

Kuljettajien luottamus auton avustaviin järjestelmiin

Miika Blomqvist

Haaga-Helia ammattikorkeakoulu

Amk-opinnäytetyö

2021

Tietojenkäsittelyn tutkinto

Tiivistelmä

Tekijä(t) Miika Blomqvist	
Koulutusohjelma Tietojenkäsittely	
Raportin/Opinnäytetyön nimi Kuljettajien luottamus auton avustaviin järjestelmiin	Sivu- ja liitesivumäärä 38 + 3
<p>Autoilu kehittyi vuosi vuodelta yhä enemmän suuntaan, missä auto osaa suorittaa tiettyjä ajamisen osa-alueita ilman kuljettajan huomiointia. Täysin automatisoitu ajaminen on kuitenkin vielä vähintään vuosikymmenen päässä, mutta kokeilut liikenteessä ovat jo nykypäivää. Tutkimuksia, kuinka paljon tämänkaltaisiin kehittyneisiin varusteisiin kuljettajat luottavat, on hyvin niukasti saatavilla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kyselytutkimuksella, kuinka paljon kuljettaja hyödyntää aktiivisesti auton ajamiseen puuttuvia varusteita ja koetaanko kyseiset varusteet luotettavana. Lisäksi tutkimuksella haluttiin selvittää tulevaisuuden näkymiä, kuinka valmiita kuljettajat ovat täysin automatisoiduille autoille.</p> <p>Opinnäytetyön teoreettinen viitekehys koostuu kahdesta pääluvusta. Ensimmäisessä luvussa johdatellaan lukija aiheeseen tarkastelemalla auton historiaa ja sen kehitystä. Tämän jälkeen perehdytään, millä eri toimintatavoilla auton järjestelmät ja varusteet toimivat. Luvussa tarkastellaan myös autojen nykypäivän ja tulevaisuuden teknologiaa. Toisessa luvussa käsitellään riskejä sekä luottamusta teknologiaan eri osa-alueiden avulla, kuten tietoturva, ohjelmistoa, onnettomuuksia sekä teknologian rajoituksia.</p> <p>Teoriaosuutta seuraa opinnäytetyön empiirinen osuus, jossa käydään läpi tutkimuksen toteutus, tulokset sekä tulosten pohjalta tehdyt johtopäätökset. Tämä tutkimus toteutettiin kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusmenetelmää käyttäen. Tutkimusaineisto kerättiin kyselylomakkeella, joka luotiin sähköisesti Webropol-alustaa hyödyntäen. Kysely oli avoinna kolme viikkoa maaliskuun 2021 huhtikuun 2021 puoliväliin. Kyselyyn vastasi yhteensä 134 henkilöä.</p> <p>Tutkimustulokset osoittivat, että suomalaisten käyttämät autot sisältävät suhteellisen vähän aktiivisesti ajamiseen osallistuvia varusteita. Suurimmassa osassa autoja on vakionopeudensäädin, lukkiutumattomat jarrut sekä ajonvakautusjärjestelmä, mistä kaksi viimeisintä ovat nykyään lakisääteisesti pakollisia. Suomalaiset hyödyntävät autonsa sisältämiä varusteita aktiivisesti, mutta luottavat niihin hieman varautuneesti. Tutkimustulosten mukaan halutuin varuste on adaptiivinen vakionopeudensäädin. Kysely osoitti myös, että kuljettajat eivät tarvitse ajamiseen osallistuvia varusteita adaptiivisen vakionopeudensäätimen lisäksi. Tästä on havaittavissa, että kuljettajilla ei ole kokemusta kehittyneemmistä varusteista tai suomalaiset kuljettajat kokevat uusimmat varusteet turhina ja epäkäytännöllisinä. Suomalaiset kuljettajat suhtautuvat täysin itseajaviin robottiautoihin varautuneesti, mutta kokevat että kehityksen myötä robottiautosta voi tulla ihmiskuljettajaa turvallisempi vaihtoehto.</p>	
Asiasanat Auto, robottiauto, automaatio, varuste	

Sisällys

1.1	Taustatietoa	1
1.2	Työn tavoite, tutkittava ongelma ja rajaukset.....	2
1.3	Työn rakenne ja aineisto	3
1.4	Keskeiset käsitteet	3
2	Auto teknologia	5
2.1	Auton kehityksen historiaa	5
2.2	Anturit	6
2.3	ECU Laskenta-logiikka yksikkö	8
2.4	Kehityksen nykytaso	9
2.5	Tulevaisuuden täysin autonomiset ajoneuvot.....	10
3	Riskit ja luotettavuus	13
3.1	Auton tietoturva.....	13
3.2	Turvallisuus, onnettomuudet, käyttöliittymät ja ohjelmistoviat.....	13
3.3	Rajoitukset ja haasteet auton teknologialle Suomen liikenteessä.....	16
4	Tutkimuksen toteutus	18
4.1	Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä	18
4.2	Tutkimusmenetelmän valinta.....	18
4.3	Kyselylomakkeen laatiminen	19
5	Tutkimuksen tulokset.....	22
5.1	Lähtötiedot.....	22
5.2	Auton varusteiden hyödyntäminen ja luotettavuus	23
5.3	Tulevaisuuden näkymät	25
6	Pohdinta.....	27
6.1	Johtopäätökset.....	27
6.2	Tutkimuksen luotettavuus	30
6.3	Kehittämisehdotukset.....	31
6.4	Opinnäytetyöprosessin ja oman oppimisen arviointi.....	32
	Lähteet	34
	Liitteet.....	39
	Liite 1. Kyselylomake.....	39

1 Johdanto

Suomessa autoilu on suosittu liikkumistapa pitkien välimatkojen matkustamiseen. Keskiarvolta nykypäivän liikenteessä suomalainen kuljettaja ajaa 12 vuotta vanhoilla autoilla noin 14 000 kilometriä vuodessa (Malin 2020). Ajokortin hankkii maaseutukunnissa keskimäärin kolme neljästä 18 vuotta täyttäneistä henkilöistä ja kaupunkialueilla tämä luku laskee kahteen neljästä (Traficom 2013). Autojen turvallisuus on parantunut huomattavasti nykypäivään tultaessa. Tämä on nähtävissä tilastollisesti liikenneonnettomuustilastoissa, minkä pohjalta on lakisääteisesti määrätty turvallisuutta parantavien varusteiden pakollisuus uusiin valmistettuihin autoihin. Seuraavaksi lakisääteiseksi tulee aktiivisesti auton hallintaan kykenevät järjestelmät, kuten esimerkiksi kaistanpitoavustin. Tutkimuksia, kuinka paljon suomalainen kuljettaja hyödyntää ja ylipäättään luottaa vastaavanlaisiin aktiivisesti ohjaaviin varusteisiin löytyy hyvin vähän. Kaikkien autojen varusteet toimivat ihmisten tekemään koodiohjelmaan perustuen, joiden pitää päättää millisekunneissa toiminta tai korjausliike, jos tämä on tarpeen. Voiko vastaavanlaisiin ohjelmiin luottaa jopa siinä määrin, että tulevaisuudessa ohjelmistosta tulee ajoneuvon ensisijainen kuljettaja? Tämän tutkimuksen tarkoitus on perehtyä auton teknologian toimintatapaan ja tutkia yleiskatsauksena, kuinka paljon suomalaiset hyödyntävät, luottavat ja ovat valmiita auton teknologian seuraavalle askeleelle, robottiautoille.

1.1 Taustatietoa

EU:ssa tapahtuvista auto-onnettomuuksista 95 prosenttia aiheutuu ihmisen inhimillisestä virheestä liikenteessä. Voimakkaasti lisääntyvän teknologian uskotaan parantavan ja näin vähentävän uhrien määrää merkittävästi. Tieturvallisuuden lisäksi robottiautoilla vähennetään ruuhkien ja ilmansaasteiden määrää, sekä parannetaan vanhusten ja liikuntaesteisten liikkuvuutta. (Euroopan parlamentti 2019.)

Tulevaisuuden teknologia-autot vaativat matkustajilta paljon totuttelua. Robottiautoa pidetään turvallisempana kuljettajana ihmiseen verrattuna, mutta automatiikkaan tulee myös luottaa. Pole Position Productions on ruotsalainen äänituotantoyritys. Tämän suorittamassa tutkimuksessa huomattiin, että ääni tulee erityiseen tarpeeseen turvallisuuden tunteen luomisessa, kun ratin takana on robotti. Liian puutteellisessa äänimaailmassa testihenkilöillä esiintyi pahoinvointia matkan aikana, jos hän ei kiinnittänyt huomiota liikkeeseen, vaan luki esimerkiksi kirjaa. Simuloimalla auton luonnollisia ääniä kiihdyttäessä ja hidastaessa, parannettiin huomattavasti testihenkilön vointia matkan aikana. Tämä näkyi testituloksissa, jossa samanlaiseen robottiautoon lisätyt äänit saivat auton vaikuttamaan älykkäämmältä ja ennen kaikkea turvallisemmalta matkustaa. (ETN 2021.)

Autojen teknologia on kehittynyt eksponentiaalisesti viime vuosikymmenen aikana ja tahti vain kiristyy. Kehityksen tuomat uudet innovaatiot tukevat sekä avustavat kuljettajaa liikenteessä ja osittain suorittavat tiettyjä prosesseja itsenäisesti ilman kuljettajan tarvetta reagoida. Suurin osa liikenteessä kulkevista autoista ovat vuosikymmenien ikäisiä (Autoalan tiedotuskeskus s.a) ja omaavat vähän nykyajan avustavia järjestelmiä. Ihmisten siirtymässä uudempiin autoihin herää kysymys: Luottaako kuljettaja auton avustaviin järjestelmiin? Nykyauton kaikkien eri järjestelmien toiminta perustuu antureiden lukemiin arvoihin, jotka syötetään ohjelmistoon verrattavaksi raja-arvoihin. Raja-arvon ylitys tai alitus tietyn aikaikkunan sisällä voi laukaista tietyn ajoa korvaavan toiminnon. Luottamus auton järjestelmiin tarkoittaa luottamusta myös ihmisen tekemään koodiin. Onnettomuuden sattuessa kuljettaja on toistaiseksi ajamisesta vastuussa, mutta tuleeko tähän muutos, kun ratin takana onkin robotti? Voidaanko antureiden tarjoamaan dataan ja ihmisten tekemään koodiin luottaa matkustajien hengen? Tutkimuksia oheisesta aiheesta on hyvin vähän saatavilla, sillä suurimmaksi osaksi tutkimukset keskittyvät tulevaisuuden tuomaan täysin automatisoituun autoon, eikä nykyhetken osittaista automatisaatiota tarjoaviin autoihin.

1.2 Työn tavoite, tutkittava ongelma ja rajaukset

Autojen järjestelmät kehittyvät ja parantuvat nopeasti vaatien yhä vähemmän kuljettajan huomiota ja reagointia itse ajotilanteeseen. Järjestelmät ovat testattuja ja niiden toimivuus pitäisi automatisoidun ajamisen luokittelujärjestelmän mukaan olla virheetön. Opinnäytetyön tavoite on selvittää, missä määrin auton avustaviin järjestelmiin luotetaan, ja kuinka paljon tavallinen kuljettaja sitä hyödyntää. Tavoite saavutetaan tutkimalla, kuinka teknologia on kehittynyt, miten tämä toimii käytännössä ja mihin kehityssuunta tulee menemään. Tutkimus toteutettiin jaetun Webropol-kyselylomakkeen kautta. Tavoitteen selvittämiseksi muodostettiin tutkimuskysymys:

Luottaako suomalainen autoilija auton avustaviin järjestelmiin?

Tutkimuskysymys jaettiin seuraaviin alakysymyksiin:

1. Kuinka laajalti kuljettajaa avustavia järjestelmiä on käytössä autoissa?
2. Kuinka aktiivisesti kuljettaja hyödyntää kyseisten järjestelmien tarjoamaa avustusta?
3. Kuinka todennäköisenä kuljettaja näkee itsensä tulevaisuudessa täysin itsestään ajavan auton matkustajana?

Tutkimus on rajattu tutkimaan vain Suomen tieliikennelainsäädännön sallimia avustimia autoissa. Kyselyvastaamisen edellytykset ovat voimassa oleva ajokortti sekä tieliikennekäyttöön hyväksytty auto.

1.3 Työn rakenne ja aineisto

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja empiirisestä osuudesta. Teoriaosuus muodostuu pääluvusta kaksi ja kolme, jotka luovat pohjustuksen aiheeseen. Luvussa kaksi tarkastellaan auton kehityksen historiaa, tulevaisuuden näkymiä sekä järjestelmien toimintatapoja. Lukuun kolme tultaessa perehdytään auton teknologian luotettavuuteen eri osa-alueilla, joissa käsitellään muun muassa riskejä, onnettomuuksia sekä tietoturva. Teorian eri osa-alueilla lukija johdatellaan asteittain tutkittavaan aiheeseen.

Teoriaosuutta seuraa empiirinen osuus, joka koostuu pääluvusta neljä, viisi ja kuusi. Neljännessä pääluvussa käsitellään opinnäytetyön tutkimusta ja kuinka se on toteutettu. Luvussa käydään yksityiskohtaisesti lävitse tutkimusmenetelmät, joilla työn tutkimusongelma ratkaistaan, tutkimuksen eri vaiheet sekä eteneminen. Viidennessä pääluvussa esitellään tutkimustulokset grafiikkaa hyödyntäen. Näillä pyritään havainnollistamaan tutkimuksen tuloksia. Kuudennessa ja opinnäytetyön viimeisessä luvussa esitetään tutkimustuloksista tehtyjä johtopäätöksiä sekä tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta. Viimeiseen lukuun sisältyy myös tutkimuksen kehittämis ehdotukset sekä opinnäytetyöprosessin ja oman oppimisen arviointi.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käytetty aineisto koostuu suuresta määrästä kirjallisuus- ja verkkolähteitä. Lähteet koostuvat muun muassa artikkeleista, blogikirjoituksista sekä autovalmistajien tuoteselosteista. Lisäksi opinnäytetyön laatimisessa on hyödynnetty omaa osaamista ja kiinnostusta aiheesta.

1.4 Keskeiset käsitteet

Opinnäytetyön keskeiset käsitteet ovat auto, robottiauto, automatisaatio sekä varuste. *Auto* on vähintään nelipyöräinen moottorilla toimiva ajoneuvo, joka on tarkoitettu henkilöiden ja tavaroiden kuljettamiseen. Sen rakenteellinen nopeus on suurempi kuin 25 km/h. (Traficom 2021.)

Robottiauto on auto, joka kykenee suorittamaan erinäisiä toimintoja täysin itsenäisesti sensoreista ja antureista saadun tiedon kautta. Toimintoja voi olla esimerkiksi kiihdyttäminen, jarruttaminen sekä itseohjaus. (Lutkevich 2019.)

Automaatio tarkoittaa tekniikkaa, millä tietty toiminto, prosessi tai järjestelmä toimii itsestään. Tässä opinnäytetyössä automaatiolla tarkoitetaan auton itsestään toimivia järjestelmiä. (Isa s.a.)

Varuste voi olla kiinteä tai irrallinen lisälaitte, tai -osa. Opinnäytetyössä varusteena tarkoitetaan auton vakio- tai lisävarusteita. (Sanakirja s.a.)

2 Auto teknologia

2.1 Auton kehityksen historiaa

Maailman ensimmäinen auto näki päivänvalon vuonna 1885. Ajoneuvon kehittäjän Karl Benzin luomus oli kolmipyöräinen ja yksisylinterinen bensiinimoottorinen auto, jonka huippunopeus oli 16 kilometriä tunnissa. Tammikuussa vuonna 1886 Benz toimitti patenttihakemuksen, ja saman vuoden kesänä nyt patentoitu Motorwagen liikkui ensimmäistä kertaa julkisilla teillä. Ajoneuvo oli epäluotettava käyttää, eikä se esimerkiksi kyennyt nousemaan ylämäkiä ilman työntöapua. Polttomoottorin käynnistyminen vaatii täydellisen kaasuilmasoksen, jota säädellään käsin. Tämän lisäksi käydessään moottorista tippui öljyä ja jäähdytysnestettä, mutta tämä oli alku liikkumisen maailman mullistukselle. (Ziemann 2016.)

Ohjauspyörä eli ratti nähtiin ensimmäistä kertaa autourheilun parissa vuonna 1894, jolloin Alfred Vacheron osallistui Paris-Rouen kilpailuun neljän hevosvoiman ajoneuvolla, johon hän oli asentanut ohjauspyörän alkuperäisen ohjausruorin sijaan. Idea tähän tuli suurissa laivoissa käytetystä ruorista, jonka hän päätti soveltaa ajoneuvoon. Vacheron sai tunnustusta sovelluksestaan, kuten myös kilpailun voittamisesta, ja muutama vuosi tämän jälkeen ohjauspyörästä tuli uusi normi ajoneuvon ohjaamiseen. Ajoneuvojen koon ja painon kasvaessa kehityksen myötä ratin kääntämisestä tuli todella raskasta, etenkin paikalla ollessaan. (Lappalainen 2018.)

Ohjaustehostin asennettiin toimivana järjestelmänä autoon ensimmäisen kerran vuonna 1926. Toiminta perustui hydraulikkaan, jossa moottori pyörittää pumppua luoden painetta. Ohjauspyörää kääntäessä ohjausvaihteeseen tuodaan eriävät paineet, jotka auttavat pyörän kääntämisestä haluttuun suuntaan. Kyseinen varuste koitui liian kalliiksi valmistaa, ja vasta pari vuosikymmentä myöhemmin vuonna 1951 Chrysler-autovalmistaja otti järjestelmän kaupalliseen käyttöön nimeten varusteen hydraguideksi. (Lappalainen 2018.)

Saksalainen Bosch kehitti lukkiutumattomat-, eli ABS-jarrut vuonna 1978. Ensin varuste oli vain saatavilla korkeimman luokan Mercedes Benz -automalleissa, mutta tämä alkoi yleistyä 1980-luvun aikana valmistettuihin autoihin. Perinteisesti jarruttaessa auton renkaat alkavat suuremmissa nopeuksissa liukua ja syntyy kineettistä kitkaa. Auton ohjattavuus menetetään myös, sillä renkailla liukuessa ei ole lainkaan pitoa. ABS-jarrujen toiminta perustuu ohjausyksiköön, joka vapauttaa jarrut säännöllisesti, ennen kuin renkaiden pito on menetetty. Itse jarrutusprosessi tapahtuu salaman nopeasti hidastamalla renkaiden levyjarrua, ja ennen renkaiden lukittautumista jarrutusvoimaa vapautetaan, jotta auto ei lähde luisuun. Pidon palatessa jarrutusvoimaa taas lisätään ja tämä prosessi toistuu

niin kauan, kunnes auto on täysin pysähtynyt tai jarrupoljinta ei pidetä pohjassa. Kitkan muoto muuttuu näin kineettisestä staattiseksi energiaksi, joka on kineettistä energiaa voimakkaampaa, joten jarruttaminen on hyötysuhteessa tehokkaampaa ja nopeampaa kuin lukkiutuvilla jarrutuksilla. Tätä varustetta voidaan pitää ensimmäisenä yleisesti käyttöön otettuna aktiivisesti ajamiseen osallistuvana varusteena (Autodoc 2020.)

Vuonna 1995 Bosch ja Daimler-Benz lanseerasivat ESP-ajovakautusjärjestelmän. Kyseinen järjestelmä auttaa auton hallintaa liukkaalla kelillä, kuten myös äkkitilanteissa. Teknisesti toiminta perustuu yhdistämään lukkiutumattomat jarrut sekä luistoneston seuraten auton liirtoliikkeitä ja tarvittaessa aktiivisesti reagoimaan näihin. Teknologia koettiin niin hyödylliseksi, että lainsäätäjät ovat tehneet eri puolilla maailmaa tästä pakollisen varusteen. EU:ssa tämä sääntö tuli voimaan 2014 ja koski uusina rekisteröityjä ajoneuvoja. (Von Bell 2020.)

Suuri osa nykyaikana pidetystä huipputeknologiasta juontaa juurensa useita vuosikymmeniä taaksepäin. Esimerkiksi suuressa suosiossa oleva adaptiivinen vakionopeudensäädin, joka ylläpitää asetetun nopeuden, samalla pitäen etäisyyden edessä olevaan ajoneuvoon, esiteltiin ensimmäistä kertaa vuonna 1997 Chrysler-automerkissä. Tosin kyseisen varusteen toiminta ei ollut samalla tasolla kuin nykypäivänä, mutta varusteen toimintaperiaate on säilynyt samana. Uusin yleistynyt avustin on vuonna 2008 käyttöön otettu liikennemerkkien tunnistus kameralla. Kyseinen varuste oli aiemmin valinnaisena varusteena ainoastaan BMW-automalliston lippulaivamalleihin. Nykypäivänä kyseinen varuste sisältyy suurimpaan osaan peruskäyttöautoistakin. Erilaisten varusteiden yleistymiseen vaikuttaa sen saavuttama suosio ja käytännöllisyys. Vaikka varuste on saatettu keksiä aiemmin, sen saavuttama suosio kulkee pitkälti kehityksen tason kanssa. Esimerkkinä HUD eli heijastusnäyttö ikkunalasiin tuli saataville ensimmäistä kertaa vuonna 1988, mutta se rajoittui vain nopeuden näyttämiseen. Se oli myös erittäin kallis varuste valmistaa. Nykypäivään tultaessa heijastusnäytön kautta voi saada muun muassa reaaliaikaista reittiopastusta apuviivoilla, mikä mahdollista katseen pitämisen jatkuvasti kulkusuunnassa. (Ajovalo s.a.)

2.2 Anturit

Nykypäivän uuden auton elektroniikka sisältää jopa 150 anturia, jotka jakautuvat useaan kategoriaan kuten toiminnallisiin, valvoviin ja turvallisuusantureihin (Juhala 2009, 12). Näiden antureiden pitää toimia vaikeissa ja nopeasti muuttuvissa olosuhteissa luotettavasti sekä olla kustannustehokkaita valmistaa. Yksittäinen anturi voi valvoa tiettyä tapahtumaa, kuten esimerkiksi mikrotaipumaa valossa sormen jäädessä ikkunan väliin. Anturi tunnistaa

muutoksen valon taipumassa ja lähettää ikkunalasin sulkevalle järjestelmälle pysäytyssignaalin. Nykypäivänä anturit ovat integroitu toimimaan yhdessä muodostaen suuren kokonaisuuden auton tilasta ja toiminnasta. (Juhala 2009, 18–22.)

Tutkajärjestelmät toimivat niille varatulla 79 GHz:n taajuudella. Tutkan toimintaperiaate on yksinkertainen. Tutka lähettää radiotaajuisen pulssin eteenpäin. Osuessaan ulkopuoliseen objektiin tästä kaikuna palaava pulssi vastaanotetaan usealla autoon asennetulla antennilla. Tällöin saadaan lasketuksi esimerkiksi etäisyys edessä olevaan objektiin. Tutka antaa luotettavaa tietoa jopa 250 metriin asti ja toimii sääolosuhteista riippumatta. Tutkan haasteita ovat objektien luokittelu ja tunnistus, johtuen tämän huonosta sivusuuntaisesta resoluutiosta. Tämä tarkoittaa, että erinäiset, mutta toisiaan lähellä olevat objektit, voivat tunnistautua yhtenä vastaanotetussa datassa. Tästä syystä tutkan keräämästä datasta ei voida tehdä tarkkoja johtopäätöksiä, mikä edessä oleva objekti on. (Innamaa, Kanner, Rämä & Virtanen 2015.)

Lasertutkan toimintatapa on pitkälti sama kuin tavallisen tutkan. Erona on, että radiotaajuuden sijaan lasertutka lähettää lyhyen laservalopulssin ja mittaa tämän heijastumisen kulkuaikaa. Etuna lasertutkalle on todella nopea ja tarkat mittaustulokset. Ajoneuvoihin sovellettuna lasertutkat sisältävät pyörivän peilin, jonka tarkoitus on suunnata säde vaakatasoon saaden kattavamman alueen käyttöön. Lasertutka muodostaa pisteistä koostuvan kuvan jopa 250 metrin etäisyyteen. Hahmontunnistus on heikkoa muodostetun kuvan kautta, sillä tietokone kykenee käsittelemään vain pisteen kerrallaan, vaikka ihmisen katsojana muodostetusta kuvasta voidaan tehdä monia huomioita. Lasertutka on erittäin kallis anturi, sillä se sisältää hienomekaniikkaa. Esimerkkinä Velodyne Lidar 3D lasertutka, jonka hankintahinta on noin 70 000 euroa. (Innamaa ym. 2015; Velodyne Lidar 2021.)

Kamera on suosituin anturi auton ympäristön havainnointiin, sillä se on kuvaresoluutioltaan tarkka ja lisäksi edullinen valmistaa. Kamera jää kuitenkin puutteelliseksi etäisyyksien määrittämisessä sekä on altis sääolosuhteille. Etäisyyden määrittämiselle on kehitetty kuitenkin ratkaisu ja tämä voidaan toteuttaa muodostamalla stereokuva, kun kame-roita on useampi kuin yksi. Stereokuva muodostuu, kun yhdestä kohteesta otetaan vähintään kaksi kuvaa eri kohdista. Otettuja kuvia vertaamalla voidaan määrittää kohteen etäisyys. Stereokameraparit ovat kuitenkin kalibroitava ensin, jotta etäisyys tulee mitattua oikein. Kameran tuottamaa dataa hyödynnetään laskemalla valon intensiteettiä. Tämä tarkoittaa, että otetusta kuvasta etsitään jyrkkiä muutoksia esimerkiksi kontrastissa, jotka mahdollisesti kuvaavat objektien ääriivivoja. Muodostetulle kuvalle suoritetaan kuva-ana-

lyysi eli kuvasta poimittuja objekteja verrataan olemassa olevaan tietopankkiin. Esimerkiksi jalankulkijan tunnistus käyttää jopa 1,5 miljoonaa kuvaa jalankulkijoista verraten niitä kameran ottamaan kuvaan. Kuva-analyysi vaatii suuren määrän laskentatehoa ja nykypäivän prosessoreista huolimatta tämä on edelleen rajoittava tekijä. (Innamaa ym. 2015.)

Ultraäänimittauksella, toiselta nimeltä kaikuluotauksella, voidaan mitata lyhyitä etäisyyksiä. Toiminta perustuu lähetettyyn ultraääniaaltoon taajuudella 40–180 kHz, josta mitataan heijastumisaikaa, kun tämä osuu ulkoisen objektin pintaan. Ultraääni rajoittuu äänennopeuteen ilmassa sekä kymmenen metrin kantamaan. Etuna ultraäänianturi on halpa valmistaa ja se soveltuu lyhyen kantaman tehtäviin, kuten pysäköintiantureihin tai lähialueen valvontaan. (Innamaa ym. 2015.)

2.3 ECU Laskenta-logiikka yksikkö

Lähes jokaista auton ominaisuutta kontrolloi elektroninen ohjausyksikkö eli ECU (Electronic Control Unit). Auto voi sisältää yli 100 ohjausyksikköä, jotka säätelevät tiettyä tai useampaa osaa autosta. Antureista saatua dataa verrataan kovakoodattuihin arvoihin ohjausyksikössä ja näin on mahdollista tehdä johtopäätös, jos mitattu arvo muuttuu raja-arvoon nähden. Ylivoimaisesti käytetyin ohjelmointikieli auton järjestelmissä on C ja tästä kehitetty autovalmistajien erityisessä käytössä oleva MISRA-C (Motor Industry Software Reliability Association C) (Callahan 2017). Esimerkiksi turvatyynyjen elektroninen ohjausyksikkö kontrolloi tulevaa dataa törmäysten yhteydessä ja päättää millisekunneissa kytkeytyvätkö turvatyynyt päälle vai ei. (Car Rental Gateway s.a.)

Elektronisia ohjausyksiköitä ovat moottorin-, vaihteiston-, jousituksen-, korin- ja yhteyksien ohjausyksiköt, jotka säätelevät niille asetettuja toimintoja. Moottorinohjausyksikkö säätelee nimensä mukaisesti moottoriin liittyviä toimintoja, kuten tämän käyntiä, polttoaineen tuloa moottoriin ja sytyttimen ajoituksen hienosäätöä. Vaihteistonohjausyksikkö korostuu automattivaihteistossa, missä ohjausyksikkö pitää huolta, että käytössä on oikea vaihde kierroslukuihin verrattuna. Tämän yksikön on myös sopeuduttava muuttuviin tilanteisiin, kuten ylämäkiin, missä vaihdetta pitää laskea suuremman väännön saamiseksi. Jousituksenohjausyksikkö pitää huolta, että ajon joka hetkellä auto on oikealla korkeudella maasta tarvittaessa keventämällä tai kiristämällä jousitusta. Korinohjausyksikkö säätelee lukematomia osia niin auton ulkona, kuin sisällä. Esimerkiksi auton lukitus, ilmastointi ja sähköikunat sisältyvät tähän. Viimeisenä kategoriana yhteyksienohjausyksikkö säätelee auton satelliittiyhteyksiä, kuten radiota, puhelinyhteyksiä ja GPS-yhteyksiä. (Kingston 2018.)

2.4 Kehityksen nykytaso

Viime vuosina autoteollisuuden tärkeimmäksi muutostrendiksi on noussut autojen verkostoituminen. Verkostoitumalla muihin ajoneuvoihin (Eng. vehicle to vehicle) nämä voivat jakaa tietoa keskenään esimerkiksi valitusta reitistään. Auton on myös mahdollista verkostoitua ympäröivään infrastruktuuriin (eng. vehicle to infrastucture), mikä mahdollistaa esimerkiksi liikennevalojen tunnistamisen ja tietyömaapoikkeukset. Verkostoitumista sovelletaan myös yhdistämällä ajoneuvo pilveen (eng. vechicle to cloud), mikä mahdollistaa muun muassa ohjelmistopäivitysten jakamisen ilman tarvetta viedä auto valtuutetulle korjaamolle. Turvallisuutta pyritään tehostamaan yhdistämällä auto esimerkiksi jalankulkijoiden puhelinten kanssa (eng. vehicle to pedestrian), mikä voi helpottaa jalankulkijoiden sijainnin paikantamista esimerkiksi kulmien takaa. Pää tavoite on yhdistää kaikki edellä mainitut verkostoitumistavat yhdeksi kokonaisuudeksi, mikä on edellytys täysin automatisoidulle liikenteelle (eng. vehicle to everything). Kehityksen nykytaso kulkee autojätti Volkswagenin vuonna 2020 julkaistussa Car2X teknologiassa, jossa auto verkostoituu ympäristöön sekä muihin ajoneuvoihin verkkoyhteyden välityksellä. Verkostoituneena järjestelmä antaa reaaliaikaista tietoa ruuhkista sekä varoittaa lähistöllä sattuneista onnettomuuksista, sekä tunnistaa ympäristöstä liikennemerkkejä sekä vallitsevia poikkeusoloja. Volkswagenin mukaan kehitteillä on julkaista järjestelmään liikennevalojen tunnistus seuraavaksi. (Autotuojat ja -teollisuus s.a; Caat s.a; Volkswagen 2020.)

Suomen liikenteessä liikkuvan auton keskiarvoikä on ollut vuonna 2018 12,2 vuotta (Autoalan tiedotuskeskus s.a). Vuonna 2006 autoille saatavia avustavia uutuuksia olivat vakionopeudensäädin ja navigaattori. Keskiarvoikästä johtuen valtaosa liikenteessä olevista autoista omaa hyvin vähän aktiivisesti kuljettajaa auttavia varusteita. Seuraavaksi liikenteessä yleistyvät autot omaavat alhaisen tason autonomiamia, kuten kaistanpitoavustimen sekä adaptiivisen vakionopeudensäätimen, mitkä ovat tämän hetken saatavilla olevaa uusinta teknologiaa. Arvion mukaan viimeistään vuonna 2022 alkaa iso aalto avustavissa järjestelmissä. Tuolloin voidaan nähdä automatisoitua ajamista ilman ihmisen jatkuvaa tarvetta puuttua ajamiseen. Tämän yleistyminen liikenteessä ajoittuu aikaisintaan tämän vuosikymmenen lopulle. (Turunen 2018.)

Auton toimintaperiaate on ollut hyvin pitkään mekaanisten osien muodostama järjestelmä koostuen moottorista, vaihteistosta, vetoakselista, jarruista ja niin edelleen. Kehityksen myötä mekaanisten komponenttien avuksi tuotiin sähköisiä sensoreita tarkkailemaan ja osittain auttamaan näiden toimintaa. Autossa pystyi hyvinkin tuolloin olemaan jopa satoja erikoistuneita mikrosiruja, mutta nämä eivät keskustelleet keskenään. Sähköautojen yleistyessä huimaa vauhtia järjestelmien integraatio on noussut esille. Siirtyessä auton mekaanisesta toimintaperiaatteesta ohjelmistopohjaiseen, muuttuu tietokone auton tärkeimmäksi

osaksi. Auton ohjelmiston tulee olla toimiva, sillä ajaessa ei ole varaa ohjelmistovirheisiin. Ohjelmistopohjaisen autoilun ongelmana on ollut järjestelmien integraatio yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Suuri joukko alihankkijoita luo ohjelmistoja, joista monet toimivat omien ohjelmistojen varassa. Tämän seurauksena itse auton valmistajakaan ei välttämättä pääse käsiksi auton ohjelmistoon. Toimivan ja luotettavan ohjelmiston luomiseksi esimerkiksi autovalmistaja Volkswagen palkkasi vuonna 2019 yli 2000 uutta työntekijää ohjelmistokehittäjän työtehtäviin. Oman ohjelmiston kautta ei ole rajoituksia ohjelmistoon pääsyn kanssa ja esimerkiksi verkon yli voidaan suorittaa päivityksiä ajoneuvoihin. Voidaan sanoa, että autovalmistaja Tesla on näyttänyt mallia muille markkinoille tuodun Model S-sähköauton kanssa. Tesla on luonut ohjelmiston täysin itsenäisesti ja näin ollen pystyy antamaan käyttäjilleen päivityksiä ja jopa uusia ominaisuuksia puhtaasti verkon yli päivityksillä. Autovalmistajat ovatkin alkaneet kilpailemaan, kuka tarjoaa luotettavan ja monipuolisen ohjelmistopohjaisen alustan auton toiminnalle. (Mims 2021, 16–17.)

2.5 Tulevaisuuden täysin autonomiset ajoneuvot

Autoinsinöörien järjestö SAE International (Society of Automotive Engineers) julkaisi vuonna 2018 luokittelujärjestelmän automatisoidun ajamisen järjestelmille. Tavoitteena taulukkoluokittelulle oli selvittää ja havainnollistaa mitä kuhunkin tasoon sisältyy. SAE:n J3016 automatisoidun ajamisen luokittelutaulukko on noussut kovaan suosioon niin autovalmistajien kuin insinöörien keskuudessa. (Kokkonen 2020; SAE International 2018.)

Auto, joka ei sisälly automatisoidun ajamisen luokittelutaulukkoon, ei sisällä lainkaan automatisoituja toimintoja. Auto voi sisältää kuitenkin varoittavia järjestelmiä, sekä ajamiseen liittyviä tehostimia, mutta nämä eivät toimi automaattisesti. (SAE International 2018.)

Taso 1. Avittava automaatio luokituksessa kuljettajan on oltava koko ajan kontrollissa. Järjestelmät ovat kehittyneempiä, mutta tarvitsevat jatkuvasti kuljettajan huomion. Auto osaa jarruttaa, kiihdyttää ja pitää etäisyyden edellä olevaan autoon. Tämä taso voi sisältää esimerkiksi kaistanpitoavustimen eli auto voi hetkittäin korjata ratin asentoa keskemälle kaistaa, jos tämä on liian lähellä kaistaviivan reunoja. (SAE International 2018.)

Taso 2. Osittainen automaatio luokituksessa auton järjestelmät kykenevät yhdessä hallitsemaan autoa rajojensa puitteissa. Esimerkkinä mukautuva vakionopeudensäädin sekä kaistanpitoavustin pystyvät yhteistyössä pitämään etäisyyden edessä olevaan ajoneuvoon sekä hallinnan ajokaistalla. Kuljettajalta tarvitaan jatkuvaa huomiointia, sillä järjestelmä ei osaa reagoida poikkeustilanteisiin tai vaihtuviin sääolosuhteisiin. Järjestelmä varoittaa kul-

jettajaa ottamaan ratin hallinnan, jos ratista ei pidä kiinni. Jos kuljettaja varoituksesta huolimatta ei ota rattia hallintaan, auto suorittaa hätäjarrutuksen ja kytkee hätävalot päälle. (SAE International 2018.)

Taso 3. Ehdollinen automaatio luokituksessa auto osaa suorittaa erinäisiä toimenpiteitä täysin itsenäisesti. Kuljettajan jatkuvaa tarkkailua ei enää tarvita, mutta auton hälyttäessä on kyettävä ottamaan täysi kontrolli ajamisesta. Esimerkki tason mukaisesta teknologiasta on ruuhka-avustin, joka pystyy itsenäisesti etenemään muiden autojen joukossa ilman kuljettajan reagointia. (SAE International 2018.)

Taso 4. Korkea automaatio luokituksessa auto osaa ajaa täysin itsenäisesti, mutta on osittain rajoittunut sääolosuhteisiin. Rajoittavia tekijöitä ovat esimerkiksi sellaiset sääilmiöt, jotka estävät auton antureiden toimintaa tai vaikuttavat vahvasti niiden keräämään dataan. Tässä tasossa kuljettajan reagointia ei tarvita missään ajamisen vaiheessa, mikäli ajamiselle ei ole rajoittavia tekijöitä. Kuljettaja voi halutessaan ottaa auton hallinnan. Kuljettajan ohjaustoimintoja eli rattia ja kaasupoljinta ei ole välttämätöntä asentaa. Poikkeustilanteissa auto ajaa itsenäisesti tiensivuun. (SAE International 2018.)

Taso 5. Täysi automaatio luokituksessa kuljettaja on matkustaja. Auto osaa olosuhteista riippumatta suoriutua ajotilanteista täysin itsenäisesti. Auto ei tarvitse kuljettajan ohjaustoimintoja. Esimerkkinä auto osaa viedä paikasta A paikkaan B noudattaen vallitsevia liikennesääntöjä sekä mahdollisia poikkeusoloja tietyömaista erinäisiin sääilmiöihin. (Caat s.a; SAE International 2018.)

Automatisoidulle autolle luodaan ensin mahdollisimman yksityiskohtainen reittisuunnitelma, jossa pitää olla määritettynä tiekohtaiset nopeudet, kaistanvaihdot, risteykset, liikennevalot, suojatiet, sekä ajojärjestykset. Reittisuunnitelman tulee olla ohje robotille, miten reitti tulee ajaa. Satelliitti- ja GPS-paikannuksella muodostettu reitti yksinään ei riitä, sillä paikannuksessa voi esiintyä virhemarginaalia jopa metrien heitolla, jolloin auto ajaisi ulos tieltä. Myös esimerkiksi tietöitä ei välttämättä pystytä paikantamaan paikannulaitteistolla, joten auton pitää ympäristönhavainnoinnilla korjata mahdolliset reittipoikkeavuudet. Tästä syystä täysin automatisoitu ajaminen vaatii monia eri antureita tarkan GPS-paikannuslaitteiston lisäksi, kuten lasertutkan, gyroskooppeja sekä kiihtyvyyssantureita. Ajotietokone analysoi jatkuvasti näiden keräämää dataa ja yhdistettynä pyrkii muodostamaan ympäröivästä todellisuudesta tarkan 3D-mallin. (Innamaa ym. 2015; Reinikainen 2017.)

Grafiikkapiirien teknologiajätti Nvidia on ollut pitkään mukana automatisoidun auton kehityksessä ja pyrkii tarjoamaan vaativaan tehtävään siihen kyvykkään laskentapiirin. Prosessointitehoa tarvitaan valtava määrä analysoimaan antureiden tuomaa dataa, jotta esimerkiksi auto pysyy kaistaviivojen sisällä. Yhden stereokameran muodostama kuva yhden kilometrin matkalta on kooltaan jopa 100 gigatavua. Tämän käsittelyyn tarvitaan arviolta kuuden tehokkaan nykypäivän tietokoneen laskentateho. Yksinkertaisesta prosessista ihmiselle liikuttaa hieman rattia, koituu automaatiohjoukselle valtava työmäärä. Keskusohjainyksikkö laskee ensin auton tarkan sijainnin ympäristöantureiden ja GPS:n yhteistyössä tehdystä 3D-ympäristömallista. Tämän jälkeen tehdään päätös, korjataanko ratin asentoa mihin suuntaan ja kuinka paljon, vai onko auto oikeassa kohdassa. Tämä prosessi tapahtuu niin tiheään, että tulevasta datavirrasta lasketaan 20 millisekunnissa autolle toivottu kulkusuunta. Ajamiseen sisältyy kuitenkin paljon muuttuvia tilanteita, jotka eivät ole ennakoitavissa. Turvallisuusjärjestelmiä, joiden pitää reagoida nopeasti onnettomuuden uhatessa ei saa jäädä datavirran alle. Tämän uskotaan olevan toteutettavissa hajauttamalla järjestelmä useisiin keskuspiireihin ja ottamalla kohdistuvaa datakuormaa. Hajauttaminen parantaa myös luotettavuutta, sillä yhden piirin pettäessä toiminta ei kaadu, vaan siirtyy toiselle piirille. (Ahtiainen 2018; Labrie 2019.)

Vuonna 2018 RobobusLine-hanke aloitti täysin automatisoidun bussiliikenteen kokeilun Helsingin Kivikossa. Tarkoituksena oli kokeilla, miten robotti kulkee osana aitoa liikennettä samalla tarjoten maksimissaan kahdeksalle henkilölle ilmaista kyytiä. Kokeilu jouduttiin keskeyttämään kuitenkin, sillä risteykset ja robottibussin hidas 20 kilometrin tuntivauhti eivät sopineet ympäristöön. Muiden autoilijoiden ohitukset aiheuttivat robottibussille äkkijarrutuksia sekä risteykset vaativat kuljettajan puuttumista ajoon. Kokeilu sai uuden yrityksen vuotta myöhemmin Helsingin Kalasatamassa kauppakeskus Redin ja Isoisänsillan välillä. Infrastruktuuri oli huomattavasti parempikuntoista, sekä liikenne huomattavasti väljempää ja puolen vuoden kokeilujakso saatiin onnistuneesti päätökseen. Bussi operoi pienellä alueella kolmea pysäkkiä kiertäen tarjoten ilmaista kyytiä matkustajille. (Helsingin Kaupunki 2019.)

3 Riskit ja luotettavuus

3.1 Auton tietoturva

Autoilun kyberturvallisuus tarkoittaa toimenpiteitä, jotka vähentävät murtautumisen riskiä auton toimintoihin, tietoihin ja ohjainlaitteisiin (ECU). Nykyajan autoissa on lukuisia tapoja kytkeytyä auton järjestelmään, kuten esimerkiksi vikakoodiportin, puhelinliitännän, NFC-radion, Bluetooth-liitännän, USB-porttien ja SD-korttien kautta. Yhdistettävyysskomponentit ovat alttiina kyberhyökkäyksille turvamekanismeista huolimatta ja niiden haavoittumattomuutta pyritään parantamaan ohjelmistopäivityksillä. Aina on kuitenkin riski, että auton järjestelmiin murtaudutaan haittaohjelman tai verkkohyökkäyksen avulla päästen käsiksi tietoihin, toimintoihin ja ohjainlaitteisiin. Auton järjestelmiin tunkeutuneet haittaohjelmat voivat kytkeä ohjauslaitteita pois päältä tai jopa kaapata ohjauslaitteiden hallinnan. Tietoturvaa voidaan parantaa yhdistämällä autoon ainoastaan omassa hallussa olevia laitteita. (Volkswagen 2020, 166–168.)

Auton kaappaamista langattomasti verkon välityksellä ja liitetyillä ohjainlaitteilla on tapahtunut jo pitkän aikaa. Esimerkiksi vuonna 2013 kaksi hakkeria pystyi murtautumaan Jeep Cherokee -autoon ottaen lähes täysin auton hallinnan itselleen. Hakkeroidussa testiautossa istunut kuljettaja kertoi kaappaajien pystyneen kontrolloimaan auton toimintoja tuulilasipeunesteen suihkuttamisesta jopa moottorin sammuttamiseen asti. Auto pystyi estämään osan haavoittuvuuksista omalla tietoturvalla ja ehdoilla. Esimerkiksi tietyn vauhdin ylittyessä hakkerit menettivät auton yhteyden, mutta yhteys palasi, kun nopeus tippui raja-arvon alapuolelle. Kyseistä autoa esiintyi samaan aikaan liikenteessä tuhansia kappaleita, jotka kaikki olivat varustettu samalla tietoturvalla kuin hakkeroitu testiauto. Vastaavanlainen haavoittuvuus auton toimintojen menettämisestä on vakavimmasta päästä tietoturvaan tultaessa. Mietittävää riittää myös autojen verkostoitumisessa. Onko yksilön tietoturva uhattuna esimerkiksi paikannustiedonkäsittelyn kannalta. (Taloussanomien 2015.)

3.2 Turvallisuus, onnettomuudet, käyttöliittymät ja ohjelmistoviat

EU-alueella menehtyy vuosittain 26 000 ihmistä liikenneonnettomuuksien seurauksena. Lakisääteisesti pakollisia turvallisuutta parantavia järjestelmiä on yllättävän vähän. Pääpaino on yleisissä varusteissa, mitkä eivät vaikuta itse ajamiseen, kuten hätäkolmion ja huomioliivien sisällyttäminen autoon. Nykypäivänä pakollisia järjestelmiä uusiin valmistetaviin autoihin ovat lukkiutumattomat jarrut sekä ajonvakautusjärjestelmä. Hiljattain EU on julkaissut uuden ehdotuksen pakollisiksi tulevista varusteista, sillä osa kehityksen mukana tulleista innovaatioista on osoittautunut huomattavasti liikenneturvallisuutta parantavaksi. Listaukseen lukeutuu muun muassa automaattinen hätäjarrutus, kaistanpitoavustin sekä

peruutuskamera. Listaukseen on esitetty myös radikaaleja varusteita, kuten nopeusavustin, joka havaitsee vallitsevia nopeusrajoituksia ja estää auton nopeuden ylittämästä tätä. Hetkittäin nopeuden ylittäminen olisi kuitenkin mahdollista. Kyseisen ominaisuuden saisi kytkettyä pois, mutta onnettomuustilanteissa tämä vaikuttaisi suoraan vakuutuskorvauksiin. Uusien varusteiden asettaminen pakollisiksi vaatisi autovalmistajia lisäämään auton vakiovarusteiden määrää. Tällä hetkellä monia näistä varusteista myydään maksullisina lisävarusteina. Listauksen tarkoituksena on saada turvallisuutta parantavia järjestelmiä lisääntymään liikenteessä, sillä EU:n tavoite on puolittaa liikenneonnettomuuksien lukumäärä vuoteen 2030 mennessä. Ehdotus uusien varusteiden asettamisesta pakollisiksi tulisi voimaan vuoden 2021 aikana. (Tuulilasi 2018.)

Keskuskonsolista on tullut viime vuosikymmenen aikana vakiovaruste autoihin. Usein keskuskonsolin sijaan käytetään nimitystä infotainment system, mitä kautta auton järjestelmiä ohjataan. Keskuskonsoli toimii kuljettajalle radiona, navigaattorina sekä tietopalustana auton sen hetkisestä tilasta. Suurin osa keskuskonsolista on kuitenkin kuljettajalta lukittuna, sillä auto on suunniteltu ja testattu toimimaan tietyillä arvoilla. Keskuskonsoli toimii auton aivoina. Sen kautta on mahdollista ohjelmoida järjestelmien toimivuutta koodipätkillä. Esimerkiksi moottorin polttoainesyötön uudelleen ohjelmointi voi vaurioittaa moottoria huomattavasti ja näin aiheuttaa vakavan turvallisuusriskin liikenteessä. On myös mahdollista, että auton ohjelmointivirheen seurauksena jokin elektronisista ohjausyksiköistä vioittuu tai jopa hajoaa. Auton on ilmoitettava vastaavista poikkeamista välittömästi ja usein tämä tieto välitetään kuljettajalle kojetaulussa palavalla vikavalolla. Valtuutetulla autokorjaimella on usein erityinen avain, joka liitetään autoon mallikohtaisesti määrättyyn paikkaan, jonka kautta keskuskonsoli avautuu uudelleenohjelmoitavaksi. Näin esimerkiksi ohjelmistovirheet voidaan korjata päivityksillä tai ohjelmiston uudelleenasettelulla ilman fyysisiä osavaihtoja. (Cars Direct 2012; Futurez 2021.)

Auton ohjelmistosta on tullut autovalmistajille entistä tärkeämpi kehityskohde sähköautojen ja hybridien yleistymisen seurauksena. Sähkö- ja hybridimoottori vaativat toimiakseen ohjelmoidun järjestelmän, kun taas perinteistä polttomoottoria on mahdollista käyttää täysin mekaanisesti ilman erillistä ohjelmistoa. Esimerkkinä, kuinka haasteellista on luoda sähköautolle käyttöalusta, voidaan tarkastella Volkswagenin täyssähköauto ID.3:a, joka oli vaarassa myöhästyä annetusta julkaisupäivämäärästä ohjelmistovikojen syystä. Osa-syynä suurelle määrälle ohjelmistovikoja oli auton kiirehditty saanti markkinoille. Syynä tähän oli EU:n asettamat uudet säännökset päästöarvoista. Volkswagen teki päätöksen ja julkaisi auton ohjelmiston ongelmista huolimatta ja ilmoitti korjaavansa nämä ohjelmistopäivityksillä myöhemmin. Useat auton ominaisuudet olivat käyttäjältä lukittuna julkaisuhet-

kellä. Tästä huolimatta kyseisen täyssähköauton hankkijat huomasivat nopeasti, että ohjelmisto on puutteellinen ja, että ajon aikana ilmenee varoituksia niin moottorin viasta kuin toimimattomista turvatyynyistä. Kylmällä ilmalla auto saattaa myös ilmoittaa, että suorituskyky on rajoitettua, vaikka todellisuudessa näin ei ole. Suurin osa vikavaloista katoaa ilmoitustaululta uudelleen käynnistämällä järjestelmä. Autoilun historiassa mittaristoon syttyvä vikavalo tarkoitti melkein aina oikeaa vikaa ja tarvetta autokorjaamolle. (Kokkonen 2021; Schaal 2020.)

Ajamisen helpottuminen vuosi vuodelta kehittyneempien varusteiden seurauksena ei kuitenkaan tarkoita kuljettajan vähempää huomiointia liikenteessä. Kehittynein versio adaptiivisesta vakionopeudensäätimestä toimii yhdessä liikennemerkkien tunnistuksen sekä karttapalveluiden kanssa. Auton tunnistaessa edessä olevan uuden nopeusrajoituksen tämä tieto siirtyy nopeudensäätimelle ja auto asettaa tämän uudeksi nopeudeksi ilman kuljettajan manuaalista vaihtoa. Jos fyysistä liikennemerkkiä ei ole tiensivussa, tieto nopeusrajoituksesta tulee karttapalvelusta verkon välityksellä. Ongelmaksi tässä esiintyy virhetiedot datassa. Esimerkkinä todellisuudessa Länsiväylää ajaessa kohti Helsinkiä rajoitus on 80 km/h, mutta karttapalveluista tuleva tieto asettaa nopeudeksi 120 km/h. Ennakoiva nopeudensäätö on kyseisellä alueella enemmän tieturvallisuusriski kuin ajamista helpottava varuste. (Yläne 2021.)

Käytettäessä täysin automatisoitua autoa, tulee tämän toimia kaikissa tilanteista olosuhteista riippumatta. Tarvittaessa robotiikan pitää tehdä suurikin päätös, jos tilanne sellaista vaatii. Suurin eettinen kysymys nouseekin esille: Millaisia valintoja robotiikka tekee onnettomuuden uhatessa? Eettisesti ihmisiä ei saa asettaa eriarvoiseen asemaan, joten nähtäväksi jää minkälaisia valintoja robottiauto tekee tilanteessa, jossa onnettomuuksilta ei voida välttyä. Täysin automatisoituun ajamiseen on kuitenkin vielä jonkin verran matkaa, vaikka onnistuneita kokeiluja onkin ollut. Ensimmäinen robottiauton aiheuttama onnettomuus tapahtui vuonna 2016, jossa Googlen itsestään ajavan auton prototyyppi teki virheen arvioidessaan kaistanvaihtoa. Kyseessä oli ohjelmistovirhe, jossa robotti katsoi takaa tulevan bussin hidastavan antaen autolle tilaa liittyä kaistalle, mutta näin ei ollutkaan ja auto ajoi bussin kylkeen. Google otti tapahtuneeseen kantaa myöntäen virheen robotin ohjelmistossa, jossa raskaiden ajoneuvojen pidempää jarrutusmatkaa ei ollut huomioitu ohjelmistossa. Ohjelmistoa kehitettiin tapahtuneen jälkeen ja samalla Google kommentoi, ettei kyseistä onnettomuutta tulisi enää tapahtumaan. Sattunut onnettomuus oli Googlen automatisoidun ajamisen kehityksessä ensimmäinen robotin aiheuttama onnettomuustilanne. Aikaisemmissa tilanteissa onnettomuuden aiheuttaja on ollut ihminen, joissa esimerkiksi takana oleva ihminen on ajanut robottiauton perään liikennevaloissa. (Lapintie 2016; Turunen 2018.)

Maailman ensimmäisen robottiauton ja ihmisen välinen kohtalokas onnettomuus tapahtui maaliskuussa 2018 Arizonan osavaltiossa Yhdysvalloissa. Tapahtumassa oli kyytipalvelu Uberin testiauto, jossa kokeiltiin täysin itsestään ajavaa autoa arkipäivän liikenteessä. Testiauto ei tunnistanut tien yli pyöräänsä taluttavaa naista vaan ajoi tämän yli. Autossa istuva turvakuljettaja ei kiinnittänyt huomiota liikenteeseen. Syynä onnettomuuteen oli autoon asennettu ohjelmisto, jota ei ollut suunniteltu tunnistamaan jalankulkijoita suojateiden ulkopuolella. (Yle 2020.)

Autovalmistaja Tesla tarjoaa tällä hetkellä parhaat mahdollisuudet automatisoituun ajamiseen. Automatisoitu ajaminen on pitkälti sidonnainen maiden lainsäädännön kanssa, mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa Wisconsinissa Teslan autopilotti on täysin tieliikennesallittu. Kuljettajan katsotaan kuitenkin edelleen olevan vastuussa mahdollisissa onnettomuustilanteissa. Kyseisen osavaltion poliisi koki mielenkiintoisen huomion nähdessään Teslan kuljettajan olevan täysin unessa, kun auto ajoi 130 kilometrin tuntinopeutta. Poliisi ajoi Teslaa takaa noin kolme kilometriä ennen kuin kuljettaja havahtui ja ajoi tien sivuun. Poliisin mukaan kuljettajilla on liian suuri luotto vasta kehitteillä olevaan teknologiaan, vaikka tässä tapauksessa vahinkoa ei sattunutkaan. Tesla on korostanut, että saatavilla oleva autopilotti ei ole tarkoitettu auton ainoaksi kuljettajaksi, vaan kuljettajan tulee edelleen olla valppaana, vaikka ajamista onkin helpotettu. Vastaavanlaisessa tapauksessa Washingtonin osavaltiossa aiemmin autopilotilla liikkuva Tesla ajoi tiensivuun pysähtyneen poliisiauton kylkeen. Henkilövahingoilta tapauksessa säästyttiin. Poliisin mukaan tämä on hyvä esimerkki siitä, että ei robottikaan ole virheetön kuljettaja, ainakaan vielä. (Karkimo 2021.)

Raportoiduista onnettomuuksista huolimatta itseajavat autot ovat jo todella kehittyneellä tasolla. Noin vuoden mittaisella ajanjaksolla, joulukuusta 2019 marraskuuhun 2020, on lisätty yhteensä 29 täysin automatisoituun ajamiseen erikoistunutta yhtiötä. Yhtiöllä Waymo, joka esiintyy listauksen kärjessä, kertyi hieman yli miljoona kilometriä itseajavilla autoilla. Tilanteita, missä auto vaati kuljettajan puuttumista ajamiseen, esiintyi vain joka 50 000 kilometrin välein. Edellisellä mittausjaksolla vuonna 2018 kyseinen lukema oli 21 000 kilometriä eli kehitys on harpannut vuoden aikana robotin ajamalla luotettavalla toimintamatkalla huomattavasti. (Manners 2021.)

3.3 Rajoitukset ja haasteet auton teknologialle Suomen liikenteessä

Suurin este auton teknologian kehitykselle ja erityisesti itsestään ajaville autoille on lainsäädäntö. Tällä hetkellä Suomen tieliikennelaisissa on sallittu toisen asteen automaatio eli

osittainen automaatio. Valtaosassa maista, mukaan lukien Suomessa, toisesta automaation tasosta ylöspäin automatisoitu ajaminen ei ole liikenteessä sallittua. Ennen tämän mahdollistumista muun muassa vakuutusyhtiöiden on määritettävä uudet korvauskäytännöt, joista on käytävä ilmi robottiauton vastuuhenkilö onnettomuustilanteissa. Tämän hetken osittaista automaatiota tarjoavissa autoissa ihminen on täysin vastuussa ajamisesta ja nähtäväksi jää tuleeko näin myös olemaan tulevaisuudessa. (Reinikainen 2017.)

Suurimpana haasteena on varmistaa aktiivisesti avustavien järjestelmien toimivuus Suomen vaativiin olosuhteisiin. Järjestelmät eivät voi olla vuodenaikoihin sidoksissa, vaan toimivuus on oltava ympärivuotista sääolosuhteista riippumatta. Tulee vielä kestäämään jonkin aikaa ennen kuin ehdolliseen automaatioon kykenevät järjestelmät Suomessa yleistyvät. Tällä hetkellä tieliikennesallittuja autoja ovat osittaista automaatiota tarjoavat autot, jotka pystyvät hetkittäin hallitsemaan autoa tiettyjen rajojen puitteissa. Autovalmistajat kilpailevat keskenään seuraavan automaatiotason saamisesta markkinoille. Ehdolliseen automaatioon kykenevä auto ei tarvitse kuljettajan jatkuvaa huomiota, mutta auton hälyttäessä kuljettajan on kyettävä ottamaan täysi kontrolli ajamisesta. Käytännössä tämä tarkoittaa täysin automatisoitua autoa sellaisessa ympäristössä, jossa olosuhteet ovat erittäin vakaat ja muuttuvat hyvin harvoin. Suomi on kuitenkin antanut mahdollisuuden kehitykselle vaativiin olosuhteisiin, sillä Muoniossa on avattu 10 kilometrin Aurora-älytieosuus valtatie 21:llä kansainvälisille autojäteille testiradaksi, mutta testaaajia tieosuudella ei ole juurikaan näkynyt. (Passoja 2018; SAE International 2018.)

4 Tutkimuksen toteutus

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tavoite, kohdejoukko, tutkimusmenetelmä sekä tutkimuksen toteutuksen vaiheet.

4.1 Tutkimuksen tavoite ja kohderyhmä

Tutkimustavoitteen saavuttamiseksi muodostettiin tutkimuskysymys ja kolme alakysymystä. Tavoitteena oli saavuttaa kohdejoukko, joka onnistuneesti pystyy edustamaan tutkimuksen perusjoukkoa eli auton kuljettajaa suomen liikenteessä. Kyselytutkimuksen täyteen vastaamiseen ainoat ehdot olivat voimassa oleva ajokortti sekä käytettävissä oleva auto. Rajaamaton kohderyhmä voi vääristää tutkimustuloksia, mikä vaikuttaa suoraan tutkimuksen tavoitteen ratkaisemiseen. Määrällisesti kohderyhmä tulisi olla mahdollisimman suuri, jotta tuloksista voitaisiin tehdä yleistyksiä sekä johtopäätöksiä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon suomalainen kuljettaja luottaa auton aktiivisesti avustaviin järjestelmiin. Tutkimuskysymys jaettiin seuraaviin alakysymyksiin: kuinka laajalti kuljettajaa avustavia järjestelmiä on käytössä autoissa, kuinka aktiivisesti kuljettaja hyödyntää kyseisten järjestelmien tarjoamaa avustusta ja kuinka todennäköisenä kuljettaja näkee itsensä tulevaisuudessa täysin itsestään ajavan auton matkustajana. Näiden alakysymysten avulla pyrittiin ratkaisemaan tutkimuksen pääkysymys.

Kohderyhmä kenelle kyselylomaketta jaettiin, koostui lähituttavista sekä Haaga-Helian tiedonkäsittelyn opiskelijoista. Kyselylinkkiä jaettiin myös eteenpäin lähimpiin toimesta WhatsApp-sovelluksen kautta muodostaen lumipallo-otannan. Tavoitteena oli saavuttaa kaikenikäisiä henkilöitä, jotka täyttävät kyselytutkimuksen ehdot. Otoksoon tavoite oli olla määrällisesti mahdollisimman kattava.

4.2 Tutkimusmenetelmän valinta

Tutkimusmenetelmiä ovat kvantitatiivinen eli määrällinen ja kvalitatiivinen eli laadullinen. Määrällinen tutkimusmenetelmä pyrkii vastaamaan tutkittuun ongelmaan numeraalisesti. Hyvin usein määrällinen tutkimus toteutetaan kyselylomakkeen kautta, joka jaetaan ennalta määritetyille kohderyhmälle. Riippuen kerätyn aineiston koosta, tästä voidaan tehdä erityyppisiä otoksia edustamaan tutkimuksen perusjoukkoa. Määrällinen tutkimus voidaan toteuttaa myös jo olemassa olevasta aineistosta esimerkiksi rekistereistä taikka tietokannoista. Laadullinen tutkimus pyrkii ymmärtämään tutkittua ongelmaa. Käytännössä mitä vähemmän tutkittavasta ilmiöstä tiedetään, sitä paremmin tutkimusmenetelmäksi soveltuu laadullinen tutkimus. Laadullinen tutkimus ei anna yleistettävissä olevia vastauksia, mutta antaa tarkan kuvauksen sekä syvällisen näkemyksen tutkittuun ongelmaan. Laadullinen

tutkimus on myös ainoa vaihtoehto tutkimusmenetelmäksi, mikäli tutkittavasta ongelmasta ei ole saatavilla tarpeeksi tietoa. (Kananen 2015, 69–74.)

Tämän tutkimuksen tutkimusmenetelmäksi valikoitui määrällinen tutkimus, sillä tutkittavasta ongelmasta haluttiin saada yleiskatsaus. Tutkimusongelma on sen tyyppinen, että laadullinen tutkimus olisi myös mahdollinen vaihtoehto. Laadullisen tutkimuksen kautta voitaisiin ymmärtää paremmin, miksi valitut kohdehenkilöt kokevat tutkitun ilmiön tietynlaisena. Ajotottumukset ovat hyvin yksilöllisiä, joten laadullisen tutkimuksen toteuttamiseksi yhden henkilön tulisi testata useampaa teknologisesti eritasoista autoa eli eri automaation astetta. Jotta laadullisesta tutkimuksesta voidaan tehdä johtopäätöksiä, tutkimuksen seuranta tulisi tehdä pidemmällä ajanjaksolla. Lisäksi laadullisesta tutkimuksesta on haastavampaa saada yleistettävissä olevia tuloksia. Tutkitusta ongelmasta halutaan saada yleiskatsaus, joten määrällinen tutkimus on tähän soveltuvin vaihtoehto. Tämän opinnäytetyön kannalta määrällisen tutkimusmenetelmän valitseminen voi parhaimmillaan antaa sellaisen aineiston, jonka pohjalta voidaan tehdä jo asteittaisia yleistyksiä. Vaarana tutkimukselle on liian suppeaksi jäänyt kyselytulosaineisto sekä vastausten yksipuolisuus.

Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa tutkittiin ilmiötä, josta on suhteellisen vähän saatavilla olevaa tietoa. Määrällisen tutkimuksen teettämiseksi tutkitusta kohteesta pitää löytyä tietoperusta, sillä jos tutkittua ilmiötä ei tunneta tarpeeksi hyvin, on vaarana, että tutkimus ei ota kantaa tutkittuun ilmiöön. Aiheesta oli tarpeeksi saatavilla olevaa tietoa määrällisen tutkimuksen toteuttamiseksi. Kyselyn suunniteltu kohderyhmä koostui kaiken ikäisistä. Lisäksi vastaajien henkilöllisyys pidettiin anonyyminä. Kohderyhmän ikäjakaumaa ei voida tarkkaan sanoa, sillä käytössä oli lumipallo-otanta. Tämä tarkoittaa, että kyselyä jaettiin eteenpäin vastaajien toimesta. Tavoitteena oli saada mahdollisimman kattava vastaajakunta. Kyselyn jakelukanavien perustella voidaan arvioida ikäjakaumaksi 18–60 vuotta.

4.3 Kyselylomakkeen laatiminen

Kyselylomakkeen edellytyksenä on varmistaa, että tutkittava asia on mitattavissa ja testattavissa. Tutkittava asia voi olla mikä tahansa teoreettinen asia tai ilmiö, jos se on operationalisoitavissa eli muutettavissa mitattavaan muotoon. Kyselylomaketta laatiessa on tärkeää, että se vastaa tutkittua ongelmaa. Samalla kyselylomakkeen on oltava teoreettisesti samalla tasolla kohderyhmän kanssa eli kysytyjen asioiden täytyisi tulla ymmärretyksi ilman asian erillistä avaamista. Kyselylomakkeessa tulisi kysyä vain niitä asioita, joita tutkimussuunnitelmassa väitetään olevan. (Vilkkä 2015, luku 4.3.)

Kyselylomakkeen kysymykset voivat olla monivalinta-, avoimia- ja sekamuotoisia kysymyksiä. Monivalintakysymyksissä kysymysmuoto on standardoitu eli vakioitu ja vastaajalle

annetaan valmiit vastausvaihtoehdot mistä valita. Monivalintakyselyllä tavoitellaan vertailukelpoisuutta annettujen vastausvaihtoehtojen välillä ja se on myös yleisin kyselytyyppi. Avointen kysymysten tavoite on saada vastaajilta spontaaneja mielipiteitä. Avoimet kysymykset eivät ole suoraan mitattavassa muodossa, vaan tulosten käsittelyn kautta nämä muutetaan numeraaliseen muotoon. Avoimet kysymykset soveltuvat esikyselyihin, sekä sellaisiin kyselyihin, joiden vaihtoehtoja ei vielä tarkkaan tunneta. Muussa tapauksessa avoimien kysymyksien käyttöä kannattaa harkita määrällistä tutkimusta tehdessä. Onnistunut kysymys antaa vastauksen ongelmaan, mitä kysymyksellä halutaan mitata. (Vilkkä 2015, luku 4.3.)

Kyselylomake tulee olla johdonmukainen eli noudattaa sille suunniteltua rakennetta. Kysely etenee usein yksittäisistä asioista yleisiin tai päinvastoin. Kyselyn alkuun tai loppuun sisällytetään myös taustakysymykset, jotka sisältävät kyselyn mittareille asetetut tiedot esimerkiksi vastaajan ikä ja sukupuoli. Rakenteeltaan hyvä kyselylomake on uudelleen toistettavissa alkuperäisessä muodossaan. (Vilkkä 2015, luku 4.3.)

Tutkimusaineisto kerättiin kyselytutkimuksen kautta, missä vältettiin avoimia vastauskenttiä. Näin saatuja tuloksia voidaan esittää suoraan mitattavassa muodossa. Kyselylomake laadittiin pitämään vastaajat anonyymina ja lumipallo-otannan kautta tavoittamaan mahdollisimman paljon kyselyn ehtojen täyttäviä henkilöitä. Aiheesta ei ole kovinkaan paljon saatavilla aiempia tutkimuksia, joten tutkimus toimii yleiskatsauksena tutkittavasta ilmiöstä. Tämä tutkimus toimii suuntaa antavana pohjana yksityiskohtaisemmalle tutkimukselle aiheesta. Yksityiskohtaisemmassa tutkimuksessa voisi ottaa huomioon esimerkiksi iän, sekä käytössä olevan auton automaation tason.

Kyselylomake rakentui kahdeksasta kysymyksestä, jotka muotoiltiin mahdollisimman selkeästi, että vastaaja ymmärtäisi kysymyksen ilman erillistä paneutumista aiheeseen. Kysely sisälsi kaksi avointa vastauskenttää ja muutoin koostui valmiista vastausvaihtoehdoista. Valmiit vastausvaihtoehdot koostuivat monivalinta-, vaihtoehto- ja asteikkokysymyksistä. Avoimien vastauskenttien tulokset saatiin numeraaliseen mitattavaan muotoon kategorioinnin kautta.

Kyselyalustana toimi Webropol-palvelu, johon kyselylomake luotiin. Oheinen palvelu valikoitui kyselyalustaksi, sillä se on helppokäyttöinen ja vaatii käyttääkseen vain verkkoseläimen. Lisäksi palvelu tuottaa valmiita tulostaulukoita kerätyistä vastauksista. Valmiin kyselyn jakaminen tapahtui julkisen verkkolinkin välityksellä viestintäsovellus WhatsAppia hyödyntäen. Tämä mahdollisti monipuolisemman kohderyhmän tavoittamisen ja linkin eteenpäin jakamisen.

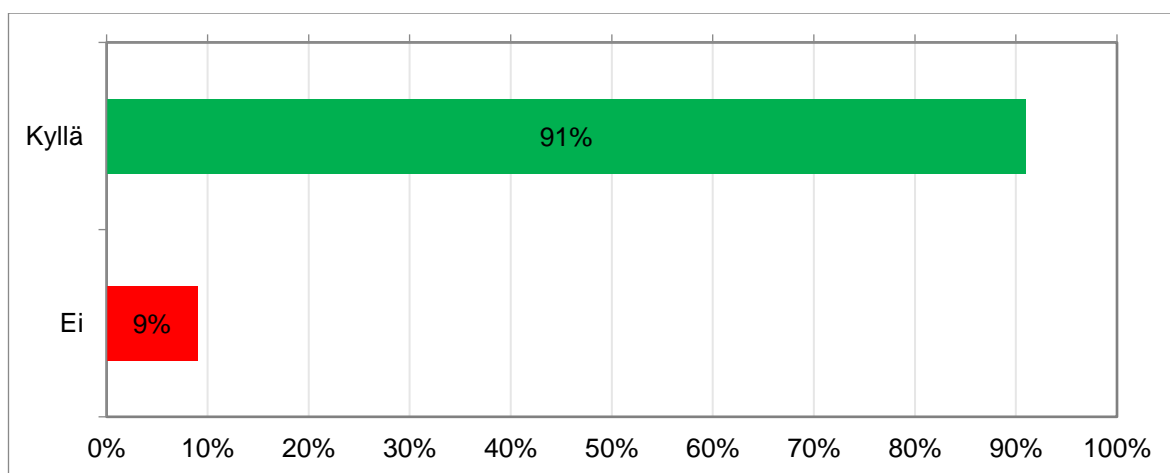
Kysely oli julkisesti avoin eli kuka tahansa pystyi vastaamaan kyselyyn saadessaan jaetun linkin. Tarkoituksena oli tavoittaa niin monta vastaajaa kuin mahdollista aikavälillä, millä kysely oli avoin. Kysely oli avoinna kolme viikkoa 24.3.-14.4.2021. Kyselyn sulkeuduttua tähän ei voinut enää vastata. Kyselytutkimuksen linkkiä jaettiin WhatsApp sovelluksella koko kyselyjakson ajan. Viimeisellä viikolla, kyselylomake jaettiin myös Haaga-Helia ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn opiskelijoille.

5 Tutkimuksen tulokset

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tulokset kysymyksittäin. Kysely rakentui kahdeksasta kysymyksestä, joista kaksi ensimmäistä muodostavat kyselyn taustatiedot. Kyselyyn vastasi 134 henkilöä. Kyselyn avasi kaiken kaikkiaan 261 henkilöä.

5.1 Lähtötiedot

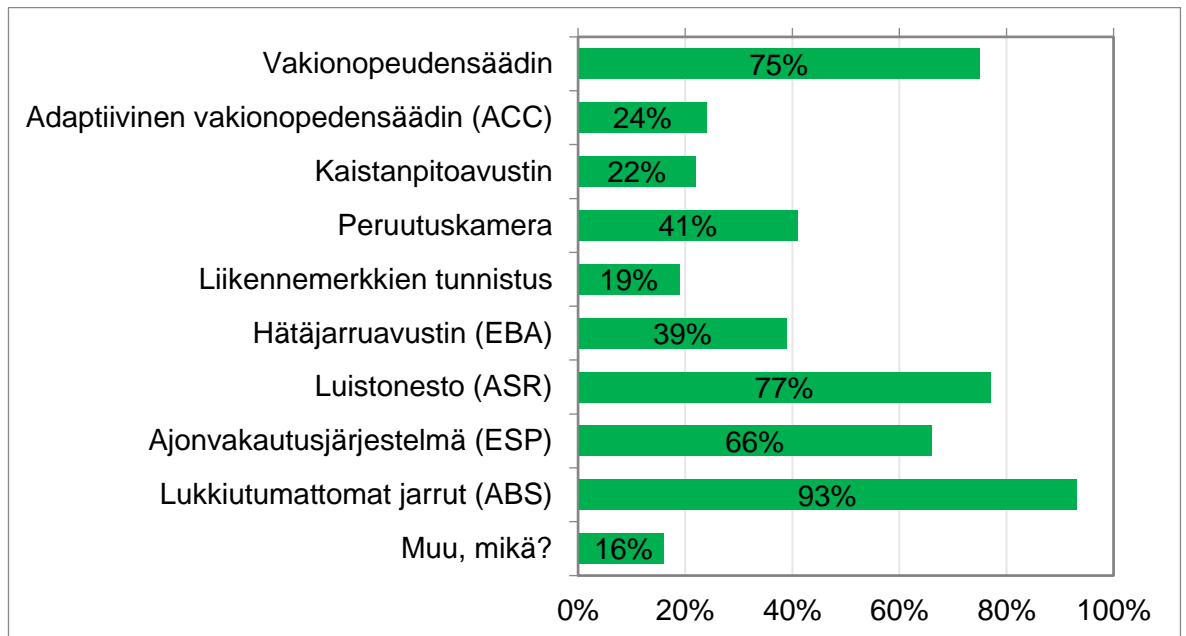
Ensimmäinen kysymys toimi ehtona kyselyyn osallistumiselle, jossa kartoitettiin, onko vastaajalla voimassa olevaa ajokorttia sekä käytettävissä olevaa autoa. Muut kysymykset olivat vastaajalta piilotettuna ennen ensimmäiseen kysymykseen vastaamista. Vastaamalla myöntävästi loput kysymyksistä tulivat vastaajalle näkyviin. Vastaamalla kieltävästi kysely päättyi, sillä ehdot kyselyyn osallistumisesta eivät täytyneet. Kyselyn ehdot täyttäneitä vastaajia oli 122 ja tämä oli 91 % kaikista vastaajista. 12:lla kohderyhmän henkilöllä eli 9 % vastaajista ei ollut ajokorttia tai käytettävissä olevaa autoa.



Kuvio 1. Jakauma vastaajista kuinka monella on ajokortti ja käytettävissä oleva auto (n = 134)

Toisessa kysymyksessä kartoitettiin, mitä varusteita vastaajan käytettävissä olevaan autoon sisältyy. Jos mainittu varuste ei sisällynyt listaan, vastaaja pystyi lisäämään tämän kohtaan ”Muu, mikä?”. Monivalintakysymyksessä yksi vastaaja valitsi keskimäärin 4,7 kohtaa. Kaikkien kyselyn ehdot täyttäneiden vastaajien kesken (122 henkilöä) monivalintoja kertyi yhteensä 576 kappaletta. Valtaosa vastaajista valitsi lukkiutumattomat jarrut lukumäärällä 114 muodostaen 93 % osuuden, luistonesto 94 valinnalla muodostaen 77 %, vakionopeudensäädin 92 valinnalla muodostaen 75 % osuuden ja ajonvakautusjärjestelmä 80 valinnalla muodostaen 66 % osuuden. Loput vastausvaihtoehdot jäivät alle 50 % lukemiin järjestyksessä peruutuskamera 50 valinnalla muodostaen 41 % osuuden, hätäjarruavustin 48 valinnalla muodostaen 39 % osuuden, adaptiivinen vakionopeudensäädin

29 valinnalla muodostaen 24 % osuuden, kaistanpitoavustin 27 valinnalla muodostaen 22 % osuuden, liikennemerkkien tunnistus 23 valinnalla muodostaen 19 % osuuden ja muu, mikä valintamäärällä 19 muodostaen 16 % osuuden. ”Muu, mikä?” avoimen kentän vastustulokset kategorisoitiin seuraavasti: peruutustutka kymmenen kappaletta, ei kategorisoitavissa neljä kappaletta, automaattivalot kolme kappaletta, jalankulkijan hätätunnistus yksi kappale, kaistanvaihtoavustin yksi kappale ja kuolleenkulman tunnistin yksi kappale.



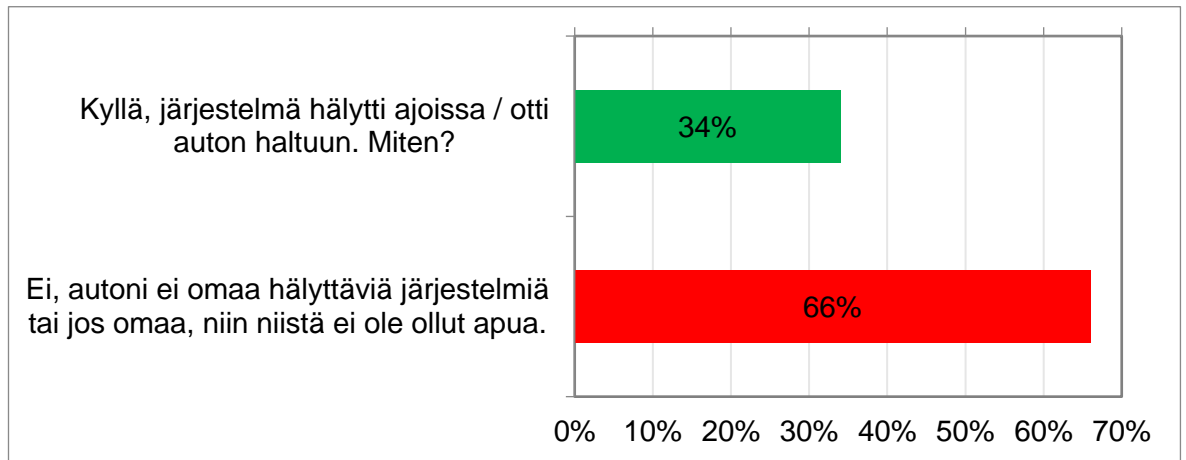
Kuvio 2. Jakauma varusteista, joita vastaajan käyttämä auto sisältää (n = 122).

5.2 Auton varusteiden hyödyntäminen ja luotettavuus

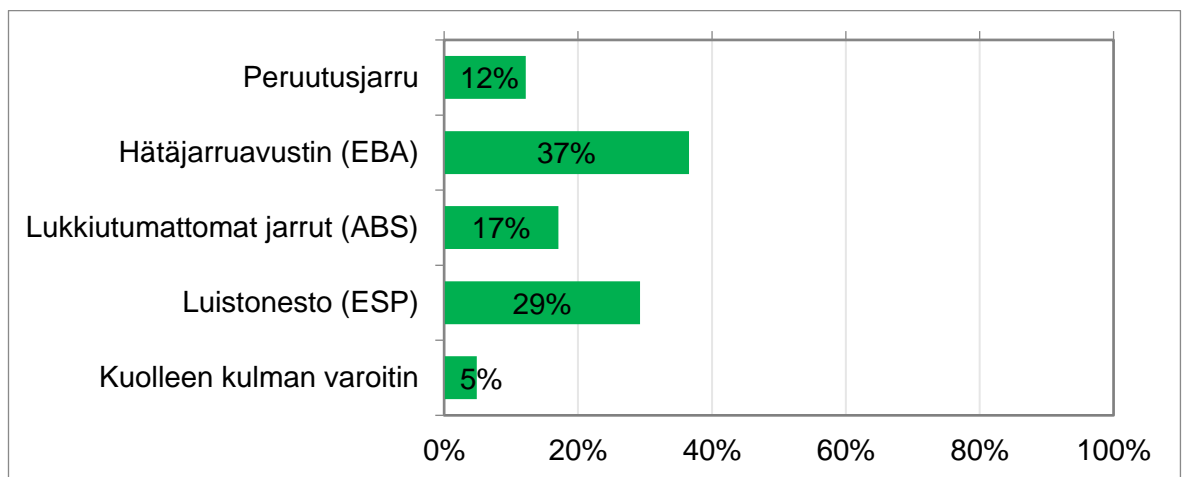
Kolmannessa kysymyksessä kysyttiin kuinka paljon vastaaja hyödyntää omasta mielestään aiemmin valitsemiaan varusteita. Vastausasteikko oli 0–10. Pienin arvo eli nolla edustaa varusteita, jotka ovat käyttäjälle hyödyttömiä. Suurin arvo eli kymmenen puolestaan edustaa käyttäjille erittäin hyödyllisiä varusteita, jotka ovat suuressa käytössä. Keskiarvo vastausten välillä oli seitsemän.

Neljännessä kysymyksessä kartoitettiin kuinka paljon vastaaja luottaa auton avustaviin järjestelmiin. Vastausasteikko oli 0–10. Pienin vastausarvo eli nolla edusti, ettei kuljettaja luota lainkaan avustaviin järjestelmiin ja mieluiten kytkee järjestelmät pois päältä. Suurin vastausarvo eli kymmenen edusti, että kuljettaja luottaa varusteisiin erittäin paljon, vertauskuvallisesti jopa henkensä. Keskiarvo vastausten välillä oli kuusi. Eniten valintoja sai vastusarvo seitsemän sekä keskihajontana oli kolme.

Viidennessä kysymyksessä selvitettiin ovatko auton avustavat järjestelmät paikanneet ajamista poikkeustilanteissa. Kysymykseen myöntävästi vastasivat 41 henkilöä eli 34 % ja kielteisesti 81 henkilöä eli 66 %.

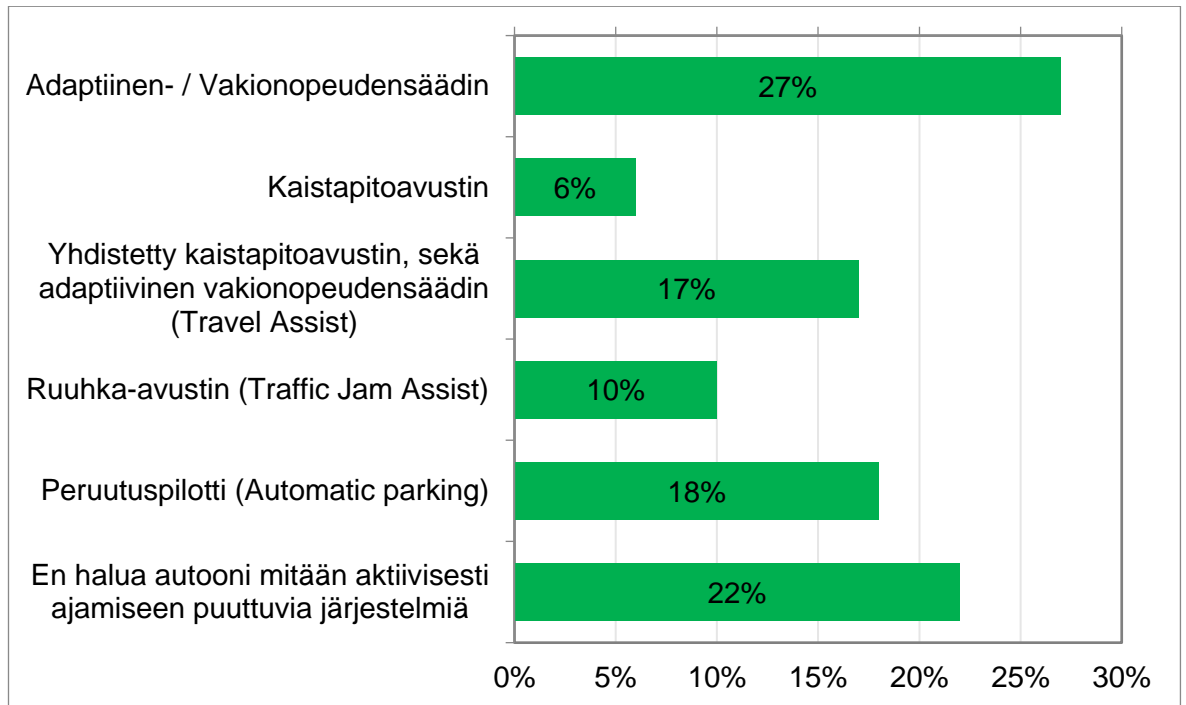


Kuvio 3. Jakauma auton järjestelmien hälyttämisestä ja puuttumisesta ajamiseen (n = 122).



Kuvio 4. Jakauma varusteista, jotka ovat paikanneet ajamista poikkeustilanteissa (n = 41).

Kuudennessa kysymyksessä selvitettiin, minkä autoa aktiivisesti ohjaavista varusteista vastaaja haluaisi mieluiten autoonsa. Suurimman valintamäärän sai adaptiivinen-/ vakionopeudensäädin 33 valinnalla muodostaen 27 % osuuden. Toiseksi suurin valintamäärä oli vaihtoehdolle, että vastaaja ei halua mitään aktiivisesti ajamiseen puuttuvista varusteista, joka sai 27 valintaa muodostaen 22 % osuuden. Peruutuspilotti sai 22 valintaa muodostaen 18 % osuuden, yhdistetty kaistanpitoavustin, sekä adaptiivinen vakionopeudensäädin sai 21 valintaa muodostaen 17 % osuuden, ruuhka-avustin 12 valintaa muodostaen 10 % osuuden ja viimeisenä kaistanpitoavustin 7 valinnalla muodostaen 6 % osuuden.

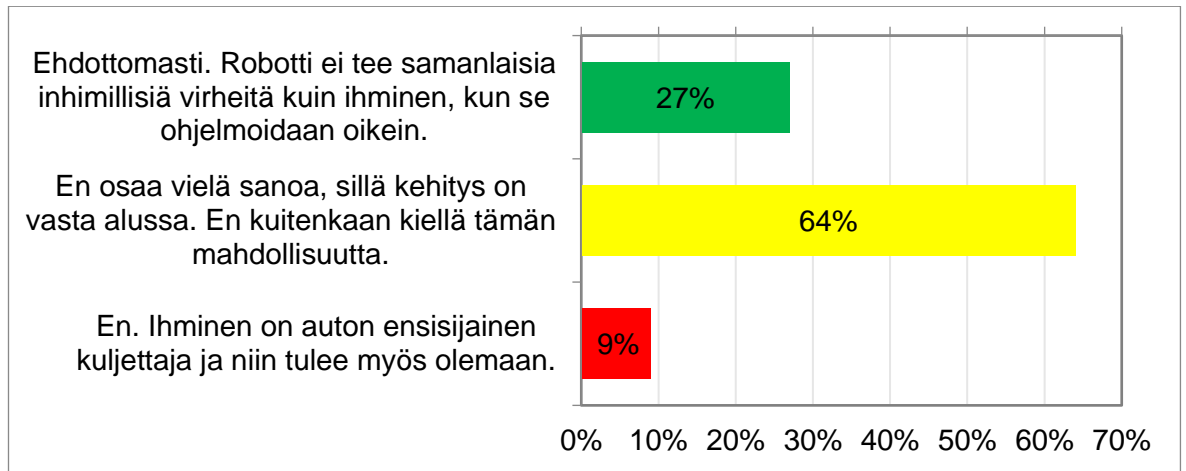


Kuvio 5. Jakauma eniten toivotusta varusteesta vastaajan käyttämään autoon (n = 122).

5.3 Tulevaisuuden näkymät

Seitsemännessä kysymyksessä selvitettiin, onko vastaaja halukas hankkimaan itselleen täysin itseajavan robottiauton, kun nämä tulevat markkinoille. Vastausasteikko oli 0–10. Pienin vastausarvo eli nolla edusti, ettei käyttäjä välitä itseajavista autoista lainkaan, eikä tule sellaista hankkimaan. Suurin arvo eli kymmenen edusti, että käyttäjä on erittäin kiinnostunut hankkimaan itselleen itseajavan robottiauton, vertauskuvallisesti olisi ensimmäisten joukossa autokaupoilla. Kaikkien vastausten kesken keskiarvo oli neljä. Suurimman vastaajamäärän sai asteikosta neljä. Keskihajonta vastauksilla oli kolme.

Kahdeksannessa ja tämän kyselyn viimeisessä kysymyksessä selvitettiin vastaajien mielihoidettua, saadaanko robottikuljettajasta ihmiskuljettajaa turvallisempi ajaja. Suurimman vastausmäärän sai neutraali vaihtoehto eli vastaaja ei osaa vielä sanoa, mutta ei kiellä tämän mahdollisuutta 78 valinnalla muodostaen 64 % osuuden. Toiseksi eniten 33 valinnalla muodostaen 27 % osuuden sai myönteinen vastaus, että robottikuljettaja tulee olemaan ihmiskuljettajaa ehdottomasti turvallisempi ajaja. Vähiten valintoja sai kielteinen vaihtoehto 11 valinnalla, että ihminen tulee aina olemaan ensisijainen kuljettaja autossa muodostaen 9 % osuuden.



Kuvio 6. Tulevaisuuden näkymät robotti- ja ihmiskuljettajan välillä (n = 122).

6 Pohdinta

Tavoite tutkimusaineiston koolle oli suunnitelman mukaisesti vähintään 25 vastaajaa ja toivottu koko 50 vastaajaa. Kyselylomaketta jaettiin lähipiirintoimesta tuttaville ja kysely oli myös avoinna Haaga-Helia ammattikorkeakoulun tietojenkäsittelyn opiskelijoille. Vastauksia kyselyajanjaksolta kertyi yhteensä 134, mikä ylitti tavoitteen huomattavasti. Vastaajista 122 henkilöä täyttivät tutkimusehdot vastaamiselle. Tässä luvussa esitellään tutkimustuloksista tehtyjä johtopäätöksiä, pohditaan tutkimuksen luotettavuutta sekä kehittämissuhteita. Luvun lopusta löytyy myös pohdintaa opinnäytetyöprosessista sekä oman oppimisen arviointi.

6.1 Johtopäätökset

Kysymyksessä kaksi selvitettiin mitä varusteita vastaajien käyttämät autot sisältävät. Tuloksista nähdään, että lakisääteiset varusteet, lukkiutumattomat jarrut sekä ajonvakautusjärjestelmä sisältyvät valtaosaan autoista. Autoissa kolme yleisintä varustetta olivat lukkiutumattomat jarrut, luistonesto sekä vakionopeudensäädin. Merkittävän lukeman sai myös ajonvakautusjärjestelmä. Tutkimustulokset tukevat autoalan tiedotuskeskuksen arviota, että Suomen liikenteessä kulkevan auton ikä on keskimäärin 12,2 vuotta, sillä oheiset varusteet olivat joko lakisääteisesti pakollisia tai sen hetkistä uusinta teknologiaa. (Autoalan tiedotuskeskus s.a). Tutkimustulosten perusteella valtaosalla kuljettajista ei ole kokemusta nykypäivän uusista aktiivisesti ajamista tukevista järjestelmistä kuten kaistanpitoavustimesta sekä adaptiivinen vakionopeudensäätimestä.

Kysymyksessä kolme selvitettiin kuinka paljon vastaaja omasta mielestä hyödyntää auton avustavia järjestelmiä. Esimerkkijärjestelmiä voivat olla aktiivisesti ohjaavat varusteet kuten kaistanpitoavustin, varoittavat varusteet kuten hätäjarruavustin sekä informoivat varusteet kuten liikennemerkkientunnistus. Keskiarvo vastausten kesken oli neutraalia ylemmänä lukuarvolla seitsemän, eli kuljettajat hyödyntävät suhteellisen aktiivisesti ajamista tukevia järjestelmiä. Tästä voidaan tehdä huomio, että varusteet mitä vastaajan auto sisältää koetaan hyödyllisinä.

Verratessa yllä olevaa tulosta seitsemänteen kysymykseen, jossa tiedusteltiin vastaajan halukkuutta hankkia täysin itseajava robottiauto, saadaan mielenkiintoinen huomio. Aktiivisesti ajamiseen puuttuvat varusteet koetaan enemmän kielteisenä ja niihin suhtaudutaan varautuneemmin kuin ajamista tukeviin varusteisiin. Tehtyä huomiota tukee myös vastaajien toiseksi eniten ääniä saanut valinta kysymyksessä kuusi, ettei vastaaja halua mitään

aktiivisesti ajoon puuttuvaa varustetta. Tällä hetkellä kuljettajat pitävät hyödyllisenä varoitavia, sekä ajamista helpottavia varusteita, mutta vierastavat aktiivisesti ajamiseen puuttuvia varusteita.

Neljännessä kysymyksessä kysyttiin vastaajilta, kuinka paljon he luottavat auton avustavien varusteiden varaan. Tutkimustuloksista voidaan päätellä, että luottamuksen taso on melko neutraalia, sillä keskiarvo vastauksien kesken oli kuusi. Ihminen on auton pääasiallinen kuljettaja vielä, mikä näkyy myös tutkimustuloksista. Täyttä luottoa varusteisiin ei ole, mutta hieman neutraalia korkeampi keskiarvo kertoo, että kuljettajat suhtautuvat avoimin mielin auton varusteiden helpottavaan ajamiseen. Saatu tulos korreloi kolmannessa kysymyksessä selvitetyn käyttöasteen kanssa. Kuljettajat hyödyntävät suhteellisen paljon saatavilla olevia ajamista tukevia varusteita, mutta ovat varautuneita ja valmiita puuttumaan järjestelmien toimintaan. Eli teknologian taso ei ole vielä niin vakuuttavalla tasolla, että kuljettaja voisi huoletta ottaa huomion pois ajamisesta.

Kysymyksessä viisi selvitettiin ovatko avustavat järjestelmät paikanneet merkittävästi ajamista jopa niin, että onnettomuudelta vältyttiin. Vastaajista kaksi kolmasosaa eli 81 henkilöä vastasi kysymykseen kielteisesti, ettei auton järjestelmät ole puuttuneet ajamiseen. Tämä luku voi kertoa, että vastaajien ajotaito on todella hyvällä tasolla tai käytössä oleva auto ei sisällä aktiivisesti ajoon puuttuvia tai hälyttäviä järjestelmiä. Tulokseen voi myös vaikuttaa, että vastaavanlaisia tilanteita ei ole kuljettajalle sattunut. Vastaajista kolmasosa eli 41 henkilöä vastasi myöntävästi, mikä on merkittävä luku otoskoko huomioon ottaen. Suurimmat osuudet tuloksista saivat: Häätäjarruavustin 37 % osuudella estäen peräänajon, sekä ajonvakautusjärjestelmä 29 % osuudella estämällä suistumisen tieltä. Peruutusjarru, kuolleen kulman varoitin sekä lukkiutumattomat jarrut muodostivat lopun osuudesta. Ilman avustavia järjestelmiä vastaajista 41 olisi osallistunut liikenneonnettomuuteen ilman ajamista tukevia järjestelmiä. Tämä saatu tutkimustulos tukee päätöstä liikennelainsäädännöstä, että osa kehitetyistä varusteista on katsottu liikenneturvallisuutta huomattavasti parantaviksi ja tästä syystä lakisääteisesti pakollisiksi uusiin valmistettuihin autoihin.

Kysymyksessä kuusi selvitettiin minkä aktiivisesti ohjaavan varusteen vastaaja haluaisi autoonsa eniten. Adaptiivinen- / vakionopeudensäädin sai eniten valintoja muodostaen 27 % osuuden kaikkien varusteiden kesken. Yllättävä tulos oli toiseksi eniten valintoja saanut vaihtoehto, että kuljettaja ei halua aktiivisesti ajamiseen puuttuvia varusteita muodostaen 22 % osuuden. Syitä tähän tulokseen voi olla kokemuksen puute kyseisistä varusteista tai auton ulkonäkövarusteiden suurempi kiinnostavuus. Suomen autokannan keski-ikä liikenteessä kulkevalle autolle on 12,2 vuotta (Autoalan tiedotuskeskus s.a). Tähän tutkimustulos on yhdistettävissä, sillä vakionopeudensäädin oli suosituin uutuusvaruste tuolloin

myös halvempiin autoihin. Muut kysymyksessä esitetyt varusteet yleistyivät vasta hiljattain perus käyttöautoihin.

Seitsemännessä kysymyksessä selvitettiin tulevaisuuden näkymiä, kuinka innokkaita kuljettajat ovat hankkimaan itselleen täysin itsestään ajavan auton näiden tullessa markkinoille. Kysymys sai keskiarvoksi neljä, eli hieman neutraalia kielteisempi, mikä viittaa varautuneisuuteen teknologiaa kohtaan. Keskiarvoa alhaisempi lukema voi kertoa, että itseajavien autojen teknologiasta tiedetään yleisesti suhteellisen vähän. Tulokseen voi vaikuttaa myös keskiarvollisesti iäkkäät autot liikenteessä, joissa saattaa olla enintään ensimmäisen tason automaatiota. Varhaisimmat automatisoituja ajamista tukevat varusteet ovat nykytasoon verrattuna kömpelöitä ja ne ovat hyvin rajoittuneita ympäristön infrastruktuuriin toimiakseen halutulla tavalla. Tästä syystä vastaaviin varusteisiin suhtaudutaan kriittisesti. Automatisaatiota mahdollistavat varusteet koetaan turhina, eikä niiden toimintaan luoteta tarpeeksi. Tuloksiin vaikuttava tekijä voi olla myös Suomen lainsäädäntö, mikä kieltää täysin automatisoidut autot tieliikenteessä. Ennen kuin lainsäädäntö muuttuu sekä tieliikenneinfrastruktuuri mahdollistaa luotettavan toiminnan itseajaville autoille, autoilijakansa ei ole vielä valmis täysin automatisoituun ajamiseen.

Viimeisessä kysymyksessä selvitettiin vastaajien mielipidettä, tuleeko robottikuljettaja olemaan ihmiskuljettajaa turvallisempi ajaja. Eniten vastauksia sai neutraali valinta, että on vaikea sanoa, mutta tämän mahdollisuutta ei kielletä. Tämä oli odotettu tulos, sillä robottiauton toiminta osana arkipäivän liikennettä on vasta alkutaipaleella, ja näitä on esiintynyt vain tilapäisinä kokeilujaksoina hyvin rajatuilla alueilla. Ilman kattavaa tietoperustaa ja taidonnäytettä vastaajien on vaikea antaa näkemystään. Toiseksi eniten ääniä sai positiivinen valinta, että robottikuljettaja tulee olemaan ihmistä turvallisempi kuljettaja. Kysymys mittasi pitkälti mielipidettä, eikä kysymykselle ollut asetettu aikarajaa, milloin tämän tulisi tapahtua. Viime vuosikymmenien yleinen teknologinen kehitys on todennäköisesti juurtunut ihmisten mieleen siten, että teknologialla voi saavuttaa uskomattomia asioita. Kielteisenä kysymyksen koki vain 9 %, ettei tätä tule tapahtumaan. Johtopäätöksenä voidaan näin ollen sanoa, että suhtautuminen on neutraalia ylempänä. Robottikuljettaja ei tee samanlaisia inhimillisiä virheitä kuin ihminen.

Tutkimuksesta selvisi, että kuljettajat käyttävät autojen varusteita aktiivisesti, mutta suhtautuvat niiden toimivuuteen varautuneesti. Eteenkin uudet varusteet, jotka ohjaavat autoa aktiivisesti, eivät saaneet kuljettajien suosiota. Syitä tähän voi olla, että auton teknologiasta tiedetään yleisesti vähän, eikä kuljettajilla ole kokemusta vastaavista uusista varusteista. Täysin itseohjaaviin autoihin suhtaudutaan avoimin mielin, mutta niiden käyttöönotto nähdään vielä kaukaisena.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Luotettavuutta tarkastellaan kahden pääkäsitteen avulla, jotka ovat validiteetti ja reliabiliteetti. Validiteetti tarkastelee, että tutkimuksella tutkitaan oikeita asioita ja reliabiliteetti puolestaan pysyvyyttä eli jos tutkimus toistetaan, saataisiin samat tulokset. Molempien luotettavuuskäsityksien tulee olla samalla tasolla. Huomioitavaa kuitenkin on, että toistettaessa testi voidaan saada samankaltaisia tuloksia, mutta tulokset ovat toisistaan poikkeavia. Tästä syystä validiteetin toteutuminen on edellytys reliaabeleille tuloksille. (Kananen 2015, 342–344.)

Validiteetti jaetaan ulkoiseen ja sisäiseen validiteettiin. Sisäinen validiteetti tarkoittaa oikeaa syy-seuraussuhdetta eli onko X Y:n syy. Tutkimuksen kannalta tutkijan pitää pystyä näyttämään esittämänsä väitteet oikeiksi ja perustelemaan ratkaisunsa. Esimerkkinä tämän tutkimuksen kannalta on, että vaikuttavatko auton kehittyneet varusteet auton luotettavuuteen. Ulkoinen validiteetti tarkoittaa kuinka hyvin saadut tutkimustulokset pitävät paikkaansa yleistettäessä. Edustaako tutkimukseen valittu otos onnistuneesti koko populaatiota eli kohderyhmää? Kuinka hyvin tähän tutkimukseen osallistuneet henkilöt edustavat koko Suomen autoilijakansaa? (Kananen 2015, 347.)

Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksessa sitä, että jos tutkimus toistettaisiin, saataisiin samat tutkimustulokset kuin aiemmin. Käytännössä tämä on mahdotonta, sillä tutkimuksen toistamisessa esiintyy aina virhemarginaalia, jota ei tunneta. Virhemarginaalin esiintyminen esimerkkitilanteessa: Henkilö vastasi tutkimuskyselyyn liikenneonnettomuuden jälkeen, mikä vaikuttaa henkilön mielipiteeseen auton luotettavuudesta. Myöhemmin kun testi toistetaan, auton järjestelmä onkin pelastanut henkilön liikenneonnettomuudelta, mikä tällä kertaa nostaa luotettavuuden tunnetta. Reliabiliteettia tästä syystä mitataan samankaltaisten tulosten kannalta, ei identtisten, missä virhemarginaali olisi mahdollisimman pieni. Tämän tutkimuksen reliabiliteettia voitaisiin vahvistaa toistamalla tutkimus uudelleen samoja jakelukanavia käyttäen. Reliabiliteettia ei voida numeraalisesti perustella, mutta sitä tulee arvioida. (Kananen 2015, 349.)

Tutkimuksen sisäinen validiteetti on: Lisäävätkö auton avustavat järjestelmät kuljettajalle lisääntyntä turvallisuuden tunnetta eri ajotilanteissa? Tutkimustulosten perusteella varusteiden aktiivinen käyttöaste kulkee lähes samalla tasolla luotettavuuden kokemuksen kanssa. Tutkimuksen mittaustaulukko oli 1–10. Vastausarvo yksi edusti, että kuljettaja kokee varusteet hyödyttöminä ja vastausarvo kymmenen edusti, että kuljettaja hyödyntää varusteita aina kun mahdollista. Keskiarvolta vastaajat hyödyntävät varusteita lukemalla seitsemän ja kokevat varusteiden luotettavuuden lukemalla kuusi.

Tutkimuksen ulkoinen validiteetti arvioi, kuinka hyvin tavoitettu kohderyhmä edustaa koko Suomen autoilijakansaa. Vaikuttavia tekijöitä ulkoiseen validiteettiin tässä tutkimuksessa ovat otoskoko sekä jakelukanavat. Otoskoko on huomattavasti alkuperäistä vähimmäisvaatimusta sekä toivottua otoskokoa suurempi. Käytettyjen jakelukanavien kautta oletettavasti tavoitettiin suurimmaksi osaksi 18–25-vuotiaita.

Tutkimuksen reliabiliteetti arvioi tutkimustulosten vakinaisuutta. Tutkimuksen kannalta virhemarginaalia on vaikea arvioida, mutta se tulee ottaa huomioon. Virhemarginaali saataisiin selville toistamalla tutkimus ja vertaamalla näitä tuloksia aiemmin saatuihin tuloksiin. Mahdollisia eroja tutkimustulosten välillä voisi aiheutua tutkimusten välisenä aikana tapahtuneista liikennekokemuksista. Esimerkiksi, jos vastaaja olisi ollut liikenneonnettomuudessa juuri ennen kyselyyn vastaamista, tämä todennäköisesti vaikuttaisi annettuihin vastauksiin. Jälkeenpäin toistettaessa kysely saman vastaajan auton järjestelmät pelastivatkin onnettomuudelta, mikä puolestaan vaikuttaisi vastaajan antamaan huomattavasti positiivisemmän arvion verrattuna aiempaan vastaukseen. Todennäköisyys edelliseen esimerkkiin on kuitenkin hyvin pieni, mutta reliabiliteetin kannalta tämä tulee ottaa huomioon. Käytännöllisempiä virhemarginaaliin vaikuttavia tekijöitä olisi vastaajan auton vaihtaminen eritasoiseen autoon kyselyn toistamisen välillä.

Kysely tulisi toistaa samanlaisissa vallitsevissa olosuhteissa kuin edeltävänä kertana, jotta reliabiliteetin toteutuminen voidaan vahvistaa.

6.3 Kehittämisehdotukset

Tutkimuksessa ei otettu huomioon vastaajan ikää, mikä saattaa vaikuttaa tutkimustuloksiin. Nuori sukupolvi, eli 18–25-vuotiaat, on kasvanut teknologian ympäröimänä eivätkä välttämättä suhtaudu auton avustaviin järjestelmiin yhtä varautuneesti kuin iäkkäämmät ikäryhmät. Kyselytutkimus olisi voinut mitata luottamusta ikäryhmittäin, esiintyykö huomattavia eroja näiden välillä.

Haasteena esiintyi tehdä tutkittavasta ilmiöstä sellainen kyselylomake, johon vastaaja pysyy antamaan oman näkemyksensä ilman, että aiheesta sen enempää tietää tai ilman ennakkokokemuksia. Kyselylomakkeesta jätettiin tarkoituksella pois SAE J3016 luokitustaulukko automatisoidun ajamisen eri tasoista, sillä tämä olisi vaatinut vastaajalle ensin perehtymisen taulukkoon, jotta hän saisi selville käyttämänsä auton luokituksen. Kyseisen luokitustaulukon sisällyttäminen antaisi yleiskuvan siitä, onko auton luokituksella vaikutusta luotettavuuden tunteen kanssa.

Tämän opinnäytetyön tutkimusta voi jatkokehittää yksityiskohtaisemman tutkimuksen toteuttamiseen, kuten myös käyttää suuntaa antavana yleiskatsauksena muiden tutkimusten ohella. Aiheen ollessa tällä hetkellä hyvin uusi, kannattaa suhtautua tehtyyn tutkimukseen tietynlaisella kriittisyydellä, sillä tämän hetken saatavilla oleva teknologia tulee yleistyään liikenteessä vasta vuosien päästä, jolloin vastaavanlaisen tutkimuksen toistaminen voi antaa hyvinkin erilaisia tuloksia. Tästä syystä suoritettu tutkimus soveltuu pääasiassa tilannekatsaukseksi nykyhetkestä, jota voidaan verrata ja käyttää pohjana myöhemmin suoritettaviin tutkimuksiin aiheesta.

6.4 Opinnäytetyöprosessin ja oman oppimisen arviointi

Opinnäytetyön toteuttaminen suunnitteluvaiheesta toteutuneeksi työksi oli osittain haasteellista. Työlläni ei ollut toimeksiantajaa, joten aihe oli vapaavalintainen. Halusin itselleni mielenkiintoisen ja ajankohtaisen aiheen. Aiheen keksiminen ja rajaaminen sujui ongelmitta, mutta jännitin saanko tähän luvan ohjaajani puolesta. Tietojenkäsittelyn opiskelijana työssäni tuli saada IT-näkökulma esille. Tämä tuotiin esille työni teoriaosuudessa teknologian toimintatapaan syventymällä. Aihe oli omaa mielenkiintoa ruokkiva, joten motivaatio työhön säilyi pitkään, vaikka osittain hiipui loppua kohden. Valmistunut työni on tähän mennessä suurin projektini, jossa mielestäni onnistuin hyvin ottaen huomioon, että valitsemastani aiheesta on hyvin niukasti saatavilla olevaa tietoa sekä tehtyjä tutkimuksia.

Opinnäytetyö pysyi puoleenväliin asti aikataulussa, mutta myöhästyi loppua kohden. Olin asettanut liian tiukan aikataulun kyselylomakkeen laatimiseen, jonka seurauksena tämä myöhästyi. Tämä siirsi koko työn valmistumista merkittävästi. Oppimisen kannalta huolellisen aikataulutuksen suunnittelu on erittäin tärkeä osa tutkimustyötä. Jokaiselle vaiheelle tulisi antaa tarpeeksi aikaa ja ottaa huomioon mahdolliset riskit, jotka saattavat vaikuttaa työhön.

Teoriaosuuden laatiminen oli haastavaa ja erittäin työlästä. Valitsemastani aiheesta ei ole paljon saatavilla olevaa tietoa tai tehtyjä tutkimuksia. Luotettavien lähteiden löytämisessä kului runsaasti aikaa sekä usein lähteet olivat niukkatietoisia. Kirjallisuutta aiheesta löytyi pari kappaletta, mikä tuki lähteiden monipuolisuutta. Tämä haaste ei kuitenkaan estänyt tutkimustyön toteuttamista. Teoriaosuudesta opin lähteiden merkityksen tutkimustyössä sekä kriittisyyden kerätyssä tiedossa. Yleisesti tiedonhankintataitoni kehittyivät huomattavasti.

Kyselylomakkeen laatimisessa esiintyneistä haasteista huolimatta empiirisen osuuden toteutus sujui kiitettävästi. Tutkimustulosten esittelystä opin kirjallisen raportoinnin sekä graafisen ilmaisun. Pohdintaosuudessa esitin tutkimustuloksista tehtyjä johtopäätöksiä

selkeästi perustellen sekä kriittisyys huomioiden. Empiirinen osuus edustaa mielestäni hyvin tutkimuksen tarkoitusta eli tilannekatsausta nykyhetkeen. Opin paljon, mitkä ovat luotettavan tutkimuksen edellytyksiä ja kuinka nämä saavutetaan.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöprosessi oli haastava, mutta kehittävä ja mielekäs kokemus. Se opetti käyttämään uusia työkaluja, kehitti tiedonetsintätaitoja sekä projektitaitoja suunnitteluvaiheesta valmiin työn toteuttamiseen. Lisäksi koen kehittyneeni kirjoittajana osaten luoda aihekokonaisuuden sisältävän työn. Opinnäytetyöprosessi oli palkitseva kokemus, josta olen ylpeä.

Lähteet

Ahtiainen, L. 11.7.2018. Bosch ja Daimler: autonominen ajaminen vaatii kuuden tietokoneen laskentatehon. Luettavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/bosch-ja-daimler-autonominen-ajaminen-vaatii-kuuden-tietokoneen-laskentatehon/>. Luettu: 30.3.2021.

Ajovalo s.a. Missä automalleissa eri varusteet on esitelty ensimmäisenä. Luettavissa: <http://www.ajovallo.net/Varusteet.htm>. Luettu: 5.4.2021.

Autoalan tiedotuskeskus s.a. Autojen keskimääräiset hinnat Suomessa. Luettavissa: https://www.aut.fi/etusivu_vanha/tilastot/verotus_ja_hintakehitys/autojen_keskihintatilastoja. Luettu: 9.3.2021.

Autodoc 9.9.2020. Lukkiutumaton jarrujärjestelmä: Miten ABS-jarrut toimivat. Luettavissa: <https://club.autodoc.fi/magazin/lukkiutumaton-jarrujarjestelma-miten-abs-jarrut-toimivat>. Luettu: 3.3.2021.

Autotuoajat ja -teollisuus s.a. Teknologiset muutokset. Luettavissa: https://www.autotuoajat.fi/autoalan_toimintaymparisto/teknologiset_muutokset. Luettu: 10.3.2021.

Caat s.a. Connected and Automated Vehicles. Luettavissa: http://autocaat.org/Technologies/Automated_and_Connected_Vehicles/. Luettu: 10.3.2021.

Callahan, M. 8.8.2017. Which programming language is used in the computer of a car? Luettavissa: <https://seesharpdotnet.wordpress.com/2017/08/08/which-programming-language-is-used-in-the-computer-of-a-car/>. Luettu: 16.3.2021.

Car Rental Gateway s.a. Electronic control unit (ECU). Luettavissa: <https://www.carrental-gateway.com/glossary/electronic-control-unit/>. Luettu: 16.3.2021.

CarsDirect 5.4.2012. How to Tell If You Have a Faulty ECU. Luettavissa: <https://www.carsdirect.com/car-repair/how-to-tell-if-you-have-a-faulty-ecu>. Luettu: 17.3.2021

ETN 11.2.2021. Äänimaailma vaikuttaa paljon robottiauton luotettavuuteen. Luettavissa: <https://etn.fi/index.php/13-news/11750-aanimaailma-vaikuttaa-paljon-robottiauton-luotettavuuteen>. Luettu: 23.3.2021

Euroopan parlamentti 14.1.2019. Itseohjautuvat autot pian todellisuutta EU:ssa 2019. Luettavissa: [europa.eu/news/fi/headlines/economy/20190110STO23102/itseohjautuvat-autot-pian-todellisuutta-eu-ssa](https://europa.eu/european-council/story/20190110STO23102/itseohjautuvat-autot-pian-todellisuutta-eu-ssa). Luettu: 2.3.2021.

Futurez 2021. Moottorin optimoinnin ABC. Luettavissa: <https://www.ecuhelsinki.fi/tarkempaa-tietoa>. Luettu: 17.3.2021.

Helsingin Kaupunki 24.5.2019. Robottibussi R26 suhaa Redin ja Isoisänsillan väliä toukokuusta marraskuuhun. Luettavissa: <https://www.hel.fi/uutiset/fi/helsinki/robottibussi-r26-kalasadama>. Luettu: 31.3.2021.

Innamaa, S., Kanner, H., Rämä, P. & Virtanen, A. 2015. Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Luettavissa: https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1461576365/fdb4c6b311fb1da01cf40bdf8fd33b5c/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaattiajaminen.pdf. Luettu: 17.2.2021.

Isa s.a. What is Automation? Luettavissa: <https://www.isa.org/about-isa/what-is-automation>. Luettu: 14.9.2021.

Juhala, M 2009. Autojen anturit. 1. suomenkielinen käännös. Autoalan koulutuskeskus. Helsinki.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas, Näin kirjoitat opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Suomen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print. Jyväskylä.

Karkimo, A. 19.5.2021. Teslan autopilotti jälleen mukana kahdessa kolarissa – kuski nukkui 130 km/h vauhdissa. Luettavissa: <https://www.mikrobitti.fi/uutiset/teslan-autopilotti-jalleen-mukana-kahdessa-kolarissa-kuski-nukkui-130-km-h-vauhdissa/dfed9c2-421c-47b9-8cc6-0d7eb9f137e2>. Luettu: 25.5.2021.

Kingston, L. 27.3.2018. What is an Electronic Control Unit? PH Explains. Luettavissa: <https://www.pistonheads.com/news/ph-features/what-is-an-electronic-control-unit-ph-explains/37771>. Luettu: 16.3.2021.

Kokkonen, E. 9.2.2021. Volkswagen ID.3: vikavaloja taulussa tiuhaan tahtiin. Luettavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/volkswagen-id-3-vikavaloja-taulussa-tiuhaan-tahtiin/>. Luettu: 17.3.2021.

Kokkonen, E. 7.11.2020. Niin mikä oli: mitä eri autonomisen ajamisen tasot tarkoittavat, ja missä nyt mennään? Luettavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/niin-mika-oli-mita-eri-autonomisen-ajamisen-tasot-tarkoittavat-ja-missa-nyt-mennaan/>. Luettu: 16.2.2021.

Labrie, M. 17.12.2019. NVIDIA Introduces DRIVE AGX Orin — Advanced, Software-Defined Platform for Autonomous Machines. Luettavissa: <https://nvidianews.nvidia.com/news/nvidia-introduces-drive-agx-orin-advanced-software-defined-platform-for-autonomous-machines>. Luettu: 30.3.2021.

Lapintie, L. 1.3.2016. Robottiauto törmäsi bussiin - Google myöntää virheen. Luettavissa: <https://www.iltalehti.fi/digi/a/2016030121198099>. Luettu: 3.3.2021.

Lappalainen, K. 28.3.2018. Tiedätkö mitä autoa ohjattiin ensimmäisenä ratilla? Entä kuka kehitti ohjaustehostimen? Luettavissa: <https://www.wheels.fi/tiedatko-mita-autoa-ohjattiin-ensimmaisena-ratilla-kuka-kehitti-ohjaustehostimen/>. Luettu: 3.3.2021.

Lutkevich, B. 2019. Self-driving car (autonomous car or driverless car). Luettavissa: <https://searchenterpriseai.techtarget.com/definition/driverless-car>. Luettu: 14.9.2021.

Manners, D. 1.3.2021. The Mirage Of Autonomous Cars. Luettavissa: <https://www.electronicweekly.com/blogs/mannerisms/delusions/766704-2021-03/>. Luettu: 31.3.2021.

Malin, R. 19.6.2021. Ajatko autollasi tyypilliset 15 000 kilometriä vuodessa? Kuukausikulusi voivat olla 522 euroa tai 292 euroa – tästä se riippuu. Luettavissa: <https://www.kaupalehti.fi/uutiset/ajatko-autollasi-tyypilliset-15-000-kilometria-vuodessa-kuukausikulusi-voivat-olla-522-euroa-tai-292-euroa-tasta-se-riippuu/8a8bee9e-3690-442a-a0a1-db5f6c4e3def>. Luettu: 18.5.2021.

Mims, C. 30.5.2021. Autot muuttuvat renkailla kulkeviksi älypuhelimiksi. Helsingin Sanomat 21, B, s. 16–17.

Passoja, A. 17.1.2018. Robottiauto on pulassa Lapin talvisilla teillä, eikä välttämättä koskaan opi pärjäämään – "Onhan ihminen kuussakin käynyt, joten ei se mahdottomuus ole". Luettavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10026989>. Luettu: 23.3.2021.

Reinikainen, P. 20.3.2017. Miten itsestään ajava auto toimii? Nämä asiat kannattaa tietää. Luettavissa: <https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/miten-itsesta-an-ajava-auto-toimii-nama-asiat-kannattaa-tietaa/6356862#gs.uyczsr>. Luettu: 2.3.2021.

SAE International 2018. SAE International Releases Updated Visual Chart for Its “Levels of Driving Automation” Standard for Self-Driving Vehicles. Luettavissa: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>. Luettu: 16.2.2021.

Schaal, S. 25.2.2020. Will software problems delay VW’s ID.3? Luettavissa: <https://www.electrive.com/2020/02/25/software-problems-may-delay-volkswagen-id-3-launch/>. Luettu: 17.3.2021.

Sanakirja s.a. Varuste. Luettavissa: <https://www.suomisanakirja.fi/varuste>. Luettu: 27.8.2021.

Traficom 7.7.2021. Ajoneuvoluokat. Auto. Luettavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/ajoneuvoluokat?toggle=Auto>. Luettu: 20.8.2021.

Traficom 1.7.2013. Maaseudulla kolme neljästä hankkii ajokortin heti. Luettavissa: https://arkisto.trafi.fi/uutisarkisto/2250/maaseudulla_kolme_neljasta_hankkii_ajokortin_heti. Luettu: 18.5.2021.

Turunen, S. 18.1.2018. Kuinka kauan auton rattiin tarvitaan ihminen? Luettavissa: <https://www.almamedia.fi/uutishuone/uutinen/11-01-2018-kuinka-kauan-auton-rattiin-tarvitaan-ihminen>. Luettu: 3.3.2021.

Tuulilasi 18.5.2018. EU:lta pitkä lista uusien autojen pakollisia turvavarusteita: Alkolukko, nopeudenrajoitin. Luettavissa: <https://www.apu.fi/artikkelit/eulta-pitka-lista-uusien-autojen-pakollisia-turvavarusteita-alkolukko-nopeudenrajoitin>. Luettu: 31.3.2021.

Taloussanommat 22.7.2015. Hakkerit kaappasivat auton: "Tämä bugi todennäköisesti tappaa". Luettavissa: <https://www.is.fi/digitoday/tietoturva/art-2000001882060.html>. Luettu: 16.3.2021

Velodyne Lidar 2021. Luettavissa: <https://velodynelidar.com/products/hdl-64e/>. Luettu: 24.2.2021.

Vilka, H. 2015. Tutki ja kehitä. PS-kustannus. Jyväskylä.

Volkswagen 20.3.2020. Car2X in the new Golf: A “technological milestone”. Luettavissa: <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/stories/car2x-in-the-new-golf-a-technological-milestone-5919>. Luettu: 10.3.2021

Volkswagen 2020. Käyttöohjekirja Golf, Golf GTI, Golf GTD, Golf R.

Von Bell, C. 20.5.2020. Historian havinaa: 25 vuotta sitten julkaistu ajonvakautusjärjestelmä on säästänyt noin 15 000 ihmishenkeä. Luettavissa: <https://autotoday.fi/historian-havinaa-25-vuotta-sitten-julkaistu-ajonvakautusjarjestelma-on-saastanyt-noin-15-000-ihmishenkea/>. Luettu: 3.3.2021.

Yle 26.10.2020. Prisma: Ratin takana robotti – itseohjautuvien autojen kehitys lupausten ja vaarojen maastossa. Luettavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2020/10/26/prisma-ratin-takana-robotti-itseohjautuvien-autojen-kehitys-lupausten-ja>. Luettu: 2.3.2021.


Yläne, K. 12.4.2021. Saako tämä varuste sinutkin ajamaan ylinopeussakot? – ”On tärkeää pohtia, miten kuljettajat eivät väärinkäyttäisi järjestelmää”. Luettavissa: <https://www.is.fi/autot/art-2000007913772.html>. Luettu: 20.4.2021.

Ziemann, M. 29.1.2016. Auto 130 vuotta – Benzin hevosettomia vaunuja pilkattiin ankaraasti. Luettavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-8632121>. Luettu: 3.3.2021.

Liitteet

Liite 1. Kyselylomake

Kuljettajan luottamus auton teknologiaan

 Pakolliset kentät merkitään asteriskilla (*) ja ne tulee täyttää lomakkeen viimeistelemiseksi.

1. Omistatko ajokortin ja sinulla on auto käytettävissäsi? *

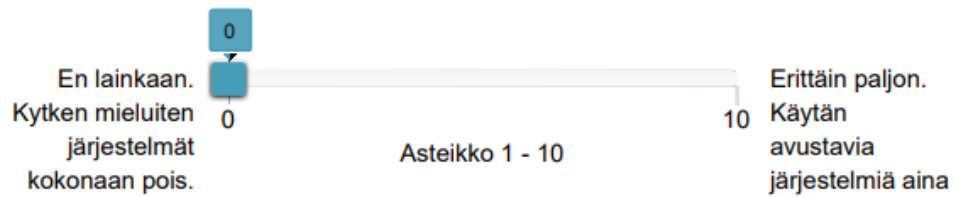
- Kyllä
- Ei

2. Mitä alla olevista varusteista autosi sisältää? *

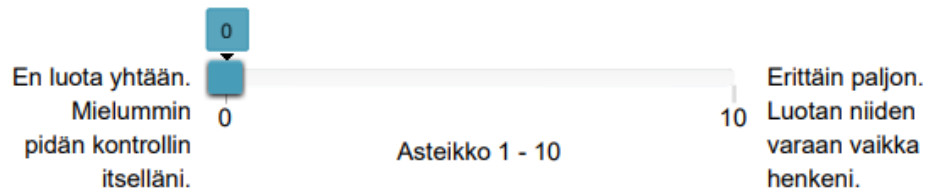
- Vakionopeudensäädin
- Adaptiivinen vakionopeudensäädin (ACC)
- Kaistanpitoavustin
- Peruutuskamera
- Liikennemerkkien tunnistus
- Häätäjarruavustin (EBA)
- Luistonesto (ASR)
- Ajonvakautusjärjestelmä (ESP)
- Lukkiutumattomat jarrut (ABS)
- Muu, mikä?

3. Kuinka paljon omasta mielestäsi hyödynnät autosi avustavia järjestelmiä? *

*



4. Kuinka paljon luotat autosi avustaviin järjestelmiin? *



5. Ovatko avustavat järjestelmät paikanneet ajamistasi joskus jopa niin, että onnettomuudelta ollaan vältytty? *

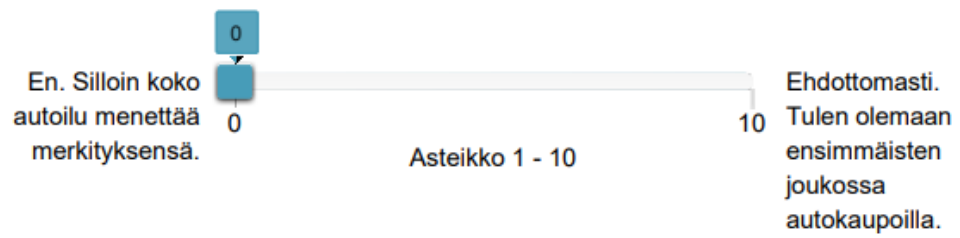
Kyllä, järjestelmä hälytti ajoissa / otti auton haltuun. Miten?

Ei, autoni ei omaa hälyttäviä järjestelmiä tai jos omaa, niin niistä ei ole ollut apua.

6. Minkä aktiivisesti ohjaavista varusteista haluaisit autoosi? *

- Adaptiivinen- / Vakionopeudensäädin
- Kaistapitoavustin
- Yhdistetty kaistapitoavustin, sekä adaptiivinen vakionopeudensäädin (Travel Assist)
- Ruuhka-avustin (Traffic Jam Assist)
- Peruutuspilotti (Automatic parking)
- En halua autooni mitään aktiivisesti ajamiseen puuttuvia järjestelmiä

7. On arvioitu, että vuonna 2030 liikenteessä on itseajavia robottiautoja. Olsitko valmis hankkimaan täysin itseajavan auton? *



8. Koetko, että robottiautosta saadaan kehityksen myötä jopa ihmiskuljettajaa turvallisempi ajaja? *

- Ehdottomasti. Robotti ei tee samanlaisia inhimillisiä virheitä kuin ihminen, kun se ohjelmoidaan oikein.
- En osaa vielä sanoa, sillä kehitys on vasta alussa. En kuitenkaan kiellä tämän mahdollisuutta.
- En. Ihminen on auton ensisijainen kuljettaja ja niin tulee myös olemaan.