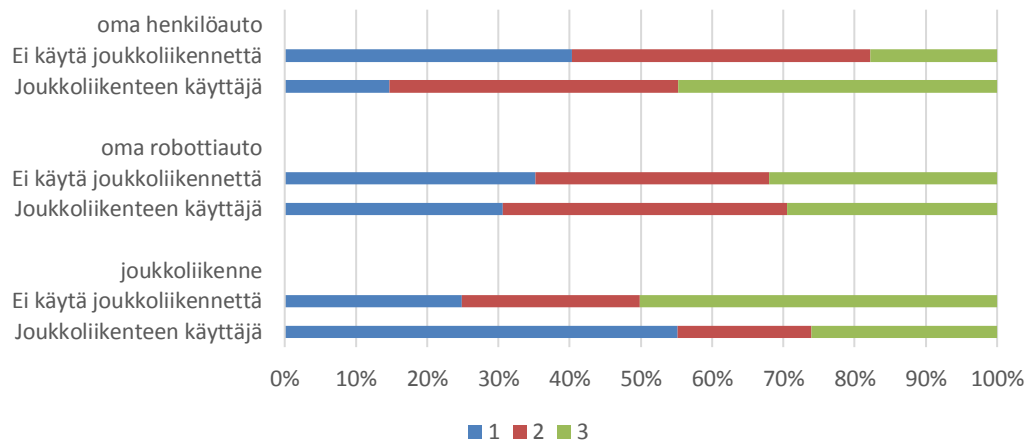
Sukupuolen vaikutus suurimpien uhkien ja pelkojen tärkeysjärjestykseen



Kuva 41. Sukupuolen vaikutus suurimpina pidettyjen uhkien ja pelkojen tärkeysjärjestykseen. Kuvassa on yhdistetty suurimpana tai toiseksi suurimpana kyseistä huolenaihetta pitävät vastaukset.

Kysymyksen 5 järjestämistehtävissä, joissa oma tavallinen auto, oma robottiauto ja joukkoliikenne piti laittaa paremmuusjärjestykseen erilaisilla parametreilla tehtävissä matkoissa, löytyi paljon tilastollisesti merkitseviä eroja käyttäjäryhmistä riippuen. Autonominen, vuotuiset ajokilometrit ja joukkoliikenteen säännöllinen käyttäminen vaikuttivat jonkin verran vastausten jakaumaan. Eroavaisuudet näkyivät kuitenkin lähinnä oman henkilöauton ja joukkoliikenteen välillä siten, että autottomissa talouksissa asuvat, alle 20 000 km vuodessa ajavat ja säännöllisesti joukkoliikennettä käyttävät henkilöryhmät painottivat vastauksissa joukkoliikennettä ja valitsivat harvemmin oman henkilöauton. Sen sijaan erot oman robottiauton valinnassa olivat kaikissa järjestämistehtävissä pieniä. Kuvassa 42 on esimerkki siitä, miten säännöllinen joukkoliikenteen käyttäminen vaikuttaa kysymyksen 5b vastausten jakaumaan. Kysymyksen parametrit ovat nähtävissä kapaleen 5.4.2 taulukossa 16.

Joukkoliikenteen käyttämisen vaikutus kysymyksen 5b kulkutavan valintaan

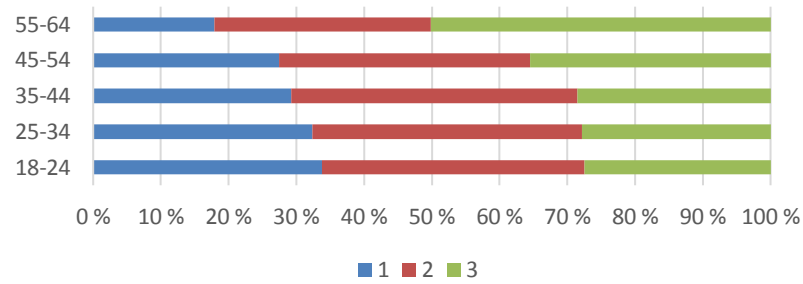


Kuva 42. Joukkoliikenteen käyttämisen vaikutus kysymyksen 5b kulkutavan valintaan

Joukkoliikenteen käyttäjät valitsevat luonnollisesti joukkoliikenteen muita useammin mieleiseksi kulkumuodoksi ja toisaalta oman henkilöauton vähiten mieleiseksi. Vastaavasti ne, jotka eivät käytä joukkoliikennettä, valitsevat oman henkilöauton useimmin parhaimmaksi vaihtoehdoksi ja joukkoliikenteen huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Sen sijaan joukkoliikenteen käyttämisen vaikutukset oman robottiauton valintaan ovat pienet. Sama ilmiö toistuu kaikissa kysymyksen 5 järjestämistehtävissä. Sama ilmiö on havaittavissa myös, kun vertaillaan autonomistuksen tai vuotuisten ajokilometrien vaikutuksia vastauksiin. Tällöin ne, jotka asuvat autollisissa kotitalouksissa, suosivat omaa henkilöautoa joukkoliikenteen kustannuksella. Autonomistus ei kuitenkaan juurikaan vaikuta oman robottiauton vastausjakaumaan. Vastaavasti ajokilometrien osalta huomattiin, että mitä enemmän vastaaja ajaa vuosittain henkilöautoa, sitä enemmän vastaukset painottuvat omaa henkilöautoa suosiviksi. Oman robottiauton saamat vastaukset pysyvät kuitenkin melko samanlaisina ajokilometreistä riippumatta.

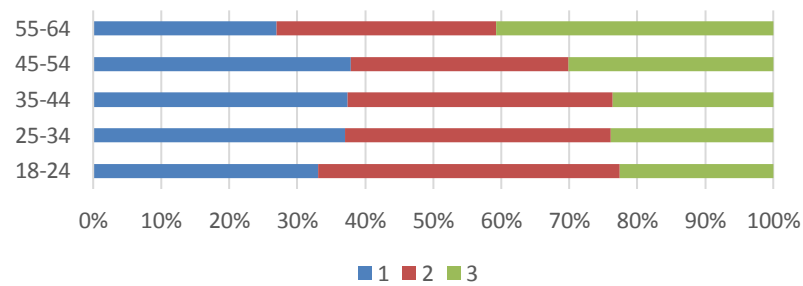
Vaikka vastaajien iällä ei havaittu olevan tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$) eroja yleisen suhtautumisen kanssa, on eroja kuitenkin selkeästi havaittavissa kysymysten 5a, 5b ja 5c oman robottiauton saamista vastauksissa. Kuvissa 43–45 on esitetty robottiautojen saamat vastaukset ikäryhmittäin tehtävissä 5a, 5b ja 5c.

Kysymys 5a oman robottiauton saamat vastaukset ikäryhmittäin



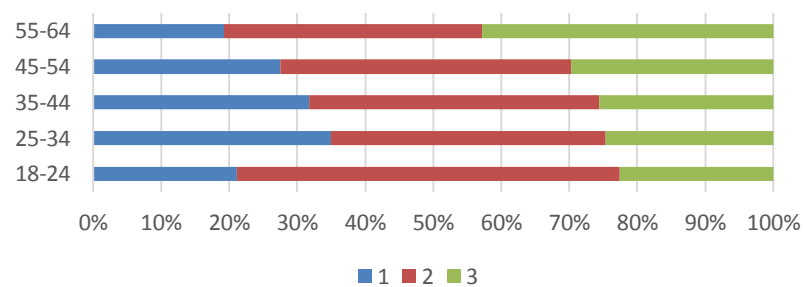
Kuva 43. Kysymys 5a vaihtoehdon ”oma robottiauto” saamat vastaukset ikäryhmittäin

Kysymys 5b oman robottiauton saamat vastaukset ikäryhmittäin



Kuva 44. Kysymys 5b vaihtoehdon ”oma robottiauto” saamat vastaukset ikäryhmittäin

Kysymys 5c oman robottiauton saamat vastaukset ikäryhmittäin



Kuva 45. Kysymys 5c vaihtoehdon ”oma robottiauto” saamat vastaukset ikäryhmittäin

Kuten kuvista 43–45 huomataan, vanhemmat ikäluokat arvottivat oman robottiauton muita useammin huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Alle 45-vuotiaista keskimäärin vain noin neljännes piti robottiautoa huonoimpana vaihtoehtona. Alle 45-vuotiaiden vastaukset myös jakautuivat suhteellisen samankaltaisesti pois lukien kysymys 5c, jossa alle 24-vuotiaat eivät pitäneet omaa robottiautoa parhaana vaihtoehtona yhtä usein kuin hieman vanhemmat. Voidaankin todeta, että vaikka yleisessä suhtautumisessa robottiautoihin ei eri ikäryhmillä havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, ovat nuoremmat kuitenkin halukkaampia käyttämään robottiautoa kuin yli 45-vuotiaat. Vastaava ilmiö on havaittavissa myös kysymyksen 8 vastausten jakaumissa.

Vastaajia voidaan jakaa ryhmiin myös sen perusteella, miten he ovat arvottaneet kysymyksessä 5 tietyn kulkumuodon kaikissa kohdissa parhaaksi tai huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Näin voidaan eriyttää ne henkilöt, jotka valitsevat aina saman kulkumuodon parametreista riippumatta. Taulukossa 21 on esitetty, miten moni vastaaja on arvottanut kunkin kulkumuodon parhaimmaksi vaihtoehdoksi kaikissa kysymyksen 5 kohdissa a, b ja c.

Taulukko 21. Kysymyksen 5 kaikissa kohdissa saman kulkumuodon parhaimmaksi valinneet

	Oma henkilöauto	Oma robottiauto	Joukkoliikenne
Vastaajien määrä	255	183	190
Osuus kaikista vastaajista	16 %	12 %	12 %

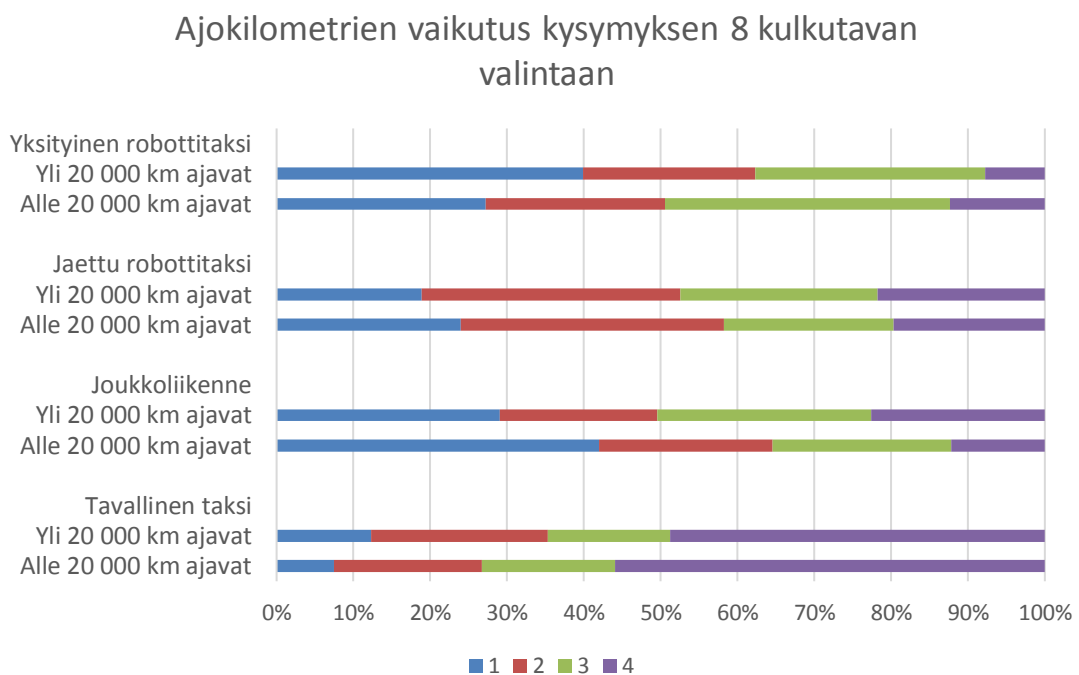
Kuten taulukosta 21 huomataan, kaikilla kulkumuodoilla oli melko iso kannattajaryhmä, joka valitsi kysymyksen 5 kaikissa kohdissa saman kulkumuodon parhaimmaksi vaihtoehdoksi. Kuhunkin ryhmään kuuluvat vastaajat ovat kuitenkin vastaajien taustatietojen perusteella hyvin heterogeeninen joukko. Näillä vastaajaryhmillä ei ole juurikaan tilastollisesti merkitseviä ($p < 0,05$) eroja taustatietojen suhteen.

Kyseisillä ryhmillä on kuitenkin havaittavissa eroavaisuuksia muissa kyselyn vastauksissa. Kysymyksessä 7 noin puolet sekä omaa henkilöautoa että omaa robottiautoa parhaana pitävistä valitsivat robottitaksin mieluisammaksi vaihtoehdoksi. Sen sijaan joukkoliikennettä parhaana pitäneistä vastaajista lähes 90 % olivat kysymyksessä 7 robottitaksin kannalla.

Tutkimuksen kannalta mielenkiintoinen ryhmä on myös robottiautovastaiset, eli henkilöt, jotka arvottivat robottiauton huonoimmaksi vaihtoehdoksi kaikissa kysymyksen 5 kohdissa. Tällaisia vastaajia oli 349. Kuitenkin näistä vastaajista vain hieman yli 60 % suhtautui kielteisesti robottiautoihin, neutraalisti suhtautui noin 15 % ja jopa yli 20 % suhtautui myönteisesti robottiautoihin. Robottiautovastaisista suurin osa edusti vanhempia sukupolvia. Yli 55-vuotiaista lähes kolmannes (169 vastaajaa) ja 45–54-vuotiaista yli viidennes (79 vastaajaa) olivat kysymyksen 5 perusteella robottiautovastaisia. Robottiautovastaisista naisia oli noin 58 % ja miehiä 42 %.

Robottiautovastaisilla huolenaiheiden tärkeysjärjestys jakautuu kuitenkin lähes identtisesti kielteisesti robottiautoihin suhtautuvien kanssa (kappale 6.2 kuva 40). Ajoneuvojen liikenneturvallisuus ja moraalikysymykset nousevat robottiautovastaisilla muita vastaajia useammin tärkeimmiksi huolenaiheiksi.

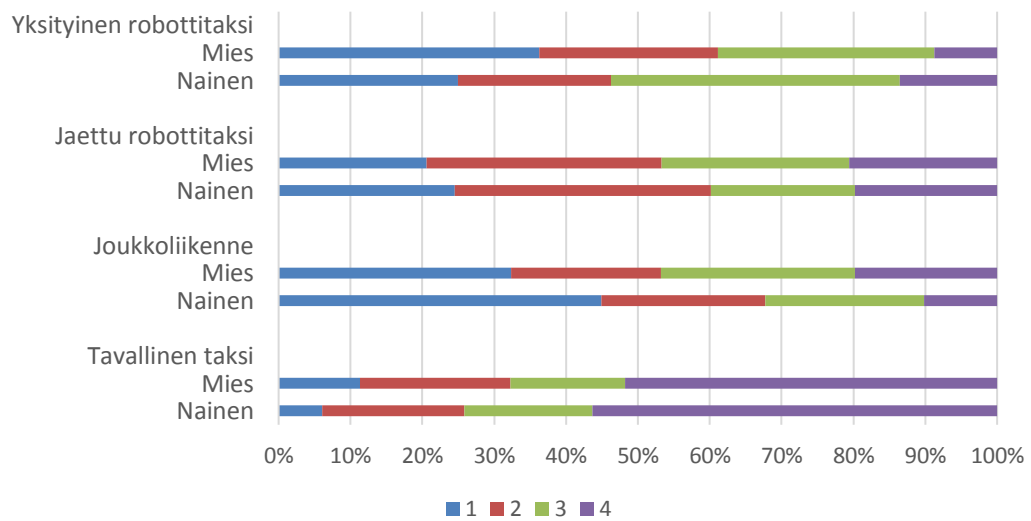
Kysymyksen 8 järjestämistehtävässä täytyi laittaa paremmuusjärjestykseen yksityinen robottitaksi, jaettu robottitaksi, joukkoliikenne ja tavallinen taksi 10 kilometrin matkalla kaupunkialueella. Eri henkilöryhmillä löytyi jonkin verran eroavaisuuksia vastausjakauksissa. Kuvassa 46 on esitetty, miten vuotuisten ajokilometrien määrä vaikuttaa kysymyksen 8 kulkutavan valintaan. Kysymyksen parametrit ovat nähtävissä kappaleen 5.4.3 taulukossa 18.



Kuva 46. Vuotuisten ajokilometrien vaikutus kysymyksen 8 kulkutavan valintaan

Odotetusti paljon ajavat arvottavat joukkoliikenteen harvemmin parhaaksi vaihtoehdoksi ja tavallisen taksin hieman useammin paremmaksi kuin vähän ajavat henkilöt. Eroa löytyi selkeästi kuitenkin myös kiinnostuksessa robottitakseihin. Paljon ajavat valitsevat vähemmän ajavia useammin yksityisen robottitaksin, kun taas vähemmän ajavat valitsevat hieman useammin jaetun robottitaksin kuin paljon ajavat. Autonomistus ja joukkoliikenteen käyttäminen vaikuttavat kysymyksen 8 vastausten jakaumaan samansuuntaisesti kuin vuotuisten ajokilometrien määrä, mutta erot ovat hieman pienemmät.

Sukupuolen vaikutus kysymyksen 8 järjestämistehtävään



Kuva 47. Sukupuolen vaikutus kysymyksen 8 järjestämistehtävään

Myös vastaajan sukupuoli vaikutti tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) kysymyksen 8 vastausten jakaumaan, kuten kuva 47 osoittaa. Miehet pitivät yksityistä robottitaksia useammin parempana vaihtoehtona kuin naiset, mutta naiset puolestaan pitivät jaettua robottitaksia hieman useammin parempana vaihtoehtona kuin miehet. Tyypillisesti naiset pitävät joukkoliikennettä parempana vaihtoehtona kuin miehet ja sama ilmiö näkyy myös tässä tutkimuksessa. Miehet puolestaan pitivät tavallista taksia hieman useammin parempana vaihtoehtona kuin naiset.

Tässä kyselyssä kysymyksissä 7 ja 10 pyrittiin selvittämään, miten robottiautot tulevat vaikuttamaan ihmisten autonomistushalukkuuteen. Erona kysymyksissä oli, että kysymyksessä 7 ei puhuttu autonomistuksesta, vaan vertailtiin ainoastaan omaa robottiautoa ja robottitaksia. Lisäksi kustannuseron ajateltiin olevan 2 000 euroa vuositasolla ja robottitaksin aina saatavilla seitsemässä minuutissa. Kysymyksessä 10 kysyttiin suoraan, olisiko vastaajalla halukkuutta omistaa tulevaisuudessa omaa autoa, mikäli kustannukset robottitaksilla olisivat vuositasolla 20 % pienemmät ja robottitaksi olisi aina saatavilla viidessä minuutissa. Kummassakin kysymyksessä noin kaksi kolmasosaa vastaajista oli sitä mieltä, että robottitaksi olisi parempi vaihtoehto.

Vastaajien välillä oli kuitenkin havaittavissa merkittäviä eroja. Kysymyksessä 7 robottitaksin valinneista 188 vastaajaa vastasivat kysymykseen 10 haluavansa kuitenkin omistaa yhä itse oman robottiauton. Vastaavasti kysymyksessä 7 oman robottiauton valinneista 180 vastaajaa vastasivat kysymykseen 10, että eivät koe tarvetta omistaa tulevaisuudessa omaa robottiautoa. Yhteensä siis 368 vastaajaa, eli lähes neljännes kaikista vastaajista, vastasivat ristiin kysymyksissä 7 ja 10.

Näillä ristiin vastanneilla ei ole havaittavissa selkeitä henkilöryhmiä, jotka voisivat selittää muutosta. Selittäviä tekijöitä voivat olla erot kysymysten asettelussa. Rahallisesti ilmoitettuna 2 000 euron vuotuiset kustannukset voivat kuulostaa osalle vastaajista paljon suuremmalta lukemalta kuin 20 % pienemmät vuosikulut ja toisille vastaajille tilanne voi olla päinvastoin. Mikäli vastaajat suhteuttavat vuosikulut nykyisin omistamaansa autoon, osalle vastaajista 2 000 euron vuosisäästö on suurempi kuin 20 % vuosittainen säästö, kun toisille tilanne on päinvastainen. Jonkin verran voi vaikuttaa myös kahden minuutin ero robottitaksin saatavuudessa. Lisäksi joiltain osin tätä voi selittää myös virheet vastauksissa tai kysymysten ymmärtämisessä.

7. YHTEENVETO

Tässä yhteenvedossa esitetään tärkeimmät tulokset tutkimuksesta ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksen tulosten esittelyn lisäksi pohditaan tutkimuksen luotettavuutta ja tutkimuksen onnistumista. Lopuksi esitetään työn aikana tunnistettuja jatkotutkimuskohteita robottiautoihin liittyen.

7.1 Tutkimuksen tulokset

7.1.1 Robottiautojen kehitystilanne ja vaikutukset liikennejärjestelmään

Nykyisin lähes kaikilla suurilla autonvalmistajilla sekä myös joillakin teknologia-alojen toimijoilla on omat robottiautojen kehitysprojektinsa. Googlen robottiautoa on yleisesti pidetty kehittyneimpänä, tai ainakin parhaiten tunnettuna robottiautona. Google on itse arvioinut tuovansa ensimmäiset automaatiotasojen 4 ja 5 robottiautot markkinoille vuonna 2020 (Google 2016). Myös monilla muilla valmistajilla on tavoitteena julkaista täysin autonomisia autoja viimeistään 2020-luvun alkupuolella.

Lainsäädännön osalta maailmalla on paljon kansainvälisiä ja kansallisia säädöksiä, jotka hankaloittavat robottiautojen yleistymistä. Kansainvälisesti trendinä on kuitenkin ollut lainsäädännön muuttaminen robottiautoja sallivaan suuntaan. Tästä esimerkkinä on Euroopan Unionin sopimus, jonka mukaan jäsenmaat sitoutuvat laatimaan sääntöjä ja määräyksiä, jotka sallivat autonomisten autojen käyttämisen yleisillä teillä (GPS Business News 2016). Suomessa Liikenne- ja viestintäministeri Berner (2017) on todennut, että tieliikennelainsäädäntö tulee sallimaan miehittämättömät autot vuoden 2017 loppuun mennessä.

Liikennejärjestelmätasolla robottiautoilta odotetaan pääosin positiivisia vaikutuksia. Liikenneturvallisuuden odotetaan parantuvan, kun robottiautot eivät tee inhimillisiä virheitä ja automaatiojärjestelmillä ei käytännössä ole reaktioaikaa. Ympäristövaikutusten osalta robottiautojen odotetaan vähentävän päästöjä suoritetta kohden, joskin mahdollisen suorituksen kasvun seurauksena robottiautojen kokonaisvaikutuksesta päästöihin ei ole varmuutta.

Taloudellisten vaikutusten osalta robottiautojen odotetaan tuovan enemmän suoria positiivisia kustannusvaikutuksia kuin negatiivisia kustannusvaikutuksia. Esimerkiksi onnettomuus-, aika- ja ympäristökustannusten odotetaan pienentyvän. Infrastruktuurin osalta kustannuksia kasvattaa laadukkaan infrastruktuurin tarve mutta toisaalta liikenteen tilan-

tarve ja siten infrastruktuurin määrä tulee pienentymään. Robottiautojen myötä merkittävä osa nykyisistä liikennesektorin työpaikoista tulee häviämään, mutta toisaalta robottiautot mahdollistavat uutta liiketoimintaa ja mahdollisesti myös uutta vientiä.

7.1.2 Robottiautojen vaikutukset liikkumisen määrään

Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan olettaa, että sekä matkojen lukumäärä että pituus tulevat kasvamaan robottiautojen seurauksena ainakin jonkin verran (mm. Sessa et al. 2016; Davidson & Spinoulas 2016). Keskimäärin kirjallisuudessa esitetyt arviot ennustavat noin 10–40 % kasvua henkilökilometreissä. Myös kyselystä saatujen havaintojen perusteella voidaan olettaa matkojen lukumäärän ja pituuden kasvavan jonkin verran. Kysymyksessä 6 (kappale 5.4.2 kuva 20) havaittiin, että merkittävä osa vastaajista uskoisi liikkuvansa enemmän, mikäli yleisesti robottiautoihin liitettävät oletukset toteutuvat. Oletuksia olivat alhaisemmat kustannukset, ajamisen muuttuminen vähemmän rasittavaksi, kun ajon aikana voisi tehdä muuta ja ajamisen saatavuus myös tilanteissa, joissa itse ei olla ajokunnossa.

Robottiautojen odotetaan tuovan uutta kysyntää erityisesti niiltä henkilöryhmiltä, jotka eivät nykyisin voi ajaa. Näitä henkilöryhmiä ovat muun muassa nuoret, vanhuksat, ajokortittomat, sairaat ja autottomat, joista kolme jälkimmäistä ryhmää sisältyi myös tämän kyselytutkimuksen otantaan. Kiinnostuneisuus automaatioon ja liikkumiseen näillä henkilöryhmillä vaikuttaisi olevan suhteellisen samankaltaista koko vastaajajoukon kanssa. Oletus siitä, että nykyisin ajamattomat ihmiset voisivat robottiautojen seurauksena käyttää henkilöautoja kuten nykyisin ajavat ihmiset, vaikuttaa siten perustellulta.

Jossain määrin nykyisin ajamattomat ihmiset voivat olla myös edelläkävijöitä robottiautojen käyttöönotossa. Esimerkiksi autottomissa talouksissa elävistä vastaajista 39 % on eniten kiinnostuneita automaatiotason 4 ja 5 autoista, kun vastaava lukema autollisissa talouksissa elävistä vastaajista on 19 %. Tämän kyselyn pohjalta voidaan siis todeta, että kirjallisuudessa tehdyt oletukset liikkumisen määrän kasvusta robottiautojen seurauksena pitävät todennäköisesti paikkansa. Kuitenkaan kasvun määrään ei voida tämän kyselytutkimuksen puitteissa ottaa kantaa.

7.1.3 Robottiautojen vaikutukset kulkutavan valintaan

Kulikutapajakaumien osalta kirjallisuudessa oletettiin, että kulikutapajakaumat painottuisivat robottiautojen seurauksena yhä enemmän henkilöautojen suuntaan erityisesti joukkoliikenteen kustannuksella, kunhan robottiautojen kustannukset ovat pieniä (mm. Sessa et al 2016; Kröger et al 2016). Henkilöautoilun kulutapaosuus voi kasvaa tutkimusten mukaan keskimäärin jopa 10–30 %, kun autonomisten ajoneuvojen penetraatioaste lähestyy sataa. Kuitenkin tässä kyselytutkimuksessa joukkoliikenne vaikutti olevan useimmiten paras vaihtoehto järjestämistehtävissä. On mahdollista, että mikäli hinnoittelu muut-

tuu yhä enemmän kilometriperusteiseksi tai robottiautot eivät tuo odotettua kustannussäästöä, voi joukkoliikenteen kulkutapaosuus jopa kasvaa nykyisestä. Tämä nostettiin esille myös kirjallisuudessa yksittäisissä tutkimuksissa (mm. Heilig et al. 2016).

Tämän kyselytutkimuksen perusteella on kuitenkin vaikea ottaa tarkemmin kantaa kulkutapaosuuksien muutokseen robottiautojen seurauksena. Kysymyksillä ei ole nykytilaa kuvaavaa vertailupohjaa, johon muutoksia voitaisiin verrata. Joukkoliikenteestä annettiin tämän tutkimuksen puitteissa myöskin varsin ruusuinen kuva, mikä ei vastaa todellisuutta valtaosalle suomalaisista.

7.1.4 Robottiautojen vaikutukset autonomistukseen

Autonomistusta käsitellään kirjallisuudessa yleensä lähinnä skenaarioina, joissa autonomistus joko säilyy nykyisen kaltaisena tai muuttuu enemmän yhteiskäyttöautoiluksi. Varsinaisia ennusteita kirjallisuudessa autonomistuksen muutoksista ei juurikaan ole löydettävissä. Sen sijaan potentiaalia autonomistuksen pienentymiselle on nähtävissä paljon ja monissa tutkimuksissa todetaankin, että suurissa kaupungeissa nykyisen kaltainen liikennesuorite olisi toteutettavissa lähes 90 % pienemmällä autokannalla robottitaksien seurauksena (mm. Boesch et al. 2015; Fagnant et al. 2016).

Tässä kyselytutkimuksessa kysymykset 7 ja 10 (kappale 5.4.3 kuvat 21 ja 24) liittyvät autonomistushalukkuuteen tulevaisuudessa. Vastauksien mukaan kaksi kolmasosaa suomalaisista olisivat enemmän kiinnostuneita robottitakseista/yhteiskäyttöajoneuvoista kuin omasta robottiautosta, mikäli robottitaksit olisivat aina saatavilla lyhyellä varoitusajalla ja niiden kustannukset olisivat vuositasolla merkittävästi pienemmät kuin omalla robottiautolla.

Vuosittaisten ajokilometrien lukumäärä korreloi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) autonomistukseen tulevaisuudessa. Nykyisin ei lainkaan ajavista vastaajista yli 85 % eivät koe tulevaisuudessakaan tarvetta omistaa omaa autoa, mikäli robottitaksit ovat hyvin saatavilla. Autonomistushalukkuus kuitenkin kasvaa tasaisesti vuosittaisten ajokilometrien kasvaessa. Yli 30 000 kilometriä vuodessa ajavista noin 50 % haluavat tulevaisuudessakin omistaa oman auton. Myös autojen lukumäärä kotitaloudessa korreloi vastavasti tulevaisuuden autonomistukseen.

7.1.5 Miten valmiita ihmiset ovat ottamaan käyttöön robottiautoja?

Suomessa robottiautoihin suhtautui myönteisesti yli 60 % vastaajista. Noin neljännes vastaajista suhtautui kielteisesti ja reilu kymmenys vastaajista suhtautui neutraalisti tai ei osannut sanoa kantaansa. Vastaukset jakautuivat lähes samassa suhteessa myös väittämän ”automaation kehittyminen kohti robottiautoja on mielestäni toivottava kehityssuunta”

kanssa. Valtaosa vastaajista oli kuitenkin sitä mieltä, että kaikkia robottiautoja tulee tarvittaessa voida ajaa myös manuaalisesti. Ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle stressaisi lähes 70 % vastaajista, joskin samanaikaisesti 55 % vastaajista oli sitä mieltä, että ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle vähentäisi ajamisen kuormittavuutta.

Noin 45 % vastaajista on tällä hetkellä eniten kiinnostuneita vain kuljettajaa avustavista järjestelmistä. Yli neljännes vastaajista on eniten kiinnostuneita automaatiotason 2 ajoneuvoista ja yli viidennes automaatiotason 4 ajoneuvoista. Vain noin 7 % kaikista vastaajista haluaa suorittaa ajamisen täysin itsenäisesti ilman mitään avustavia järjestelmiä.

Suurimpia robottiautoihin liittyviä huolenaiheita suomalaisille olivat ajoneuvojen liikenneturvallisuus, tekniikan epäluotettavuus ja toimimattomuus sekä moraalikysymykset. Robottiautoihin kielteisesti suhtautuvilla erityisesti ajoneuvojen liikenneturvallisuus ja moraalikysymykset nousivat suurimmiksi huolenaiheiksi. Yksityisyydensuojan heikkenemistä pidettiin keskimäärin kaikkein vähäisimpänä huolenaiheena.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että suurin osa suomalaisista pitää robottiautoja myönteisenä asiana ja ovat valmiita ainakin kokeilemaan niitä. Monilla myönteisestikin robottiautoihin suhtautuvilla on kuitenkin vielä ennakkoluuloja robottiautoja kohtaan ja luottamuksen rakentuminen tullee viemään aikaa. Lisäksi on jonkin verran ihmisiä, jotka eivät missään nimessä halua käyttää robottiautoa ja jotka pitävät robottiautoja täysin epäluotettavina liikenteen vaaratekijöinä.

7.2 Tutkimuksen arviointi

Tämä tutkimus perustuu kirjallisuuskatsaukseen sekä kyselytutkimuksesta saatuihin tuloksiin. Kirjallisuuskatsauksessa kävi ilmi, että aihetta on tutkittu jo melko paljon, mutta toisaalta aiheen parissa työskentelevien tutkijoiden joukko on toistaiseksi melko pieni. Monet tutkimukset eivät myöskään käsittele aihetta kokonaisuutena, vaan niissä pureudutaan lähinnä yhteen näkökulmaan ja analysoidaan sitä. Näistä ongelmista huolimatta tutkimukset aiheen parissa vaikuttavat kuitenkin melko laadukkailta ja siten suhteellisen luotettavilta.

Tutkimuskohteena aihealue on hyvin tuore, minkä vuoksi valtaosa tässäkin työssä käytetyistä lähteistä on julkaistu viimeisen kolmen vuoden aikana. Tutkimusta aiheen parissa tehdään kuitenkin tällä hetkellä melko paljon. Tämä on näkynyt muun muassa siten, että uusia tutkimuksia aiheesta on tämän tutkimuksen tekemisen aikana julkaistu kiihtyvällä tahdilla.

Kyselytutkimuksen ensimmäisellä kierroksella vastausprosentti jäi melko pieneksi (16 %). Vastaukset voidaan kuitenkin pitää tämän tutkimuksen osalta mahdollisena virhelähteenä. Myös vastausharhaa tutkimuksessa esiintyi jonkin verran. Kaikki kyselylomakkeessa käytetyt käsitteet eivät selkeästi olleet tuttuja kaikille vastaajille. Lisäksi palautteista kävi

ilmi, että osa vastaajista ei ollut lukenut tai ymmärtänyt ohjeita kunnolla, sillä palautteissa kysyttiin asioita, joihin löytyi suora vastaus ohjeistuksesta.

Virhelähteistä huolimatta tutkimus onnistui vastaamaan tutkimuskysymyksiin varsin hyvin. Tutkimuksen eri osa-alueet täydentävät hyvin toisiaan, jolloin virhemarginaali kokonaisuudessa pienentyy. Kokonaisuudessa työn tuloksia voidaankin pitää melko luotettavina ja siten tutkimusta voidaan pitää onnistuneena.

7.3 Jatkotutkimuskohteet

Tämän työn tekemisen aikana esiin nousi paljon kysymyksiä, joihin vastaaminen ei tämän työn puitteissa ollut mahdollista, mutta joita olisi kuitenkin hyvä tarkastella jatkossa. Alla on esitetty jatkotutkimuskohteita suoraan aiheeseen liittyen sekä yleisemmin robottiautoihin liittyen.

Ehkä tärkeimpänä jatkotutkimusaiheena näkisin robottiautojen taloudellisten vaikutusten arvioinnin ja tarkemman tutkimisen erityisesti valtion rahoituksen kannalta. Aihetta on sivuttu monissa tutkimuksissa, mutta kunnollista syväluotaavaa taloudellisten vaikutusten arviointia ei ainakaan ole julkaistu. Tutkimukselle on kuitenkin selkeästi tarvetta, sillä robottiautot voivat muuttaa koko liikennesektorin taloudellisen tasapainon. Mitä tapahtuu auto- ja ajoneuvoveron määrälle, kun autojen lukumäärä vähenee ja autojen energiatehokkuus paranee? Vastaavasti arvonlisäveron määrä esimerkiksi polttoaineesta, uusista autoista ja vakuutusmaksuista voi pienentyä. Kompensoiko uudesta liiketoiminnasta syntyvät verotulot vanhojen työpaikkojen katoamista ja infrastruktuurikustannusten kasvua? Miten pienentyvä liikennetilän tarve hyödynnetään taloudellisesti järkevästi? Mitä ajoneuvokantaan sitoutuneella pääomalle tapahtuu, mikäli ihmiset siirtyvät yhteiskäyttöautojen käyttäjiksi? Nämä ovat kysymyksiä, joilla on merkittäviä taloudellisia vaikutuksia niin valtion budjetin kuin kansalaisten ja yritystenkin osalta.

Toinen jatkotutkimusaihe voisi olla robottiautojen vaikutukset hyötyliikunnan määrään ja siten kansanterveyteen. Miten paljon robottiautot vähentävät hyötyliikunnan määrää ja voiko tämä aiheuttaa jopa kansanterveydellistä riskiä? Voivatko ihmiset passivoitua entisestään, kun joka paikkaan pääsee autolla?

Tällä hetkellä näyttää väistämättömältä, että tieliikenteessä nähdään välivaihe, jossa verkottuneet robottiautot ja verkottumattomat tavalliset autot ajavat samassa liikennetilassa sekaisin. Tätä välivaihetta voidaan pitää vaarallisimpana vaiheena robottiautojen kehityksessä. Suomessa välivaihetta tulisi tutkia entistä tarkemmin ja mahdollisesti toteuttaa samalla toimenpidesuunnitelma, jonka avulla minimoidaan välivaiheen riskit ja tehdään välivaiheesta mahdollisimman jouheva koko liikennejärjestelmän kannalta. Tässä toimenpidesuunnitelmassa tulisi huomioida paitsi liikenteeseen liittyvät seikat myös esimerkiksi tiedottaminen kansalaisille ja robottiautojen hyväksyttävyyden parantaminen.

Viimeisenä jatkotutkimuskohteena ilmeni robottiautojen vaikutukset logistiikalle. On ilmeistä, että logistiikan kustannukset pienentyvät, mutta miten robottiautot vaikuttavat laajemmin logistiikan toimintamalleihin? Logistiikka tulee robottiautojen ja yleisemmin digitalisaation myötä ajautumaan murrokseen, jossa perinteiset toimintamallit eivät välttämättä ole enää tehokkaimpia.

LÄHTEET

Aamulehti (2016). Uskaltaisitko kyytiin? Robottibussit tulevat Tampereen Hervantaan ensi syksynä, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): <http://www.aamulehti.fi/kotimaa/uskaltaisit-ko-kyytiin-robottibussit-tulevat-tampereen-hervantaan-ensi-syksyna/>.

Ahlroth J., Pöllänen M. (2011). Liikenneturvallisuus, Tampereen teknillinen yliopisto, 196 s.

Alessandrini A., Alfonsi R., Delle Site P., Stam D. (2014). Users' preferences toward automated road public transport: result from European surveys, *Transportation Research Procedia*, Vol. 3, pp. 139–144.

Autoalan tiedotuskeskus (2014). Henkilöautokannan keski-ikä eräissä Euroopan maissa 2010, Saatavissa (viitattu 25.4.2017): http://autoalantiedotuskeskus.fi/tilastot/kansainvaliset_tilastot/henkiloautojen_keski-ika_eraissa_euroopan_maissa.

Autoalan tiedotuskeskus (2016). Rekisteristä lopullisesti poistettujen henkilöautojen keski-ikä haltijan maakunnan mukaan, Saatavissa (viitattu 25.4.2017): http://www.aut.fi/tilastot/romutustilastoja/rekisterista_poistettujen_henkiloautojen_keski-ika_haltijan_maakunnan_mukaan.

Bansal P., Korckelman K., Singh A. (2016). Assessin public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective, *Transportation Research Part C*, Vol. 67, pp. 1–14.

BBC (2013). Driveless cars to be tested on UK roads by end of 2013, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): <http://www.bbc.com/news/technology-23330681>.

Berner A. (2017). SuomiAreena, Liikennevallankumous -keskustelutilaisuus, Saatavissa (viitattu 16.7.2017): <https://www.katsomo.fi/#!/jakso/33001006/suomiareena/786947/155-liikennevallankumous>.

Bierstedt J., Gooze A., Gray C., Peterman J., Raykin L., Walters J. (2014). Effects of next-generation vehicles on travel demand and highway capacity, 27 p.

Bischoff J., Maciejewski M. (2016). Simulation of city-wide replacement of private cars with autonomous taxis in Berlin, *Procedia Computer Science*, Vol. 83, pp. 237–244.

BMW (2016). Adaptive Headlights, Saatavissa (viitattu 6.9.2016): http://www.bmw.com/com/en/insights/technology/technology_guide/articles/mm_adaptive_headlights.html.

Boesch P., Ciari F., Axhausen K. (2015). Required Autonomous Vehicle Fleet Sizes to Serve Different Levels of Demand, *ETH Zurich*, 21 p.

Bonnefon J-F., Shariff A., Rahwan I. (2016). The social dilemma of autonomous vehicles, *Science*, Vol. 352(Issue 6293) pp. 1573–1576.

Brooks R. (2017). Unexpected consequences of self driving cars, MIT Blog, Saatavissa (viitattu 24.5.2017): <http://rodneybrooks.com/unexpected-consequences-of-self-driving-cars/>.

Brown A., Gonder J., Repac B. (2014). An analysis of Possible Energy Impacts of Automated Vehicle, *Road Vehicle Automation*, pp. 137–153.

Cavoli C., Phillips B., Cohen T., Jones P. (2017). Social and behavioural questions associated with Automated Vehicles A Literature Review, London: Department for Transport, 124 p.

Chan E., Gilhead P., Jelinek P., Krejei P. (2012). Cooperative control of SARTRE automated platoon vehicles, *ITS America*, 10 p.

CityMobil2 (2016). About CityMobil2 – Citymobil2 is a multi-stakeholder project co-funded by the EU's Seventh Framework Programme for research and technological development (commonly known as FP7), Saatavissa (viitattu 6.2.2017): <http://www.citymobil2.eu/en/About-CityMobil2/Overview/>.

ComScore (2015). comScore Reports January 2015 U.S. Smartphone Subscriber Market Share, Saatavissa (viitattu 16.5.2017): <https://www.comscore.com/Insights/Market-Rankings/comScore-Reports-January-2015-US-Smartphone-Subscriber-Market-Share>.

Davidson P., Spinoulas A. (2015). Autonomous Vehicles – What Could this Mean For The Future Of Transport, AITPM 2015 National Conference, 15 p.

Davidson P., Spinoulas A. (2016). Modeling Autonomous Vehicles – Challenges and results, 16 p.

DfT (Department for Transport) (2015). The Pathway to Driverless Cars: A detailed review of regulations for automated vehicle technologies, ISBN 978-1-84864-152.

Digitoday (2013). Nokia ja Mersu tekevät älykarttoja robottiautoihin, Saatavissa (viitattu 7.9.2016): <http://www.digitoday.fi/bisnes/2013/09/10/nokia-ja-mersu-tekevata-alykarttoja-robottiautoihin/201312641/66>.

Dougherty C., Richtel M. (2015). Google's Driverless Cars Run Into Problem: Cars With Drivers, Saatavissa (viitattu 24.10.2016): http://www.eila.univ-paris-diderot.fr/_media/user/claire_dupuy/google_cars_text.pdf.

Easymile (2016). Easymile Technology, Saatavissa (viitattu 10.11.2016): <http://easymile.com/technology/>.

Eugensson A. (2015). Inledningen del 2: Autonom körning/autonomous driving, Transportforum, Saatavissa (viitattu 16.12.2016): <https://www.youtube.com/watch?v=UdTBcpOE1F8>.

EY (2014). Deploying autonomous vehicles – Commercial considerations and urban mobility scenarios, Saatavissa (viitattu 2.11.2016): [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Deploying-autonomous-vehicles-30May14/\\$File/EY-Deploying-autonomous-vehicles-30May14.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-Deploying-autonomous-vehicles-30May14/$File/EY-Deploying-autonomous-vehicles-30May14.pdf).

Fagnant D., Kockelman K. (2014). The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios, Transportation Research Part C, Vol. 40, pp 1–13.

Fagnant D., Kockelman K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities barriers and policy recommendations, Transport Research Part A, Vol. 77, pp. 167–181.

Fagnant D., Kockelman K. (2016). Dynamic ride-sharing and fleet sizing for a system of shared autonomous vehicles in Austin, Texas, The University of Texas at Austin, 17 p.

Fagnant D., Kockelman K., Bansal P. (2015). Operations of a shared autonomous vehicle fleet for the Austin, Texas market, The University of Texas at Austin, 17 p.

Finlex (1986). Asetus tieliikennettä koskevan yleissopimuksen voimaansaattamisesta 30/1986, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): <http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/1986/19860030>.

Fintrip (2016). Uudet kokeiluhankkeet tähtäävät kekseliäisiin menetelmiin ja palveluihin yhteistyön voimin, Saatavissa (viitattu 9.1.2017): <http://fintrip.fi/uudet-kokeiluhankkeet-tahtaavat-kekseliaisiin-menetelmiin-ja-palveluihin-yhteistyon-voimin/>.

Frost & Sullivan (2014a). Strategic Analysis of the European and North American Market for Automated Driving, Saatavissa (viitattu 5.9.2016): <http://cds.frost.com/p/56579/#!/ppt/c?id=M92C-01-00-00-00>.

Frost & Sullivan (2014b). From Vehicle Automation to Autonomous Driving: The Big Leap, Saatavissa (viitattu 6.9.2016): <http://www.frost.com/sublib/display-market-insight.do?id=292932342>.

Google (2016). Self-Driving Car Project, Saatavissa (viitattu 5.9.2016): <https://www.google.com/selfdrivingcar/how/>.

GPS Business News (2016). EU Transport Ministers Agreed on Policy for Autonomous Driving, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): http://www.gpsbusinessnews.com/EU-Transport-Ministers-Agreed-on-Policy-for-Autonomous-Driving_a5888.html.

Gruel W., Stanford J. (2015). Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: A speculative approach, Association for European Transport, 16 p.

Harper C., Hendrickson C., Mangones S., Samaras C. (2016). Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions, Transportation Research Part C, Vol. 72, pp. 1–9.

Heilig M., Hilgert T., Mallig N., Kagerbauer M., Vortisch P. (2016). Potentials of autonomous vehicles in a changing private transportation system – a case study in the Stuttgart region, Association for European Transport, 13 p.

Hevelke A., Nida-Rumelin J. (2015). Responsibility fo Crashes of Autonomous Vehicles: An Ethical Analysis, Science and Engineering Ethics, Vol. 21(Issue 3) pp. 619–630.

Hoeger R., Hoess A., Zeng H. (2011). The future of driving, HAVEit (D61.1) 339 p.

HSL (2013). Mistä kustannukset syntyvät: joukkoliikenteen tuottamisen kustannusrakenne, Saatavissa (viitattu 7.11.2016): http://www.pllry.fi/jouto_esitykset/Tero%20Anttila%20Mist%E4%20kustannukset%20syntyv%E4t.pdf.

HSL (2016). Auton omistus Helsingin seudulla - katsaus menneeseen kehitykseen ja pohdintoja tulevasta, HSL 19/2016, 90 s.

Hörl S., Ciari F., Axhausen K. (2016). Recent perspectives on the impact of autonomous vehicles, ETH Zurich, 37 p.

IEEE (2012). News Releases, Saatavissa (viitattu 16.5.2017): http://www.ieee.org/about/news/2012/5september_2_2012.html.

Innamaa S., Kanner H., Rämä P., Virtanen A. (2015). Automaation lisääntymisen vaikutukset liikenteessä, Trafín tutkimuksia 01/2015, 78 s.

Ipsos MORI (2014). Only 18 per cent of Britons believe driverless cars to be an important development for the car industry to focus on, Saatavissa (viitattu 27.4.2017): <https://www.ipsos-mori.com/researchpublications/researcharchive/3427/Only-18-per-cent-of-Britons-believe-driverless-cars-to-be-an-important-development-for-the-car-industry-to-focus-on.aspx>.

ITS Finland. (2016). Finland to host the first Mobility as a Service ecosystem in the World, Saatavissa (viitattu 3.11.2016): <http://www.its-finland.fi/index.php/fi/uutiset/92-digitalisation-to-enable-more-freedom-of-choice-in-traffic.html>.

Kröger L., Kuhnimhof T., Trommer S. (2016). Modelling the impact of automated driving – private autonomous vehicle scenarios for Germany and the US, Association for European Transport, 24 p.

Kyriakidis M., Happee R., de Winter J.C.F. (2015). Public opinion on automated driving: Results of an international questionnaire among 5000 respondents, Transportation Research Part F, Vol. 32, pp. 127–140.

König M., Neumayr L. (2017). Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car, Transportation Research Part F, Vol. 44, pp. 42–52.

Liikenneturva (2016). Suhtautuminen itseohjautuviin autoihin, Saatavissa (viitattu 27.4.2017): <http://email.liikenneturva.fi/t/ViewEmail/r/E0D79796EF9983002540EF23F30FEDED/736B8BEC26073AB9D57E886DBB2F7C8E>.

Liikennevirasto (2012). Henkilöliikennetutkimus 2010–2011 – suomalaisten liikkuminen, 98 s.

Liikennevirasto (2014). Liikkuminen palveluna, Saatavissa (viitattu 3.11.2016): <http://www.liikennevirasto.fi/liikennejarjestelma/maas#.WBsPCXqXeSw>.

Liikennevirasto (2016). E8 – Aurora, Saatavissa (viitattu 9.1.2017): <http://www.liikennevirasto.fi/web/en/e8-aurora#.WHOJdXqXd4R>.

Lin P. (2016). Why Ethics Matters for Autonomous Cars, Autonomous Driving (Part I) pp. 69–85.

Linturi R. (2013). Loppuraportti: Automaattisen liikenteen metropolivisio, Sovelto, 40 s.

Litman T. (2017). Autonomous Vehicle Implementation Predictions, Victoria Transport Policy Institute, 24 p.

Lumiaho A., Malin F. (2016). Tieliikenteen automatisoinnin etenemissuunnitelma ja toimenpideohjelma 2016-2020, Liikenneviraston selvityksiä 19/2016, 82 s.

LVM (2014). LVM käynnistää robottiautot mahdollistavan kokeilun, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): <http://www.lvm.fi/-/lvm-kaynnistaa-robottiautot-mahdollistavan-kokeilun-793564>.

LVM (2016). Robotiikan taustaselvityksiä, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2/2016, 90 s.

Mersky A., Samaras C. (2016). Fuel economy testing of autonomous vehicles, Transportation Research Part C, Vol. 65, pp 31–48.

- NHTS (2016). Introduction to the 2009 NHTS – Data collected, U.S. Department of Transportation, Saatavissa (viitattu 15.2.2017): <http://transposition.com.au/research/AutonomousVehicles.pdf>.
- O'Toole Randall. (2009). Gridlock: Why We're Stuck in Traffic and what to Do about it, Cato Institute, 2009. ISBN 978-1-93508-23-2.
- OECD (2015). Urban Mobility System Upgrade – How shared self-driving cars could change city traffic, International Transport Forum, 34 p.
- Pajarinen M., Rouvinen P. (2014). Computerization Threatens One Third of Finnish Employment, ETLA Brief (22), 6 p.
- Polzin S. (2016). Implications to Public Transportation of Emerging Technologies, NCTR-National Center for Transit Research, 22 p.
- Pursiainen H. (2014). Liikenne- ja viestintäministeriön kansliapäällikön pääkirjoitus – Automaattiauto tulee, Savon Sanomat, Saatavissa (viitattu 8.11.2016): <http://www.savonsanomat.fi/paakirjoitukset/Automaattiauto-tulee/486667>.
- Pöllänen M., Nykänen L., Liimatainen H., Wallander J. (2014). Tieliikenteen toimintaympäristö ja liikkuminen vuonna 2030 – neljä skenaariota, Trafín tutkimuksia 01/2014, 67 s.
- Rahman M. (2016). Threats of Driverless Vehicles: Leveraging new Technologies for Solutions, Nanyang Technological University (138), 4 p.
- Reuters (2016). Google says it bears `some responsibility` after self-driving car hit bus, Saatavissa (viitattu 5.9.2016): <http://www.reuters.com/article/us-google-selfdrivingcar-idUSKCN0W22DG>.
- RT (2016). France greenlights driverless car trials on public roads, Saatavissa (viitattu 8.9.2016): <https://www.rt.com/news/354683-france-driverless-car-trials/>.
- Rubin J. (2016). Connected Autonomous Vehicles: Travel Behaviour and Energy Use, Road Vehicle Automation 3, pp. 151–162.
- Rämä P., Sihvola N., Luoma J., Koskinen S., Aittoniemi E., Kulmala R. (2008). Ajoneuvojen telemaattisten järjestelmien turvallisuusvaikutukset Suomessa, Ajoneuvohallintokeskus tutkimuksia ja selvityksiä nro 11/2008, 142 s.
- Schoettle B., Sivak M. (2014). Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K., and Australia, University of Michigan (UMTRI-2014-30) 31 p.
- Schoettle B., Sivak M. (2015). Potential Impact of Self Driving Vehicles on Household Vehicle Demand and Usage, University of Michigan (UMTRI-2015-3) 14 p.

Seppelt B., Victor T. (2016). Potential Solutions to Human Factors Challenges in Road Vehicle Automation, *Road Vehicle Automation* 3, pp. 131–148.

Sessa C., Alessandrini A., Flament M., Hoadley S., Pietroni F., Stam D. (2016). The socio-Economic Impact of Urban Road Automation Scenarios: CityMobil2 Participatory Appraisal Exercise, *Road Vehicle Automation* 3, pp. 163–186.

Silberg S., Wallace R. (2012). *Self-driving cars: The next revolution*, KPMG, 36 p.

Sivak M., Schoettle B. (2015). Road safety with self-driving vehicles: General limitations and road sharing with conventional vehicles, University of Michigan (UMTRI-2015-2) 9 p.

SlashGear (2014). Self healing maps could solve autonomous cars` big problem, *Saatavissa* (viitattu 7.9.2016): <http://www.slashgear.com/self-healing-maps-could-solve-autonomous-cars-big-problem-04353821/>.

SOHJOA (2016). Itseohjautuvat robottibussit Suomen kaduille, *Saatavissa* (viitattu 8.9.2016): <http://sohjoa.fi/>.

Spieser K., Treleaven K., Zhang R., Frazzoli E., Morton D., Pavone M. (2014). Toward a Systematic Approach to the Design and Evaluation of Automated mobility-on-Demand Systems: A Case Study in Singapore, *Road Vehicle Automation*, 16 p.

SYKE (2014). Suomen ympäristökeskus - kartat ja tilastot, *Saatavissa* (viitattu 19.7.2017): http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Yhdyskuntarakenne/Tietoa_yhdyskuntarakenteesta/Kaupunkimaaseutu_luokitus/Kartat_ja_tilastot.

Techcrunch (2016a). California regulators warm up to the idea of driverless cars sans steering wheel, *Saatavissa* (viitattu 7.9.2016): <https://techcrunch.com/2016/08/30/california-regulators-warm-up-to-the-idea-of-driverless-cars-sans-steering-wheel/>.

Techcrunch (2016b). Uber starts self-driving car pickups in Pittsburgh, *Saatavissa* (viitattu 3.11.2016): <https://techcrunch.com/2016/09/14/1386711/>.

The Telegraph (2001). Cruising into the future, *Saatavissa* (viitattu 2.9.2016): <http://www.telegraph.co.uk/motoring/4750544/Cruising-into-the-future.html>.

The Verge (2016). Google, Ford and Uber just created a giant lobbying group for self-driving cars, *Saatavissa* (viitattu 3.11.2016): <http://www.theverge.com/2016/4/26/11510076/self-driving-coalition-ford-google-uber-lyft-volvo-nhtsa>.

Themsche S. (2017). Will electric driverless cars kill bus and light train operations, *International Journal of Transport Development and Integration*, Vol. 1 (2017) (Issue 2) pp. 137-147.

Tilastokeskus (2016). Paavo - Postinumeroalueittainen avoin tieto, Tilastokeskuksen PX-Web tietokannat.

Tilastokeskus (2015). Väestöennuste 2015 iän ja sukupuolen mukaan 2015 - 2065, koko maa, Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat.

Trafi (2016). Ajoneuvovero, Saatavissa (viitattu 17.11.2016): <https://www.trafi.fi/tieliikenne/verotus/ajoneuvovero>.

TRW (2015). Safety system redundancy is one of the key issues in automated driving, Saatavissa (viitattu 7.9.2016): <http://safety.trw.com/safety-system-redundancy-is-the-key-issue-in-automated-driving/0122/>.

U.S. Department of Transportation (2016). Vehicle-to-Infrastructure (V2I) Communications for safety, Saatavissa (viitattu 7.9.2016): http://www.its.dot.gov/factsheets/v2isafety_factsheet.htm.

Wadud Z., MacKenzie D., Leiby P. (2016). Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles, *Transport Research Part A*, Vol. 86, pp. 1–18.

Valtonen J. (2014). Vuonna 2010 tapahtuneet kuolemaan johtaneet tieliikenneonnettomuudet ja nollavisio, *Liikenneturvan selvityksiä 2/2014*, 36 s.

Volvo (2015). Drive Me – Interactive press conference and Q&A, Saatavissa (viitattu 6.9.2016): https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/videos/158956/drive-me-interactive-press-conference-and-qanda#.VOtR_1JAM64.twitter.

Yle (2015). Nokia myy Here-karttapalvelun saksalaisille autonvalmistajille, Saatavissa (viitattu 7.9.2016): http://yle.fi/uutiset/nokia_myy_here-karttapalvelun_saksalaisille_autonvalmistajille/8198881.

Ympäristöhallinto (2017). Kaupunki-maaseutu-luokitus, Saatavissa (viitattu 17.7.2017): <http://www.ymparisto.fi/kaupunkimaaseutulookitus>.

LIITE A: KYSELYN SAATEKIRJE JA KYSELYLOMAKE



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Liik
enne
vira
sto



Arvoisa vastaanottaja

Vastaajatunnus

Tämä on koko maan laajuinen kyselytutkimus, jolla kartoitetaan suomalaisten valmiutta ja halukkuutta käyttää eri automaattiasojen (ks. sivu 3) henkilöautoja. Tutkimuksessa kerättyjä tietoja hyödynnetään tulevaisuuden liikennejärjestelmän kehittämisessä ja tulevaisuuden liikenne-ennusteiden tekemisessä. Tutkimuksesta vastaavat yhteistyössä Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi sekä Liikennevirasto.

Tutkimukseen voi osallistua vastaamalla joko internetissä osoitteessa www.trafi.fi/automaattiautokysely tai palauttamalla ohaisen kyselylomakkeen 11.6.2017 mennessä. Kyselyyn vastaaminen vie aikaa noin 10–15 min. Kysely on lähetetty yhteensä 10 000 satunnaisesti valitulle 18–64-vuotiaalle suomalaiselle. On tärkeää, että mahdollisimman moni vastaa tähän tutkimukseen, jotta vastauksista välittyy laajasti suomalaisten näkemykset aiheesta. Kyselyn vastauksia käsitellään luottamuksellisesti ja anonyymisti, eikä mitään henkilötietoja julkaista eteenpäin. Tutkimuksen tulokset julkaistaan Tampereen teknillisessä yliopistossa toteutettavassa diplomityössä sekä mahdollisesti myös Trafin julkaisuna.

Kyselyyn vastanneiden kesken arvotaan tuotepalkintoina kymmenen kappaletta Trafin lahjoittamia varavirtalähteitä, joilla voi ladata mobiililaitteita.

Vaivannäöstä ja osallistumisestanne etukäteen kiittäen,

Heikki Liimatainen
Assistent professor, Tampereen teknillinen yliopisto

Timo Liljamo
Tutkimusapulainen, Tampereen teknillinen yliopisto

Vastatkaa 11.6.2017 mennessä osoitteessa www.trafi.fi/automaattiautokysely Voitte kirjautua internetlomakkeelle kirjeen yläreunassa olevalla vastaustunnuksella. Voitte myös palauttaa vastauksenne ohessa olevalla kirjekuorella, postimaksu on maksettu puolestanne valmiiksi.



Ni kan också svara på svenska på internet www.trafi.fi/automaattiautokysely



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Liik
enne
vira
sto



Miksi tutkimus tehdään?

Tutkimuksella kartoitetaan suomalaisten halukkuutta ja valmiutta ottaa käyttöön robottiautoja. Tutkimuksen on tarkoitus toimia esiselvityksenä robottiautojen liikennejärjestelmään aiheuttamasta murroksesta.

Miten tuloksia käsitellään?

Tuloksia käsitellään keskiarvoja sisältävinä taulukoina ja kaavioina. Tuloksista ei voi päätellä yksittäisten henkilöiden vastauksia. Nimi- ja osoitetietoja käytetään ainoastaan arvonnassa, minkä jälkeen ne poistetaan aineistosta kokonaan.

Antamanne vastaukset käsitellään luottamuksellisesti Tampereen teknillisessä yliopistossa henkilötietolain mukaisesti. Henkilötietolain mukaisesti tietoja ei säilytetä eikä luovuteta eteenpäin sellaisessa muodossa, että niistä voisi päätellä kenenkään henkilöllisyyttä. Tutkimukseen osallistuneilla on oikeus tarkistaa tietokantaan kerätyt heitä koskevat tiedot ottamalla yhteyttä Tampereen teknilliseen yliopistoon.

Miten teidät on valittu tutkimukseen?

Tutkimukseen osallistujat on valittu satunnaisesti väestörekisterijärjestelmästä. Tutkimukseen on poimittu yhteensä 10 000 Suomen kansalaista.

Lisätietoja

Lisätietoja liikennetutkimuksesta saa Tampereen teknillisestä yliopistosta:

Timo Liljamo, p. 050 447 9913, timo.liljamo@tut.fi

Osoitetietolähde

Väestötietojärjestelmä, Väestörekisterikeskus
PL 70, 00692 Helsinki

Ohjeita lomakkeen täyttämiseen

Robotisaatio on ollut viime vuosina maailmanlaajuinen trendi, ja se on rantautunut myös liikennesektorille. Useat autonvalmistajat ovat alkaneet kehittämään robottiautoja, ja kehitystyö etenee nopeasti. Oheisessa kuvassa on esitelty robotisaation etenemiseen liittyvät ajamisen automaatiotasot selkokielellä. Nykyisin tieliikenteessä on jo automaatiotasoa 2 autoja, joilla voidaan tietyissä ympäristöissä ajaa siten, että kuljettaja ei koske auton hallintalaitteisiin ollenkaan. Käytännössä automaatiotasoa 2 autot voivat esimerkiksi ajaa itsestään pääteillä, mutta taajamissa ja pienemmällä tiestöllä ajettaessa kuljettaja suorittaa kaikki ajotoimenpiteet itsenäisesti.

Automaatiotasojen 3 ja 4 autojen odotetaan yleistyvän 2020-luvulla. Automaatiotasojen 3 ja 4 autoilla kuljettajan ei enää tarvitse edes seurata liikennettä, vaan ajoneuvo ajaa itse määränpään ilman, että kuljettajan tarvitsee koskea ajoneuvon hallintalaitteisiin. Automaatiotasolla 3 kuljettajan täytyy kuitenkin olla valmiudessa ottamaan auto hallintaansa järjestelmän näin pyytäessä, mutta automaatiotasolla 4 autossa ei välttämättä tarvitse enää olla edes rattia ja polkimia. Tällä kyselyllä pyritään kartoittamaan suomalaisten halukkuutta ja valmiutta käyttää **automaatiotasojen 2 ja 4 ajoneuvoja**. Kyselylomakkeessa käsitellään vain henkilöautoja ja joukkoliikennettä, eli tässä kyselyssä ei huomioida esimerkiksi jalankulkua ja pyöräilyä kulkumuotoina.

Ajamisautomaation tasot selkokielellä



Kyselyyn toivotaan vastauksia kaikilta, niin ajokortillisilta ja ajokortittomilta kuin autollisilta tai autottomiltakin. Mikäli koette, että mikään vastausvaihtoehdoista ei tunnu sopivalta, voitte valita vähiten huonon vaihtoehdon. Tarvittaessa voitte tarkentaa vastauksia kyselyn lopussa oleviin avoimiin kenttiin.

Tämän sivun kääntöpuolelta löytyy ohjeita ja käsitteitä kyselyyn liittyen.



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Liik
enne
vira
sto



Termejä ja ohjeita kyselyn täyttämiseen (voitte ottaa tämän ohjesivun viereen, kun täytätte kyselylomaketta):

- Selkeyden vuoksi kaikki kyselyyn liittyvät matkat oletetaan tehtäväksi yksin, eli ei esimerkiksi perheenjäsenten tai tuttavien kanssa.
- Kyselyssä olevissa järjestämistehtävissä oletetaan, että robottiautot ja automaatiojärjestelmät on todettu turvallisiksi, luotettaviksi ja toimiviksi.
- **Robottiautolla** tarkoitetaan aina **automaattitason 4 autoa**, jossa kuljettaja ei ohjaa itse autoa, vaan ajaminen on täysin automatisoitua. Tällöin kuljettaja voi vaikka nukkua ajon aikana. Robottiautoilla matka-aika lyhenee, kun autoa ei tarvitse itse pysäköidä ja kävelyn määrä vähenee.
- **Robottitaksilla** tarkoitetaan **automaattitason 4 autoa**, joka toimii kuten tavalliset taksit nykyisin, mutta täysin automatisoidusti ilman kuljettajaa.
- **Jaettu robottitaksi** tarkoittaa taksia, jossa kyytejä yhdistellään, jolloin taksissa voi olla myös toisilleen tuntemattomia henkilöitä. Useamman matkustajan seurauksena matkan hinta kullekin asiakkaalle on pienempi kuin tavallisella robottitaksilla. (*kysymys 8*).
- Tässä kyselyssä **kustannukset** sisältävät kaikki kustannukset, kuten polttoaineen, pysäköinnin ja auton ylläpidon kustannukset (esim. huollot, verot ja vakuutukset).
- **Matka-aika** tarkoittaa aikaa "ovelta ovelle", eli se sisältää kävelyn, ajamiseen, pysäköintipaikan etsimiseen, kulkuvälineen odottamiseen, yms. kuluvan ajan.
- **Kävely** sisältää kaiken kävelyn "ovelta ovelle".

OSA I: Kiinnostus automaatioon





1. Miten suhtaudutte robottiautoihin yleisesti?

- Hyvin myönteisesti Lievästi myönteisesti En osaa sanoa Lievästi kielteisesti Hyvin kielteisesti

2. Mitä seuraavista jo olemassa olevista automaatiojärjestelmistä olette käyttänyt henkilöauton kuljettajana? (voitte valita useita vastausvaihtoehtoja)

- Mukautuva vakionopeudensäädin Kaistavahti Automaattinen pysäköintiavustin En mitään

3. Millaisista automaatiojärjestelmistä olisitte eniten kiinnostunut? Valitkaa yksi vaihtoehto.

-  Kuljettajaa avustavat järjestelmät, kuten erilaiset varoitukset
- 2**  Joitakin ajotilanteita suorittavat järjestelmät, esimerkiksi maantiellä ajaminen ilman tarvetta koskea rattiin tai polkimiin
"Kädet irti, skarpina"
- 4/5**  Kaikki ajotilanteet suorittava järjestelmä, jolloin auton kuljettaja voi esimerkiksi nukkua ajon aikana
"Aivot narikkaan"
- 0**  En mistään, haluan suorittaa itsenäisesti kaiken ajamiseen liittyvän
Kuski hoitaa kaiken

4. Mitä mieltä olette seuraavista väittämistä?

	Täysin samaa mieltä	Osittain samaa mieltä	En samaa enkä eri mieltä	Osittain eri mieltä	Täysin eri mieltä
Haluan itse voida määritellä, missä ja milloin hyödynän automaatio toimintoja ja mitä toimintoja käytän.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Haluan, että automaatiikka hoitaa ajamisen kaikissa tilanteissa.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle stressaisi minua.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koen, että ajovastuun luovuttaminen tietokoneelle vähentäisi ajamisen kuormittavuutta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kaikkia robottiautoja tulee voida ajaa myös manuaalisesti.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Automaation kehittyminen kohti robottiautoja on mielestäni toivottava kehityssuunta.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OSA II: Matkustuskäyttäytyminen

Ajatelkaa, että teette päivittäin kuvitteellisen edestakaisen matkan (esimerkiksi työ- tai opiskelumatka). Järjestäkää vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 3 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.

5a. Matkustatte päivittäin kaupungin A keskustasta kaupungin B keskusta. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 200 km.			
Paremmuusjärjestys	_____	_____	_____
	Oma henkilöauto	Oma robottiauto	Joukkoliikenne
Kustannukset	40 €	45 €	20 €
Matka-aika	2 h 30 min	2 h 15 min	2 h 35 min
Kävely	500 m	100 m	300 m

5b. Matkustatte päivittäin laitakaupungilta keskusta. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 10 km.			
Paremmuusjärjestys	_____	_____	_____
	Oma henkilöauto	Oma robottiauto	Joukkoliikenne
Kustannukset	6 €	6 €	2 €
Matka-aika	15 min	10 min	25 min
Kävely	400 m	100 m	600 m

5c. Matkustatte päivittäin haja-asutusalueella. Yhdensuuntaisen matkan pituus on 100 km.			
Paremmuusjärjestys	_____	_____	_____
	Oma henkilöauto	Oma robottiauto	Joukkoliikenne
Kustannukset	18 €	21 €	10 €
Matka-aika	1 h 5 min	1 h 5 min	1 h 35 min
Kävely	50 m	50 m	600 m

6. Uskoisitteko liikkuvanne henkilöautolla useammin tai pidempiä matkoja, jos autolla liikkuminen olisi

- A) kokonaiskustannuksiltaan nykyistä halvempaa? Kyllä Ei
- B) vähemmän rasittavaa, kun ajon aikana voisi tehdä muuta (esim. lukea)? Kyllä Ei
- C) aina mahdollista, vaikka ette itse olisi ajokunnossa? Kyllä Ei

OSA III: Robottitaksit

7. Kumman seuraavista valitsisitte? Autot vastaavat ominaisuuksiltaan toisiaan. Valitkaa mieluisampi vaihtoehto.

<input type="checkbox"/> Oma robottiauto	<input type="checkbox"/> Robottitaksi
Aina saatavilla käyttöön välittömästi. Verot, vakuutukset ja auton hankintakustannukset tuovat keskimäärin 2 000 euron vuosikulut.	Aina saatavilla noin 7 min tilauksesta. Käyttökulut kilometriä kohden ovat saman hintaista oman robottiauton kanssa, mutta vuosikuluja ei ole ollenkaan.

8. Kuljette 10 km matkan laitakaupungilta keskustaan. Järjestäkää vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 4 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.

Paremmuusjärjestys	_____	_____	_____	_____
	Yksityinen robottitaksi, jonka kyydissä olen yksin	Jaettu robottitaksi, jonka kyydissä voi olla myös tuntemattomia matkustajia	Joukkoliikenneväline, esimerkiksi linja-auto	Tavallinen taksi, jonka kyydissä matkustetaan yksin
Kustannukset	10 €	5 €	3 €	20 €
Matka-aika	14 min	19 min	30 min	14 min

9. Kuljette 100 km matkan suuren kaupungin keskustaan. Järjestäkää vaihtoehdot paremmuusjärjestykseen siten, että numero 1 tulee mieluisimmalle ja numero 4 vähiten mieluisalle vaihtoehdolle.

Paremmuusjärjestys	_____	_____	_____	_____
	Oma tavallinen auto	Oma robottiauto	Yksityinen robottitaksi	Joukkoliikenne (juna)
Kustannukset	30 €	35 €	25 €	15 €
Matka-aika	1 h 20 min	1 h 15 min	1 h 20 min	1 h 0 min
Kävely	600 m	100 m	100 m	500 m

10. Oletetaan, että kaikki liikenteessä olevat ajoneuvot ovat robottiautoja. Olisiko teillä tarvetta/halua omistaa omaa robottiautoa, mikäli robottitaksi olisi aina saatavilla noin 5 minuutissa ja robottitaksien vuosikustannukset olisivat käyttäjille noin 20 % omaa robottiautoa pienemmät?

Kyllä, haluan omistaa tässä tapauksessa oman robottiauton.

Ei, en koe tarvetta omistaa tässä tapauksessa omaa robottiautoa.

OSA IV: Automaattiautojen käyttöönoton pelot ja esteet

11. Laittakaa seuraavat kuusi robottiautoihin liittyvää huolenaihetta, uhkakuvaa ja pelkoa tärkeysjärjestykseen siten, että 1 on mielestänne suurin/tärkein uhka ja 6 vähäisin uhka.

_____ Korkeampi hinta	_____ Tekniikan epäluotettavuus ja toimimattomuus (matkan keskeytyminen)	_____ Kyberturvallisuus ja terrorismin pelko
_____ Yksityisyydensuojan heikkeneminen	_____ Ajoneuvojen liikenneturvallisuus (onnettomuudet)	_____ Robottiauto ei kykene toimimaan vaaratilanteissa niin, että se vastaisi omia moraalikäsityksiäni

OSA V: Taustatiedot ja avoin palaute

12. Mikä on ikänne?
_____ vuotta

13. Mikä on sukupuolenne?
 Nainen Mies

14. Onko teillä ajokorttia?
 Kyllä Ei

15. Kuinka monta henkilöä kotitalouteenne kuuluu teidät itsenne mukaan lukien?
_____ henkilöä

16. Kuinka monta henkilöautoa kotitaloudessanne on?
_____ henkilöauto(a)

17. Onko teillä ajamista hankaloittavia pysyviä vammoja tai sairauksia?
 Kyllä Ei

18. Matkustatteko joukkoliikenteellä vähintään kerran kuukaudessa?

Kyllä Ei

19. Montako kilometriä suunnitellen arvioitte itse ajavanne henkilöautoa vuodessa?

- En lainkaan
 Alle 5 000 km
 5 000–10 000 km
 10 001–20 000 km
 20 001–30 000 km
 Yli 30 000 km

20. Mikä on ylin koulutustaso, josta olette valmistunut / jota opiskelette tällä hetkellä

- Peruskoulu Lukio/ammattikoulu
 Alempi korkea-
koulututkinto Ylempi korkea-
koulututkinto

21. Avoin palaute robottiautoista

22. Avoin palaute tutkimuksesta

KIITOS OSALLISTUMISESTANNE!

LIITE B KYSELYN KARHUKIERROKSEN POSTIKORTTIMUISTUTUS



Ovatko robottiautot tulevaisuutta?
Millainen on autosi tulevaisuudessa?
Miten liikkuisit mieluiten?

Kutsu liikennetutkimukseen
www.trafi.fi/automaattiautokysely



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO



Trafi

Hvya vastaanottaja, teidat on valittu liikennetutkimukseen!

Kevaan ja kesän aikana toteutetaan koko maan laajuinen kyselytutkimus, jolla kartoitetaan suomalaisten valmiutta ja halukkuutta käyttää eri automaatiotasojen henkilöautoja. Kysely on lähetetty yhteensä 10 000 satunnaisesti valitulle 18–64-vuotiaalle suomalaiselle. Tutkimuksessa kerättyjä tietoja hyödynnetään tulevaisuuden liikennejärjestelmän kehittämässä ja tulevaisuuden liikenne-ennusteiden tekemisessä. Tutkimuksesta vastaavat yhteistyössä Tampereen teknillinen yliopisto, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi sekä Liikennevirasto.

Kutsukirje tutkimukseen lähetettiin Teille aiemmin. Voitte osallistua tutkimukseen vastaamalla joko internetissä osoitteessa www.trafi.fi/automaattiautokysely tai palauttamalla aiemmin postitetun kyselylomakkeen 30.06. mennessä. Kyselyn vastauksia käsitellään luottamuksellisesti ja tutkimuksen tulokset julkaistaan Tampereen teknillisessä yliopistossa toteutettavassa diplomityössä sekä mahdollisesti myös Trafın julkaisuna.

Lomakkeen täyttämiseen kuluu aikaa noin 10–15 minuuttia. Voitte kirjautua nettilomakkeelle **nimenne yläpuolella mainitulla vastaustunnuksella**. Nettisivuilta saatte lisäohjeita lomakkeen täyttämiseen. Kyselyyn vastanneiden kesken arvotaan tuotepalkintoja.

Lisätietoja tutkimuksesta antaa tarvittaessa Timo Liijamo (p. 050 447 9913, timo.liijamo@tut.fi) Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Mukavaa kesää!



Ni kan också svara på svenska på Internet.

Osottelähde: Väestötietojärjestelmä,
Väestötietokeskus, PL 70, 00092 Helsinki

www.trafi.fi/automaattiautokysely

Vastaustunnus:

Veikko Vastaaja
Innokkaan Vastaajan katu 1
12345 Suomi