

Petro Saario

ÄLYAUTOJEN NYKYTILANNE JA TULEVAISUUDEN  
HAASTEET

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
2019

# ÄLYAUTOJEN NYKYTILANNE JA TULEVAISUUDEN HAASTEET

Saario, Petro  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma  
Tammikuu 2019  
Sivumäärä: 34

Asiasanat: älyauto, liikenne, älyautojen tulevaisuus

---

Opinnäytetyössä käytiin yleisesti läpi älyautoilun nykyistä ja mahdollista tulevaisuuden tilannetta. Työn tavoitteena oli tutustua älyautoihin ja niiden ominaisuuksien hyviin ja huonoihin puoliin, sekä pohtia älyautoilun teoreettista tulevaisuutta ja kuinka älyautoihin kohdistuvaa epäluottamusta saataisiin vähenemään.

Aluksi käytiin läpi älyautoilun historiaa ja eri älyauton komponentteja, jonka jälkeen tutustuttiin älyautoihin liittyviin riskeihin ja niiden välttämiseen. Lopuksi käsiteltiin mahdollisia älyautoiluun tulevaisuudessa liittyviä asioita ja niiden vaikutusta ihmisten jokapäiväiseen elämään.

Työn lopputuloksena saatiin hyvin ajankohtainen käsitys siitä, missä vaiheessa älyautojen kehitys tällä hetkellä menee ja kuinka tulevaisuudessa älyautojen valmistajat voivat älyautojen luotettavuutta parantaa.

## CURRENT STATE AND FUTURE CHALLENGES OF SELF-DRIVING CARS

Saario, Petro

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Data Processing

January 2019

Number of pages: 34

Keywords: self-driving car, traffic, future of self-driving

---

In the thesis, the current and possible future situation of self-driving cars was generally reviewed. The point of the thesis was to get to know the self-driving car, both its good and bad aspects, and to reflect on the theoretical future of self-driving cars and how to reduce the mistrust regarding them.

At first, the history and different components of self-driving car were reviewed, and after that we get to know about the risks associated with self-driving cars and how to avoid them. Finally, the possible future issues of self-driving cars and their impact on people's everyday lives were considered.

The result of the work was a very timely understanding of the stage at which the development of self-driving cars is at this point in time, and how in the future the manufacturers of self-driving cars can improve their reliability.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	ÄLYAUTO.....	6
2.1	Kehitys.....	6
2.2	Automatisoidun ajamisen tasot.....	9
2.3	Älyauton ominaisuudet.....	10
2.3.1	Mukautuva vakionopeudensäädin.....	10
2.3.2	Kaistavahti ja kaista-avustin.....	11
2.3.3	Pysäköintiavustin.....	12
2.3.4	Tesla Autopilot.....	13
2.4	Hinnoittelu.....	14
3	ÄLYAUTOJEN RISKIT.....	15
3.1	Onnettomuustapaukset.....	15
3.2	Hakkerointi.....	19
3.3	Ohjelmistoviat.....	20
4	ÄLYAUTOJEN LUOTETTAVUUDEN LISÄÄMINEN.....	20
4.1	Älyautoihin liittyvät hyödyt.....	21
4.1.1	Itsestään ajaminen.....	21
4.1.2	Turvallisuus.....	22
4.1.3	Liikenteen sujuvuus.....	22
4.1.4	Kulutus ja säästäminen.....	23
4.2	Testiajot.....	23
4.3	Tekniikan kehittyminen.....	24
5	ÄLYAUTOT TULEVAISUUDESSA.....	25
5.1	Osana normaalia elämää ja liikennettä.....	25
5.2	Osana työelämää.....	27
5.3	Älyautoihin liittyvät lait.....	28
6	YHTEENVETO.....	29
	LÄHTEET.....	31

# 1 JOHDANTO

Teknologia kehittyy nopealla ja aina vain kehittyvällä vauhdilla. Yksi sen tärkeimmistä osa-alueista on tekoäly, jota hyödynnetään jo monessa joka päiväisessä asiassa. Tätä emme itse välttämättä tiedosta. Monet eri ominaisuudet älypuhelimissa toimivat tekoälyn avulla, kuten esimerkiksi kasvojen- ja puheentunnistukset sekä tarkennettujen mainosten tarjoaminen puhelimen selaimella tehtyjen klikkausten perusteella. Puhelimemme tekoäly saattaa kerätä tietoa meistä monella tapaa meidän itse sitä tietämättä. Tekoälyn hyödyntämistä voi nähdä erilaisten alkeellisten robottien muodossa, esimerkiksi hoitoalalla vanhusten juttukaverina ns. hoivarobotti. Tässä opinnäytetyössä keskityn yhteen tekoälyn alueeseen; itseajaviin autoihin.

Älyautot tulevat osaksi meidän kaikkien elämää, olemme itse autoilijoita tai emme. Itsestään liikkuvien autojen lisääntyminen liikenteessä tulee näkymään monella eri tapaa, niin hyvässä kuin pahassa. Toisella puolella ovat optimistit, jotka odottavat innolla tätä teknologista läpimurtoa. Toisaalla ollaan skeptisiä monessa asiassa suhteessa älyautoihin. Positiivisesti ajattelevat näkevät älyautot tarpeellisina parantuvan turvallisuuden ja kulutuksen pienuuden takia. Negatiivisella kannalla olevat pitävät älyautoja turvallisuusriskeinä. He näkevät älyautojen lisääntymisen uhkana monille työpaikoille.

Älyautot herättävät keskustelua ja mielipiteitä puolesta ja vastaan. Tämän työn tarkoituksena on syventyä siihen, miten älyautot toimivat? Miten älyautot todellisuudessa toimivat nykyisessä liikenteessä testiajojen perusteella? Miten ne tulevat jatkossa toimimaan? Millaisia vaikutuksia tällä on liikenteeseen? Lisäksi selvitän mitä vaikutuksia älyautojen lisääntymisellä on työpaikkoihin nyt ja tulevaisuudessa.

## 2 ÄLYAUTO

Älyauto, robottiauto, automatisoitu auto tai itsestään ohjautuva auto. Käsitteitä on paljon, kaikilla niillä tarkoitetaan autoa, mikä pystyy täysin itsenäisesti tietokoneiden avulla ajamaan ja navigoimaan ajoradalla. Aluksi käsitellään yleisiä asioita liittyen älyautoihin, kuten historiaa ja ominaisuuksia.

### 2.1 Kehitys

Itsestään ajava auto mainittiin ensimmäistä kertaa jo 1920-luvulla. Vuonna 1926 Houdina Radio Control Yhdysvalloissa, esitteli radio-ohjattavan ”American Wonderiksi” nimetyn Chandler mallisen auton. Sen takakontissa oli kaksi vastaanottimena toimivaa antennia. Takana kulkenut toinen auto lähetti radioimpulsseja antennille, jotka katkaisijan kautta operoivat pieniä elektronisia moottoreita, ohjaten auton jokkaista liikettä. Projektin takana oli Francis P Houdina, sähköinsinööri USA:n armeijasta sekä Houdina Radio Controllin perustaja. (Science: Radio Auto 1925). Myöhemmin joulukuussa 1926, Achen Motor käytti Houdinan keksintöä Milwaukeeen alueella USA:ssa, nimeten sen ”Haamuautoksi” (The Milwaukee Sentinel 1926).

Kehitys jatkui vuoden 1939 maailmannäyttelyssä. Tuolloin Norman Bel Geddes esitteli ”Futuraman”. Se tarjosi mahdollisuuden radio-ohjattuihin autoihin, jotka kulkisivat sähkömagneettisten kenttien avulla. Teille oli asennettu piirejä, jotka muodostivat sähkömagneettiset kentät. Bel Geddes myöhemmin hahmotti visionsa kirjaansa ”Magic Motorways”, jossa hän ennusti itsestään ajavien autojen olevan käytössä jo 1960. (Bel Geddes 1940, 43-56).

1950-luvulla, amerikkalainen Radio Corporation of America (RCA) rakensi onnistuneesti laboratoriossaan pienoismallin autosta, jota laboratorion maassa olleet johdot opastivat ja ohjasivat. Tästä innostuneena Nebraskalainen liikenteen insinööri Leland M. Hancock päätti esimiehensä, valtion insinööri L. N. Ressin kanssa kokeilla RCA Labsin systeemiä oikeissa liikenneolosuhteissa. Täysikokoista järjestelmää päästiin onnistuneesti testaamaan 120-metrisellä julkisella tiellä Nebraskan osavaltiossa. Tien reunalle asennettiin kokeellisia tunnistuspiirejä, jotka lähettivät impulsseja autolle. Ne

opastivat ja tiedottivat muiden mahdollisten autojen läsnäolosta ja nopeudesta. (Wetmore 2003, 6-9.)

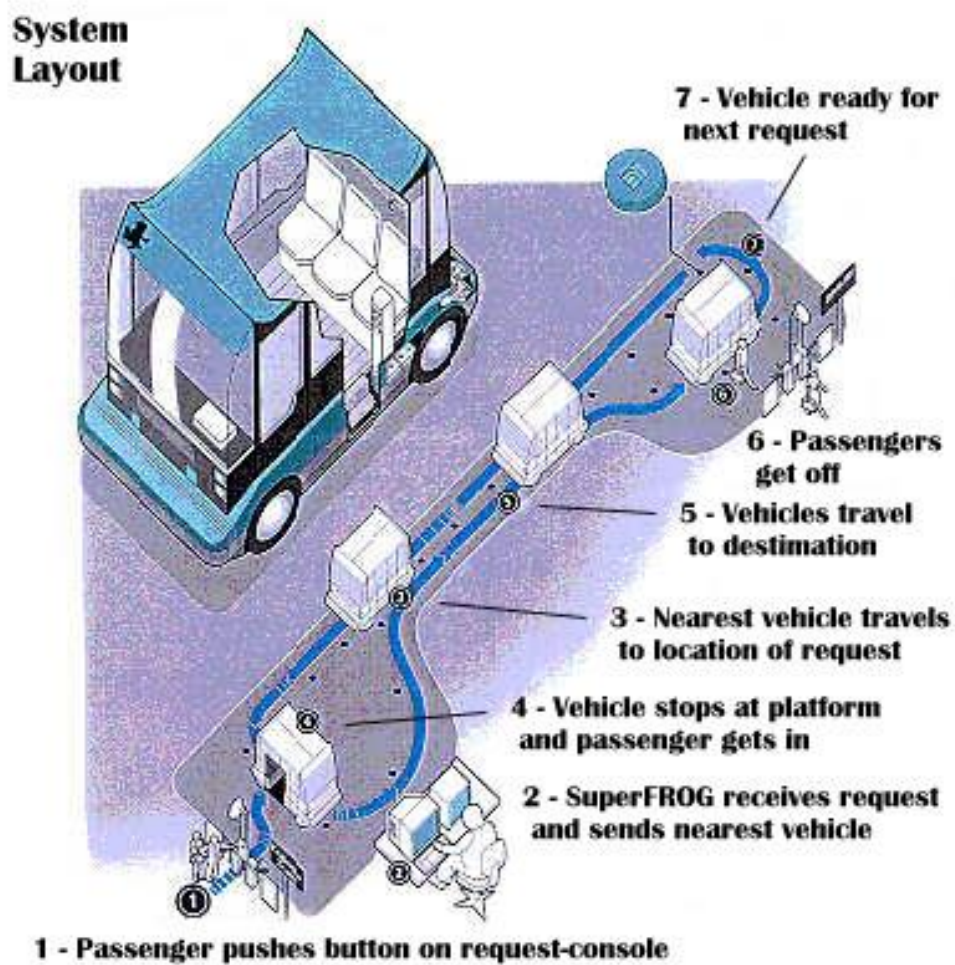
Seuraavilla vuosikymmenillä 1960 ja 1970, itsestään ajavien autojen kehitys jatkui niin USA:ssa kuin Euroopassa. Moni taho halusi osaksi uutta ja mullistavaa kehitystä. Edistyksen tielle tulleen 1970-luvun laman kääntäessä rahoittajia tiehensä, vain osaa projekteista pystyttiin jatkamaan.

Konenäöllä ja lidarilla, eli eräänlaisella maanmittauksella varustettua ALV (Autonomous Land Vehicle) robottiajoneuvoa ryhdyttiin testaamaan onnistuneesti Carnegie Mellonin yliopiston johdolla 80-luvulla Pittsburghissa. Se pystyi kulkemaan 3.1 km/h vauhdilla 610 metriä jyrkkärinteistä, kivistä ja kasvillisista maastoa. Vuoteen 1989 mennessä yliopisto oli pannut alulle neuroverkkojen käytön robottiautojen ohjauksessa ja hallinnassa, luoden perustan nykyaikaisille valvontastrategioille. (Pomerleau 1989, 305-312.)

1990-luvulla suoritettiin useita pitkän matkan testejä semi-autonomisilla autoilla. Näissä ihminen löytyi vielä ratin takaa turvallisuussyistä painamassa kaasua ja jarrua. Tällaisia testejä olivat esimerkiksi Mercedes-Benzin VaMP ja VITA-2 autot, jotka ajoivat Ranskassa 1000 kilometrin matkan kolmikaistaisella ruuhkaisella valtatiellä, autojen suorittaen itsenäisesti ohituksia. (Daimler 2016.)

Todellisen ensimmäisen kuskittoman auton tittelin otti haltuunsa Hollantilainen ParkShuttle. Se kuljetti Rotterdammassa bussinomaisesti ihmisiä pysäkiltä toiselle, ilman ihmisen puuttumista sen toimintoihin. ParkShuttle ei sisältänyt rattia tai polkimia, eikä sen kyydissä ollut turvakuskea tai stuurttia. Auto kutsuttiin hissinomaisesti painamalla pysäkillä nappia, jonka jälkeen auto saapui pysäkille. Matkustajan noustessa kyytiin, hän painoi auton sisällä olleesta paneelistä nappia sille pysäkille, mille oli jäämässä. Kaikkien matkustajien noustua kyytiin laskee auto lyhyimmän reitin kaikille pysäkeille, jonka jälkeen se lähti suorittamaan ajoa (Kuva 1). Autoa navigoi FROG (Free Ranging On Grid) järjestelmä, joka radiodatalinkin avulla kommunikoi liikenteenvalvonnan kanssa. Liikenteenvalvontaa ylläpiti SuperFROG niminen valvontajärjestelmä, joka hallitsi erilaisia valvontapisteitä. Näiden mukaisesti se antoi oikeuksia lä-

hestyville FROG autoille jatkaa matkaa, mikäli tiellä on turvallista (jalankulkijat, pyöräilijät, autot ja muu julkinen liikenne huomioiden). ParkShuttle on käytössä tänäkin päivänä erilaisten parannusten kera. (Lohmann 2009.)



Kuva 1. ParkShuttlen toimintaperiaate (Lohmann 2009)

Vuosituhanen vaihtuessa kiinnostus itsestään ajaviin autoihin kasvoi entisestään. USA:ssa järjestettiin DARPA:n (the Defense Advanced Research Projects Agency) toimesta ensimmäinen “Grand Challenge”, jonka tavoitteena oli ajaa 150 mailia läpi



Mojaven aavikon. Palkinnoksi maaliin saapumisesta olisi ollut miljoona dollaria, tähän ei kuitenkaan yksikään tiimi pystynyt. DARPA järjesti vuosien saatossa useamman Grand Challenge, muuttaen välillä kisan sijaintia. (Dudley 2015.)

Vuonna 2011 älyautot tekivät historiaa, kun Nevadan osavaltio ensimmäisenä sääti lain koskien itsestään ajavia autoja. Laki tuli voimaan 2012, ja se hyväksyi älyautojen käytön niille tarkoitetuilla alueilla. Alueiden asettamisesta ja turvallisuudesta vastasi Nevadan liikenneministeriö. Laki jakoi mielipiteitä ihmisten keskuudessa, esimerkiksi kuka ottaisi vastuun auton joutuessa kolariin? Toiset taas näkivät älyautot positiivisina ja tarpeellisina onnettomuuksien vähentämisen kannalta. Vuosien varrella monet muut osavaltiot hyväksyivät älyautojen käytön jossain muodossa. Vuonna 2017 jo 33 osavaltiota oli tehnyt älyautoja koskevan lainsäädännön. (National Conference of State Legislatures 2018)

Kuluvalla vuosikymmenellä älyautojen tekniikka ja tehokkuus ovat vieläkin kehityksen alla, mutta viime vuosituhannelta on tultu jo pitkälle. Älyautojen valmistuksen kärkinimiä tällä hetkellä ovat yhtiöt Alphabet Inc., General Motors ja Tesla. Myös perinteiset autojen valmistajat ovat lähteneet luomaan omia visioitaan älyautosta. Massojen mielipiteet älyautoista jakaantuvat tänäkin päivänä, positiivisia asioita löytyy, mutta samalla kuullaan myös negatiivisia mielipiteitä.

## 2.2 Automatisoidun ajamisen tasot

Vuonna 2014, autoteollisuuden insinööreistä koostuva yhteisö nimeltä SAE International (Society of Automotive Engineers), joka on toiminut jo vuodesta 1904, julkaisi kuusitasoisen luokittelujärjestelmän. Se koski auton automatisointia, alimman tason ollessa täysin manuaali ja korkeimman ollessa täysin automatisoitu (Kuva 2). Luokittelu perustuu kuskin tarpeeseen puuttua ajamiseen sekä kuinka tarkkaavainen kuskin on oltava ajon aikana. Luokittelu ei perustu auton ominaisuuksiin, vaikka nämä asiat toisiinsa liittyvätkin. (SAE International 2016).

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

Kuva 2. Automatisoidun ajamisen tasot (Trafi 2015)

## 2.3 Älyauton ominaisuudet

Vaikka täysin automatisoidun auton näkemiseen yleisessä liikenteessä voi vielä mennä vuosia, on älyauton joitakin ominaisuuksia jo hyödynnetty uusimmissa markkinoiden perusautoissa. Seuraavaksi käydään läpi yleisimpiä älyauton ominaisuuksia ja tarkastellaan, löytyykö kyseisiä ominaisuuksia jo nyt markkinoilla olevista autoista.

### 2.3.1 Mukautuva vakionopeudensäädin

Yksi tärkeimmistä ominaisuuksista tulevaisuuden älyautoissa, on ACC (Adaptive cruise control) eli mukautuva vakionopeudensäädin. Se säätää automaattisesti auton nopeuden siksi, minkä kuski on aiemmin asettanut, näin se varmistaa samalla turvallisen etäisyyden mahdolliseen edessä ajavaan ajoneuvoon.

Säätö perustuu auton tutkaan, lasersensoreihin tai kameraan, jotka löytyvät puskurin alta tai jäähdyttimen säleiköstä. Nämä mahdollistavat auton itsenäisen jarrutuksen siinä tapauksessa, kun auto lähestyy edessä olevaa ajoneuvoa ja kiihdytyksen, kun välimatka edessä olevaan on taas turvallinen. ACC lähettää signaalin keskusyksikölle, joka seuraa välimatkaa edessä olevaan autoon, tehden toimenpiteitä välimatkasta riippuen. ACC ei kuitenkaan tee kaikkia asioita täysin itsenäisesti, se tarvitsee ihmisen apua jarrutuksessa, mikäli auton on jarrutettava nopeasti ja voimakkaasti. Monikais- taisilla teillä ACC priorisoi yhden auton, jota seurata ja vaihtelee prioriteettia tarpeen mukaan. Moni markkinoilla olevista autoista käyttää tutkaa ACC:hen, sillä se sopeu- tuu parhaiten huonoihin ajokeleihin ja kattaa jopa 200 metrin matkan auton edestä.

Mikään sensori ei kuitenkaan ole täysin immuuni huonoille sääolosuhteille, kuten rankkasateille tai lumelle. Huonolle sääille immuunin sensorin luominen on yksi ACC:n kehityksen isoimmista haasteista. Muita ACC heikkouksia on itse vakionopeu- densäädin, se ei pysty säätämään itseään nopeusrajoitusten mukaan. Mikäli siis kuski on säätänyt vakionopeuden yli rajoituksen, ACC kyllä jarruttaa, kun välimatka edessä olevaan ajoneuvoon on liian lyhyt, mutta säätää nopeutensa takaisin liian suureksi, kun välimatka on taas turvallinen. ACC on myös altis reagoimaan isokokoisille roskille. Lisäksi leveäkaistaisilla teillä kaistojen hahmotus voi tuottaa vaikeuksia. (Edelstein 2017; Oponeo, 2018.)

### 2.3.2 Kaistavahti ja kaista-avustin

Markkinoilla jo vuosia ollut kaistavahti löytyy joistakin automalleista. Mutta vasta 2013 kaista-avustimen tullessa kuvioihin on näiden kahden ominaisuuden lisääminen tullut yleiseksi autonvalmistajien keskuudessa. Seuraavassa perehdytään niiden toi- mintaan.

Kaistavahti kehitettiin jo vuonna 2000 ja se on nyt käytettävissä useimmissa kuorma- automalleissa (Allianz 2014). Kaistavahdin tarkoitus on varoittaa kuskia siitä, että auto on siirtymässä pois ajokaistaltaan, eikä vilkkua kääntymistä varten ole laitettu päälle. Tällä pyritään ehkäisemään yleisimpiä onnettomuuksien syitä eli ajajan virhettä ja vä-

symystä. Kaistavahti varoittaa ajajaa joko visuaalisesti, äänimerkillä ja/tai tärisyttämällä rattia. Kaistavahti ei siis itse tee tarvittavaa korjausliikettä. Kaistavahtia ei ole tarkoitettu käytettäväksi kaupunkiajossa, vaan moottori- ja valtateillä, kun nopeudet ovat suurempia. Kaista-avustin toimii taas kaistavahdin lisänä, tehden tarvittavat korjaukset rattia kääntämällä itsenäisesti, kun auto on ajautumassa pois kaistaltaan. Moderneissa älyautoissa kaista-avustin käyttää tien hahmottamiseen kuvankäsittelytekniikoita. Nämä kehittyneet tekniikat käsittelevät ajokaistaan liittyvää dataa auton tuulilasissa löytyvästä kamerasta. (Liikenneturva n.d.)

Monet älyautojen osien valmistajat käyttävät täysin itsenäisen ajoneuvon saavuttamiseksi tehokkaita tietokoneita reaaliaikaisella kuvankäsittelyllä, näissä kaistantunnistus on tärkeä osa kokonaisuutta. Yritykset kuten Nvidia ovat saavuttaneet korkean tarkkuuden kaistantunnistuksessa käyttäen neuroverkkoa ja syväoppimista. (Nvidia 2016).

Kaistavahdin ja kaista-avutimen heikkouksia ovat turvautuminen kaistalla näkyviin viivoihin. Järjestelmälle tuottaa vaikeuksia, mikäli kaistaviivat ovat heikosti näkyvissä, väärässä kohdassa, puuttuvat kokonaan, lumenpeitossa tai mikäli vanhat viivat ovat heikosti näkyvillä.

### 2.3.3 Pysäköintiavustin

Pysäköintiavustin on itsestään ajavan auton ominaisuus, joka siirtää ajoneuvon ajo-kaistalta parkkiruutuun, oli sitten kyseessä tasku-, kohtisuora- tai vinopysäköinti. Pysäköintiavustimen tarkoitus on tuoda turvallisuutta ja mukavuutta vaikeassa ympäristössä pysäköimiseen. Pysäköinti saavutetaan koordinoitusti ohjaamalla ohjauskulmaa ja nopeutta, ottaen huomioon ympäristön tuomat rajoitteet. Pysäköintiavustimen päärooli on siis suunnitella ja parametroida ohjauskulman sekä nopeuden säätöprofiilit, jotta ajoneuvon muodolle sopiva reitti parkkiruutuun saavutetaan käytettävissä olevassa tilassa. Tarvittavien liikkeiden tekemiseen ajoneuvo käyttää tietoja ympäristön mittauksesta sekä servojärjestelmän antureista. Ohjaus- ja nopeussäädöt lasketaan ja suoritetaan reaaliajassa. (Paromtchik & Laugier 1996.)

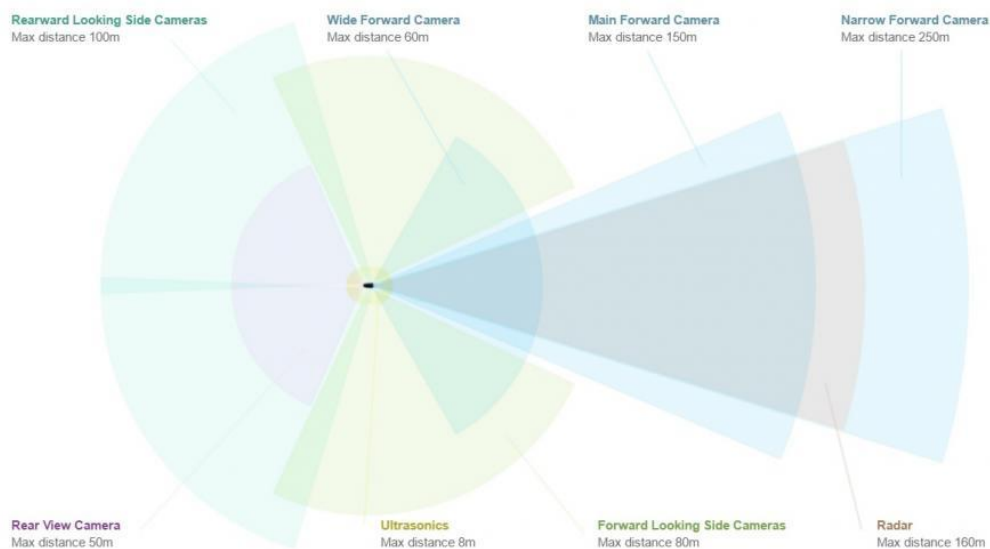
### 2.3.4 Tesla Autopilot

Puhuttaessa Teslan luomasta Autopilotista, ei tarkoiteta oikeaa autopilottia, joka vain nappia painamalla lähettäisi ajoneuvon kohteeseen, samalla kun matkustajat kyydissä voisivat rentoutua matkan ajaksi. Mikäli tämä olisi mahdollista, puhuttaisiin oikeasta täysin itseajavasta autosta.

Teslan Autopilotti on yhdistelmä edellisissä kappaleissa käsiteltyjä älyauton ominaisuuksia sen lisäksi, että auton voi siirtää ja kutsua parkkiruudusta. Vain harvasta nykyälyautosta löytyy kaikki nämä ominaisuudet.

Autopilotti hyödyntää tutkaa, ääniluotainta ja kahdeksaa eri kameraa ympäri autoa, mahdollistaen täyden 360° näkyvyyden auton ympärille. Auton edestä löytyy tutka, joka kattaa 170 metriä edestä, kolme kameraa, jotka järjestyksessä näkevät eri pituuksia ja leveyksiä. Yksi kamera esimerkiksi näkee kauas (250m), mutta kapeasti (35°), kun taas yksi näkee vain lähelle (60m), mutta leveältä alueelta (120°). Edestä ja takaa löytyy niin oikealta kuin vasemmalta sivuille 90° näkevät kamerat. Takaa löytyy myös taakse näyttävä kamera, joka on pelkästään ihmisen käyttöä varten. Viimeisenä autosta löytyy 12 ääniluotainta, jotka yhdessä kattavat 8 metrin alueen auton ympäriltä, jotka hahmottavat erilaisia objekteja kuten lapsia tai eläimiä (Kuva 3). Autopilotin alustana toimii Nvidian Drive PX 2 AI. (Nvidia 2016; Tesla 2017.) Teslan toimitusjohtaja Elon Musk tiedotti elokuussa 2018 Teslan olevan valmistamassa omaa alustaansa älyautoilleen, näin ollen Tesla lopetti yhteistyönsä Nvidian kanssa. Musk väittää Teslan oman alustan olevan jopa 10 kertaa nopeampi Nvidian alustaan verrattuna. Se nähtäisiin Teslan autoissa jo 4-6 kuukauden kuluttua tiedotuksen jälkeen. (Su 2018.)

Niin Teslan kuin muidenkin valmistajien esteenä tuoda täysin automatisoidut autopilotit markkinoille on tekniikan vajaavaisuuden lisäksi laki, joka ei kaikissa maissa salli täysin automatisoitujen autojen käyttämistä yleisillä teillä.



Kuva 3. Tesla Autopilotin kattava ympäristön havainnointi (Tesla 2017)

## 2.4 Hinnoittelu

Täysin automatisoidun auton tarkkaa hintaa ei vielä tiedetä, mutta nykyisten jo tarjolla olevien ominaisuuksien johdosta voidaan tehdä jonkinlaisia päätelmiä. Esimerkiksi Teslan Model S ja X, jotka sisältävät Autopilotin, ovat hinnoiltaan USA:ssa lähemmäs 80.000 dollaria. Hintaan ei ole laskettu osavaltio kohtaista verotusta. Suomessa hintaa tulee noin 95.000 euroa johtuen verotuksesta ja osien kuljetuksesta. Hinta nousee vielä merkittävästi, jos tilaa erilaisia lisävarusteita, kuten pitkäkestoisemman akun ja parannelun Autopilotin. (Tesla 2017.)

Tänä päivänä täysin itsestään ajavan auton tekniikka voi tuoda auton hintaan lähes 100.000 dollaria lisäkustannuksia. Analytikot ennustavat hintojen suurta pudotusta tulevaisuudessa älyautojen ollessa laajasti saatavilla, tuolloin älyauton ominaisuuksien ei pitäisi tuoda auton lähtöhintaan 10.000 dollaria enempää lisähintaa. Hintojen pudotusta voi verrata vaikkapa kännyköiden ja tietokoneiden hintoihin niiden valmistuksen alku-aikoina, jolloin niihin liittyvää laitteistoa oli kallista tuottaa massatuotantona. (Esurance 2018.)

### 3 ÄLYAUTOJEN RISKIT

Jos älyautot otettaisiin liikenteeseen käyttöön nykyisillä ominaisuuksillaan, se toisi mukanaan useita erilaisia ongelmia. Jotta älyauto olisi tulevaisuudessa pääasiallinen kulkuneuvo teillä, tulee näihin ongelmiin löytää ensin ratkaisu. Tämän hetken isoimpia haasteita älyautoille tekniikan vajaavaisuuden lisäksi ovat muun muassa teiden infrastruktuuri, sää, hakkerointi, sekä monet juridiset seikat liittyen älyautojen testaamiseen ja käyttöönottoon.

#### 3.1 Onnettomuustapaukset

Kun keskustelun aiheena ovat älyautot, pinnalle nousee usein niihin liittyvät onnettomuudet. Älyautojen valmistajat vakuuttelevat kuluttajia siitä, että älyauto on ihmistä monta kertaa luotettavampi ja turvallisempi kuski. Tästä huolimatta vuodesta 2013 asti, kun älyautoja alettiin testauksien aikana näkemään liikenteessä enemmän, on sattunut useampia niihin liittyviä kolareita. Toisaalta vain harva niistä on vaatinut kuolonuhreja.

2-tason automatisoinnin kuolonuhreja on 3, joista kaikki ajoivat Teslan Autopilotilla toimineita Model S ja X mallisia autoja. Kaikissa kolmessa tapauksessa uhri oli älyauton kuski. Tammikuussa Kiinassa 2016 Model S törmäsi kadunpuhdistusautoon, joka oli tiellä osittain uhrin ajamalla kaistalla. Model S oli ajanut toisen auton takana, kun edessä oleva auto siirtyi viereiselle kaistalle väistääkseen puhdistajaa. Model S ei reagoinut edessä olevaan puhdistajaan ja törmäsi siihen. Poliisin tutkiessa tapausta ilmeni, että paikalta ei löytynyt jarrutusjälkiä ja kolari oli tapahtunut suuressa nopeudessa. Se oliko Autopilotti kytkettynä ei ikinä tutkijoille selvinnyt, sillä asian selvittämiseen tarvittavat lokitiedostot olivat kolarin seurauksena tuhoutuneet. Tesla pahoitelti onnettomuutta ja lupasi tutkia sitä, mutta asianomaiset eivät syystä tai toisesta suostuneet luovuttamaan mahdollisia onnettomuuteen liittyneitä lisätietoja Teslalle. (Ngo 2016.)

Vaikka Kiinassa tapahtunut onnettomuus lasketaan ensimmäiseksi älyautoon liittyväksi tapaukseksi, se tuli yleisön tietoon vasta toisen onnettomuuden jälkeen, jota siihen aikaan pidettiin ensimmäisenä onnettomuutena.

Toukokuussa Floridassa 2016, Model S todistetusti Autopilotti päällä, törmäsi tietä risteävään rekkaan. Rekka oli kääntymässä vastaantulevien kaistalta vasemmalle suoraan Model S:n eteen. Model S oli lokien mukaan kulkenut 119 km/h, eikä jarruttanut edessä olevasta esteestä huolimatta. Se kulki rekan alta tuhoten samalla kaiken Model S:stä vyörajasta ylöspäin. Auto jatkoi noin 270 metriä ennen kuin se törmäsi ja pysähtyi pylvääseen. Teslan mukaan niin Autopilotti kuin kuski eivät olleet huomanneet kirkkaaseen taivaaseen heijastunutta valkoista rekkaa, eikä jarruja siitä syystä oltu käytetty. (Boudette & Vlasic 2016). National Transportation Safety Board alkoi tutkimaan tapausta edistääkseen älyautojen näkyvyyttä kuluttajille ja parantaakseen niiden turvallisuutta. NTSB raportoi onnettomuuden syyksi useita tekijöitä, kuten rekan kuljettajan, joka ei antanut läpikulkuoikeutta Model S:lle. NTSB syytti myös kuskin liiallista luottamusta Autopilottiin, sillä Autopilotti vaatii kuskin jatkuvaa tarkkaavaisuutta, mikä myös Teslan ohjeistuksessa mainittiin. (NTSB 2017.)

Tason 3 onnettomuuksia on tapahtunut vain yksi. Mediahuomioltaan se on kaikista merkittävin, sillä ensimmäistä kertaa uhri oli jalankulkija. Maaliskuussa Arizonassa 2018 nainen oli ylittämässä moottoritietä pyöränsä kanssa, kun Uberin Volvo XC90 mallinen taksi törmäsi häneen autonomisessa tilassa noin 70 km/h nopeudella. Nainen kuoli myöhemmin vammoihinsa sairaalassa. Uberin kuljettaja oli ennen törmäystä katsellut alaspäin, mahdollisesti puhelintaan, eikä ehtinyt reagoida eteen ilmestyneeseen jalankulkijaan. Onnettomuuden aikaan kello oli noin 22.00, joten tiellä oli varsin pimeää. Uberin kyydissä oli kaksi tallentavaa videokameraa, toinen otti kuvaa kuljettajasta ja toinen auton edestä. Näiden kameroiden tallenteita käyttäen poliisi antoi alustavan tutkinnan aikana lausunnon siitä, että törmäys ei ollut estettävissä pimeyden takia. Jalankulkijaa syytettiin tien ylittämisestä muualla, kuin suojatiellä. (Pavia 2018.)

NTSB:n tutkiessa tapausta ilmeni, että auto oli huomannut tutkan ja LiDAR:in avulla 6 sekuntia ennen törmäystä naisen ylittämässä tietä, sillä tutka ja LiDAR tunnistavat objekteja myös pimeässä. 1.3 sekuntia ennen törmäystä auton systeemi määritteli hätäjarrutuksen tarpeelliseksi, mutta ei tehnyt sitä, eikä edes varoittanut kuljettajaa,



koska auto oli autonomisessa tilassa (Kuva 4). Uberin mukaan hätäjarrutus ei ole kyt-  
kettynä auton ollessa autonomisessa tilassa, jotta auto ei tee arvaamattomia liikkeitä.  
Auton kuljettajaa vaaditaan tekemään tällaisissa tapauksissa tarvittavat toimenpiteet,  
sillä systeemiä ei ole tehty varoittamaan kuljettajaa. (NTSB 2018.)



Kuva 4. Uberin tutkien havainnointi 1.3 sekuntia ennen törmäystä (NTSB 2018)

Poliisi totesi jatkotutkimuksien jälkeen, että törmäys olisi ollut estettävissä, mikäli kul-  
jettaja ei olisi ollut liian keskittynyt katselemaan puhelintaan ajon aikana ennen tör-  
mäystä. Uberin toimintaohjeessa kehoitetaan myös kuljettajaa pitämään kätensä ratissa,  
tätä kuljettaja ei auton tallenteiden mukaan ollut tehnyt. Tapauksen seurauksena Uber  
lopetti kaikki älyautojen testaukset joulukuuhun 2018 saakka. Uberin työntekijät syyt-  
tivät Uberia liiallisesta kiirehtimisestä kehittäessään älyautojaan, kun se julkaisi 70-  
sivuisen turvallisuus raportin. Siinä väitettiin Uberin älyautojen olevan huomattavasti  
turvallisempia, kuin ihmisten ajamien autojen. Uberin testaajat olivat ilmoittaneet jat-  
kuvista erilaisista auton tekemistä virheistä, joiden he epäilivät johtuvan kiirehdytystä  
ohjelmoinnista. Uberin tiedottaja kuitenkin vakuutteli, että kaikki tarvittavat turvalli-  
suustestit suoritetaan onnistuneesti, ennen kuin Uber nähtäisiin jälleen liikenteessä.  
(Conger & Wakabayashi 2018.)

Samaan aikaan, kuin Uberin onnettomuus tapahtui, törmäsi Teslan Model X -auto Au-  
topilotti päällä moottoritieellä ramppia jakavaan betonielementtiin Kaliforniassa. Tässä

tapauksessa Autopilotti oli varoittanut kuljettajaa useampaan kertaan visuaalisesti ja äänellisesti siitä, että kuljettajan kädet eivät olleet olleet ratilla kuutta sekuntia ennen kolaria. Kuljettajalla oli noin 5 sekuntia aikaa ja 150 metrin esteetön näkymä jakajaan, mutta lokien mukaan kuljettaja ei tehnyt asialle mitään. Tesla kertoi tiedotteessaan, että kaikkien onnettomuuksien välttäminen on mahdotonta, mutta se lupaa silti Autopilotin vähentävän kolareita jopa 40%. Tesla esitteli todistettuja tilastoja kehittämiensä älyautojen turvallisuudesta. Näistä tilastoista huolimatta, ihmiset kritisoivat Teslaa empatian puutoksesta uhreja kohtaan. (Tesla 2018.)

NTSB tutkimusten mukaan Model X oli alkanut kääntymään vasemmalle ja kiihdyttämään 7 sekuntia ennen törmäystä, eikä se enää ollut seurannut edessä kulkevaa ajoneuvoa. Alueella oli 105 km/h nopeusrajoitus, mutta Model X oli kiihdyttäessään nostanut nopeuden 120 km/h (NTSB 2018). Hälyttäviä tuloksia sai myös tavallinen autoilija Tesla autollaan. Hän kävi testaamassa, miten Model S -auton Autopilotti onnettomuus paikalla toimii. Juuri ennen rampilla ollutta betonielementtiä autoilijan auto alkoi uhrin Model X:än tavoin kääntymään vasemmalle kohti jakajaa. Auton käyttäytymisen selitti Autopilotin sekoaminen tiepinnan merkinnöistä. Autopilotti luuli virheellisesti ennen jakajaa olleita valkoisia viivoja kaistan merkitsijöiksi ja se teki korjausliikkeitä niiden mukaisesti. Tapaus kertoo kuinka Autopilotti ei sovellu kaikkiin mahdollisiin tilanteisiin teillä. Lisäksi Autopilotti vaatii kuljettajalta jatkuvaa valppautta. (Lambert 2018.)

Kuten kaikista tapauksista käy ilmi, ihminen ratin takana on vielä kriittinen osa älyautojen turvallisuutta. Kuljettajan luottaessa liikaa auton itsenäiseen ajamiseen, on helppo unohtaa katsoa välillä eteen tai pitää käsiä ratilla. Ennen kuin älyautojen tekniikka on kehittynyt siihen pisteeseen, että ihmistä ei ratin takana enää tarvita, voi mahdollisia kolareita syntyä vielä tulevaisuudessakin. Totuus on kuitenkin se, että jo nyt testiajojen perusteella kuolemantapaukset ovat ajettuihin kilometreihin verrattuina vähäisempiä älyautojen kohdalla kuin tavallisten autojen. Silti pelko astua täysin itseltään ajavan auton kyytiin on vielä huomattava.

## 3.2 Hakkerointi

Hakkerointia pidetään ehkä suurimpana teknillisenä riskinä älyautoille. USA:ssa 2015 tehty testi Jeepin Cherokeeelle todisti sen, kuinka hakkerit voivat etäältä ottaa auton kokonaan haltuunsa sen tieto- ja viihdejärjestelmän kautta. Näin ne pääsevät käsiksi mm. auton jarruihin ja ohjaukseen. Hakkerointiin ei vaadittu kuin autossa oleva nettiyhteys ja hakkerilta päätelaite koodin suorittamiseen. Samanlaisia testejä suoritettiin myös 2013 Fordin Escapelle ja Toyotan Priukselle. 2015 tehdyn testin jälkeen autonvalmistaja Chrysler veti 1.4 miljoonaa autoa pois myynnistä hakkerointiin haavoittuvaisuuden takia. Näissä testeissä hakkeroinnin kohteina olivat tavalliset autot. Kysymys herää, mitä olisi tapahtunut, jos testit olisi tehty älyautoille? Älyautot ovat riippuvaisia nettiyhteydestä ja ohjelmistosta, mikä taas lisää hakkereille mahdollisuuksia päästä käsiksi auton tietojärjestelmiin. (Bowles 2018.)

Aikaisemmat testit suorittaneet, General Motorsille työskentelevät hakkerit: Charlie Miller ja Chris Valasek kuitenkin vakuuttelevat, että nykyisten älyautojen tietoturvat ovat yllättävän hyviä. Tosin he myöntävät, että ratkaisua vailla olevia vakavia ongelmiaakin on. Kaksikon mukaan tietoturva on älyautojen valmistajien yhteinen ongelma kilpailusta huolimatta, sillä toisen valmistajan tekemä virhe tuo huonoa mainetta kaikille. On myös huomioitava, että älyautot eivät ole vielä massiivisessa käytössä, joten aikaa ja mahdollisuuksia asioiden korjaamiseen on hyvin. Valasek listasi älyautojen tietoturvan nykyisiksi heikkouksiksi mm. Ethernetin, joka OSI-kerroksessa 2 ei sisällä salausta, sekä älyautojen ulkoisen viestinnän palvelimien kanssa, johon joku ulkoinen taho voisi puuttua. Hyviä puolia tietoturvassa ovat mm. GPS hakkeroinnin hyödyttömyys, sillä älyautot luottavat GPS:n vain harvoin. Älyautot käyttävät pääasiassa karttoja ja LiDRIA. Älyautojen tietoturvan hyvä puoli on myös se, että niistä voidaan poistaa fyysiset portit auton tietojärjestelmiin. (Thomson 2018.)

Hakkeroinnin pelko on myös yksi iso tekijä älyauton hankintaan liittyen. Vuonna 2017 amerikkalaisen vakuutusyhtiön tekemän tutkimuksen mukaan 41%:lla kyselyyn osallistujista oli epäilyksiä älyautoihin liittyen. Vaikka epäilykset eivät liity pelkästään hakkerointiin, älyautojen tulevaisuuden ja turvallisuuden kannalta on hakkeroinnin esittäminen korkealla autojen valmistajien prioriteettilistalla. (Bowles 2018.)

### 3.3 Ohjelmistoviat

Se mitä voidaan pitää melkein pä itsestään selvytenä, kun puhutaan mistä tahansa laitteistoista tai ohjelmistoista on se, että niihin ilmaantuu vikoja tai häiriöitä. Kun aikaisemmin käsittelin onnettomuustapauksia älyautoihin liittyen, niissä jokaisessa oli jollain tapaa osallisena ohjelmisto. Älyautoa voi verrata renkailla kulkevaan tietokoneeseen, joka suorittaa samaan aikaan useita eri ohjelmia. Jotta nämä ohjelmistot olisivat luotettavia, on niiden jatkuva päivittäminen tarpeen. Päivittäisellä ohjelmiston ylläpidolla varmistutaan siitä, että ohjelmistojen teihin liittyvä data on ajan tasalla ja mahdollisimman aukoton hakkeroinnille. Älyautoihin liittyvän ohjelmiston päivittäminen ja kehittäminen tulee olemaan koko älyauton elinkaaren kestävä. Tämä tekee ajokokemuksesta ajan myötä paremman ja turvallisemman.

## 4 ÄLYAUTOJEN LUOTETTAVUUDEN LISÄÄMINEN

Ensivaikutelma on monessa asiassa yleensä tärkein, kun luodaan mielipidettä asioista tai henkilöistä. Hiljattain yleistyneet älyautojen testiajot ovat tuoneet itsestään ajavat autot yleiseen tietoon. Media tarkkailee jokaista mahdollista virhettä testeissä. Älyautojen valmistajien vaatimukset luoda jo varhaisessa vaiheessa saumattoman hyviä tuloksia ovat korkealla. Älyautojen valmistuksen kilpailun kiristyessä, tulee tehtyä hätiköityjä päätöksiä. Tästä syystä on mahdollista, että liikenteen sekaan saattaa päästä ei niin hiottuja testikappaleita. Kuten aikaisemmin mainittiin, yhden valmistajan virhe on virhe kaikille valmistajille. Tämä korostuu, kun mietitään, miten älyautojen parannettua turvallisuutta mainostetaan ja myydään kuluttajille tulevaisuudessa. Jotta älyautot pääsisivät nykyisestä epäluotettavastakin maineestaan, voidaan niiden luotettavuutta parantaa erilaisin keinoin.

## 4.1 Älyautoihin liittyvät hyödyt

Jotta autokauppias saa myytyä tuotteitaan, on ostajan oltava tyytyväinen ostamaansa tuotteeseen. Kun asiakas lähtee autokaupoille, hän etsii omiin tarkoituksiinsa soveltuvaa ajoneuvoa. Asioita, joita asiakas yleensä ottaa huomioon autokauppoja tehdessään ovat mm. auton koko ja käyttötarkoitus. Lisäksi pohditaan auton hintaa, suorituskykyä, mittarilukemaa, valmistusvuotta, mallia sekä turvallisuutta. Näitä seikkoja tutkitaan tulevaisuudessa myös älyautoa ostettaessa. Valmistajien välillä tulee varmasti olemaan eroja. Mutta mikä erottaa älyauton nykyisestä tavallisesta autosta, kun tarkastellaan älyauton hyötyjä?

### 4.1.1 Itsestään ajaminen

Kun automaatio tulevaisuudessa saavuttaa tason 5, voi matkustajien lisäksi myös kuski rentoutua täysin matkan ajaksi. Siinä vaiheessa ajamiseen ei tarvitse ajon aikana enää puuttua millään tavalla. Näin työmatkankin aikana voi keskittyä muihin huomiota vaativiin asioihin. Automatisointi mahdollistaisi joidenkin töiden tekemisen myös työmatkan aikana. Vaivalloinen navigointi tuntemattomassa kaupungissa ei tule jatkossa enää olemaan ongelma, koska kohde on valmiiksi valittu jo ajoon lähdeäessä. Autoiluun liittyvä lainsäädäntö tulee älyautojen lisääntymisen myötä muuttumaan. Tulevaisuudessa voi olla mahdollista, että kortittomat ja päihtyneet henkilöt voivat tehdä myös yksin matkaa älyautoilla. Käsittelen älyautoja koskevia tulevia, mahdollisia lakimuutoksia työni loppupuolella.

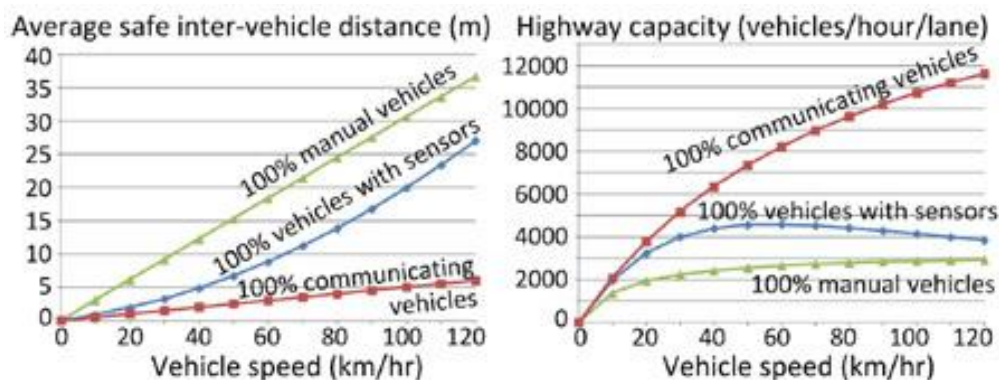
National Highway Traffic Safety Administrationin (NHTSA) on tälläkin hetkellä valmistelemassa USA:ssa muutoksia standardeihin liittyen älyautojen tarpeeseen sisältää rattia, polkimia tai peilejä. Toisaalta NHTSA aikoo tehdä muutoksia myös itsestään ajavien autojen turvallisuusstandardeihin. General Motors ilmoitti jo vuonna 2018 haluavansa tuoda liikenteeseen auton ilman polkimia ja rattia. NHTSA:n tekemien muutoksien valossa GM on aikeissa toteuttaa suunnitelmansa vuoden 2019 aikana. (Thubron 2018.)

#### 4.1.2 Turvallisuus

Mikäli ihminen poistuu ratista ja polkimista, siitä seuraa epäsuorasti lisää hyötyjä liikenteen turvallisuuteen. Tällöin ”autonkuljettaja” ei ole enää niin altis inhimillisille virheille. Täysin automatisoidun älyauton ollessa valmis, ajovirheistä aiheutuneiden onnettomuuksien määrä tulee laskemaan huomattavasti. Ajovirheiksi määritellään: hidasta reaktionopeutta, ylinopeutta, rattijuoppoutta, perässä ajamista, maisemien katse-  
lua sekä muita mahdollisia ajoa haittaavia häiriötekijöitä. NHTSA mukaan USA:ssa arviolta 94% liikenneonnettomuuksista vuosina 2005-2007 on aiheutunut kuljettajan tekemästä virheestä. (NHTSA 2015.)

#### 4.1.3 Liikenteen sujuvuus

Kaikkien autojen ollessa robottien hallinnassa matkan teosta tulee sujuvampaa. Nopeusrajoitusten nostaminen ja turvavälien pienentäminen johtaisi siihen, että ruuhkaisille teille mahtuisi samaan aikaan enemmän liikennettä. Amerikkalaisen moottoritien kapasiteetin käsikirjan mukaan yhden kaistan käyttö rajoittuu noin 2200 ajoneuvoon tunnissa. Tällöin kaistan käytössä olevasta tilasta ajoneuvot käyttävät vain noin 5%. Colombialaisen yliopiston tutkimuksen mukaan älyautot voisivat nostaa kaistan käyttästä jopa 273%:a (8200 ajoneuvoa/h/kaista) nostamalla nopeuksia ja pienentämällä turvavälejä. Siinä vaiheessa, kun älyautojen teknologia sallii niiden jatkuvan keskinäisen keskustelun, voitaisiin kaistan käyttöä nostaa vielä suuremmaksi (Kuva 5). Tämä tietäisi paikoittain suuria helpotuksia liikenneruuhkiin. (Ackerman 2012).



Kuva 5. Vasemmalla turvavälien ja nopeuksien vertaamista autojen välillä, oikealla niiden vaikutukset moottoritien kapasiteettiin (Ackerman 2012)

#### 4.1.4 Kulutus ja säästäminen

Älyautojen saavuttaessa edellisessä kappaleessa mainitun täydellisen keskenään kommunikoinnin, säästetään ajan lisäksi myös polttoaineen kulutuksessa, kun tarvittavien kiihdytyksien ja jarrutuksien määrä vähenee. Autojen tunnistaessa muiden liikkeellä olevien aiheet ajoissa, niihin voidaan valmistautua tehokkaammin. Samalla luonnollisesti vähenee kasvihuonekaasujen päästöt ja öljyn kulutus. Pidemmän ajan kuluttua, siirryttäessä polttomoottoreiden sijasta akkukäyttöisiin ajoneuvoihin, päästöjen määrää laskee entisestään. (Pyper 2014.)

Muita älyautoihin liittyviä säästöjä aiheuttavia kohtia useita. On ennustettu, että jatkossa kotitalouksissa ei olisi enää tarvetta kuin yhdelle autolle. Tällä hetkellä useamman auton taloudet käyttävät harvoin useaa autoa samaan aikaan. Älyautolla olisi mahdollista ajaa vaikkapa töihin ja lähettää auto takaisin kotiin, missä se olisi taas muiden käytettävissä. Samalla säästyisi mahdollinen pysäköintimaksu. Pelkästään yhden auton omistaminen tuo jo suuria säästöjä useamman auton omistamiseen verrattuna, kun mietitään myös veroista ja vakuutuksista aiheutuvia kustannuksia.

Älyautojen hallitessa liikennettä tulevat vakuutusmaksutkin laskemaan dramaattisesti, kun onnettomuuksien aiheuttajista poistetaan kuljettajien tekemät virheet. Mikäli haluaa omistaa useamman älyauton, voisi niitä vuokrata taksinomaisesti muille, silloin kun omistaja ei niitä tarvitse. Tämä olisi yksi tulonlähde lisää. Voi myös olla, että taloudessa ei ole ollenkaan autoa ja yleinen tapa liikkua on muiden vuokraamien älyautojen käyttäminen matkojen tekoon. Älyauton käyttäminen taksina tulee olemaan nykyisiin takseihin verrattuna huomattavasti halvempaa, kun tarvetta maksaa ihmisen tekemästä työstä ei ole ja kulutus on minimoitu. (Wolinsky 2018.)

#### 4.2 Testiajot

Älyautoille on tehty testiajoja kaupunkiympäristöissä jo vuosia, mutta silti julkisuuteen nousee päällimmäiseksi onnettomuudet näihin testeihin liittyen. Vuonna 2018 USA:ssa Jaguar Land Roverin tekemän tutkimuksen mukaan 63%:lla jalankulkijoista on huoli siitä, kuinka turvallista on ylittää tie tulevaisuudessa älyautojen yleistyessä

(Sillars 2018). Tästä huolimatta autojen valmistajat jatkavat tekniikan kehittämistä ja autojen testaamista, toivoen mielipiteiden muuttuvan ajan myötä.

Waymo älyauton valmistaja Alphabet tiedotti lokakuussa 2018 sen älyautojen matkanneen 10 miljoona mailia Yhdysvaltain teillä. Jotkut niistä jopa ilman turvakuljettajaa. Waymo toimii 6:ssa eri osavaltiossa, joissa se tarjoaa ihmisille kuljetusta ympäri kaupunkia. Testiajot ovat saaneet kritiikkiä siitä, että mailimäärä ei kerro tarpeeksi älyautojen toiminnallisuudesta. Uberin järjestelmän turvallisuuspäällikkö Noah Zych kommentoi Waymon virstanpylvästä näin: ”Kuljettujen mailien määrä ei yksinään ole niinkään hyvä mitta, jos ei tiedetä mitä niiden mailien aikana tapahtui. On tarpeellista tietää, että millaisissa tilanteissa auto oli? Mitä ongelmatilanteita auton oletettiin pystyvän ratkaisemaan? Mikä oli testiajotjen tarkoitus testialueilla? Oliko tarkoitus datan keräys? Oliko tarkoitus todistaa, että auto pystyi ratkaisemaan ongelmatilanteet? Vai oliko tarkoitus vain nostaa kuljettuja maileja?”. Tilannetta voi verrata ajokokeeseen, jossa tarkastaja pistää kuljettajan erilaisiin tilanteisiin kokeen aikana, eikä vain ajata suoraa tietä. Waymon tiedottaja Liz Markman kommentoi, että kyseessä ei ole vain ajettujen mailien määrä, vaan niiden laatu ja haasteet, jotka tekivät niistä arvokkaita. (Marshall 2018.)

Testaaminen on kriittinen osa älyautojen kehitystä ja julkista mielipidettä. Hyvien kokemuksien myötä mielipiteet oletettavasti muuttuvat ajan kuluessa. Ihmiset tulevat avoimemmaksi ajatukselle robottiautojen olemassaolosta. Valitettavasti virheitä tapahtuu todennäköisesti tulevaisuudessakin, mutta näistä virheistä oppimalla voidaan niiltä jatkossa välttyä.

### 4.3 Tekniikan kehittyminen

On sanomattakin selvää, että tekniikan kehittyessä myös älyautot kehittyvät. Nykyiset älyautot ovat vasta raapaisu siihen, mihin tulevaisuudessa pystytään täydellä automaatiolla. Tällä hetkellä esimerkiksi Waymo on aloittamassa automatisoidun ajon tason 4 älyautojen massatuotannon uudella tehtaallaan. Monet tason 2 ja 3 valmistajat lupailivat tason 4 kokemusta vuodeksi 2021, joidenkin ohittaessa tason 3 autot kokonaan. Kun taso 5 joskus tulee saavutetuksi, voitaisiin älyautoa pitää jo autojen korvaajana



liikenteessä. Koska tason 5 saavuttaminen tulee olemaan hyvin vaikeaa, on sen saapumisen ennustaminen jokaisen valmistajan omilla harteilla. (Walker 2019.)

Koska kilpailu valmistajien välillä on kovaa, tulee myös älyautojen kehitys olemaan nopeampaa. Aikaisemmin kuvaamistani onnettomuustapauksista kävi ilmi, että kiire älyautojen kehittämisessä voi johtaa ei-toivottuihin tuloksiin. Siksi olisikin tärkeää, että valmistajat kiireestä ja rahanhimosta huolimatta ehtisivät testata kehittämänsä autonsa perusteellisesti. Näin toimimalla ei vaarannettaisi ihmisten turvallisuutta ja samalla saataisiin älyautojen luotettavuutta parannettua.

## 5 ÄLYAUTOT TULEVAISUUDESSA

Miettiessä älyautojen tulevaisuutta esille nousee monia kysymyksiä. Miten ne vaikuttavat ihmisten joka päiväiseen normaali- ja työelämään? Miten kaupungit ja tiet muuttuvat? Miten laki ottaa kantaa älyautoihin? Näihin kysymyksiin on mahdotonta antaa tarkkoja vastauksia tässä vaiheessa, mutta aina voidaan spekuloida.

### 5.1 Osana normaalia elämää ja liikennettä

Normaalina elämänä tarkoitan tässä yhteydessä muuta jokapäiväistä elämää kuin työelämä.

Ehkä ensimmäinen asia, joka pistää silmään on älyautojen ulkonäkö. Älyautoja tullaan tekemään eri tarkoituksiin ja niiden muotoilu niin ulkoa kuin sisältä voi vaihdella paljon. Kun tarvetta polkimille tai ratille ei enää ole, ei kuskinkaan tarvitse katsoa eteensä. Tämä tuo lisää mahdollisuuksia auton sisätilojen järjestelyille. Älyautoja kehitetään myös muihin tarpeisiin kuin ihmisten kuljettamiseen, tällöin sisälle jätetään tilaa vaikka ostoskasselle (Kuva 6). Isommat autot tulevat olemaan kompaktimpia, tuoden lisää tilaa matkustajille ja tavaroille. Mitä kalliimpi älyauto, sen varustellumpi se on.

Mahdollisuuksia mukavuuden tuomiseen on monia, esim. sänky, hieronta, wifi, koti-teatteri, virtuaalitodellisuus (Silver 2018.)



Kuva 6. Nuron älyauto, jossa erilliset ostoksille tarkoitetut tilat. Tilaa matkustajille ei ole (Silver 2018)

Kuten älyauton hyötyjä läpi käydessä ilmeni, niin tarvetta omalle autolle ei välttämättä ole siinä vaiheessa, kun yritykset alkavat tarjoamaan halpoja kuljetuksia omilla autoillaan. Kun älyautojen valmistus on niin pitkällä, että niiden tekeminen on edullista, voi kuljetuksia tarjoavalla yrityksellä olla monia kymmeniä älyautoja tarjoamassa halpaa kuljetuspalvelua.

Tarve parkkihalleille tai parkkitilalle yleensä tulee olemaan minimaalista. Tiet pienentyvät ja hiljentyvät, kun älyautot optimoidaan isoille nopeuksille ja pienille turvaväleille tekniikan kehityksen ansiosta. Samalla kaupungit suurentuvat teiden vähentymisen johdosta. Uusia teitä rakennetaan matkustamisen mukavuutta miettien.

Tulevaisuudessa autoilun turvallisuuden uskotaan olevan huipussaan ja teillä tapahtuneiden onnettomuuksien määrän oletetaan olevan lähellä nollaa. Toisaalta kun onnettomuus tapahtuu, tulee se olemaan iso valituksen aihe. Suurin uhka älyautoille näyttäisi olevan hakkerointi, minkä estäminen on ja pysyy ohjelmistokehittäjien haasteena

jatkossakin. Poliiseilta pakoon pääseminen ja takaa-ajot älyautolla tulevat olemaan lähes mahdottomia. Voi olla mahdollista poistaa älyauto ”verkosta”, mikä saattaisi tuoda rikollisille erilaisia tilaisuuksia.

Älyautoissa olevien kameroiden ja verkkoon kytkemisen avulla auton tarkkailu on helppoa. Auto voidaan tarpeen vaatiessa paikantaa ja ohjata määränpäähän vaivattomasti. Tämä taas tulee nostamaan esille kysymyksen ihmisten yksityisyydestä. Onko hyväksyttävää, että älyautoa on mahdollista valvoa jatkuvasti? Saako poliisi tiedustella, jos auto on kulkenut epäilyttävästi useamman paikan välillä moneen kertaan lyhyessä ajassa? Pidemmän ajan kuluessa lakia tullaan varmasti sopeuttamaan robotisoiutuvaan yhteiskuntaan.

## 5.2 Osana työelämää

Älyautojen ollessa hallitseva teidenkäyttäjät tulee tapahtumaan työelämässä suuria muutoksia. Esimerkiksi älyautojen ohjelmiston koodareille tulee valtava tarve, kun valmistajat tavoittelevat kärkipaikkaa kilpailevilla markkinoilla. Älyautojen kehittämistyössä tulee olemaan tarjolla paljon erilaisia työpaikkoja teknologiaosaajille.

On myös väistämätöntä, että jotkut työpaikat tulevat häviämään älyautojen kehityksessä. Isoin muutos tulee taksi- ja rekkakuskeille, joita ei enää täyden automaation aikana tarvita ratin takana. Autoihin liittyvien onnettomuuksien ollessa 0%:a tai lähellä sitä, tulevat myös perinteiset autokorjaamot kärsimään työpulasta. Poliisi voi siirtää resurssejaan pois liikenteenvalvonnasta, eikä pysäköinninvalvontaakaan enää tarvita. Uusien teiden valmistaminen minimoidaan. Samalla syrjäisemmät kahvilat, esim. rekkakuskeille katoavat.

On kuitenkin tutkittu, että älyautoihin liittyvät työpaikkojen menetykset eivät tule olemaan niin massiivisia kuin on etukäteen pelätty. Yhdysvaltalaisen taloustieteilijä Erica Groshenin tekemän arvion mukaan työttömyys tulee älyautojen takia nousemaan Yhdysvalloissa vuosien 2045 ja 2055 aikana vain 0.06 ja 0.13 prosentin väliltä. Samassa

arvioissa mainitaan, kuinka historiassa uudella teknologialla on ollut positiivinen vaikutus talouteen, esimerkkinä mainittiin Internet. (Reinicke 2018.)

Mikäli tekoälyä hyödyntäviä monialayrityksiä on tulevaisuudessa vain muutamia, tulevat ne tekemään suuria voittoja. Isompien rahojen liikkuminen näiden yritysten ja kuluttajien välillä voi vaikuttaa negatiivisesti muuhun talouteen.

### 5.3 Älyautoihin liittyvät lait

Asia mikä ei pelkästään koske älyautoja, vaan tekoälyä kokonaisuudessaan, on niihin liittyvät etiikka ja lainsäädäntö. Tällä hetkellä älyautoihin liittyvät lait koskevat niiden käyttöoikeutta yleisessä liikenteessä. On oletettavaa, että muita itsestään ajamiseen liittyviä lakeja, säädöksiä ja pykäliä laaditaan tulevaisuudessa lisää.

Ajokortin tarve tulee ajan myötä katoamaan. Tämä helpottaa liikkumista nykyisin korjittomille kuten lapsille ja liikuntarajoitteisille.

Iso kysymys lakiin liittyen on täysin automatisoidun älyauton aiheuttama kolari, jossa on joku loukkaantunut tai kuollut. Kenen on vastuu, kun periaatteessa kukaan elävä ei ole tapauksen aikana ”ajanut” autoa. Jotkut syyttävät auton valmistajaa, joka on kykenemättömyyttään päästänyt virheen tehneen auton tiekäyttöön. Jotkut taas syyttävät auton omistajaa, jonka tulisi tietää älyauton mahdollisista vaaroista. Mikäli kolari johtui ohjelmointiin liittyvästä virheestä, syytettäisiin siitä ohjelmoijaa.

Toinen moraalinen kysymys, minkä älyauto voi kohdata on klassinen: tappaa yksi pelastaakseen monta. Mikäli syystä tai toisesta älyauton eteen ilmestyy ihminen eikä törmäys ole enää estettävissä, ajaako älyauto ihmisen päälle vai väistääkö jyrkästi päin seinää tappaen kyydissä olevat? Koodaajien päätettäväksi jää, miten älyauto reagoi näissä moraalisisissa tilanteissa. Heidän pohdittavakseen jää myös, miten tämä ajatuksenkulku muutetaan koodeiksi. Vaihtoehtoina voi olla suorittaa tiettyjä luotuja sääntöjä ja noudattaa niitä tilanteesta riippumatta tai tehdä päätökset aina tilanteen mukaan uhrien lukumäärän minimoimiseksi.

Tässä työssä aikaisemmin käsitelty pohdinta poliisin älyauton sijaintitiedon ja kameroiden tarkkailumahdollisuudesta herättää myös kysymyksiä. Missä menee poliisin vallan ja yksityisyydenraja tutkittaessa älyauton ”epäilyttävää” käyttäytymistä, tulevatko älyautot olemaan sellaisessa tietoverkossa, jota esim. poliisi voi tarkkailla vapaasti? Saako älyautoa käyttää, jos se ei ole kytkettynä tietoverkkoon?

Joitakin lakeja älyautoihin liittyen tullaan varmasti muokkaamaan niiden käyttöönoton jälkeen. Etenkin älyautonkäyttäjien yksityisyyden suojaamiseen liittyvät kysymykset tulevat olemaan mielenkiinnon kohteena.

## 6 YHTEENVETO

Älyautojen yleistyminen tulee olemaan väistämätöntä. Toisaalta tason 5 automatisointi on edelleen vain haaveen tasolla. Valmistajista BMW ja Daimler väittävät pystyvänsä siihen jo 2020-luvulla, kun taas Toyotalta sanotaan, ettei kukaan alalla olevista toimijoista ole edes lähellä tasoa 5. Teslan juuri pitämässä tiedotustilaisuudessa yhtiön toimitusjohtaja Elon Musk väitti Teslan autonomisen järjestelmän olevan 2020 puolivälissä sillä tasolla, että kuljettajan ei tarvitse kiinnittää huomiota ajamiseen. Näitä tason 5 robottitakseja Tesla aikoi tuoda USA:n liikenteeseen yli miljoona kappaletta vuoden 2020 kuluessa. Tiedote otettiin vastaan niin positiivisesti kuin skeptisesti. Musk oli aikaisemmin väittänyt Teslan pystyvän tason 5 automatisointiin vuoteen 2018 mennessä. Useimmat asiantuntijat ovat edelleen sitä mieltä, että tasoa 5 ei tulla näkemään vuosiin, eikä sen saavuttaminen ole edes mahdollista Teslan nykyisellä teknologialla. (Hawkins 2019.)

Arizonassa tapahtunut onnettomuus herätti paljon negatiivista huomiota mediassa, liittyen älyautoihin ja niiden turvallisuuteen. Älyautoja ja muutakin teknologian kehitystä vastustavat saivat iloita keskustelupalstoilla, kun pelko älyautoja kohtaan kasvoi enti-

sestään kyseisen tapauksen johdosta. Kun itse kävin läpi tätä työtä varten näitä palstoja, huomasin, että alan kannattajia löytyy edelleen. Tosin hyvin varovaisesti ja epäsuorasti asiaan kantaottavia. Käsitykseni mukaan, yleinen mielipide on, että antaa älyautojen tulla, mutta ei vielä.

Pelko älyautojen hakkeroinnista on yksi asia mikä nousee usein esille keskustelupalstoilla. Lisäksi siellä pohditaan, kuinka auto on verkossa ja sitä kautta ulkopuolisen on mahdollista puuttua auton käyttöön. Pelko menetettävistä työpaikoista on yleinen. Toinen harmittomampi huolenaihe on kuinka jotkut jäävät kaipaamaan itse ajamista. Ehkä vuoden 2050 tienoilla älyautojen hallitessa liikennettä ihmisen on jopa laitonta ajaa autoa, sillä jo yksikin ihminen ratissa voi sekoittaa muut vieressä kulkevat älyautot.

Jatkuvat testiajot ja onnettomuuksien väheneminen lisäävät pikkuhiljaa luottamusta vuosien kuluessa älyautoihin. Yhä useampi uskaltaa itse kokeilla miltä nämä testiajot tuntuvat. Kun tason 3 ja 4 älyautojen valmistus tulee halvemmaksi, on todennäköistä, että halukkaat kotitaloudetkin voivat siirtyä ajamaan lähes täysin automatisoituja älyautoja. Valmistajien on älyautoja markkinoidessaan tuotava esille kaikki mahdolliset älyautoista saatavat hyödyt muuttaakseen vielä epäröivien mielipiteet. On osattava tuoda esille, kuinka työmarkkinat eivät tule kärsimään älyautojen lisääntymisestä. Älyautojen kehittyminen ja lisääntyminen liikenteessä tulee luomaan uusia työpaikkoja. Niiden kehitys mahdollistaa aivan uusien töiden ja tehtävien räjähdysmäisen kasvun teknologia-aloilla.

Vielä tässä vaiheessa älyautoilun kehitystä ei voi jäädä kuin mielenkiinnolla seuraamaan. On mielenkiintoista nähdä, miten älyautot ja niihin liittyvät mielipiteet tulevat vuosien aikana muuttumaan? Miltä tulevaisuuden liikenne lopulta näyttää?

## LÄHTEET

- Ackerman, E. 2012. Study: Intelligent Cars Could Boost Highway Capacity by 273%. IEEE Spectrum. Viitattu 5.3.2019. <https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/artificial-intelligence/intelligent-cars-could-boost-highway-capacity-by-273>
- Allianz. 2014. Lane departure warning systems. Viitattu 26.1.2019. <https://www.allianz.com.au/car-insurance/news/lane-departure-warning-systems>
- Bel Geddes, N. 1940. Magic motorways. New York: Random House. Viitattu 21.1.2019. <https://archive.org/details/magicmotorways00geddrich>
- Boudette, N. E. & Vlastic, B. 2016. Self-Driving Tesla Was Involved in Fatal Crash, U.S Says. The New York Times. Viitattu 27.2.2019. <https://www.nytimes.com/2016/07/01/business/self-driving-tesla-fatal-crash-investigation.html>
- Bowles, J. 2018. Autonomous Vehicles and the Threat of Hacking. CPO Magazine. Viitattu 4.3.2019. <https://www.cpomagazine.com/cyber-security/autonomous-vehicles-and-the-threat-of-hacking/>
- Conger, K. & Wakabayashi, D. 2018. Uber's Self-Driving Cars Are Set to Return in a Downsized Test. The New York Times. Viitattu 28.2.2019. <https://www.nytimes.com/2018/12/05/technology/uber-self-driving-cars.html>
- Daimler. 2016. The PROMETHEUS project launched in 1986: Pioneering autonomous driving. Viitattu 22.1.2019. <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/The-PROMETHEUS-project-launched-in-1986-Pioneering-autonomous-driving.xhtml?oid=13744534>
- Dudley, D. 2014. The Driverless Car Is (Almost) Here. AARP The Magazine. Viitattu 23.1.2019. <https://www.aarp.org/home-family/personal-technology/info-2014/google-self-driving-car.html>
- Edelstein, S. 2017. Here is everything you need to know about adaptive cruise control. Digital Trends. Viitattu 25.1.2019. <https://www.digitaltrends.com/cars/adaptive-cruise-control/>
- Esurance. 2018. Free time and dull pockets: how self-driving cars may save you money. Viitattu 29.1.2019. <https://www.esurance.com/insights/self-driving-cars-save-money>
- Hawkins, A. J. 2019. Here are Elon Musk's wildest predictions about Tesla's self-driving cars. The Verge. Viitattu 24.4.2019. <https://www.theverge.com/2019/4/22/18510828/tesla-elon-musk-autonomy-day-investor-comments-self-driving-cars-predictions>
- Lambert, F. 2019. Tesla Autopilot confuses markings toward barrier in recreation of fatal Model X crash at exact same location. Electrek. Viitattu 28.2.2019. <https://electrek.co/2018/04/03/tesla-autopilot-crash-barrier-markings-fatal-model-x-accident/>

- Liikenneturva. n.d. Turvatekniikka: Turvallisuutta kaista-ajoon. Viitattu 26.1.2019. <https://www.liikenneturva.fi/fi/liikenteessa/turvatekniikka-turvallisuutta-kaista-ajoon>
- Lohmann, R. 2009. Park shuttle automated driverless vehicle pilot project. Viitattu 22.1.2019. <http://staff.washington.edu/jbs/itrans/parkshut.htm>
- Marshall, A. 2018. We've Been Talking About Self-Driving Car Safety All Wrong. Wired. Viitattu 6.3.2019. <https://www.wired.com/story/self-driving-cars-safety-metrics-miles-disengagements/>
- National Conference of State Legislatures. 2018. Autonomous vehicles | Self-driving vehicles enacted legislation. Viitattu 23.1.2019 <http://www.ncsl.org/research/transportation/autonomous-vehicles-self-driving-vehicles-enacted-legislation.aspx>
- National Highway Traffic Safety Administration. 2015. Traffic Safety Facts, Crash – Stats. Viitattu 5.3.2019. <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115>
- National Transportation Safety Board. 2017. Collision Between a Car Operating With Automated Vehicle Control Systems and a Tractor-Semitrailer Truck Near Wiliston, Florida May 7, 2016. Viitattu 27.2.2019. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Pages/HAR1702.aspx>
- National Transportation Safety Board. 2018. PRELIMINARY REPORT HIGHWAY HWY18MH010. Viitattu 28.2.2019. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HWY18MH010-prelim.pdf>
- National Transportation Safety Board. 2018. PRELIMINARY REPORT HIGHWAY HWY18FH011. Viitattu 28.2.2019. <https://www.nts.gov/investigations/AccidentReports/Reports/HWY18FH011-preliminary.pdf>
- Ngo, D. 2016. Dashcam shows fatal Tesla Model S crash in China. CNET. Viitattu 27.2.2019. <https://www.cnet.com/news/dash-cam-showed-fatal-tesla-crash-in-china/>
- Nvidia. 2016. Ford Using Deep Learning for Lane Detection. Viitattu 26.1.2019. <https://news.developer.nvidia.com/ford-research-using-deep-learning-for-lane-detection/>
- Nvidia. 2016. Tesla and Nvidia - Automotive Partners. Viitattu 27.1.2019. <https://www.nvidia.com/en-us/self-driving-cars/partners/tesla/>
- Oponeo. 2018. Autonomous Driving Systems 101: Adaptive Cruise Control (ACC) Explained. Viitattu 25.1.2019. <https://www.oponeo.co.uk/tyre-article/autonomous-driving-systems-101-adaptive-cruise-control-acc-explained>
- Paromtchik, I. E. & Laugier, C. 1996. Motion Generation and Control for Parking an Autonomous Vehicle. Teoksessa Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation. Volume 4. New Jersey: IEEE, 3117-3123.
- Pavia, W. 2018. Driverless Uber car 'not to blame' for woman's death. The Times. Viitattu 28.2.2019. <https://www.thetimes.co.uk/article/driverless-uber-car-not-to-blame-for-woman-s-death-klkbt7vf0>



Pomerleau, D. 1989. Alvin: An Autonomous Land Vehicle in a Neural Network. Viitattu 22.1.2019. <https://papers.nips.cc/paper/95-alvin-an-autonomous-land-vehicle-in-a-neural-network.pdf>

Pyper, J. 2014. Self-Driving cars Could Cut Greenhouse Gas Pollution. Scientific American. Viitattu 6.3.2019. <https://www.scientificamerican.com/article/self-driving-cars-could-cut-greenhouse-gas-pollution/>

Reinicke, C. 2018. Autonomous vehicles won't only kill jobs. They will create them, too. CNBC. Viitattu 14.3.2019. <https://www.cnbc.com/2018/08/10/autonomous-vehicles-are-creating-jobs-heres-where.html>

SAE International. 2016. Automated driving. Viitattu 24.1.2019. [https://web.archive.org/web/20161120142825/http://www.sae.org/misc/pdfs/automated\\_driving.pdf](https://web.archive.org/web/20161120142825/http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf)

Sillars, J. 2018. Will 'virtual eyes' help us to trust driverless cars. Sky News. Viitattu 6.3.2019. <https://news.sky.com/story/virtual-eyes-test-trust-in-driverless-cars-11484119>

Silver, D. 2018. Self-Driving Vehicles Will Look Different And Exciting. Forbes. Viitattu 13.3.2019. <https://www.forbes.com/sites/davidsilver/2018/07/20/self-driving-vehicles-will-look-different-and-exciting/#50677a36443f>

Su, J. B. 2018. Why Tesla Dropped Nvidia's AI Platform For Self-Driving Cars And Built Its Own. Forbes. Viitattu 28.1.2019. <https://www.forbes.com/sites/jeanbaptiste/2018/08/15/why-tesla-dropped-nvidias-ai-platform-for-self-driving-cars-and-built-its-own/#1ef4287d6722>

Tesla. 2017. Autopilot-järjestelmä. Viitattu 27.1.2019. <https://www.tesla.com/autopilot>

Tesla. 2018. An Update on Last Week's Accident. Viitattu 28.2.2019. <https://www.tesla.com/blog/update-last-week%E2%80%99s-accident>

The Milwaukee Sentinel. 1926. "Phantom auto" will tour city. The Milwaukee Sentinel, 14. Viitattu 21.1.2019. <https://news.google.com/newspapers?id=un-BQAAAAIBAJ&sjid=QQ8EAAAIBAJ&pg=7304,3766749>

Thomson, L. 2018. Say what you will about self-driving cars – the security is looking 'OK'. The Register. Viitattu 4.3.2019. [https://www.theregister.co.uk/2018/08/10/autonomous\\_car\\_hacking/](https://www.theregister.co.uk/2018/08/10/autonomous_car_hacking/)

Thubron, R. 2018. Self-driving cars without steering wheels to be allowed on US roads. TECHSPOT. Viitattu 5.3.2019. <https://www.techspot.com/news/76809-self-driving-cars-without-steering-wheels-set-arrive.html>

Time. 1925. Science: Radio Auto. TIME Magazine. Viitattu 21.1.2019. <http://content.time.com/time/magazine/article/0,9171,720720,00.html>

Trafi. 2015. Automaation edistäminen tieliikenteen ajoneuvoissa. Viitattu 24.1.2019. [https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1424379177/a8d819248b49d8ebbbfb7ef7cd6966d/16901-Trafi-Tietokortti\\_Automaatio\\_tieliikenteessa.pdf](https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1424379177/a8d819248b49d8ebbbfb7ef7cd6966d/16901-Trafi-Tietokortti_Automaatio_tieliikenteessa.pdf)

Walker, J. 2019. The Self-Driving Car Timeline – Predictions from the Top 11 Global Automakers. Emerj. Viitattu 13.3.2019. <https://emerj.com/ai-adoption-timelines/self-driving-car-timeline-themselves-top-11-automakers/>

Wetmore, J. 2003. Driving the Dream. Automotive History Review, 4-19. Viitattu 21.1.2019. [https://web.archive.org/web/20091122214019/http://www.cspo.org/documents/article\\_Wetmore-DrivingTheDream.pdf](https://web.archive.org/web/20091122214019/http://www.cspo.org/documents/article_Wetmore-DrivingTheDream.pdf)

Wolinsky, J. 2018. Self-Driving Cars Will Save You Money (You Just Got To Wait). ValueWalk. Viitattu 6.3.2019. <https://www.valuewalk.com/2018/09/future-of-self-driving-cars-save-money/>