

Automatisoituvan liikenteen haasteet ja mahdollisuudet

Antton Kanniainen

01/2023

TIIVISTELMÄ

Antton Kanniainen: Automatisoituvan liikenteen haasteet ja mahdollisuudet

Opinnäytetyön muoto: tutkimuksellinen

Julkisuusaste: julkinen

Ohjaaja: Matti Tuominen ja Petri Tuominen

Tutkinto: Poliisi (AMK)

Tämän tutkimuksellisen opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää automatisoituvan liikenteen haasteita ja mahdollisuuksia. Tutkittuja asioita olivat vaikutus liikenneturvallisuuteen, automatisoituvan liikenteen mahdollisuudet, sekä lainsäädännölliset ongelmat ja muut vastaavat haasteet. Tutkimuksessa käsitellään myös sitä, miten tekoäly tulee muuttamaan liikennettä, sekä sitä, miten automaattiset ja autonomiset ajoneuvot toimivat ja mitä teknologiaa ne hyödyntävät. Tutkimuksen tavoitteena on myös lisätä tietämystä automatisoituvasta liikenteestä ja sen kanssa toimimisesta.

Tutkimuksellinen opinnäytetyö toteutettiin tekemällä kirjallisuuskatsaus, jossa käsiteltiin automatisoituvaa liikennettä koskevia kirjoja sekä muita lähteitä. Automatisoitunut liikenne on tuonut mukanaan paljon mahdollisuuksia. Mahdollisuuksien mukana on luonnollisesti tullut myös lukuisia haasteita. Opinnäytetyössä käsitellään myös automatisoituvan liikenteen tuomia oikeudellisia haasteita poliisiopiskelijan perspektiivistä.

Sivumäärä: 32

Tarkastuskuukausi ja vuosi:

Avainsanat: opinnäytetyö, kirjallisuuskatsaus, automatisoitunut liikenne, autonominen ajaminen, automaattinen ajojärjestelmä, itseajavat ajoneuvot, tekoäly, liikenne, teknologia

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	3
1.1 Aihe ja tutkimuskysymykset	4
1.2 Tutkimusmenetelmän kuvaus ja tietoperustan esittely	4
1.3 Teoriaosuuden tietoperusta	4
1.4 Kirjallisuuskatsauksen tietoperusta	5
2 TEORIA	5
2.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä	5
2.2 Tekoälyn historiaa	7
2.3 Tekoälyn käyttäminen autoissa ja automaattisen ajamisen historiaa	8
3 KIRJALLISUUSKATSAUS	17
3.1 Haasteet	18
3.1.1 Moraalikoneen kehittämisen haasteet	18
3.1.2 Muun liikenteen seuranta ja jalankulkijat	19
3.2 Semanttinen segmentointi ja objektien tunnistaminen	20
3.3 Ilmentymän segmentointi ja objektien paikantaminen	21
3.3.1 Huonot sääolosuhteet	21
3.3.2 Lainsäädäntö	21
3.3.3 Haasteet Suomen näkökulmasta	22
3.4 Mahdollisuudet	22
3.4.1 Liikenneturvallisuus	22
3.4.2 Autonominen pysäköintipalvelu	23
3.4.3 Kohtaaminen poliisin kanssa	24
4 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA ANALYYSI	24
4.1 Tutkimuskysymykset ja niiden tulokset	24
4.1.1 Miten automaattiset/autonomiset ajoneuvot ja etenkin autot ovat kehittyneet vuosien varrella?	24
4.1.2 Mitä haasteita automatisoituva liikenne on tuonut/tulee tuomaan?	24
4.1.3 Mitä lainsäädännöllisiä ongelmia liikenteen automatisoituminen tuo?	25

4.2 Mahdollisuudet	25
4.2.1 Liikenneturvallisuus.....	25
4.2.2 Ajokokemuksen paraneminen	26
5 POHDINTA.....	26
5.1 Oma näkökulma ja ajatuksia.....	26
5.2 Tutkimuksen luotettavuus	27
5.3 Tutkimuksen kehityskohteet	27
5.4 Itsearviointi	27
LÄHTEET	29

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee automatisoituvan liikenteen haasteita ja mahdollisuuksia, sekä automaatioajamisen historiaa. Automatisoitunut liikenne on kiinnostanut tutkijoita jo 1900-luvun alkupuoliskolla, ja sen parissa tehdyt varhaisimmat kokeet ovatkin sieltä peräisin. Automaattiajaminen on lisääntynyt huomattavasti 2000-luvulla ja lisääntyy edelleen. Myös Suomessa alkaa olla runsaasti autoja hyödyntävät jonkin tyyppistä automaattiajamista tai tekoälyä, joskin täysin autonomisia ajoneuvoja ei tieliikenteessä vielä ole. Tulen etsimään tietoa automaattisen ajamisen mahdollisista ongelmakohtia liikenneturvallisuuden näkökulmasta, sekä sitä koskevaa lainsäädäntöä ja oikeudellisia kysymyksiä.

Valitsin opinnäytetyöni aiheeksi "Automatisoituvan liikenteen haasteet ja hyvät puolet". Valitsin aiheen, koska teknologia ja tekoäly kiinnostavat minua, sekä uskon, että tulevien vuosien (tai lähivuosikymmenten) aikana automaattiajaminen tulee lisääntymään runsaasti. Uskon työn olevan lähtökohtaisesti julkinen, sillä en joudu käyttämään turvaluokiteltuja aineistoja sen tekemiseen. Työni on suunnattu niin poliiseille kuin liikenneverkoston suunnittelijoille ja muille, jotka voisivat hyötyä siitä, että saavat tietoa automatisoituvasta liikenteestä ja itsestään ajavista ajoneuvoista. Vaikka Suomessa ei ole liikennekäytössä täysin autonomisia ajoneuvoja, tulee työni hyödyttämään poliisia, etenkin Helsingin poliisia, sillä Helsingissä ja pääkaupunkiseudulla on kokemukseni mukaan eniten jonkin tasoista automatisoitunutta liikennettä Suomessa. Tulee kertomaan opinnäytetyössäni tietoa liittyen automaattiajamiseen, sen kehitykseen, sekä teknologiaan, jota automaattiajamisessa hyödynnetään. Tulen myös käsittelemään sitä, millä perusteella esimerkiksi Teslan automaattiohjaus valitsee sen kohteen, johon auto törmää pakon edessä (esim. eläin vs. ihminen). Tulen myös käsittelemään haasteita, joita Teslan ajoneuvontunnistusjärjestelmän kanssa on ollut, ja sen seurauksena syntyneitä tapaturmia. Uskon tietämyksestä olevan apua automaattiajamista hyödyntävien ajoneuvojen kanssa toimimisessa.

Automaattinen ajoneuvo on siis ajoneuvo, joka kykenee ainakin osin suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa. Autonominen ajoneuvo on ajoneuvo, joka kykenee suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa ja ilman yhteyttä muihin ajoneuvoihin tai infrastruktuuriin. Näillä kahdella toisiaan muistuttavalla sanalla on siis suuri ero.

Opinnäytetyön toteutustapana aion tehdä kirjallisuuskatsauksen, jossa haen tietoa automaattista liikennettä koskevasta kirjallisuudesta. Aion käsitellä automaattisen ajamisen sekä autonomisen ajamisen historiaa, käsitellä teknologiaa, jotka automatisoitunut liikenne hyödyntää, käsitellä tutkimuksia, joissa perehdytään automatisoituvan liikenteen tuomiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin pe-rehtyä tieliikenneonnettomuuksiin, joita automatisoituneen liikenteen kanssa on tapahtunut sekä

pohtia syy – seuraus suhdetta, käsitellä oikeudellisia kysymyksiä, joita automatisoituvaan liikenteeseen liittyy.

1.1 Aihe ja tutkimuskysymykset

Tulen käsittelemään Poliisin valmiuksia automaattiajamiseen liittyen Suomen rajojen sisällä. Aiheeni on aika selkeä, eikä minulle tule äkkiseltään mieleen, mitä asioita aion rajata käsittelyn ulkopuolelle. Käsittelen Poliisin valmiuksia automaattiajamiseen liittyen. Käsittelen myös automaattiajamisen teoriaa, sillä sen ymmärtäminen on olennaisessa osassa, kun käsitellään aihetta. Haluan saada selville, miten poliisi on varautunut lisääntyvään automaattiajamiseen, ja mitä haasteita poliisit näkevät automaattiajamisessa Suomen sisällä. Automaattiajaminen on lisääntymässä, ja koska poliisin on oltava ajan tasalla, on tämä mielestäni tärkeää selvittää.

Tutkimuksellani haen vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Miten automaattiset/autonomiset ajoneuvot ja etenkin autot ovat kehittyneet vuosien varrella, mitä haasteita automatisoituva liikenne on tuonut/tulee tuomaan, mitä mahdollisuuksia se on tuonut/tulee tuomaan, sekä mitä lainsäädännöllisiä ongelmia liikenteen automatisoituminen tuo?

1.2 Tutkimusmenetelmän kuvaus ja tietoperustan esittely

Suoritin tutkimuksen tekemällä kirjallisuuskatsauksen. Valitsin tutkimusmenetelmäksi kirjallisuuskatsauksen, sillä tekoälystä ja automatisoituvasta liikenteestä on julkaistu paljon teoksia ja tutkimuksia. Sopivien kirjojen löytämiseksi etsin vaihtoehtoja Googlen tieteellisten artikkeleiden hakua käyttämällä. Käytin kirjoja hakiessani hakusanoja, kuten "the history of artificial intelligence", "the history of autonomous driving", "technology used in autonomous driving", sekä "challenges and possibilities in autonomous driving". Selattuani artikkeleita läpi ja tutustuttuani saatavilla olevaan materiaaliin, valitsin niistä muutaman, joiden uskoin palvelevan omaa opinnäytetyötäni.

1.3 Teoriaosuuden tietoperusta

Automaattiajamisesta (siitä, miten se toimii ja millaista teknologiaa siinä hyödynnetään) löytyy paljon tietoa internetistä. Suurin osa lähteistä on kuitenkin vielä toistaiseksi englanninkielisiä. Englanninkielistä kirjallisuutta aiheesta löytyy paljon, mutta suomenkielinen kirjallisuus on huomattavasti vähäisempää. Aiheesta löytyy joitain opinnäytetöitä (esim. "AUTOMAATTIAJAMISEEN VARAUTUMINEN VALTION TIEVERKOLLA", Suursalmi, Riku, 2018), mutta poliisin näkökulmasta en löytänyt tutkimuksia. Myös Trafín sivuilta löytyy paljon tietoa automaattiajamiseen liittyen.

Saatavilla olevasta materiaalista valitsin kaksi kirjaa, pro gradu -tutkielman, sekä muita tutkimuksia ja artikkeleita. Toinen valitsemistani kirjoista oli "Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State of the Art" (Janai ym. 2021). Valitsin tämän kirjan siksi, että se sisältää

valtavan määrän tietoa autojen automatisoitumisesta ja automaatioajamisen historiasta. Kirja on myös julkaistu vuonna 2021, joten uskon tuon tiedon olevan ajantasaista ja relevanttia. Toinen mainitsemistani kirjoista oli *”Artificial Intelligence Illuminated”* (Coppin, 2004). Valitsin tämän kirjan siksi, että se käsittelee tekoälyä ja sen historiaa helposti ymmärrettävällä tavalla. Kirja on jo lähes 20-vuotta vanha, mutta käytin sitä vain tekoälyn historian tutkimiseen ja käsittelyyn.

1.4 Kirjallisuuskatsauksen tietoperusta

Yksi tutkimuksessa käyttämäni lähteistä on Katri Mattilan pro gradu -tutkielma *”Itseohjautuvan auton moraalikoneen kehittämisen haasteet”* (2022). Mattila käsittelee tutkielmassaan itseohjautuvien autojen kehitystä, ja sitä, millaisia moraalisia ongelmia itseohjautuvien autojen kanssa esiintyy esimerkiksi onnettomuustilanteissa. Moraaliset ongelmat nousevat tärkeiksi kysymyksiksi silloin, kun auton tulee päättää mitä tehdä onnettomuuden sattuessa.

Käytin kirjallisuuskatsauksessa kirjaa *”Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State of the Art”* (Janai ym. 2021), jota käytin myös teoriaosuudessa. Kirja osoittautui erittäin hyödylliseksi.

Näiden mainitsemieni lähteiden lisäksi etsin tietoa verkkosivuilta, kuten Teslan, General Motorsin, Traficomien, ja Euroopan parlamentin ja komission sivuilta. Tesla on yksi tunnetuimmista tekoälyä hyödyntävien ajoneuvojen valmistajista, ja heidän sivuiltaan löytyy yksityiskohtaiset mallinnukset siitä, miten esimerkiksi kameroita hyödynnetään muun liikenteen havainnoinnissa. Traficomien ja Euroopan parlamentin sekä komission sivuilla käsitellään automatisoituvaan liikenteeseen liittyviä oikeudellisia haasteita ja tulevaisuuden näkymiä. Teoriaosuudessa käyttämissäni kirjoissa ja muissa lähteissä käsiteltiin myös automatisoituvan liikenteen haasteita ja mahdollisuuksia, joten osa teoriaosuuden ja varsinaisen tutkimuksen lähteistä ovat samoja.

2 TEORIA

2.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään julkaistua tietoa tietyistä aihealueista. Se voi olla vain yksinkertainen tiivistelmä lähteistä, mutta siinä on yleensä organisatorinen malli, jossa yhdistyvät sekä

yhteenvedo että synteesi. Yhteenvedo on yhteenvedo lähteiden tarkoista tiedoista, ja synteesi on näiden tietojen uudelleenjärjestely. Se voi antaa uuden tulkinnan vanhasta materiaalista, tai yhdistää uutta tietoa vanhaan tulkintaan (The Writing Center).

Kirjallisuuskatsauksilla voi olla erilaisia tavoitteita. Sen tavoite voi olla kehittää olemassa olevaa teoriaa, arvioida teoriaa, rakentaa kokonaiskuvaa tietystä asiakokonaisuudesta, tunnistaa ongelmia tai tarjota mahdollisuuden kuvata teorian kehitystä historiallisesti. Kirjallisuuskatsaus terminä on osittain harhaanjohtava. Vaikka arkikielessä sillä voidaan tarkoittaa lyhyttä vilkaisua ilman analyytistä otetta, niin termillä viitataan itse katsauksen lisäksi arviointiin. Tämän lisäksi sillä voidaan tarkoittaa selontekoa, arvostelua, tarkistusta ja jopa historiikka (Salminen, 2011, 3–5).

Kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa kolmeen eri lajiin: kuvailevaan kirjallisuuskatsaukseen, systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen, sekä meta-analyysiin. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yksi yleisimmin käytetyistä kirjallisuuskatsauksen tyypeistä. Sitä voidaan kuvailla yleiseksi kirjallisuuskatsaukseksi ilman tarkkoja rajoja ja sääntöjä. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa on kaksi erilaista suuntautumista, jotka ovat narratiivinen ja integroiva katsaus. Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on kirjallisuuskatsauksen kevyin muoto. Sen avulla pystytään esimerkiksi antamaan laaja kuva käsiteltävästä aiheesta. Narratiivisella kirjallisuuskatsauksella voidaan ajantasaistaa tutkimustietoa, mutta varsinaista analyttistä tulosta se ei tarjoa. Integroiva kirjallisuuskatsaus on hyvä tapa tuottaa uutta tietoa jo tutkitusta aiheesta. Sitä käytetään, kun halutaan kuvata tutkittavana olevaa ilmiötä monipuolisesti. Se eroaa narratiivisesta katsauksesta siten, että siihen voidaan katsoa oleellisesti kuuluvan kriittinen tarkastelu. Integroivan kirjallisuuskatsauksen voidaan katsoa olevan osa systemaattista kokonaisuutta narratiivisin maustein (Salminen, 2011, 6–8).

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on toinen kirjallisuuskatsauksen perustyypeistä. Se on tiivistelmä tietystä aiheesta aiemmin tehtyjen tutkimusten olennaisesta sisällöstä. Sillä kartoitetaan keskustelua ja pyritään tuomaan esiin tieteellisten tulosten kannalta mielenkiintoisia ja tärkeitä tutkimuksia. Tämä kirjallisuuskatsauksen tapa on tehokas hypoteesien testaamisessa, tutkimusten tulosten esittämisessä tiiviissä muodossa sekä niiden johdonmukaisuuden arvioinnissa (Salminen, 2011, 9).

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemisessä on tärkeää vastata tiettyyn kysymykseen, vähentää tutkimusten valintaan ja sisällyttämiseen liittyvää harhaa, arvioida valittujen tutkimusten laatua ja tiivistää tutkimuksia objektiivisesti (Petticrew, 2001, 98-101).

Kirjallisuuden tarkastelu tutkimusta varten vaatii monia taitoja ja kykyjä. Kirjallisuudenhaun teknisten taitojen ja lähteiden tuntemuksen yhdistelmä on lähtökohta relevantin materiaalin etsimiselle. Hyvä kirjallisuuskatsaus ei sisällä kaikkea tietoa, mitä on jo löydetty. Se on valikoiva, ja esittää vain sen tiedon, mikä on relevanttia tutkimukselle (Hart, 2018, 29–34).

Valitsin tutkimusmenetelmäksi kirjallisuuskatsauksen, sillä uskoin sen olevanärkevin tapa tutkia valitsemaani aihetta. Automatisoituvasta liikenteestä ja automatisoiduista ajoneuvoista on kohtalaisen tuottaa uutta tietoa ilman syvempää tietotaitoa, joten päätin käsitellä jo olemassa olevia tutkimuksia ja tietoa. Automatisoituvasta liikenteestä löytyy paljon taustatietoa, kuten siinä käytettävää teknologiaa, merkittäviä saavutuksia, tulevaisuuden ennusteita ja tapahtuneita onnettomuuksia. Uskoin tätä tietoa keräämällä ja sitä analysoimalla pääseväni tavoittelemaani lopputulokseen, ja saavani riittävät tulokset johtopäätösten tekemiseen.

2.2 Tekoälyn historiaa

Ben Coppin on tekoälykonsultti, joka julkaisi vuonna 2004 kirjan *”Artificial Intelligence Illuminated”*. Kirja käsittelee tekoälyn historiaa, sen käyttöä ja rajoituksia, sekä tekoälyn tietoperustaa.

Vaikka tekoäly onkin yksi uusimmista älyllisen tutkimuksen aloista, sen perusta alkoi tuhansia vuosia sitten. Tekoälyä määriteltessä olisi hyvä miettiä ensin kysymystä, mitä äly ylipäätään on. Tämä tutkijoita mietityttänyt ja haastava kysymys, mihin ei ole hyvin määriteltyä vastausta. Äly voitaisiin määritellä esimerkiksi ominaisuudeksi ratkaista ongelma, vastata kysymyksiin, suunnitella suunnitelmia, ja niin edelleen. Tekoälyn yksinkertainen määritelmä voisi olla seuraavanlainen: tekoäly on järjestelmä, joka toimii tavalla, joka jokaisen tarkkailijan mielestä näyttäisi älykkäältä. Määritelmä on hyvä, mutta ei kata tekoälyn koko sisältöä. Monessa tapauksessa tekoälyä käytetään ratkaisemaan yksinkertaisia ongelmia tai monimutkaisia ongelmia, jotka ovat monimutkaisempien järjestelmien sisäisiä. Toinen määritelmä voisi olla, että tekoäly tarkoittaa ihmisten ja muiden eläinten älykkäiseen käyttäytymiseen perustuvien menetelmien käyttöä monimutkaisten ongelmien ratkaisemiseksi (Coppin, 2004, 3–4).

Alan Turing oli nuori brittiläinen polyyaatti, joka tutki 1950-luvulla tekoälyn matemaattista mahdollisuutta. Turing ehdotti, että ihmiset käyttävät saatavilla olevaa tietoa sekä järkeä ratkaistakseen ongelmia, joten miksi koneet eivät voisi tehdä samaa. Turing julkaisi vuonna 1950 artikkelin nimeltä *”Computing machinery and intelligence”*, jossa hän käsitteli älykkäiden koneiden rakentamista ja niiden älykkyyden testaamista. Tietokoneiden oli kuitenkin muututtava perusteellisesti, jotta tämä olisi mahdollista. Ennen vuotta 1949 tietokoneilta puuttui keskeinen älykkyyden edellytys: ne eivät voineet tallentaa komentoja, vain suorittaa niitä. Tietokoneille voitiin siis kertoa, mitä tehdä, mutta ne eivät muistaneet, mitä ne tekivät. Tietojenkäsittely oli myös erittäin kallista. Vuonna 1950 tietokoneen vuokraus maksoi jopa 200 000 dollaria kuukaudessa. Tarvittiin näyttöä konseptista sekä vaikutusvaltaisia ihmisiä, jota rahoituslähteet vakuuttuivat siitä, että koneälyyn kannattaa pyrkiä. Viisi vuotta myöhemmin Allen Newell, Cliff Shaw ja Herbert Simon julkaisivat Logic Theorist -ohjelman. Logic Theorist oli ohjelma, joka oli suunniteltu jäljittelemään ihmisen ongelmanratkaisutaitoja. Monet pitivät sitä ensimmäisenä tekoälyohjelmiana, ja se esiteltiin Dartmouth Summer Research

on Artificial Intelligence -konferenssissa (DSRPAL) vuonna 1956. Tässä konferenssissa oli eri alojen huippututkijoita, jotka kaikki yhtyivät täysin siihen, että tekoäly oli saavutettavissa. Tämän tapahtuman merkitystä ei voi vähätellä, sillä se nopeutti seuraavan kahdenkymmenen vuoden tekoälytutkimusta (Rockwell, 2017).

Vuodesta 1957 vuoteen 1974 tekoäly kukoisti. Tietokoneet pystyivät tallentamaan enemmän tietoa, ja niistä tuli nopeampia, halvempia, ja ne olivat helpommin saatavilla. Koneoppimisalgoritmit parantivat, ja ihmiset tiesivät paremmin, mitä algoritmia heidän ongelmaansa täytyy soveltaa. Vuonna 1970 Marvin Minsky kertoi Life Magazínelle, että kolmesta kahdeksaan vuoden kuluttua olisi tietokone, jolla on keskimääräisen ihmisen yleinen älykkyys. Tällöin oli kuitenkin vielä pitkä matka siihen, että luonnollisen kielen käsittelyn, abstraktin ajattelun, ja itsensä tunnistamisen tavoitteet saavutettaisiin. 1990- ja 2000-luvuilla monet tekoälyn maamerkit oli saavutettu. Vuonna 1997 hallitseva shakin maailmanmestari Gary Kasparov hävisi IBM:n Deep Blueille, shakkia pelaavalle tietokoneohjelmalle. Tämä oli ensimmäinen kerta, kun hallitseva shakin maailmanmestari hävisi tietokoneelle. Tapaus toimi valtavana askeleena kohti keinotekoisesti älykästä päätöksenteko-ohjelmaa. Samana vuonna Windowsiin otettiin käyttöön Dragon Systemsin kehittämä puheentunnistusohjelmisto (Rockwell, 2017).

2.3 Tekoälyn käyttäminen autoissa ja automaattisen ajamisen historiaa

Ensimmäinen demonstraatio ajoneuvosta, jossa ei ole kuljettajaa, raportoitiin vuonna 1925, kun Houdina Radio Control esitteli kauko-ohjattavan ajoneuvon, joka kulki New Yorkin Broadwayta pitkän. Ajoneuvon takana seurasi toinen ajoneuvo, jossa niin sanottu koneenkäyttäjä istui ja seurasi kauko-ohjattavaa ajoneuvoa. Kauko-ohjattava ajoneuvo sai nimen ”American Wonder”. Tästä muutamana vuoden kuluttua General Motors lähestyi Normal Bel Geddesiä, ja pyysi tätä kuvailemaan visiotaan liikkumisesta 20 vuoden päähän. Geddesin visio oli vuonna 1939 järjestetyn New York World Fairin menestynein näyttely, ja sen pohjalta suunniteltiin useita radio-ohjattavia sähköautoja, jotka navigoivat elektromagneettisilla radoilla. Tämän vision pohjalta suunniteltiin useita prototyypppejä, kuten vuonna 1956 julkaistu GM Firebird II (*katso kuva 1*) sekä vuonna 1960 julkaistu johdolla ohjattu RCA Lab’s. Itsestään navigoivien ajoneuvojen käyttö oli kuitenkin sen rajallisuuden ja korkeiden kustannusten vuoksi rajoitettu tietyille alueille, kuten lentokentillä tapahtuvalle liikenteelle (Janai ym. 2021, 15)



Kuva 1. General Motors Firebird II vuodelta 1956)

Vuonna 1986 lähtivät tienpäälle ensimmäiset itsestään ajavien autojen prototyypit, jotka eivät olleet riippuvaisia tiellä olevasta infrastruktuurista. Tätä hanketta johti Yhdysvalloissa sijaitsevan Carnegie Mellon Universityn Navigation Laboratory -ryhmä yhdessä Saksassa sijaitsevan Bundeswehr University Munich yliopiston Ernst Dickmannsin ryhmän kanssa. Carnegie Mellon Universityn Navlab ryhmä saavutti merkittävän tavoitteen vuonna 1995 ajamalla 98 prosenttia matkasta Washington D.C:stä San Diegoon automatisoidusti käyttäen manuaalista pitkittäissuunnassa tapahtuvaa ohjausta. Ajo sai nimen "No Hands across America" (Janai ym. 2021, 15–16).

Mitsubishi esitteli vuonna 1995 ensimmäisen LiDAR-järjestelmään perustuvan ajon etäisyyden kontrolloijan, ja vuonna 1999 Mercedes-Benz julkaisi tutka-avusteisen adaptiivisen cruise control -järjestelmän. Vuonna 2000 navigointijärjestelmät ja digitaaliset tiekartat tulivat saataville. Nykypäivänä erilaiset maailmanlaajuiset paikallistamisjärjestelmät (GPS) yhdessä inertiamittausyksiköiden kanssa (IMU) mahdollistavat paikallistamisen viiden senttimetrin tarkkuudella hyvissä olosuhteissa (Janai ym. 2021, 17).

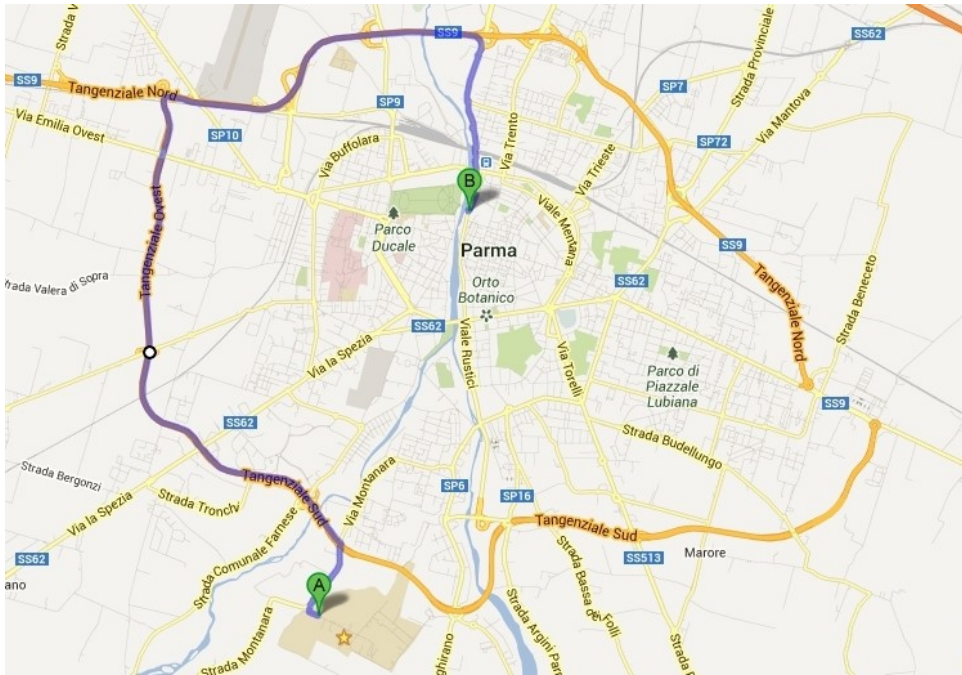
Vuonna 2004 Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio (DARPA) alkoi järjestämään ja sponsoroimaan kilpailuja, joissa oli päämääränä ajaa automaattisesti 240 kilometrin reitti Kaliforniasta Nevadaan Mojaven aavikon kautta GPS-reittipisteiden ohjaamana. Ensimmäiseksi onnistuvalle ryhmälle luvattiin miljoonan dollarin palkkio. Kilpailun tarkoituksena oli edistää itseohjautuvaa teknologiaa. Mikään tuona vuonna osallistuneista ajoneuvoista ei kuitenkaan läpäissyt reittiä. Vuotta myöhemmin, eli vuonna 2005, DARPA järjesti seuraavan kilpailun, ja tällä kertaa viisi ajoneuvoa onnistui suorittamaan reitin. Vuonna 2007 DARPA järjesti sarjan viimeisen kilpailun, joka sai nimen

”Darpa Urban Challenge”. Erona aikaisemmin järjestettyihin kilpailuihin oli se, että ajoneuvojen tuli ajaa 96 kilometrin reitti mallikaupungin läpi Georgen ilmavoimien tukikohdassa noudattaen liikennesääntöjä, välttämällä esteitä ja toimien muiden ajoneuvojen parissa sulautuen liikenteeseen. Maaliin suoriutui ensimmäisenä Carneige Mellon -yliopiston ryhmä. Suurin osa menestyneistä ryhmistä käytti suurilta osin monikeilaista LiDAR-tekniikkaa, jonka Velodyne oli kehittänyt. Velodynen kehittämällä pyörivällä LiDAR-skannerilla pystyi saamaan tarkkoja syvyysmittauksia 360 asteen näkökentältä ajoneuvon ympäriltä. Se osoittautui ratkaisevan tärkeäksi navigointiin kaupunkiympäristössä (Janai ym. 2021, 17).

Vuonna 2009, Google palkkasi joukon tähtitutkijoita, jotka olivat osallistuneet DARPA-haasteisiin. Tutkijoihin kuului esimerkiksi Sebastian Thrun, Chris Urmson ja Mike Montemerlo. He aloittivat oman ohjelman, johon kuului uuden ajoalustan kehittäminen ja räätälöity sekä edullinen monisäteinen LiDAR-skanneri. Onnettomuusraporttien mukaan vuoteen 2016 asti Googlen itseajavat autot olivat osallisena 14 kolarissa, kun taas muiden itseajavat ajoneuvot olivat osallisena 13 kolariin (Janai ym. 2021, 18).

Vuonna 2010 Italiassa sijaitsevan Parman yliopiston Alberto Broggin johtama VisLab-ryhmä suoritti ”*VisLab Intercontinental Autonomous Challenge*” -nimisen saaneen testin. Sen tavoitteena oli ajaa puoliautonomisesti Italian Parmasta Kiinan Shanghaihin. Toinen ajoneuvo seurasi automaattisesti manuaalisesti ohjatun ajoneuvon määrittelemää reittiä joko visuaalisesti tai johtavan ajoneuvon lähettämien GPS-reittipisteiden perusteella. Automaattisesti seuraavassa ajoneuvossa käytetty järjestelmä havaitsi esteitä, kaistamerkitöjä, oja, tien pientareita sekä tunnisti edellä ajavan ajoneuvon sijainnin. Vielä samana vuonna Audi esitteli itsestään ajavan auton ja ajoi sillä Pikes Peakin huipulle, 4300 metriä merenpinnan yläpuolelle, ja Braunschweigin teknillinen yliopisto esitteli Stadtpilotin, joka pystyi navigoimaan pienessä geoaidatussa sisäkaupunkialueessa LiDAR-järjestelmän, kameroiden ja HD-karttojen avulla (Janai ym. 2021, 18–19).

Heinäkuussa 2013 VisLab suoritti Proud Car -testin. Ensimmäistä kertaa historiassa ajoneuvo liikkui automaattisesti ja täysin turvallisesti liikenteen seassa. Ajoneuvossa ei ollut kuljettajaa, eikä se ollut kauko-ohjattu. Monimutkaisinta tässä kokeessa oli oikean liikenteen seassa toimiminen sekä moottoritieillä että kaupunkiympäristössä. Ajoreitti oli Parman yliopiston kampukselta Piazza della Paceen (*katso lisää kuvasta 2*). Monimutkaisuutta lisäsi suuresti se, että alueella oli erikokoisia ja muotoisia liikenneympyröitä, alikulkuteitä, suojateitä, sekä liikennevaloja. Reitti sisälsi myös kaksisuuntaisia maaseututeitä ja esimerkiksi kaksi moottoritietä risteyksillä. Reitillä oli myös runsaasti kaupunkialueita ja liikennevaloja (VisLab.it).



Kuva 2. PROUD-Car Testin ajoreitti, pisteestä A pisteeseen B (<https://vislab.it/proud-car-test-en/>)

Vuonna 2012 julkaistiin KITTI Vision Benchmark, suorituskykytesti, joka teki tutkijoille mahdolliseksi arvioida edistymistään erilaisissa itseohjautuvien ajoneuvojen havaintotehtävissä (Janai ym. 2021). Testissä ajoneuvoon kiinnitetään kameroita, laserskanneri, ja GPS-paikannin. Testi toimii yksinkertaisuudessaan siten, että laitteet tekevät mittauksia ajon aikana, ja lopputuloksena ne antavat informaatiota siitä, miten hyvin ajoneuvo tunnistaa esteitä, kuten muita tienkäyttäjiä (The KITTI Vision Benchmark Suite).

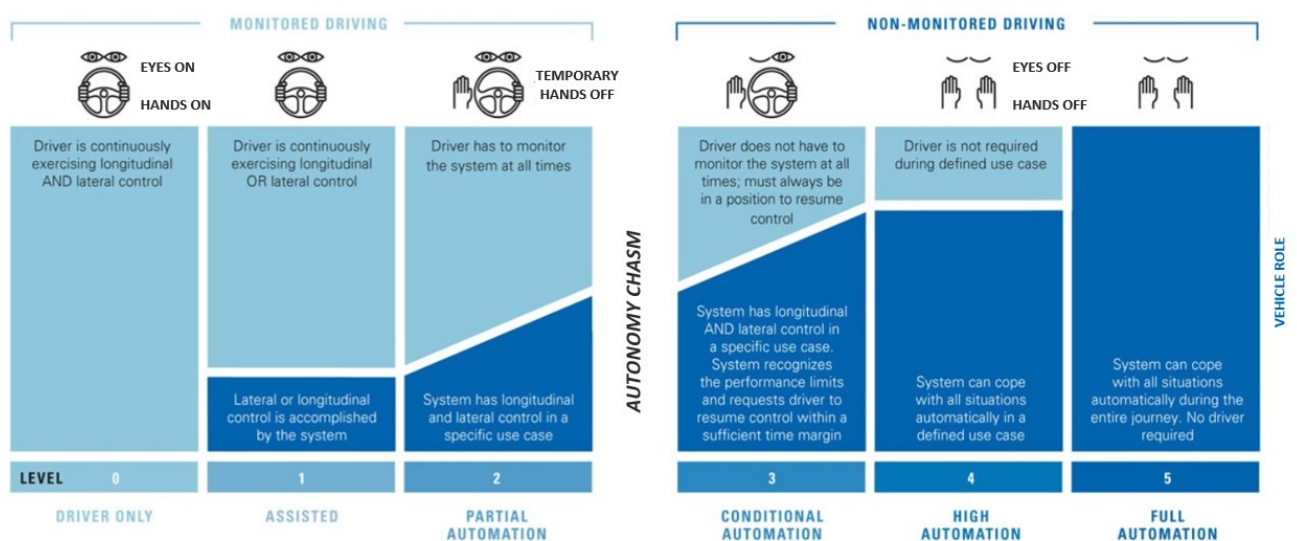
Vuonna 2013 Mercedes Benz teki "S500 Intelligent Drive":ksi nimetyn testin, 103 kilometrin mittaisen automaattisen ajon Saksassa historiallisella Bertha Benz -reitillä Mannheimistä Pforzheimiin. Mercedes S500 oli varustettu anturilaitteistolla. Daimler kehitti laitteet yhteistyössä Karlsruhe Institute of Technology:n kanssa. Kohteen havaitseminen ja vapaan tilan analysoiminen suoritettiin tutkalla ja stereonäkymällä. Monokulaarista näköä käytettiin liikennevalojen havaitsemiseen ja objektien luokitteluun. Kaksi toisiaan täydentävää näköalgoritmia, pisteominaisuuksiin perustuva ja kais-tamerkintäpohjainen, mahdollistivat paikallistamisen senttimetrin tarkkuudella. Tämä demonstraatio osoitti, että testissä käytettyihin laitteisiin pohjautuva autonominen ajo monimutkaisissa kaupunkiympäristöissä on mahdollista (Janai ym. 2021, 20).

Euroopan unionin rahoittama ja Volkswagenin, Boschin ja useiden akateemisten kumppanien yhteistyöprojekti sai nimen V-Charge. Projektin yhteydessä esiteltiin täysin toimiva järjestelmä, joka sisälsi pelkkään näkymään perustuvan paikallistamisen, kartoituksen, navigoinnin ja ohjauksen (Janai ym. 2021). Projektin tavoitteena oli kehittää älykäs autojärjestelmä, joka mahdollistaa autonomi-

sen ajamisen tietyillä alueilla ja pystyy tarjoamaan tukea kuljettajalle kaupunkiympäristöissä. Projektin lopullinen tavoite oli demonstroida ja ottaa käyttöön täysin toimiva autojärjestelmä, joka sisältää autonomisen paikallisliikenteen, pysäköintipalvelun ja akun latauksen ETH Zurichin ja TU Braunschweigin kampuksilla. Projektia aloitettiin kesäkuussa 2011, ja se lopetettiin syyskuussa 2015 (Euroopan komissio, 2019).

Projektin lopputulos osoitti luotettavaa automatisoitua ajoa määrättyillä alueilla, käyttämällä vain helposti saatavilla olevia sensoreita. Ajoneuvon parkkeeraus onnistui erilaisilla sisä- ja ulkoalueilla sekä autotalleissa (Schwesinger ym. 2016).

Vuonna 2014 autoinsinöörien seura julkaisi luokituksensa, jossa autonomiset ajajärjestelmät luokitellaan kuuteen autonomiatasoon (*katso lisää kuvasta 3*). Luokitukset vaihtelevat nollassa (ei autonomiaa) viiteen (täysi autonomia). Samana vuonna Mercedes julkaisi S-luokkansa ja Tesla Autopilot-järjestelmänsä. Molemmat näistä toimivat tason 2 autonomialla (kuljettajan on valvottava järjestelmää koko ajan), tarjoten automaattisen ohjauksen, kaistanpidon, kiihdytyksen ja jarrutuksen moottoritiedolla. Vuotta myöhemmin kyytipalveluyritys Uber käynnisti oman hankkeensa itseohjauksen parissa ja palkkasi suuren määrän robotiikkatutkijoita Carnegie Mellonin yliopistolta. Loka-kuusta 2016 lähtien kaikki Teslan ajoneuvot ovat varusteltu kahdeksalla kameralla, kahdella toista sensorilla, ja eteenpäin tutkaavalla tutkalla tarkoituksenaan tulevaisuudessa mahdollistaa täysin automaattinen ajaminen. Sekä Uberilla että Teslalla on kuitenkin tapahtunut kuolemaan johtaneita onnettomuuksia, joissa kuljettaja ei joko ole ollut tarkkaavainen tai itseajajärjestelmä ei ole toiminut kunnolla (Janai ym. 2021, 20–21).



Kuva 3. Automaation tasot, Mike Lemanski. (Puram A., Techopedia, 2018: <https://www.techopedia.com/hybrid-vs-autonomous-engines-whats-better-for-development/2/33652>)

Tämä kaavio on yleisimmin käytetty tapa luokitella ajoneuvojen automaation tasoja. Lähes jokaisessa lukemassani artikkelissa tai kirjassa, jossa käsiteltiin ajamisen automaation tasoja, käytettiin joko täsmälleen samaa luokittelua, tai ainakin tähän malliin pohjautuvaa luokittelua.

Vuonna 2016 Googlen projektista automaattisen ajon parissa syntyi Waymo. Waymo on Alphabet Inc:in erillinen tytäryhtiö, joka tarjoaa tänä päivänä 400 Phoenixin kansalaiselle pääsyn varhaiseen ohjelmaan, jossa he saavat kokeilla täysin itseajavaa ajoneuvoa useilla geoaidatuilla alueilla Phoenixissä. Samana vuonna NVIDIA suoritti automaattisen ajon Holmdelistä Atlantic Highlandiin Monmouthissa New Jerseyssä. Matkan he suorittivat 98 prosenttisesti automaattisen ajon varassa. NVIDIA suoritti ajon käyttäen konvoluutioneuroverkkoa. Verkkoa kehitettiin jäljitelmäoppimisen avulla suoraan syötekuvista siten, että se osaisi ennustaa sitä, miten ajoneuvoa tulee ohjata (Janai ym. 2021, 21).

Konvoluutioneuroverkko on syväoppimisalgoritmi, joka voi ottaa vastaan syötekuvan, antaa tärkeysjärjestyksen kuvan eri objekteilla ja erottaa ne toisistaan. Siinä vaadittu esikäsittely on paljon pienempi verrattuna muihin luokitusalgoritmeihin. Vaikka suodattimet suunnitellaan käsin, niin riittävän kehityksen tuloksena konvoluutioneuroverkolla on kyky oppia nämä suodattimet/ominaisuudet (Saha, 2018).

Vuonna 2019 Bosch ja Daimler julkistivat joukon autonomisia autoja, jotka liikkuvat tietyillä reiteillä Kaliforniassa ja tarjoavat siellä kuljetuspalvelua asiakkaille (Janai ym. 2021). Testikalustosta ja sovelluspohjaisesta liikkuvuuspalvelusta vastasi Daimler Mobility Services. Projektin tarkoituksena oli osoittaa, kuinka liikkuvuuspalveluita voidaan yhdistää älykkäästi ja miten tulevaisuudessa voitaisiin liikkua näin. Tekoälyalustan toimittajaksi Bosch ja Daimler valitsivat yhdysvaltalaisen teknologia-asiantuntija Nvidian (Automotive Stage, 2021).

Eetu Pilli-Sihvola on erityisasiantuntija, joka on työskennellyt Trafin *Liikenteen uudet palvelut* -yhtiön päällikkönä. Hän käsittelee älyliikenteen mahdollisuuksia julkaisussaan *”Älyliikenteen mahdollisuudet”*. Teos on ilmestynyt vuonna 2014. Pilli-Sihvola käsittelee julkaisussaan myös automaattiajamista.

Automaattiajaminen tarkoittaa kuljettajan tukijärjestelmien ja yhteistoiminnallisten järjestelmien asteittaista yhdistämistä. Ajamisautomaatiota on eri asteista: manuaalinen, kuljettavaa tukeva automaatio, ehdollinen automaatio, korkean tason automaatio, täysautomaatio, sekä autonomi. Kuljettajaa tukeva automaatio tarkoittaa sitä, että joko ohjaus on automatisoitua, kaasutus ja jarrutus on automatisoitua, tai sekä ohjaus että kaasutus ja jarrutus on automatisoitua. Ehdollinen automaatio

tarkoittaa sitä, että kuljettaja puuttuu ajamiseen tarvittaessa. Korkean tason automaatio on sitä, että kuljettaja ei enää valvo ajoneuvoa. Täysautomaatiossa ajoneuvo on automatisoitu kaikissa tilanteissa ja olosuhteissa. Autonomia tarkoittaa sitä, että ajoneuvo ajaa täysin itsenäisesti ilman apua tai tietoa kuljettajalta tai muilta autoilta (Pilli-Sihvola, 2014, 9–10).

Mitä teknologiaa autoissa sitten hyödynnetään ja millaisia vaikutuksia sillä uskotaan olevan ajamiseen? Autonominen ajaminen on mahdollista kahdella eri teknologialla, jotka ovat V2X ja ADAS. V2X (vehicle-to-everything) hyödyntää langatonta viestintäteknikkaa helpottaakseen reaaliaikaista vuorovaikutusta ajoneuvon ja sitä ympäröivän infrastruktuurin välillä. ADAS (advanced driver-assistance systems) hyödyntää sisäänrakennettuja antureita ympäristön havaitsemiseen. Molemmat tekniikat täydentävät toisiaan varmistaakseen turvallisen autonomisen ajokokemuksen (AUTOCRYPT, 2021).

Kolme yleisesti käytettyä anturityyppiä, joita automatisoiduissa autoissa hyödynnetään, ovat kamera, tutka, ja LiDAR eli valotutka. Niillä kaikilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Kameralla on samankaltainen visio kuten ihmissilmällä, eli se kykenee helposti erottamaan muodot ja värit, ja tunnistaa nopeasti, millaisesta objektista on kyse. Kameran kykenevät tuottamaan ihmiskuljettajaa vastaavan autonomisen ajokokemuksen. Kamera on ainoa anturi, joka kykenee havaitsemaan 2D-muotoja ja värejä, mikä tekee siitä ratkaisevan tärkeän kaistojen ja jalkakäytävämerkintöjen lukemisessa. Useimmissa nykyaikaisissa kameroissa on myös infrapunavalistus, joka mahdollistaa yhtä tarkan navigoinnin pimeässä. Kameran ovat suhteellisen halpoja verrattuna muihin antureihin. Tämän ansiosta keskitason ja jopa alemman luokan ajoneuvoihin on kyetty tuoman parempia autonomisia ajo-ominaisuuksia. Kameran heikkous on vaikeissa sääolosuhteissa toimiminen, kuten lumi- tai hiekkamyrskyssä (AUTOCRYPT, 2021).

Toinen yleisesti käytetty anturityyppi on tutka. Tutka (englanniksi Radar, eli *radio detection and ranging*), keksittiin ennen toista maailmansotaa, ja sitä on siitä lähtien käytetty lentokoneiden ja laivojen sijainnin, nopeuden ja suunnan seuraamiseen. Mercedes-Benz toi tutkan autoihin vuonna 1999 tukeakseen autojen mukautuvaa nopeusominaisuutta. Tutkatekniikka voidaan jakaa lähettimeen ja vastaanottimeen. Lähetin lähettää radioaaltoja kohdistettuun suuntaan, ja nämä radioaallot heijastuvat saavuttaessaan minkä tahansa merkittävän kohteen. Vastaotin poimii heijastuneet aallot, ja niitä analysoimalla se kykenee tunnistamaan kohteen sijainnin, nopeuden, ja suunnan. Tutkan suurin vahvuus on se, että näkyvyys tai valaistus eivät vaikuta radioaaltojen lähetykseen. Siksi tutkan suorituskyky on tasainen kaikissa ympäristöolosuhteissa. Tutkajärjestelmää on käytetty hätäjarrutuksen oletusanturina, koska se pystyy havaitsemaan ja ennustamaan ajoneuvon tielle tulevia liikkuvia kohteita. Vaikka radioaallot ovat erittäin tarkkoja kohteiden havaitsemisessa, kameraan verrattuna tutka on suhteellisen heikko mallintamaan kohteen tarkkaa muotoa. Tämän takia järjes-

telmä ei ehkä kykene tunnistamaan tarkalleen, mikä objekti on. Tutkajärjestelmä ei esimerkiksi kykene normaalisti erottamaan polkupyöriä moottoripyöristä, vaikka sillä ei ole ongelmaa määrittää niiden nopeuksia (AUTOCRYPT, 2021).

Kolmas yleisesti käytetty anturityyppi on tässäkin tutkimuksessa käsitelty LiDAR eli valotutka. Valotutka käyttää laservaloja radioaaltojen sijaan. Näkymättömät laservalot laukaistaan ajoneuvon ympärille, jonka jälkeen järjestelmä laskee heijastimen etäisyyksien heijastusajan ja kykenee näin laskemaan etäisyyden heijastaviin kohteisiin. Valotutkaa voidaan pitää tutkan edistyneempänä versiona. Sen tunnistusalue on jopa 100 metriä, ja laskentavirhe alle kaksi senttimetriä. Se kykenee mallintamaan erittäin tarkan 3D-kuvan ympäristöstä. Kuten tavallisessa tutkassa, huonot sääolosuhteet eivät vaikuta valotutkan toimimiseen. Koska valotutka joutuu laskemaan satoja pisteitä ympäristöstä jatkuvasti, se vaatii huomattavan määrän laskentatehoa verrattuna tutkaan ja kameraan. Tämä tekee valotutkasta alttiin järjestelmä- ja ohjelmistohäiriöille. Ohjelmiston kehittyneisyydestä ja tarvittavista laskentaresursseista johtuen valotutka on myös kallein näistä kolmesta vaihtoehdosta (AUTOCRYPT, 2021).

Teknologian kehityksiä ja sen suomia mahdollisuuksia hyödynnetään siis yhä enemmän liikenteen automatisoinnissa. Tesla on yksi tunnetuimmista sähköautojen sekä automaattiohjausta hyödyntävien autojen valmistajista. Uusissa Tesla-autoissa hyödynnetään teknologiaa pyrkimyksenä parantaa turvallisuutta ja ajokokemusta. Kaikissa huhtikuusta 2019 lähtien valmistetuissa uusissa Tesla-autoissa on Autopilot-järjestelmä, joka sisältää liikennettä havainnoivan vakionopeudensäätimen ja automaattiohjauksen. Kaikissa uusissa Tesla-autoissa on varusteena myös 8 ulkoista kameraa ja tehokas konenäköjärjestelmä, jotka lisäävät turvallisuutta. Autopilot on joukko kuljettajaa avustavia järjestelmiä, joiden tarkoitus on tehdä ajamisesta turvallisempaa ja huolettomampaa. Autopilot -järjestelmiä on eritasoisia. Jokaisessa Autopilot -järjestelmässä kuljettajan on kuitenkin pidettävä kädet ohjauspyörällä ja oltava valmis ottamaan auto hallintaansa milloin tahansa. Autopilot ei siis vapauta kuljettajaa ohjaustehtävästä (Tesla, 2023).

Käsitellään seuraavaksi Tesla-autoja ja niiden apujärjestelmiä havainnollistavien kuvien avulla. Tesla-autoissa hyödynnetään kehittyntä anturitekniikkaa, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että kahdeksan kameraa ja tehokas konenäköjärjestelmä tuottavat 360 asteen näkyvyyden jopa 250 metrin päähän. Taaksepäin osoittaa yhteensä kolme ja eteenpäin viisi kameraa (Tesla, 2023). Seuraavassa kuvassa (*kuva 4*) on havainnollistettu Tesla-auton kameroita, käyttötarkoituksia ja niiden enimmäisetäisyyksiä.



Kuva 4. Kehittynyt anturitekniikka (kuvakaappaus Teslan sivuilta, https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot, 2022)

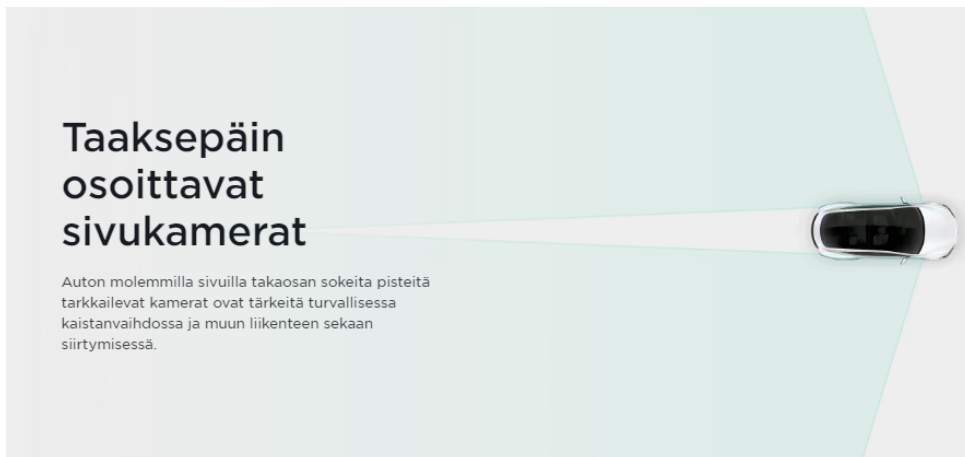
Jokaisella kameralla on siis oma tehtävänsä, ja niillä on erilaisia ominaisuuksia. Alla olevissa kuvissa (kuvat 5–8) selitetään, mikä kunkin kameran tarkoitus on.



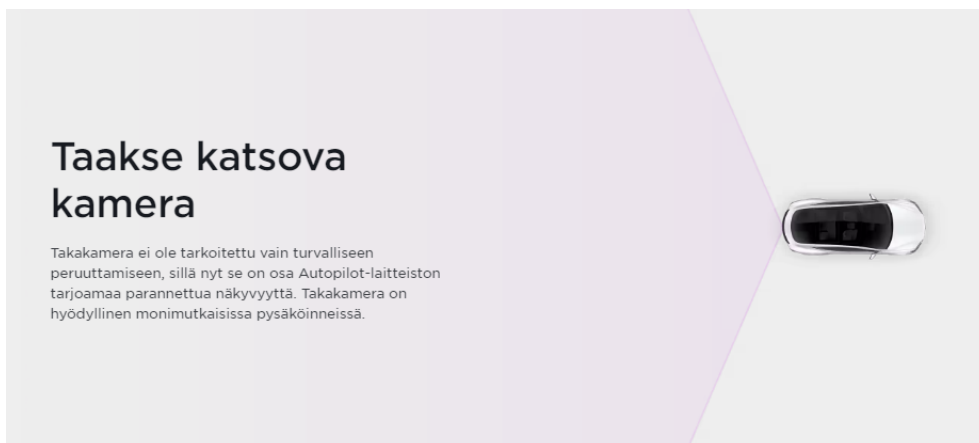
Kuva 5. Laaja- ja kapea-alaisten kamerat ja pääkamera (kuvakaappaus Teslan sivuilta, https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot, 2022)



Kuva 6. Eteenpäin osoittavat sivukamerat (kuvakaappaus Teslan sivuilta, https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot, 2022)



Kuva 7. Taaksepäin osoittavat sivukamerat (kuvakaappaus Teslan sivuilta, https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot, 2022)



Kuva 8. Taakse katsova kamera (kuvakaappaus Teslan sivuilta, https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot, 2022)

Kamerat ovat siis kohdistettu havaitsemaan asioita eri puolilta autoa, ja niillä on kaikilla omat tarkoituksensa. Edellä olevat kuvat osoittavat tarkasti kunkin kameran kattaman alueen ja sen, miksi kamera on kohdennettu juuri tälle alueelle.

3 KIRJALLISUUSKATSAUS

Edellä käsiteltiin sitä, miten automaattinen ja autonominen ajaminen ovat kehittyneet vuosien varrella. Tässä kappaleessa käsitellään varsinaista tutkimusta, eli automatisoituvan liikenteen haasteita ja mahdollisuuksia.

Autonominen ajaminen toimii tekoälyalgoritmien varassa. Se tarkoittaa sitä, että autonomiset ajoneuvot turvautuvat useisiin sensoreihin. Kalansilmäkamerat laajentavat näkymää, kun taas muut kamerat toimivat kuten ihmissilmä. Infrapunasensori kerää lämpösignaaleja, ja tutka näkee sumun ja sateen läpi. Valotutka (LiDAR) taas tunkeutuu pimeään läpi (Science Daily, 2021).

Automatisoituvalla liikenteellä uskotaan olevan inhimillisiä virheitä vähentäviä vaikutuksia liikenteessä. Tämän uskotaan auttavan onnettomuuksien välttämiseksi. Automaation vaikutuksista on kuitenkin vielä vähän tutkimustuloksia. Aiheesta kaivataankin uusia kokeiluja potentiaalisten hyötyjen varmistamiseksi, ja sen lisääntymisen tuomien haasteiden tunnistamiseksi ja ratkaisemiseksi (Traficom, 2021). Voimassa oleva tieliikennelainsäädäntö mahdollistaakin automaattiautokokeilut Suomessa, ja niistä kiinnostuneet tai niitä suunnittelevat tahot voivat olla yhteydessä Traficomiin. Automaattiautojen testaamiseen liikenteessä tarvitaan kuitenkin Traficomilta haettava koenumero-todistus (Traficom, 2018).

Automaattiajamisella on merkittävä potentiaali, sillä noin 90 prosentissa onnettomuuksista on ihminen vähintään osasyynä. Automaattiajaminen myös lisää tehokkaampaa liikkumista. Teknologian kehityksiä ja sen suomia mahdollisuuksia on kuitenkin hankala ennakoida, ja lähivuosien kehitys usein yliarvioidaan (Pilli-Sihvola, 2014, 10–12).

Kameroiden lisäksi Tesla-autoissa hyödynnetään aiemmin mainittua Autopilot-järjestelmää. Järjestelmän tarkoitus on tehdä Tesla-autosta turvallisempi ja suorituskykyisempi. Se mahdollistaa auto-kaistalla automaattisen ohjauksen, kiihdytyksen ja jarrutuksen. Sen avulla on myös mahdollista navigoida. Tämä tarkoittaa sitä, että Autopilot optimoi auton reittiä ehdottamalla kaistanvaihtoja. Se tekee myös muutoksia ajolinjoihin, jotta auto ei jäisi hitaiden autojen tai kuorma-autojen taakse. Navigointi Autopilotilla myös ohjaa autoa automaattisesti moottoritien liittymiä kohti määränpään mukaan (Tesla, 2023).

Kamerat siis havainnoivat esimerkiksi tielle odottamattomasti tulevia esteitä ja autoja, parantavat turvallisuutta saapuessa risteyksiin, avustavat pysäköinnissä ja mahdollistavat ajoneuvon itsenäisen kaistanvaihdon.

3.1 Haasteet

3.1.1 Moraalikoneen kehittämisen haasteet

Yksi itseohjautuvien ajoneuvojen haasteista on niiden moraalikoneen kehittäminen. Katri Mattila käsittelee aihetta maisterintutkielmassaan *”Itseohjautuvan auton moraalikoneen kehittämisen haasteet”* (2022). Itseohjautuvien autojen kehittyessä oletetaan, että ne kykenevät käyttäytymään tielikenteessä turvallisemmin kuin ihmiskuljettajat. Itseohjautuva järjestelmä kykenee käsittelemään

tietoa nopeammin kuin ihminen, mutta onnettomuustilanteiden aiheuttamat moraaliset ongelmat ovat asia erikseen. Oikeudenmukaisesti toimivaa järjestelmää ei ole helppo rakentaa. Moraaliset ongelmat nousevat esille tilanteessa, jossa itsestään ohjautuvan auton tulee päättää, miten toimia onnettomuuden sattuessa. Kun kyseessä on hengenvaarallinen tilanne, on vaikea ohjelmoida miten auton tulisi toimia. Mattilan mukaan samoja ongelmia on pohdittu moraalikonekokeen ja ADC-mallin kautta, jossa käyttäjät ovat vastanneet, miten itseohjautuvan auton tulisi toimia ongelmatilanteessa. Käyttäjiltä saatuja vastauksia analysoimalla voidaan päätellä, miten itseohjautuvalle autolle voitaisiin ohjelmoida inhimillinen moraalikäsittely ja intuitio. Itseohjautuvaa teknologiaa kohtaan on myös huomattu selkeää vastarintaa sekä ennakkoluuloja käyttäjien osalta. Tämä vaikuttaa uuden teknologian käyttöönotossa (Mattila, 2022).

3.1.2 Muun liikenteen seuranta ja jalankulkijat

Muiden liikenteenkäyttäjien seuranta on erittäin tärkeä tehtävä autonomisessa ajossa. Tarkastellaan esimerkiksi ajoneuvon jarrutusmatkaa, joka kasvaa neliöllisesti sen nopeuden myötä. Jarrutusmatkan takia mahdolliset törmäykset muihin liikenteenkäyttäjiin tulee havaita ajoissa. Tämä on mahdollista vain tulevaisuuden kehityskulkujen hyvillä ennusteilla. Jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden osalta käyttäytymisen ennustaminen on erityisen vaikeaa. Siksi ihmisillä on taipumus ajaa varovaisemmin jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden lähetyvillä. Vastaavasti seuranta ja kevyen liikenteen tunnistaminen mahdollistaa ajoneuvon nopeuden mukauttamisen vastaavasti. Lisäksi muiden autojen seuranta voidaan käyttää automaattiseen etäisyyden hallintaan ja ennakoimaan varhaisessa vaiheessa heidän mahdolliset ajoliikkensä. Seurantajärjestelmien on selviydyttävä erilaisista haasteista, kuten sekavista tilanteista ja liikkeen monimuotoisuudesta. Myös saman objektin erilaisten ilmentymien havaitseminen, erityisesti samanlaisten objektien seurassa, on haastavaa. Sen lisäksi, että erottelevan tiedon puuttuminen johtuu samankaltaisuuksista muiden objektien kanssa, saman objektin esiintymät eivät välttämättä näytä riittävän samanlaisilta yhdistettäväksi eri aikavaiheissa. Usein esineet ovat osittain tai kokonaan muiden esineiden peittämiä (Janai ym. 2021, 69).

Jalankulkijoiden käyttäytyminen on usein epäloogista, ja kommunikointi heidän kanssaan voi olla avainasemassa päätöksen teossa. Toinen haaste on liikenteeseen sulautuminen ja muiden ajoneuvojen kanssa kommunikoiminen. Luotettava jalankulkijoiden havaitseminen on erityisen haastavaa, sillä jalankulkijoiden liikkeet vaihtelevat paljon, heillä on erilaisia vaatteita ja he voivat olla monissa erilaisissa asennoissa. Vaatteiden ja asentojen vaihtelun vuoksi jalankulkijoiden ulkoasut siis vaihtelevat paljon. Lisäksi jalankulkijoiden vuorovaikutus keskenään sekä muiden kanssaliikkujien kesken aiheuttaa usein hankaluuksia. Tätä ongelmaa on tutkittu perusteellisesti esimerkiksi edistyneissä kuljettajaa avustavissa järjestelmissä liikenneturvallisuuden lisäämiseksi. Jalankulkijoiden suojojärjestelmät (Pedestrian protection systems eli PPS) havaitsevat paikallaan olevien ja liikku-

vien ihmisten läsnäolon liikkuvan ajoneuvon ympärillä varoittaakseen kuljettajaa vaarallisista tilanteista. Vaikka kuljettaja voi silti käsitellä ohitettuja PPS-havaintoja, autonominen auto tarvitsee virheettömän jalankulkijoiden tunnistusjärjestelmän, joka on kestävä kaikissa sääolosuhteissa ja tehokas reaaliaikaisessa havaitsemisessa (Janai ym. 2021, 69–70).

3.2 Semanttinen segmentointi ja objektien tunnistaminen

Semanttinen segmentointi on syväoppimisalgoritmi, joka yhdistää tunnisteiden tai luokan jokaiseen kuvan pikseliin (kuva 9). Sitä käytetään tunnistamaan kokoelma pikseleitä, jotka muodostavat erilliset kategoriat (MathWorks).



Kuva 9. Semanttinen segmentointi (MathWorks, <https://www.mathworks.com/solutions/image-video-processing/semantic-segmentation.html>). Kuvassa algoritmi tunnistaa tien ja merkkää sen vihreällä värillä, kun taas tunnistetut ajoneuvot sinisellä värillä.

Semanttinen segmentointi on tietokonenäön perusongelma ja välitavoite korkeamman tason tehtävien, kuten tilanteiden ymmärtämisen ja sensorimotorisen ohjauksen ratkaisemisessa. Semanttisen segmentoinnin tavoitteena on määrittää jokaiselle kuvan pikselille siis tunniste ennalta määrätystä luokkien joukosta. Kuvien segmentointi semanttisiin alueisiin, joita tyypillisesti esiintyy katukuvassa, kuten autoissa, jalankulkijoissa tai tiellä, mahdollistaa kattavan ymmärryksen ympäristöstä. Tämä on välttämätöntä autonomiselle navigoinnille. Tehtävä on vaikea tilanteiden monimutkaisten objektirajojen, pienten esineiden ja tunnistettavan alueen suuren koon vuoksi (Janai ym. 2021, 85).

3.3 Ilmentymän segmentointi ja objektien paikantaminen

Ilmentymän segmentoinnin tavoitteena on samanaikaisesti havaita, segmentoida ja luokitella jokainen yksittäinen objekti kuvassa. Toisin kuin semanttinen segmentointi, tämän tehtävän ratkaisu tarjoaa tietoa yksittäisten objektien sijainnista, semantiikasta, muodosta ja lukumäärästä, ja siksi sillä on monia käyttötarkoituksia autonomisessa ajamisessa. Ilmentymän segmentointi on paljon vaikeampi tehtävä kuin semanttinen segmentointi. Jokainen ilmentymä on merkittävä huolellisesti erikseen, kun taas semanttisen luokan ryhmät voidaan merkitä yhteen, jos ne esiintyvät vierekkäin. Lisäksi ilmentymien määrä ja koko vaihtelee suuresti. Autonomisessa ajamisessa hyödynnetään usein laajaa näkymää, jolloin suuri määrä ilmentymiä näyttää kuvassa melko pieniltä. Tämä tekee niiden havaitsemisesta haastavaa. Ilmentymän segmentoinnissa järjestelmän on pääteltävä jokaisen objektin tarkka muoto. Tämä on erityisen haastavaa kaupunkiympäristössä. Tämän ongelman kanssa kamppaillaan edelleen (Janai ym. 2021, 107).

3.3.1 Huonot sääolosuhteet

Yksi suurista haasteista on täysin automaattisten ajoneuvojen toimiminen huonoissa sääolosuhteissa. Erityisesti lumi sekoittaa tärkeitä anturitietoja, jotka auttavat ajoneuvoa mittaamaan etäisyyttä, löytämään esteitä ja pysymään oikealla kaistalla. SPIE Defence and Commercial Sensing 2021 -tapahtumassa Michiganin teknillisen yliopiston tutkijat keskustelivat ratkaisuista lumisiin ajoskenaarioihin, jotka voisivat auttaa autonomisten ajoneuvojen käyttöä lumisissa kaupungeissa, kuten Chicagossa, Detroitissa, Minneapolisissa ja Torontossa. (ScienceDaily, 2021).

3.3.2 Lainsäädäntö

”Ajoneuvon ja ajoneuvoyhdistelmän on oltava liikenteeseen soveltuva ja rakenteeltaan, varusteiltaan, kunnoltaan ja muilta ominaisuuksiltaan turvallinen. Ajoneuvon ja ajoneuvoyhdistelmän rakenne, varusteet, ulkopuolinen muoto ja materiaali eivät saa aiheuttaa vaaraa.

Ajoneuvon ja ajoneuvoyhdistelmän on oltava tavanomaisissa ajotilanteissa helposti hallittavissa. Hallintalaitteiden on oltava rakennettu ja sijoitettu niin, että niiden käyttö ajon aikana on helppoa ja turvallista. Hallintalaitteet, mittarin ja merkkivalot eivät saa poiketa muiden samaan luokkaan kuuluvien ajoneuvojen järjestelmistä siinä määrin, että siitä aiheutuu haittaa tai vaaraa (Ajoneuvolaki 15.1.2021/82)”. Ajoneuvon, oli se sitten automaatiota hyödyntävä tai täysin manuaalinen, tulee siis olla sellainen, että se on helposti kuljettajan hallittavissa. Suomen tämänhetkinen lainsäädäntö ei siis luonnollisesti salli täysin autonomisia ajoneuvoja, vaan kuljettajan on kyettävä ottamaan ajoneuvo hallintaansa.

Automaatioajoneuvojen kehitys jatkuu, ja samaan aikaan automaatiota koskevaa lainsäädäntötyötä tehdään usealla taholla. Myös Suomessa on käynnistynyt tieliikenteen automaation sääntelyhanke (LVM032:00/2021). *”Tavoitteenamme on, että tulevaisuuden tieliikenteen automaatio olisi turvallista, käyttäjäystävä ja sen kehitystyötä ohjaisivat eettiset periaatteet”*, kirjoittaa Traficom Ajokortit ja tutkinnot -palvelukokonaisuuden erityisasiantuntija Elina Uusitalo (Traficom, 2022).

EU:ssa laaditaan parhaillaan yhteistä sääntelyä tekoälylle (Euroopan parlamentti, 2019). Haasteita riittää sekä tietoturvallisuusasioissa että eettisissä kysymyksissä. Teknologian kehitys on niin nopeaa, että lainsäädäntö laahaa perässä. EU:n on tehtävä yhteistyötä jäsenmaiden kanssa varmistukseen yhteneväiset lait, jotta voidaan taata kansalaisten luottamus itseohjautuviin autoihin (Buben ym. Robologi, 2022).

Tesla-autoissa on tarvittava laitteisto, jotta ne pystyvät tulevaisuudessa ajamaan täysin itsestään lähes kaikissa olosuhteissa. Jotkin toiminnot edellyttävät suuntavilkkujen käyttöä. Jotta toimintoja voitaisiin käyttää ilman valvontaa, on niiden oltava usean miljardin testikilomerin perusteella paljon luotettavampia, kuin ihmiskuljettajat. Niiden on myös oltava viranomaisten hyväksymiä, ja sen saamisessa voi kestää joillakin alueilla kauemmin kuin toisilla (Tesla, 2023).

3.3.3 Haasteet Suomen näkökulmasta

Suomessa vallitsevat erityisolosuhteet hankaloittavat automaattiajamista. Teiden liukkaus ja tienpinnan kitkan laskeminen lähelle nollaa ovat asioita, joita tuskin on otettu huomioon automaattisten autojen tekniikassa. Liukkauden reaaliaikainen mittaaminen ajoneuvossa on osoittautunut haasteelliseksi. Jos tie on liukas, jarrutus on aloitettava paljon aikaisemmin kuin kesäkelillä. Tieto liukkaasta risteyksestä pitäisi tulla osittain taustajärjestelmistä, sillä sen pitää olla käytettävissä ennen kitkan pienenemistä renkaiden alla. Myös tiemerkinnot ja liikennemerkkit ovat talvisäällä usein näkymättömissä. Näistä syistä automaattiajaminen rajoittuneekin ainakin aluksi enimmäkseen kesäkuukausiin (Innamaa ym. 2015, 22).

3.4 Mahdollisuudet

3.4.1 Liikenneturvallisuus

Autonomisten autojen potentiaalisia hyötyjä katsotaan usein olevan parempi tieliikenneturvallisuus, liikenneriikkomusten vähentyminen, sekä vähentyneet infrastruktuuri- ja kuljetuskustannukset. Vuonna 2017 Yhdysvalloissa kuoli yli 40 000 ihmistä liikenneonnettomuuksissa, jotka olivat ihmisten ohjaamina (Ennakointiakatemia, 2021). Jos tuota lukua voidaan pienentää automatisoimalla liikennettä, on se yksi hyvistä asioista, joita liikenteen automatisoituminen tuo tullessaan.

Noin 95 prosentissa Euroopan Unionin alueella tapahtuvista auto-onnettomuuksista on inhimillinen virhe mukana. Tämä johtaa vuosittain tuhansiin kuolonuhreihin. Itseohjautuvat autot ja rekat voivat vähentää liikenteen uhrien määrää merkittävästi, ja parantaa siten tieturvallisuutta. Teknologian avulla on mahdollista myös vähentää ruuhkia, parantaa liikkuvuutta vanhuksille ja liikuntaesteisille, sekä vähentää ilmansaasteiden määrää. Tämän lisäksi itseohjautuvien autojen markkinoiden odotetaan kasvavan eksponentiaalisesti, ja tämä luo lisää työpaikkoja, sekä arvioiden mukaan 620 miljardin euron tuotot Euroopan Unionin autoteollisuudelle vuoteen 2025 mennessä, ja 180 miljardin tuotot elektroniikkateollisuudelle (Euroopan Parlamentti, 2019).

Automaation kehittämisellä on suuri potentiaali. Monilta onnettomuuksilta voidaan säästyä, jos inhimilliset tekijät saadaan pois. Sillä, että ajamista automatisoidaan, uskotaan voitavan vähentää inhimillisiä virheitä (Traficom, 2018).

Autonomisten autojen potentiaalisia hyötyjä katsotaan usein olevan parempi tieliikenneturvallisuus, liikenne rikkomusten vähentyminen, sekä vähentyneet infrastruktuuri- ja kuljetuskustannukset (Ennakointiakatemia).

3.4.2 Autonominen pysäköintipalvelu

Bosch julkaisi 30.11.2022 tiedotteen, jonka mukaan Saksassa on virallisesti hyväksytty maailman ensimmäinen asiakaskäytössä oleva täysin automatisoitu pysäköintipalvelu, jossa auto ajaa itsensä. Palvelu toimii siten, että järjestelmä hakee ajoneuvon, pysäköi sen, ja palauttaa täysin itsenäisesti. Järjestelmän ovat kehittäneet Bosch ja Mercedes-Benz. Se, että pysäköintijärjestelmä on viranomaisten hyväksymä, on merkittävä etappi matkalla kohti täysin autonomista ajamista. Palvelu sijoittuu SAE-asteikon autonomian tasolle neljä, eli toiseksi ylimmälle tasolle. Tämä vapauttaa aikaa kuljettajille, sillä heidän ei täten tarvitsi käyttää aikaa ahtaissa parkkihalleissa ajelemiseen ja parkkipaikan etsimiseen. Palvelu on käytössä Stuttgartin lentoaseman P6-pysäköintihallissa, mutta Bosch Mobility Solutions -liiketoimintayksikön johtaja Markus Heyn kertoo, että heidän tavoitteensa on varustaa lähivuosina satoja pysäköintihalleja automatisoituun pysäköintiin tarvittavalla teknologialla. Palvelua voi käyttää Mercedes Benzin S- ja EQS-sarjan ajoneuvot, jotka on rakennettu heinäkuun 2022 jälkeen ja varustettu INTELLIGENT PARK PILOT2 -palvelulla (Bosch). Tämä on loistava esimerkki siitä, miten liikenteen (tai tässä tapauksessa pysäköinnin) automatisointi säästää aikaa ja helpottaa ihmisten arkea (Bosch, 2022).

3.4.3 Kohtaaminen poliisin kanssa

Waymo on Googlen projekti kehittää itsestään ajava auto (Waymo). Waymon hätätoimioppaan mukaan niiden itseajavat ajoneuvot tunnistavat takanaan ajavan hälytysajoneuvon havaitsemalla niiden ulkomuodon, sireenit, sekä hälytysvalot. Waymon ajoneuvot on suunniteltu pysähtymään tällaisessa tilanteessa tien sivuun, kun ne ovat löytäneet turvallisen paikan (Kustom Signals, Inc).

4 TUTKIMUKSEN TULOKSET JA ANALYYSI

Itsestään ajavat ajoneuvot ovat kehittyneet huomattavasti viimeisen sadan vuoden aikana. Automaattinen ajaminen ja täysin autonomisesti toimivat järjestelmät ja ajoneuvot tuovat merkittävästi mahdollisuuksia, ja niiden voidaan olettaa kasvavan tulevaisuudessa. Mahdollisuuksien lisäksi ne tuovat lukuisia haasteita, jotka vaativat ratkaisua. Tässä kappaleessa käsitellään tutkimuksen tuloksia ja analysoidaan niitä. Kappale on jaettu alaotsikoihin tutkimuskysymysten mukaan.

4.1 Tutkimuskysymykset ja niiden tulokset

4.1.1 Miten automaattiset/autonomiset ajoneuvot ja etenkin autot ovat kehittyneet vuosien varrella?

Automaattiset ja autonomiset ajoneuvot ovat kehittyneet todella paljon esimerkiksi viimeisen vuosisadan aikana. Vuonna 1925 ensimmäinen radio-ohjattava kuljettajaton ajoneuvo kulki New Yorkin Broadwaylla toisen ajoneuvon seuraten sitä, nykyään esimerkiksi Googlen Waymo -auto kykenee ajamaan itsenäisesti, havaitsemaan hälytysvalot ja pysäyttämään ajoneuvon turvalliseen paikkaan. Toisena esimerkkinä voidaan käyttää sitä, kun vuonna 2004 DARPA:n järjestämässä automaattisen ajon kilpailussa yksikään ajoneuvo ei läpäissyt reittiä, niin vuonna 2005 jo viisi ajoneuvoa kykeni siihen. Vuosien varrella tapahtuneen kehityksen voidaan katsoa olevan eksponentiaalista.

4.1.2 Mitä haasteita automatisoituva liikenne on tuonut/tulee tuomaan?

Tutkimustulosten mukaan yleisimpiä haasteita olivat huonot sääolosuhteet (kuten sanka lumisade ja liukkaat tiet), itsestään ajavan ajoneuvon moraalikoneen kehittäminen, sekä kommunikoiminen kevyen liikenteen kanssa ja reagoiminen heidän mahdollisesti epäloogisiin liikkeisiinsä. Autonomisten ajoneuvojen haaste, jonka painoarvoa korostettiin useassa lähteessä, oli jalankulkijoiden virheetön tunnistusjärjestelmä, joka toimisi kaikissa sääolosuhteissa. Semanttinen segmentointi ja ilmentymän segmentointi, eli objektien havaitseminen ja niiden paikantaminen, ovat haasteita, joiden kanssa kamppaillaan edelleen. Monimutkaisten tilanteiden havaitseminen ja niissä toimiminen on myös haastavaa, sillä tilanteen saattavat vaihdella hyvinkin paljon, ja pienilläkin yksityiskohdilla voi olla suuri merkitys. Huonot sääolosuhteet nousevat erityisen isoksi haasteeksi maissa, joissa

sääolosuhteet saattavat olla hyvinkin vaikeat, kuten Suomessa. Haastavaa on myös niin luotettavan ja varman järjestelmän kehittäminen, että se kykenee toimimaan täysin itsenäisesti ilman sitä mahdollisuutta, että järjestelmä menee oikosulkuun tai kaatuu ja aiheuttaa näin mahdollisia ongelma- ja vaaratilanteita.

Automaattisen ajamisen on siis tuonut useita haasteita niin teknologian, lainsäädännön, turvallisuuden kuin yksityisyyden suojan osalta. Sitten kun järjestelmät ja teknologia ovat sillä tasolla, että autonomisiin ajoneuvoihin voidaan luottaa sokeasti ja ne pystytään hyväksymään liikennekäyttöön viranomaisten toimesta, tuo se todella paljon mahdollisuuksia. Tähän pisteeseen pääseminen kuitenkin edellyttää, kuten Teslan internet-sivuilla kirjoitettiin, ”*miljardeja testikilometrejä*”. Yhtenäisen linjan säätäminen Euroopan Unionissa on myös prosessi, jonka voidaan olettaa vievän paljon aikaa ja vaativan useita kokeita, kokouksia ja muuta taustatyötä.

4.1.3 Mitä lainsäädännöllisiä ongelmia liikenteen automatisoituminen tuo?

Suomen tämänhetkisen lainsäädännön mukaan ajoneuvon tulee olla sellainen, että se on tavanomaisissa ajotilanteissa helposti hallittavissa. Kuljettajan on kyettävä ottamaan ajoneuvo hallintaansa, eikä laki siis salli täysin autonomisia ajoneuvoja. Teknologian kehitys on todella nopeaa, joten lainsäädäntö laahaa perässä. Euroopan Unionissa laaditaankin tällä hetkellä yhtenäistä sääteleyä tekoälylle, ja haasteita riittää esimerkiksi tietoturva-asioissa ja eettisissä kysymyksissä. Yhtenä lainsäädännöllisenä haasteena voidaan katsoa olevan tässäkin tutkimuksessa käsitelty moraalikone ja sen kehittäminen.

4.2 Mahdollisuudet

4.2.1 Liikenneturvallisuus

Liikenteen automatisointi voisi parantaa liikenneturvallisuutta huomattavasti. Tutkimustulosten mukaan noin 95 prosenttia Euroopan Unionin alueella tapahtuvista auto-onnettomuuksista on sellaisia, jotka ovat ainakin osittain inhimillisestä virheestä johtuvia, ja nämä kolarit johtavat vuosittain tuhansiin kuolonuhreihin. Euroopan Parlamentin mukaan itsestään ohjautuvat autot ja rekat voisivat vähentää liikenteen uhrien määrää merkittävästi. Tämä on yksi mahdollisuuksista, joka automatisoidussa liikenteessä on. Automatisoituvan liikenteen positiivinen vaikutus liikenneturvallisuuteen on siis yksi suurimmista mahdollisuuksista. Jos päästään siihen tilanteeseen, että liikenne olisi täysin autonomista, eivätkä järjestelmät tekisi lainkaan virheitä, ei liikenneonnettomuuksia sattuisi lainkaan. Vaikka ajoneuvot eivät saavuttaisikaan täyttä autonomiaa, niin kuljettajaa avustavien järjestelmien kehitys ja siten inhimillisten virheiden määrän laskeminen on suuri askel kohti parempaa liikenneturvallisuutta.

4.2.2 Ajokokemuksen paraneminen

Täysin autonominen ajoneuvon parkkeeraaminen säästää runsaasti aikaa kuljettajalta, mutta jo alemman tasoisen automaatio mukavoittaa ajamista huomattavasti. Vaikka nämä vaikutukset eivät välttämättä ole suoranaisesti yhteydessä liikenneturvallisuuteen, on sillä kuljettajan ajokokemusta parantavia vaikutuksia. Jos kuljettaja voi keskittyä paremmin liikenteeseen auton huolehtiessa osasta ajoon vaadittavista asioista, olisi looginen johtopäätös se, että tarkkaavaisuuden lisääntyessä inhimillisten virheiden määrä vähenisi.

5 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, mitä haasteita ja mahdollisuuksia liikenteen automatisoituminen ja itsestään ajavat ajoneuvot ovat tuoneet ja tulevat tulevaisuudessa tuomaan. Tarkoituksena oli myös käsitellä niissä käytettävää teknologiaa sekä sitä, miten se on kehittynyt vuosien varrella. Aloitin opinnäytetyön käsittelemällä tekoälyn sekä itsestään ajavien ajoneuvojen (pääosin autojen) historiaa ja kehityskaarta. Itse opinnäytetyön toteutin tekemällä kirjallisuuskatsauksen, jossa valitsin muutaman autonomista ajamista käsittelevän kirjan, sekä useita tieteellisiä lähteitä internetistä. Käytin opinnäytetyössäni lähteinä myös Euroopan parlamentin julkaisuja, Euroopan komission julkaisuja, Valtioneuvoston julkaisua, Liikenne- ja viestintäviraston julkaisuja, Suomen lakia, sekä erinäisiä tutkimuksia ja artikkeleita.

5.1 Oma näkökulma ja ajatuksia

Liikenteen automatisoitumisessa on mielestäni valtava potentiaali. Sen avulla tullaan tulevaisuudessa todennäköisesti säästämään runsaasti sekä resursseja että aikaa. Se, että ihmiskuljettajien tekemät virheet voitaisiin poistaa kokonaan, parantaisi liikenneturvallisuutta merkittävästi. Tämä vaatii kuitenkin sen, että ajojärjestelmä kykenee tilanteessa kuin tilanteessa tekemään paremman ratkaisun, kuin ihminen. Poliisin näkökulmasta aihetta tarkastellessa keskiöön nousee ajatukset liikenneturvallisuudesta, liikenneonnettomuuksista, vastuukysymyksistä, sekä oikeudellisista haasteista. Varsinaista kokemusta aiheesta on kuitenkin vasta vähän.

On olemassa useita tapauksia, joissa Teslan Autopilot -toiminnolla ajanut Tesla-auto on törmännyt edessä olevaan ajoneuvoon, usein moottoripyörään. Onkin käyty keskustelua siitä, miksi Teslat eivät ole havainneet edessään ajavia moottoripyöriä. Arvioiden mukaan Teslan järjestelmä ei mahdollisesti ole tunnistanut edessään olevaa kohdetta moottoripyöräksi, vaan saattanut luulla sen olevan kauempana edessä ajava auto. Teslan Autopilot -järjestelmästä ei pitäisikään puhua autonomisen ajamisen järjestelmänä, vaan kyseessä on ajoa avustava ratkaisu, ja vastuu on aina kuljettajalla.

Itsestään ajavan ajoneuvon pysäyttämistä en löytänyt juurikaan tieteellisiä lähteitä, vaikkakin aiheesta käydään paljon keskustelua. Ainoa lähde, jonka löysin, käsitteli Waymon (Googlen) itsestään ajavaa autoa, ja sitä, miten se havaitsee hälytysajoneuvot ja pyrkii pysäyttämään auton tien laitaan turvalliseen paikkaan. Jos tulevaisuudessa kaikki ajoneuvot olisivat täysin autonomisia, ja ne kommunikoisivat keskenään, voitaisiinko näin välttää niiden yhteentörmäykset täysin? Olisiko mahdollista ottaa ajoneuvo hallintaan sen ulkopuolelta, ja pysäyttää se näin ja välttää takaa-ajotilanne? Nämä luonnollisesti vaikuttaisivat positiivisesti liikenneturvallisuuteen, ja lisäksi poliisin valmiuksia, mutta samalla heräisi kysymys yksityisyyden suojasta. Mihin asti ajoneuvojen seuraamisessa voidaan mennä? Millaiset valtuudet poliisilla olisi itsestään ajavia ajoneuvoja kohtaan?

5.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tehdessäni tutkimusta, pyrin hakemaan tietoa tieteellisistä lähteistä, kuten tutkimuskirjallisuudesta ja tutkijoiden julkaisemista tutkimustuloksista. Pyrin käyttämään uusia lähteitä, jotta niiden tiedot olisivat mahdollisimman ajantasaiset ja maailmankuva olisi verrannollinen nykyaikaan. Uskon käyttämäni tieteellisten ja virallisten lähteiden (tutkimuskirjallisuus, Euroopan parlamentti jne.) olevan luotettavia. Lehtiartikkeleiden luotettavuuteen en osaa ottaa kantaa, mutta pyrin aina varmistamaan tiedon useammasta kuin yhdestä lähteestä, mikäli mahdollista. Käytin lähteinä myös kansainvälisesti arvostettujen yliopistojen, kuten Harvardin yliopiston, julkaisemia artikkeleita, joten vaikka tieto onkin peräisin internetistä, uskon sen olevan hyvin luotettavaa. Uskon tutkimuksen reliabiliteetin olevan kohtalaisen hyvä. Tätä perustelen sillä, että käytin pääosin tieteellistä ja ajan tasalla olevaa lähdemateriaalia.

5.3 Tutkimuksen kehityskohteet

Jälkeenpäin ajateltuna suurimmat haasteet olivat itse opinnäytetyön aloittamisessa, tutkimuskirjallisuuden sekä tieteellisten löytämisessä ja niiden termistön ymmärtämisessä. Myös poliisin näkökulmaa oli kohtalaisten vaikea käsitellä, sillä poliisien kokemuksia itsestään ajavista ajoneuvoista ei löytynyt kovin paljon. Uskon, että aihe tulee olemaan erittäin ajankohtainen tulevien vuosikymmenten (ellei jopa vuosien) aikana. Automaatioajamisessa käytettävien järjestelmien ja teknologian ymmärtäminen oli myös haastavaa ilman syvempää tietämystä ja opiskelua, ja osa niihin liittyvistä kappaleista saattoi jäädä hieman pintapuolisiksi. Tekstin ymmärtäminen oli myös välillä hankalaa, sillä terminologia oli sellaista, että tiettyjä tekstejä ja sanoja joutui lukemaan useamman kerran ymmärtääkseen ne.

5.4 Itsearviointi

Suoriuduin opinnäytetyöprosessista kokonaisuudessaan kohtalaisen hyvin, vaikka sekä sen aloittaminen että tekeminen oli välillä työn takana. Opinnäytetyön tekeminen opetti minua todella paljon

niin tekoälystä, automatisoituvasta liikenteestä, kuin ylipäättään opiskeluun sitoutumisesta ja keskittymisestä. Kiinnostukseni tekoälyä ja tietotekniikkaa kohtaan kasvoi entisentään opinnäytetyötä tehdessä. Voin todeta, että valitsin sellaisen aiheen, joka kartoitti tietotaitoani automaattisesta jamiesta. Opinnäytetyöohjeen noudattaminen oli välillä hakusessa, mutta kertailtuani ohjetta sain mielestäni parannettua työn sisältöä ja ulkoasua huomattavasti. Onnistuin löytämään muutaman hyvän kirjan, jotka käsittelivät aihetta niin perusteellisesti, että niistä löytyi tarpeeksi tarvitsemaani tietoa. Tämän lisäksi löysin useita hyviä aihetta käsitteleviä internet-sivustoja, jotka täydensivät kirjoista saamaani tietoa, ja vastasivat niihin kysymyksiin, jotka jäivät uupumaan. Sain opinnäytetyön valmiiksi asettamani aikarajan puitteissa, ja tästä olen tyytyväinen. Löysin myös vastauksia niihin kysymyksiin, mihin halusin, mutta joidenkin asioiden kohdalla syvempi tietämys ja paneutuminen olisi ehkä tullut tarpeeseen.

LÄHTEET

AUTOCRYPT, 2021: Camera, Radar and LiDAR: A Comparison of the Three Types of Sensors and Their Limitations. Luettavissa:

<https://autocrypt.io/camera-radar-lidar-comparison-three-types-of-sensors/>

Automotive Stage, 2021: AUTONOMOUS VEHICLES: DAIMLER AND BOSCH IMPORTANT STEPS TOWARD AUTOMATED DRIVING. Luettavissa:

<https://automotivestage.com/daimler-and-bosch-autonomous-vehicles/>

Bosch, 2022: World First: Bosch and Mercedes-Benz's driverless parking system approved for commercial use. Luettavissa.

<https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/world-first-bosch-and-mercedes-benzs-driverless-parking-system-approved-for-commercial-use-248960.html>

Coppin, B. 2004: Artificial Intelligence Illuminated. Kanada, Jones & Bartlett Learning.

Ennakointiakatemia: Autonomiset ajoneuvot. Luettavissa:

<https://ennakointiakatemia.fi/ennakointi/logistiikka/autonomiset-ajoneuvot/> Luettu 28.01.2023.

Euroopan komissio, 2019: V-Charge – Autonomous Valet Parking and Charging for e-mobility.

Luettavissa:

<https://cordis.europa.eu/project/id/269916>

Euroopan parlamentti, 2019: itseohjautuvat autot pian todellisuutta EU:ssa. Luettavissa:

<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/economy/20190110STO23102/itseohjautuvat-autot-pian-todellisuutta-eu-ssa>

General Motors: 1956 Firebird II. Luettavissa:

<https://www.gm.com/heritage/collection/gm-concept/1956-firebird-II> Luettu 28.01.2023.

Hart, C. 2018: Doing a Literature Review: Releasing the Research Imagination (2nd Edition). Kalifornia, SAGE Publications.

Innamaa, S. & Kanner, H. & Rämä, P. & Virtanen, A. 2015: Automaation lisääntymisen vaikutukset tieliikenteessä. Traficom.

Luettavissa:

https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/20473-Trafi_tutkimuksia_01-2015_-_Automaatioajaminen.pdf

Janai, J. & Güney, F. & Behl, A. & Geiger, A. 2021: Computer Vision for Autonomous Vehicles: Problems, Datasets and State of the Art. Now Publishers Inc.

The KITTI Vision Benchmark suite. Luettavissa:

<https://www.cvlibs.net/datasets/kitti/> Luettu 28.01.2023.

KustonSignals Inc.: The Evolution of Self-Driving Cars & Their Policing. Luettavissa:

<https://kustonsignals.com/blog/the-evolution-of-self-driving-cars-their-policing> Luettu 28.01.2023.

MathWorks: Semantic Segmentation: 3 things you need to know. Luettavissa:

<https://www.mathworks.com/solutions/image-video-processing/semantic-segmentation.html> Luettu 28.01.2023.

Mattila, K. 2022: Itseohjautuvan auton moraalikoneen kehittämisen haasteet. Helsingin yliopisto.

Luettavissa:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/341922/itseohjautuvan_auton_moraalikoneen_kehittamisen_haasteet%20%284%29%20%281%29.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Petticrew, M. 2001: Systematic Reviews from Astronomy to Zoology: Myths and Misconceptions. British Medical Journal 322: 7278, 98-101.

Pilli-Sihvola, E. 2014: Älyliikenteen mahdollisuudet. Trafi. Luettavissa:

<https://docplayer.fi/3655466-Alyliikenteen-mahdollisuudet.html>

Pilli-Sihvola, E. 2016: Automaattiajamisen näkymät ja tarpeet. Trafi.

Luettavissa:

<https://docplayer.fi/52892646-Automaattiajamisen-nakymat-ja-tarpeet.html>

Puram, A. 2018: Hybrid vs. Autonomous Engines – What’s Better for Development? Techopedia. Luettavissa:

<https://www.techopedia.com/hybrid-vs-autonomous-engines-whats-better-for-development/2/33652>

Robologi, 2022: Itseohjautuvat autot moraalisisessa tienristeyksessä. Luettavissa:

<https://blogit.metropolia.fi/robologi/2022/01/06/itseohjautuvat-autot-moraalisessa-tienristeyksessa/>

Rockwell, A. 2017: The History of Artificial Intelligence. Harvard University. Luettavissa:

<https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>

Saha, S. 2018: A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks – the ELI5 way.

Luettavissa:

<https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>

Salminen, A. 2011: Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallinto-tieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopisto. Luettavissa:

https://www.uwasa.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

ScienceDaily, 2021: Driving in the snow is a team effort for AI sensors. Luettavissa:

<https://www.sciencedaily.com/releases/2021/05/210527172545.htm>

Schwesinger, U. & Burki, M. & Timpner, J. & Rottmann, S. & Wolf, L. & Paz, L. & Grimmett, H. & Posner, I. & Newman, P. & Hane, C. & Heng, L. & Lee, G. & Sattler, T. & Pollefeys, M. & Allodi, M. & Valenti, F. & Mimura, K. & Goebelsmann, B. & Derendarz, W. & Muhlfellner, P. & Wonneberger, S. & Waldmann, R. & Grysczyk, S. & Last, C. & Bruning, S. & Horstmann, S. & Bartholomäus, M. & Brummer, C. & Stellmacher, M., 2016: Automated Valet Parking and Charging for e-Mobility: Results of the V-Charge Project. Luettavissa:

https://www.robots.ox.ac.uk/~mobile/Papers/schwesinger_iv16_vcharge.pdf

Suursalmi, R. 2018: AUTOMAATTIAJAMISEEN VARAUTUMINEN VALTION TIEVERKOLLA.

Luettavissa:

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/155365/Suursalmi_Riku.pdf;jsessionid=6F0936666AB30DAA17989F6674339408?sequence=1

Tesla, 2023: Ajamisen tulevaisuus. Luettavissa:

https://www.tesla.com/fi_FI/autopilot

Traficom, 2018: Tieliikenteen automaatiokokeilut. Luettavissa:

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/tieliikenteen-automatiokokeilut>

Traficom, 2021: Verkkoutunut ja automatisoituva tieliikenne. Luettavissa:

<https://www.traficom.fi/fi/liikenne/liikennejarjestelma/verkkoutunut-ja-automatisoituva-tieliikenne>

Traficom, 2022: Mitä kuljettajalle tapahtuu automaation lisääntyessä: toimiiko ihmisen ja auton yhteispeli? Luettavissa:

<https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/blogit/mita-kuljettajalle-tapahtuu-automatation-lisaantyyessa-toimiiko-ihmisen-ja-auton>

VisLab: Proud Car Test 2013. Luettavissa:

<https://vislab.it/proud-car-test-en/> Luettu 28.01.2023.

Waymo: The World's Most Experienced Driver. Luettavissa:

<https://waymo.com/> Luettu 01.02.2023

The Writing Center, University of North Carolina at Chapel Hill: Literature Reviews. Luettavissa:

<https://writingcenter.unc.edu/tips-and-tools/literature-reviews/> Luettu 01.02.2023.

