

Väinö Kahala

**AUTONOMISTEN AJONEUVOJEN  
REGULAATION HAASTEET VASTUUN,  
EETTISYYDEN JA DATAN  
NÄKÖKULMASTA**

Kandidaatintyö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastaja: Jussi Valta  
Toukokuu 2020

# TIIVISTELMÄ

Väinö Kahala: Autonomisten ajoneuvojen regulaation haasteet vastuun, eettisyyden ja datan näkökulmasta  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Teknis-taloudellinen tutkinto-ohjelma, TkK  
Toukokuu 2020

---

Autonomiset ajoneuvot ovat ajoneuvoja, jotka kykenevät hoitamaan ajotehtävän osittain tai kokonaan ilman ihmiskuljettajan ohjausta. Autonomisten ajoneuvojen laajamittainen käyttöönotto sisältää lukuisia mahdollisuuksia esimerkiksi liikenneturvallisuuden ja infrastruktuurin suunnittelun näkökulmasta. Teknologia nostaa esille kuitenkin paljon sen regulaatioon liittyviä kysymyksiä, jotka on ratkaistava teknologian käyttöönoton mahdollistamiseksi. Tässä kandidaatintyössä keskitytään regulaation haasteisiin vastuukysymysten, eettisyyden, ja datan osalta. Työn tavoitteena oli perehtyä regulaation haasteisiin rajatussa viitekehyksessä ja tuoda esiin keskeisimpiä regulaation ongelmia. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena.

Työssä käsitellään ensin autonomisia ajoneuvoja ja teknologian regulaatiota yleisesti sekä esitellään kirjallisuudessa laajasti käytetty autonomisten ajoneuvojen luokittelu, jota sovelletaan myös tässä työssä. Seuraavaksi perehdytään tarkemmin autonomisten ajoneuvojen regulaation haasteisiin vastuun, eettisyyden ja datan regulaation osalta. Lisäksi tutkitaan regulaation vaikutusta autonomisten ajoneuvojen kehitykseen. Esille nousseita haasteita sovelletaan yhdistämällä työn alussa esitelty luokittelumenetelmä haasteisiin ja havainnoidaan haasteiden ilmenemistä luokittelun viitekehyksessä. Lopuksi tarkastellaan regulaation keskeisimpiä haasteita yleisesti.

Vastuukysymysten osalta kirjallisuudessa nousevat esille vastuun siirtyminen kuljettajalta ajoneuville ja sen vaikutukset ajoneuvon valmistajiin ja vakuutuskäytäntöihin. Eettisissä kysymyksissä keskeisenä ongelmana ovat erilaiset eettiset filosofiat ja eettisistä valinnoista vastaavan tahon määrittäminen. Datan omistajuuteen liittyvissä kysymyksissä keskeisenä teemana ovat datan eri sidosryhmät ja sidosryhmien väliset ristiriidat mutta toisaalta myös datan hyödyntämisen tuomat mahdollisuudet. Kyberturvallisuuden osalta on huomattu ajoneuvojen olevan jo nykyiselläänkin alttiita kyberhyökkäyksille, ja kehityksen sekä ajoneuvojen ja infrastruktuurin välisen kommunikaation lisääntyessä painotetaan kyberturvallisuuden merkityksen kasvua.

Regulaation haasteiden huomataan osittain kytkeytyvän toisiinsa ja ilmenevän eri tavoin työssä käytettävän luokittelun eri tasoilla. Kirjallisuudessa painotetaan regulaation vähäisyyden ja epäyhtenäisyyden negatiivisia vaikutuksia autonomisten ajoneuvojen kehitykseen. Keskeiseksi teemaksi kaikilla käsitellyillä regulaation osa-alueilla nousevat eri sidosryhmien intressit ja intressiristiriidat.

Avainsanat: autonomiset ajoneuvot, itseajavat autot, sääntely, regulaatio, vastuu, eettisyys, data, kyberturvallisuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitinin OriginalityCheck -Ohjelmalla.

# ABSTRACT

Väinö Kahala: Challenges for regulation of autonomic vehicles regarding liability, ethics and data  
Bachelor of Science Thesis

Tampere university

Industrial Engineering and Management

May 2020

---

Autonomic vehicles are vehicles capable of partially or completely executing the driving task without human control. Large-scale adoption of autonomic vehicles holds many promises of advancement in areas such as traffic safety and infrastructure planning. The technology however comes with many challenges regarding its regulation that must be addressed before the adoption of the technology is possible. This work examines the challenges of regulation regarding liability, ethical questions and data. The aim of this work was to examine the challenges of regulation in a limited scope and introduce the biggest challenges in specified areas of regulation. The work was conducted as a literary review.

The work first deals with autonomous vehicles and technology regulation in general, and presents the classification of autonomous vehicles widely used in the literature, which is also applied in this work. Next, the challenges of autonomous vehicle regulation in terms of responsibility, ethics and data regulation will be examined in more detail. In addition, the effect of regulation on the development of autonomous vehicles is studied. The challenges found in the research section are then combined with the classification system presented at the beginning of the work. The occurrence of challenges on different levels of the classification system is examined. Finally, we look at the key challenges of regulation in general.

Regarding liability issues, the transfer of responsibility from the driver to the vehicle and its effects on vehicle manufacturers and insurance practices are highlighted in the literature. A key problem in ethical issues are the various differing ethical philosophies and determining who is responsible for making the ethical choices. In matters related to data ownership, the central themes are the various stakeholders of the data and the conflicts of interest between the stakeholders, but also the opportunities brought by the utilization of the data. Regarding cyber security, it has been noted that vehicles are already vulnerable to cyberattacks, and with the development of autonomic vehicle technology and increased communication between vehicles and infrastructure, emphasis is being placed on the growing importance of cybersecurity.

The challenges of regulation are found to be partly interconnected and manifest in different ways at different levels of the classification system used in the work. The literature emphasizes the negative effects of lack and inconsistency of regulation on the development of autonomous vehicles. The interests and conflicts of interest of different stakeholders are a recurring theme in all areas of regulation discussed.

Keywords: autonomic vehicles, self-driving cars, regulation, liability, ethics, data, cybersecurity

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

# ALKUSANAT

Työn aihe valikoitui kiinnostavuuden ja ajankohtaisuuden perusteella. Halusin myös valita aiheen alueelta, joka ei ainakaan omasta mielestäni liittyisi suoraan tuotantotalouteen – vaihtelu virkistää. Henkilökohtaisesti olen sitä mieltä, että mitä enemmän pakollista työtä saadaan automatisoitua ja siirrettyä ihmisiltä koneille, sen parempi. Silloin jää enemmän aikaa jokaista itseään kiinnostaville asioille. Autonomisissa ajoneuvoissa kiinnostavaa on mielestäni myös niiden mahdollisuus mullistaa yhteiskuntaa niin taloudellisesti kuin sosiaalisestikin.

Työn aiheen hyväksyi professori Saku Mäkinen, ja aihe rajautui työn kirjoittamisen aikana regulaation tiettyihin osa-alueisiin. Haluan erityisesti kiittää kandiohjaajaani Jussi Valtaa ja Professori Saku Mäkistä, joilta kummaltakin sain erittäin hyödyllisiä ideoita ja huomioita työn kehittämiseksi. Ja Organisaatiolle isot kiitokset.

Tampereella 7.5.2020

Väinö Kahala

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. AUTONOMISET AJONEUVOT .....	3
2.1 Teknologisten innovaatioiden regulaatio .....	3
2.2 Autonomisten ajoneuvojen kehitys .....	4
2.3 SAE:n autonomisen ajamisen tasot.....	4
3. AJONEUVOJEN REGULAATION HAASTEET VASTUUN JA EETTISYYDEN NÄKÖKULMASTA .....	6
3.1 Vastuuseen liittyvät ongelmat.....	6
3.2 Tapahtuneet onnettomuudet ja niihin suhtautuminen .....	7
3.3 Eettiset ongelmat .....	7
3.4 Regulaation vaikutus autonomisten ajoneuvojen kehitykseen .....	9
4. DATAN REGULAATIO.....	11
4.1 Datan omistajuus .....	12
4.2 Kyberturvallisuus.....	13
PÄÄTELMÄT .....	16
Regulaation haasteet SAE:n luokittelun viitekehyksessä.....	16
Regulaatioon liittyvät haasteet yleisesti.....	17
LÄHTEET .....	19
A REGULAATION HAASTEET SAE:N LUOKITTELUN ERI TASOILLA.....	23

# 1. JOHDANTO

Teknologisen kehityksen seurauksena ihmisen tekemän työn tarve on jatkuvasti vähentynyt, ja uusien innovaatioiden myötä yhä enemmän työtehtäviä on voitu siirtää koneiden vastuulle. Maantieliikenteen kannalta autonomisten ajoneuvojen kehitys ja niiden laajamittainen käyttöönotto on siten mielenkiintoinen mahdollisuus. Autonomisilla ajoneuvoilla tarkoitetaan yleisesti sellaisia ajoneuvoja, jotka liikkuvat ilman kuljettajan jatkuvaa ohjausta, jolloin ihmisestä riippuva manuaalinen ohjaus on tarpeetonta.

Autonomisten ajoneuvojen suuri etu on ihmisen suorittaman liikenteen havainnoinnin korvaaminen koneen suorittamalla jatkuvalla havainnoinnilla, jolloin saadaan poistettua inhimillisen virhearvion mahdollisuus. Erityisesti liikenneturvallisuuden kannalta tällä olisi merkittäviä seurauksia, sillä yli 90% liikenneonnettomuuksista johtuu kuljettajan tekemästä virheestä (NHTSA, 2015). Ihmisen arvioinnin poistaminen prosessista nostaa toisaalta esiin uusia kysymyksiä: jos autonominen ajoneuvo ajaa kolarin, kuka on vastuussa? Onnettomuustapaukset ja niihin varautuminen liittyvät paljolti lainsäädäntöön (Schellekens, 2015). Lisäksi on huomattava, että vaikka autonomisten ajoneuvojen uskotaankin olevan manuaalisesti ajettavia ajoneuvoja turvallisempia, ei törmäyksiä voida täysin välttää (Nyholm & Smids, 2016). Autonominen ajoneuvon tapauksessa sen toimintaan törmäykseen johtavassa tilanteessa vaikuttaa ajoneuvon ohjelmointi. Ajoneuvojen ohjelmointiin liittyy siis myös eettinen ongelma: pyrkiikö ajoneuvo esimerkiksi loppuun asti suojelemaan matkustajiaan vai vaihtoehtoisesti minimoimaan kokonaisuhrit matkustajienkin kustannuksella? (Nyholm & Smids, 2016).

Työn aihe on mielenkiintoinen, koska kyseessä on suhteellisen tuore teknologia, jota ollaan vasta ottamassa käyttöön, ja jonka regulaatioon liittyviä ongelmia ovat siten hyvinkin ajankohtaisia (De Bruyne & Werbrouck, 2018). Monet suuret autonvalmistajat kohdentavat resursseja autonomisten ajoneuvojen kehitykseen (Anderson et al. 2014 s. 26). Erityisen kiinnostavan aiheesta tekevät myös teknologian laajamittaisen käyttöönoton mahdolliset yhteiskunnalliset ja taloudelliset vaikutukset.

Tässä työssä keskitytään autonomisten ajoneuvojen regulaation haasteisiin vastuukysymysten, eettisten ongelmien ja datan regulaation näkökulmasta. Keskeisenä tutkimusongelmana voidaan pitää seuraavaa:

Mitä haasteita autonomisten ajoneuvojen regulaatioon liittyy eettisyyden, vastuukysymysten ja datan omistajuuden ja turvallisuuden osalta?

Työssä käydään ensin läpi autonomisia ajoneuvoja yleisesti kuten niiden luokittelua ja kehitystä. Tämän jälkeen tarkastellaan autonomisiin ajoneuvoihin liittyvää regulaatiota ja regulaatioon liittyviä ongelmia. Lopuksi tehdään johtopäätelmät ja arvioidaan olennaisimmat ongelmakohdat teknologian regulatiivisesta näkökulmasta.

Työ toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, ja lähteinä painotetaan vertaisarvioituja tieteellisiä artikkeleita sekä kirjallisuutta. Kirjallisuushakuja aiheesta on tehty pääasiassa Andoriin ja Google Scholariin, ja aiheesta löytyy runsaasti artikkeleita erityisesti viime vuosilta. Keskeisiä hakusanoja ovat esimerkiksi "self-driving cars" AND "regulation" tai "accidents", sekä "autonomous vehicles" ja "legislation".

## 2. AUTONOMISET AJONEUVOT

Autonomisia ajoneuvoja voidaan luokitella niiden autonomisten ominaisuuksien mukaan eri tasoille. Tällöin siirtymä täysin manuaalisista ajoneuvoista täysin autonomisiin on portaittainen. Koska ajoneuvoissa olevat autonomiset ominaisuudet voivat vaihdella paljonkin, on hyödyllistä perehtyä käytössä oleviin luokituksiin. Luokitusten avulla voidaan tarkemmin määritellä, mikä on autonominen ajoneuvo.

### 2.1 Teknologisten innovaatioiden regulaatio

Teknologian ja regulaation välillä on usein vastakkainasettelua, mutta regulaatio voi toisaalta myös edistää teknologista kehitystä (Wiener, 2004). Regulaatio voi esimerkiksi kannustaa yrityksiä valitsemaan puhtaampia teknologiavaihtoehtoja ja siten vähentää teknologian yhteiskunnallisia riskejä. Teknologian oikeanlaista regulaatiota voidaan pitää myös kilpailuedun lähteenä: maa, joka ottaa suhteessa muihin maihin aikaisemmin käyttöön jotakin teknologiaa koskevan sääntelyn, voi antaa maassa toimiville yrityksille motiivin panostaa enemmän kyseiseen teknologiaan, mikä taas voi auttaa yrityksiä saavuttamaan johtavan aseman uuden teknologian luomilla markkinoilla (Wiener, 2004).

Toinen näkökulma teknologiseen regulaatioon on teknologian hyödyntäminen regulaatiossa ja siihen liittyvät ongelmat (Stokes, 2010). Teknologioiden kehittyessä haasteeksi saattaa osoittautua regulatiivisen yhteyden teknologiaan ylläpitäminen: voimassaolevien säännösten pitää olla tarpeeksi joustavia, jotta niillä voidaan vastata odottamattomiin seurauksiin. Toisaalta on kyettävä ylläpitämään säännösten laillisuus ja tehokkuus (Stokes, 2010).

Smith (2002, s. 14-15) mainitsee teknologisen sääntelyn tärkeimmiksi ongelmiksi seuraavat: vastuu, tiedon omistajuus, yhteishyödykenäkökulma, intressien tasapaino teollisuuden, tiedeyhteisön ja kuluttajan välillä, mittaamisen hyödyntämisen vaikeus sääntelyn perustana, kuluttajasuojan huomioimisen vaikeus ja eri instituutioiden (esim. hallitukset ja teknologiset kattojärjestöt) roolien huomioiminen. Autonomisten ajoneuvojen näkökulmasta olennaisia näistä ovat erityisesti vastuu ja tiedon omistajuus. Vastuuseen liittyen nousee esille ongelma vastuun jakamisesta auton tekoälyn ja ihmisen välillä. Tiedon omistajuuteen taas liittyy kysymys siitä, kuka omistaa ajoneuvoihin liittyvän datan.



## 2.2 Autonomisten ajoneuvojen kehitys

Autonomisten ajoneuvojen historian voidaan katsoa alkaneen jo 1920-luvulla, kun Yhdysvaltojen Milwaukeeessa testattiin ajoneuvoa ilman kuljettajaa (Gora & Rüb, 2016). Kyseistä autoa ei kuitenkaan voida varsinaisesti pitää autonomisena, sillä sitä ohjattiin radio-ohjaimella. Anderson et al. (2014) jakavat autonomisten ajoneuvojen kehityksen kolmeen päävaiheeseen, joista ensimmäinen alkoi 1980-luvulla, kun vaadittava teknologia todella autonomisiin ajoneuvoihin tuli saataville.

Kehityksen ensimmäisessä vaiheessa (ca. 1980-2003) autonomisiin ajoneuvoihin liittyvä tutkimus jakautui kahteen päävaiheeseen (Anderson et al. 2014). Ensimmäinen vaihe painottui automatisoituihin tiejärjestelmiin, joissa ajoneuvot olivat ohjauksen osalta riippuvaisia teiden infrastruktuurista. Autonomisuus perustui siis enemmänkin ajoneuvon toimintaympäristöön kuin itse ajoneuvoon. Tutkimuksen toinen päävaihe puolestaan keskittyi sellaisiin autonomisiin ajoneuvoihin, jotka olivat mahdollisimman vähän riippuvaisia itse ajoympäristöstä (Anderson et al. 2014). Merkittävänä kehitysaskelena voidaan pitää Carnegie Mellon -yliopiston vuonna 1995 suorittamaa koetta NavLab 5 -järjestelmällä, jonka avulla auto ajoi 98% itse ohjaten matkan Yhdysvaltojen Pittsburghista San Diegoon (n. 4600km) (Pomerleau & Jochem, 1996). Kyseisellä matkalla ihmiskuljettaja vastasi kaasun- ja jarrupolkimista (Anderson et al. 2014).

Toisessa vaiheessa vuosina 2003-2007 merkittävimpiä tapahtumia olivat Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaation DARPA:n järjestämät haasteet, jotka vauhdittivat autonomisten ajoneuvojen teknologian kehitystä erityisesti sensorijärjestelmien ja laskenta-algoritmien osalta (Anderson et al. 2014). Haasteiden myötä autonvalmistajien ja koulutusinstituutioiden yhteistyö lisääntyi ja autoteollisuudessa alkoi useita projekteja autonomisen teknologian edistämiseksi (Anderson et al. 2014). Tätä kolmatta vaihetta kuvataan kaupallisen kehityksen vaiheeksi.

## 2.3 SAE:n autonomisen ajamisen tasot

Eräs yleisesti käytetty luokittelu on SAE:n (Society of Automotive Engineers) standardi J3016, "Levels of Driving Automation". Standardi jaottelee ajoneuvot tasoihin 0-5, ja niistä tasolla 0 ajaminen on täysin manuaalista ja tasolla 5 täysin automatisoitua. (Shuttleworth, 2019). SAE:n standardia on käytetty muun muassa Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen autonomisia ajoneuvoja käsittelevässä tutkimuksessa (Alonso Raposo et al. 2018), jossa mainitaan SAE:n standardin olevan laajimmin hyväksytty ja käytössä oleva luokittelu autonomisille ajoneuvoille. Oheisessa kuvassa 2.1 on luokittelun tasot esitetty taulukossa.

SAE-taso	Nimi	Kuvaus	Ohaus, kiihdytys ja jarrutus	Ympäristön havainnointi	Ajaminen poikkeustilassa	Auto voi hoitaa ajotehtävän
Ihminen havainnoi ympäristöä						
0	Ei automaatiota	Ihminen vastaa ajotehtävän kaikista osa-alueista	Ihminen	Ihminen	Ihminen	-
1	Kuljettajaa avustavat järjestelmät	Ajoneuvo voi tietyissä tapauksissa ympäristöä havainnoimalla ohjata, kiihdyttää tai jarruttaa (ei kuitenkaan useampaa samaan aikaan) olettaen että kuljettaja hoitaa kaikki jäljelle jäävät tehtävät	Ihminen ja ajoneuvo	Ihminen	Ihminen	Joissakin tilanteissa
2	Osittainen automaatio	Ajoneuvo voi tietyissä tapauksissa ympäristöä havainnoimalla ohjata, kiihdyttää tai jarruttaa (yhtä tai useampaa) olettaen että kuljettaja hoitaa kaikki jäljelle jäävät tehtävät	Ajoneuvo	Ihminen	Ihminen	Joissakin tilanteissa
Ajoneuvo havainnoi ympäristöä						
3	Konditionaalinen automaatio	Ajoneuvo hoitaa määrättyissä olosuhteissa kaikki ajotehtävän osa-alueet olettaen, että kuljettaja ottaa vastuun ajamisesta ajoneuvon niin pyytäessä	Ajoneuvo	Ajoneuvo	Ihminen	Joissakin tilanteissa
4	Laaja automaatio	Ajoneuvo hoitaa määrättyissä olosuhteissa kaikki ajotehtävän osa-alueet mutta pyytää tarvittaessa kuljettajaa ottamaan vastuun ajamisesta. Ajoneuvo kuitenkin jatkaa ajotehtävän suorittamista myös jos kuljettaja ei reagoi	Ajoneuvo	Ajoneuvo	Ajoneuvo	Joissakin tilanteissa
5	Täysi automaatio	Ajoneuvo hoitaa ajotehtävän kaikissa mahdollisissa olosuhteissa	Ajoneuvo	Ajoneuvo	Ajoneuvo	Kaikissa tilanteissa

## 2.1 SAE:n autonomisen ajamisen tasot (mukaiillen lähteestä Alonso Raposo et. Al, 2018)

Luokituksessa suurin muutos tasojen välillä tapahtuu tasolta 2 tasolle 3 siirryttäessä. Tason 3 ajoneuvot kykenevät toimimaan rajatuissa olosuhteissa täysin autonomisesti eli ilman kuljettajan ohjausta. Se on siis ensimmäinen taso, jossa pääasiallinen vastuu ympäristön havainnoinnista siirtyy kuljettajalta ajoneuville.

SAE:n luokitusta kohtaan on kuitenkin osoitettu myös kritiikkiä. Inagaki ja Sheridan (2019) esittävät, että SAE:n taso 3 on ongelmallinen, koska siinä auton kuljettajan on ajoneuvon niin osoittaessa otettava vastuu ajamisesta. Heidän mukaansa tason 3 kuvaus on puutteellinen, koska siinä ei huomioida tilanteita, joissa kuljettaja ei jostakin syystä kykene reagoimaan ajoneuvon pyyntöön. Eräs ratkaisu olisi lisätä SAE:n luokitteluun uusi taso (Inagaki & Sheridan, 2019).

### **3. AJONEUVOJEN REGULAATION HAASTEET VASTUUN JA EETTISYYDEN NÄKÖKULMASTA**

Autonomisten ajoneuvojen käyttöönottoon liittyy useita regulaatioon liittyviä ongelmia. Lainsäätäjien on otettava kantaa siihen, milloin ajoneuvo määritellään autonomiseksi ja onko ajon aikana vastuussa ajoneuvon kuljettaja vai itse ajoneuvo tai sen valmistaja. Koska autonomisten ajoneuvojen toiminta on niiden ohjelmoinnin varassa, on ongelma myös tuotteen määrittelyssä: jos ohjelmisto päivitetään, voidaanko ajoneuvoa silloin pitää uutena tuotteena (De Bruyne & Werbrouck, 2018).

#### **3.1 Vastuuseen liittyvät ongelmat**

Olenlaisin autonomisten ajoneuvojen lainsäädännöllinen ongelma liittyy vastuuseen: mikä taho on vastuussa onnettomuustilanteessa ja miten onnettomuuksiin pitäisi suhtautua vakuutusten näkökulmasta. Lisäksi on pohdittava, miten pitkälle olemassa olevaa ajoneuvolainsäädäntöä voidaan tulkita autonomisten ajoneuvojen tapauksessa, esimerkiksi käsitteen 'kuljettaja' kohdalla (Vellinga, 2017; Miller & Valasek, 2015).

Nykyisessä järjestelmässä ajoneuvon omistaja hankkii vakuutuksen, jolloin onnettomuustapauksissa vakuutusyhtiö maksaa uhrille korvauksia. Tässä mallissa itse ajoneuvon valmistaja ei liity onnettomuuden käsittelyyn ja korvausprosessiin (Schellekens, 2018). Kun ajoneuvon vastuu ajamisesta kasvaa, voidaan kuitenkin perustellusti väittää, että myös valmistaja on osaltaan vastuussa onnettomuuden sattua ja siten osaltaan korvausvelvollinen. Valmistajan asettamista vastuuseen voidaan myös pitää eräänlaisena kannustimena autonomisten ajoneuvojen turvallisuuden kehittämiseen (Schellekens, 2018).

De Bruyne ja Werbrouck (2018) ovat pohtineet autonomisten ajoneuvojen vastuukysymystä tuotevastuun näkökulmasta. Koska autonomisten ajoneuvojen sisältämä ohjelmisto on kriittinen osa niitä, pitäisi ensinnäkin yhteisesti määritellä, milloin ohjelmisto on muuttunut niin paljon että se on uusi tuote. Autonomisten ajoneuvojen näkökulmasta vastuu ohjelmiston päivittämisestä on keskeinen. Jos ajoneuvon omistaja on esimerkiksi laiminlyönyt ohjelmiston päivittämisen, ja tapahtuu onnettomuus, on pohdittava omistajan vastuuta onnettomuuteen.

### 3.2 Tapahtuneet onnettomuudet ja niihin suhtautuminen

Uuden teknologian testaaminen sisältää riskejä. Autonomisten ajoneuvojen osalta riskit voivat olla merkittäviäkin, sillä testaaminen liikennekäytössä voi johtaa liikenneonnettomuuksiin. Autonomisten ajoneuvojen onnettomuustapauksia tarkasteltaessa on huomioitava ajoneuvojen luokittelu: jos onnettomuushetkellä vastuu auton ohjaamisesta on ollut kuljettajalla, on kyseenalaista syyttää onnettomuudesta yksinomaan ajoneuvoa.

Mainittava onnettomuus tapahtui 18.3.2018 Arizonassa, jolloin tietä ylittänyt jalankulkija sai surmansa Uberin testauksessa olleen autonomisen auton törmättyä häneen (NewScientist, 2018). Tapausta pidetään ensimmäisenä jalankulkijan kuolemaan johtaneena onnettomuutena, jossa autonominen ajoneuvo oli osallisena (Wakabayashi, 2018; Mathews, 2020). Yhdysvaltain kansallisen liikenneturvallisuuslautakunnan onnettomuus johtui siitä, ettei ajoneuvo kyennyt tunnistamaan kohdetta jalankulkijaksi (NTSB, 2019). Raportin mukaan ajoneuvon puutteelliset ominaisuudet olisi kuitenkin pitänyt huomioida Uberin taholta luomalla enemmän turvallisuusmekanismeja. Kuitenkin yhtä merkittäväksi onnettomuuteen johtaneeksi syyksi mainittiin kuljettajan havainnoinnin puute. Raportin mukaan onnettomuus olisi ollut vältettävissä, jos kuljettaja olisi aktiivisesti havainnoinut ympäristöä (NTSB, 2019).

Edellä mainitun tapauksen lisäksi autonomiset autot ovat olleet osallisena kuljettajan kuolemaan johtaneissa onnettomuuksissa, joissa auto on ajanut automaattiohjauksella (Claybrook & Kildare, 2018). Onnettomuudet voivat vaikuttaa negatiivisesti yleiseen mielipiteeseen autonomisista ajoneuvoista. Ongelma on osittain puutteellisessa sääntelyssä, vaikka sääntelyn avulla tulisi varmistaa, etteivät liikenteenkäyttäjät joudu vaaraan autonomisten ajoneuvojen testauksen takia (Claybrook & Kildare, 2018).

### 3.3 Eettiset ongelmat

Autonomisten ajoneuvojen toiminnan ohjelmointi sisältää monia eettisiä ongelmia, erityisesti SAE:n luokittelun tason 5 ajoneuvojen tapauksessa, jossa vastuu ajamisesta on kaikissa tilanteissa ajoneuvolla. Koska joissakin tilanteissa ajoneuvon ei ole enää mahdollista välttää törmäystä tai muuta onnettomuutta, on tehtävä ratkaisuja ajoneuvojen toiminnasta kaikissa mahdollisissa skenaarioissa (Nyholm & Smids, 2016). Gogol ja Müller (2017) ovat pohtineet, pitäisikö autonomisten ajoneuvojen eettisistä periaatteista säätää yhteiskuntatasolla vai pitäisikö ajoneuvon omistajan saada itse päättää ajoneuvonsa eettiset asetukset.

Autonomisten ajoneuvojen onnettomuustilanteisiin liittyviä ratkaisuja verrataan usein ”raitiovaunuongelmaan” (engl. trolley problem) (Gogol & Müller, 2017). Seuraavassa ongelman kuvaus Blackburn (2016) mukaan: Raitiovaunu saapuu raiteiden haaraan, josta se jatkaa toista raidetta pitkin. Jos mitään ei tehdä, vaunu kulkee raidetta 1 pitkin ja tappaa raiteella olevat viisi ihmistä. Jos väännetään vivusta, vaunu siirtyy haarassa raiteelle 2 ja tappaa vain yhden ihmisen. Onko oikein vääntää vivusta ja minimoida kokonaisuhrit?

Vertausta on kuitenkin kritisoitu. Nyholm ja Smids (2016) esittävät, että autonomisten ajoneuvojen tapauksessa moraaliset päätökset tehdään jo kauan ennen törmäystä, toisin sanoen auton ohjelmointivaiheessa. Tällöin päätöksentekoa ei jouduta tekemään nopeasti, lyhyellä varoitusajalla ja rajoitetulla informaatiolla, vaan niitä voidaan pohtia perusteellisesti jo kauan etukäteen. Lisäksi päätökset autonomisten ajoneuvojen moraalisisista valinnoista eivät perustu vain yhden ihmisen arvioon, vaan päätöksentekoon osallistuu useita tahoja.

Toinen vertaukseen liittyvä kritiikki on, että reaali maailmaa ei voi suoraan verrata teoreettiseen filosofiseen ongelmaan. Sen sijaan moraalisia kysymyksiä pohdittaessa on arvioitava, mistä ihmisiä realistisesti voidaan pitää moraalisesti ja lain näkökulmasta vastuussa (Nyholm & Smids, 2016).

Eettisiä kysymyksiä ratkaistaessa ei voi keskittyä vain yksittäisen ajoneuvon näkökulmaan, vaan on tarkasteltava ajoneuvojen muodostamaa kokonaisuutta systeemitasolla (Borenstein et al. 2017). Erittäin haastavia eettisiä ongelmia nousee esille, kun tarkastellaan eri autonomisen ajamisen tasoilla olevia ajoneuvoja jotka toimivat samassa liikenneympäristössä. Jos esimerkiksi kaksi ajoneuvoa on siirtymässä samalle kaistalle ja on vaarana että ne törmäävät, voidaanko olettaa, että ajoneuvot kykenevät keskustelemaan keskenään. Lisäksi toinen ajoneuvoista saattaa vaaran havaittuaan siirtyä manuaalisen ajamisen tilaan, jolloin kohdataan joukko uusia ongelmia (Borenstein et al. 2017).

Autonomisiin ajoneuvoihin liittyvillä ongelmilla ja niiden ratkaisemisella on olennainen rooli ajoneuvojen yleisellä hyväksynnällä ja siten suora vaikutus niiden laajamittaisempaan käyttöönottoon (Karnouskos, 2018). Eettisten ongelmien ratkaisun keskeinen haaste on eettisen näkökulman valinta ja eettisen viitekehyksen mahdollinen vaikutus ajoneuvojen hyväksyntään. Koska eettisiä näkökulmia on useita, ongelmaksi saattavat muodostua myös ajoneuvojen toisistaan poikkeavat eettiset asetukset (Karnouskos, 2018). Jos esimerkiksi utilitarismi valittaisiin autonomisten ajoneuvojen standardiasetukseksi, pitäisi silloin kaikkien ajoneuvojen olla utilitaristisesti ohjelmoituja

(Karnouskos, 2018). Jos ajoneuvojen omistajat saisivat itse valita ajoneuvonsa eettisen toimintaperiaatteen, ongelmaksi muodostuisi yhteisen näkemyksen puute: osa ihmisistä valitsisi itsekään asetuksen jolloin epäitsekkäästi ajattelevien olisi vaikea hyväksyä olevansa valmiit uhraamaan itsensä tuntemattomien puolesta (Gogoll & Müller, 2017)

Gogoll ja Müller (2017) ovat esittäneet, että autonomisiin ajoneuvoihin tulisi regulaation keinoin määrätä ”Pakollinen etiikka-asetus” (Mandatory Ethics Setting, MES). Heidän mukaansa valtiotasolla määrätty pakollinen asetus takaisi eettisten asetusten moraalisen tasapainon. Autonomisten ajoneuvojen kehityksen näkökulmasta regulaation keinoin määrätty eettinen asetus selkeyttäisi toimintaympäristöä ja siten voisi edesauttaa kehityksen nopeutta.

### **3.4 Regulaation vaikutus autonomisten ajoneuvojen kehitykseen**

Teknologinen innovaatio ja lainsäädännöllinen vastuu ovat toisiinsa vaikuttavia tekijöitä. Mikäli vastuuseen liittyvät riskit arvioidaan liian suuriksi, voi vastuuseen liittyvä lainsäädäntö hidastaa teknologian kehittämistä ja käyttöönottoa. Toisaalta lainsäädännöllä voi olla positiivinen vaikutus julkiseen mielipiteeseen ja luottamukseen teknologiaa kohtaan (Schelleckens, 2015). Koska autonomisten ajoneuvojen kohdalla vastuu ajamisesta siirtyy enenevässä määrin kuljettajalta ajoneuville, on regulaatioita luotaessa huomioitava turvallisuuden lisäksi myös regulaation vaikutukset ajoneuvojen kehitykseen.

Poliittiset valinnat ja regulatiivinen viitekehys voivat joko edistää tai hidastaa innovaatiota, ja toisaalta myös vaikuttaa innovaation diffuusioon. Vastakkain ovat suhtautuminen innovaatioon oikeutena ja halukkuus käyttää regulatiivisia menetelmiä ennaltaehkäisevästi (Moses, 2013).

Lainsäätäjillä on kaksi merkittävää ongelmaa, jotka on huomioitava tasapainoisesti (Mathews, 2020):

1. Luoda edellytykset autonomisten ajoneuvojen testaukselle ja kehitykselle
2. Varmistaa muiden liikenteenkäyttäjien turvallisuus

Liiallinen keskittyminen innovatiivisten edellytysten luomiseen voi johtaa liialliseen vapauteen testata ja siten onnettomuuksiin, kuten kohdassa 3.2 kuvatussa tapauksessa (Mathews, 2020). Testausta suoritettiin Arizonan osavaltiossa, koska osavaltion valitsema laillinen linja autonomisten ajoneuvojen testausta kohtaan oli hyvin salliva. Testaukseen liittyvä riski kuitenkin realisoitui, jonka seurauksena jalankulkija sai surmansa (Mathews, 2020; NewScientist, 2018).

Rationaalisesta näkökulmasta olisi yhteiskunnan kannalta järkevintä tuoda autonomiset ajoneuvot saataville heti, kun ne ovat tilastollisesti tarkasteltuna turvallisempia kuin manuaaliset ajoneuvot (Schellekens, 2015). Toisaalta se saattaisi johtaa onnettomuuksiin, jotka ihmiskuljettaja olisi voinut estää, jolloin ongelmaksi muodostuisi yleinen mielipide. Tällöin autonomisten ajoneuvojen käyttöönoton perustelu pelkällä tilastollisella turvallisuudella olisi haastavaa yleistä mielipidettä vastaan (Schellekens, 2015). Liian aikainen käyttöönotto saattaisi siten myös hidastaa teknologian diffuusiota.

Toisaalta turvallisuuden painottaminen teknologista kehitystä tukevien olosuhteiden kustannuksella voi haitata teknologian edistymistä testausvaiheesta laajempaan käyttöönottoon. Autonomisten ajoneuvojen tapauksessa teknologian testausvaiheeseen liittyy riskejä, jotka voivat vaarantaa sivullisten turvallisuuden. Riskien aiheuttajia ovat muun muassa kehittymätön teknologia, siihen liittyvät tekniset vikatilanteet ja laiterikot, ihmisen tekemät virheet ja yleinen mielipide autonomisten ajoneuvojen suhteen (Matthews, 2020).

Autonomisten ajoneuvojen testaukseen liittyviä riskejä tarkasteltaessa saattaa voimakas sääntely vaikuttaa parhaalta lähestymistavalta (Vellinga, 2017). Kuitenkin pitkän aikavälin hyödyt liikenneturvallisuuteen tulevat todennäköisesti olemaan merkittävät, joten on luonnollista, että valtiolliset toimijat haluavat edistää autonomisten ajoneuvojen käyttöönottoa (Vellinga, 2017). Haasteena on siis myös sääntelyn johdonmukaisuus, sillä eri toimijoiden valitessa omat lähestymistapansa voi innovatiivinen ympäristö muuttua autonvalmistajien näkökulmasta liian monimutkaiseksi ja innovaatiota hidastavaksi. Erilaiset regulatiiviset ympäristöt ovat myös teknologian diffuusion vaikuttava tekijä. Johdonmukaisen sääntelyn, ja siten innovaatiota tukevan ympäristön edellytyksenä on yhteinen, ylikansallinen lähestymistapa teknologisen kehityksen tuomiin haasteisiin (De Bruyne & Werbrouck, 2018).

## 4. DATAN REGULAATIO

Tärkeä autonomisiin ajoneuvoihin liittyvä elementti on data ja sen omistajuus sekä turvallisuus. Turvallisuuden kannalta olennainen kysymys on myös kyberturvallisuus. Zhang (2018) kuvaa dataa hyödyntäviä ja generoivia ajoneuvoja *älyautoiksi* (smart car) ja jakaa niihin liittyvän datan ajoneuvon käyttäjän ja itse ajoneuvon tuottamaan dataan (Zhang, 2018). Oheisessa kuvassa on taulukoituna ajoneuvoihin liittyviä datan tyyppejä ja mahdollisia käyttökohteita.

Datan tyyppi	Esimerkkejä	Alkuperä	Vain älyautoissa	Käyttökohteita
<b>Henkilöllisyys-tiedot</b>	Nimi, sukupuoli, ikä, vakuutustiedot	Käyttäjä	Ei	Kohdennettu markkinointi, profilointi
<b>Sovellustiedot</b>	Sovellusten käyttötottumukset, suoratoisto- ja selaushistoria	Käyttäjä	Ei	Ajoneuvon sisäinen viihde
<b>Sijaintitiedot</b>	GPS-koordinaatit, ajetut kilometrit, reitit, ajankäyttö kohteissa	Käyttäjä & ajoneuvo	Ei	Julkisen liikenteen optimointi, kaupunki-suunnittelu
<b>Ulkoinen sensoridata</b>	Ajoneuvon kameran ottamat kuvat, tutkien keräämät tiedot	Ajoneuvo	Kyllä	Koneoppiminen, onnettomuuksien rekonstruointi
<b>Diagnostinen data</b>	Moottorin suorituskyky, rengaspaineet	Ajoneuvo	Kyllä	Ajoneuvon huolto, valmistajan toimitusketjujen optimointi
<b>Ajokäyttäytymis-data</b>	Nopeus, kiihdytykset, autonomisten ominaisuuksien käyttö, matkustajien paino	Käyttäjä & ajoneuvo	Kyllä	Riskienhallinta, vakuutusmaksujen suuruuden määrittäminen

### 4.1 Älyautojen generoima data (Mukaiillen lähteestä Zhang, 2018)

Autojen generoiman datan käyttökohteita tarkasteltaessa on huomattava, että mahdollisia hyötyjiä olisi monissa sidosryhmissä: autojen valmistajissa, julkisella ja yksityisellä sektorilla ja yksityishenkilöissä. Datan luomat mahdollisuudet tekevät siitä kuitenkin myös houkuttelevan kohteen esimerkiksi tietomurroille.



## 4.1 Datan omistajuus

Ajoneuvojen autonomian tason noustessa ne tuottavat enenevissä määrin dataa, jota voitaisiin hyödyntää monin tavoin (Zhang, 2018). Datan avulla voitaisiin hyödyntää esimerkiksi liikenteen riskien arvioinnissa ja infrastruktuurin suunnittelussa. Toisaalta dataan aiheuttaa yksityisyyteen ja turvallisuuteen liittyviä riskejä, kuten lisääntynyt valvonta ja jatkuva kohdennettu mainonta (Zhang, 2018). Autonomisten ajoneuvojen valmistajat ovat maininneet datan omistajuuden merkittäväksi ajoneuvoihin liittyväksi riskiksi, ja erityisesti aiheeseen liittyvä lainsäädäntö on kiinnostanut sidosryhmiä (Anderson et al. 2014).

Léon (2019) vertaa autonomisten ajoneuvojen sisältämää dataa mustiin laatikoihin: toisaalta ajoneuvot itsessään keräävät dataa omiin mustiin laatikoihinsa ja toisaalta niitä valmistavat yritykset keräävät dataa ”korporatiivisiin mustiin laatikoihin”. Autonomisten ajoneuvojen kolme olennaisinta sidosryhmää puolestaan ovat yksityinen ja julkinen sektori sekä kuluttajat, joiden välisten jännitteiden lähteenä ovat nämä mustat laatikot (Léon, 2019). Malli kuvaa hyvin autonomisiin ajoneuvoihin liittyvän datan kiinnostavuutta: jokaisella sidosryhmällä on kiinnostuksia tiettyihin datan osa-alueisiin, mutta pääsy dataan ei välttämättä ole saatavissa. Lisäksi toisilla sidosryhmillä saattaa olla motiivi estää tiettyjen sidosryhmien pääsy dataan tai osaan siitä.

Yksityishenkilöiden näkökulmasta merkittävä kysymys on ajoneuvon dataan liittyvä yksityisyys, kuten ajoneuvon sijainti, ajetut reitit ja ajoneuvoon tallennetut henkilökohtaiset tiedot. EU:ssa yksityisten tietojen käsittelyyn vaikuttaa yleinen tietosuoja-asetus GDPR, ja tammikuussa 2020 Euroopan tietosuojaneuvosto EDPB antoi suosituksen liittyen verkkoon kytkettyjen ajoneuvojen sisältämää henkilökohtaista dataa (EDPB, 2020). Suosituksessa tehdään jaottelu datan keräämisen ja datan prosessoinnin välillä. Datan prosessointiin, ja suosituksena on yleisesti, että ajoneuvon käyttäjien tulisi saada hallita sitä, miten heihin liittyvää dataa kerätään ja prosessoidaan. Jaottelu datan keräämiseen ja sen prosessointiin autonomisten ajoneuvojen kontekstissa korostuu erityisesti yksityisyyskysymyksissä, sillä vaikka data sinänsä ei olisi liitettävissä kehenkään, pystytään datateknologioiden avulla enenevissä määrin koostamaan dataa ja siten profiloimaan henkilöitä (Zhang, 2018). McQuinn ja Castro (2018) puolestaan mainitsevat yksityishenkilöiden pääsyn omiin tietoihinsa ja yritysten kannustamisen kuluttajien suojeluun tärkeiksi periaatteiksi, joita lainsäätäjien tulisi noudattaa.

Yhteiskunnalliset motiivit ajoneuvojen generoimaan dataan liittyvät esimerkiksi liikenne- ja kaupunki-infrastruktuurin suunnitteluun ja optimointiin (Zhang, 2018). Suomessakin

esillä ollut seurantaan perustuva kilometrimaksujärjestelmä (Koistinen & Parviala, 2019) on käytännön esimerkki siitä, miten ajoneuvojen dataa voitaisiin hyödyntää yhteiskunnallisella tasolla. Esitetty kilometrimaksujärjestelmä on myös esimerkki sidosryhmien dataan liittyvästä ristiriidasta, sillä se on herättänyt kysymyksiä esimerkiksi sijaintitietojen jakamiseen liittyvien yksityisyyskysymysten vuoksi (Kuluttajaliitto, 2013). Ajoneuvojen dataa voisi hyödyntää myös kaupunkisuunnittelussa. Esimerkiksi ajoneuvojen integrointi älykaupunkien (smart cities) tietojärjestelmiin voi tulevaisuudessa olla merkittävä osa kaupunkien liikennejärjestelmien suunnittelua (McQueen, 2017 s. 75-76).

Lähtökohtaisesti suurin oikeus ajoneuvon generoimaan dataan on ajoneuvon valmistajalla, koska generoitua dataa ei voi verrata perinteisiin immateriaalioikeuksiin (Zhang, 2018). Tähän vaikuttaa erityisesti se, että ajoneuvon valmistaja omistaa yleensä myös ajoneuvon sisältämän ohjelmiston. On ilmeistä, että ajoneuvojen valmistajilla on paljon sellaista dataa, jota voitaisiin hyödyntää julkisella sektorilla. Toisaalta ajoneuvojen valmistajia saattaa kiinnostaa julkinen data infrastruktuuriin liittyen (McQueen, 2017 s. 74).

Autonomisten ajoneuvojen datan omistajuus on osa laajempaa kysymystä ajoneuvojen generoiman datan omistajuudesta. Kysymystä kokonaisuutena tarkasteltaessa voidaan katsoa kaikilla sidosryhmillä olevan perusteltuja vaatimuksia dataan. Toisaalta sidosryhmien välillä on myös dataan liittyviä ristiriitoja. Ristiriitoja ratkaisemalla voitaisiin kuitenkin mahdollisesti saavuttaa synergiaetuja erityisesti julkisen ja yksityisen sektorin välillä (McQueen, 2017 s. 74).

## 4.2 Kyberturvallisuus

Autonomiset ajoneuvot hyödyntävät jatkuvasti toiminnoissaan merkittäviä määriä dataa, joten esille nousee kysymys datan turvallisuudesta ulkoisia hyökkäyksiä vastaan. Autonomisten ajoneuvojen määrän lisääntyessä nousee myös kyberhyökkäysten riski (Claybrook & Kildare, 2018). Erityisesti datan turvallisuus koskee sellaisia liikennejärjestelmiä, joissa on paljon ajoneuvojen ja infrastruktuurin välistä kommunikaatiota (Straub et al. 2017). Tehokkaan liikenteenhallinnan kannalta datan jako infrastruktuurin ja ajoneuvojen välillä olisi olennaista, mutta toisaalta se herättää esimerkiksi yksityisyyteen liittyviä kysymyksiä (Hazel, 2018). Uhkaava skenaario olisi esimerkiksi ajoneuvon hallinnan menettäminen kokonaan ulkopuolisen tahon käsiin, jolloin voitaisiin kyetä aiheuttamaan tahallisia onnettomuuksia. Dataan liittyvä yksityisyys vaikuttaa myös luottamukseen ja siten yleiseen mielipiteeseen autonomisista

ajoneuvoista (Hazel, 2018). Kyberturvallisuuden voidaan siis katsoa olevan osatekijä autonomisten ajoneuvojen diffuusiossa.

Vuonna 2015 kaksi hakkeriä onnistuivat (ennalta sovitusti ja valvotusti) tietoverkkojen ja autonvihdelaiteiston kautta saamaan hallintaansa Jeep Cherokee -auton jarru-ohjaus- ja voimasiirtojärjestelmät, jonka seurauksena 1,4 miljoonaa ajoneuvoa takaisinkutsuttiin (Grose, 2016; Miller & Valasek, 2015). Tapaus osoittaa käytännössä, minkälaisia kyberuhkia ajoneuvoihin kohdistuu jo nyt. Datan merkityksen noustessa ajoneuvojen toiminnassa ja ohjauksessa korostuu siis entisestään kyberturvallisuuden merkitys.

Qiyi et al. (2017) jakavat autonomisiin ja verkkoon kytkettyihin ajoneuvoihin liittyvät kyberuhkat kahteen pääluokkaan: passiivisiin ja aktiivisiin kyberhyökkäyksiin. Passiivisissa hyökkäyksissä mahdollinen hyökkääjä ei muokkaa itse dataa, vaan pyrkii havainnoimaan sitä. Passiivisia kyberhyökkäyksiä voisivat olla esimerkiksi ajoneuvojen välisen (V2V) tai ajoneuvojen ja ympäristön välisen (V2X) kommunikaation tutkiminen ja seuranta. Hyökkääjä voisi tehdä esimerkiksi liikenneanalyysiä esimerkiksi ajoneuvojen käyttäjien päivittäisten reittien tutkimiseen (Qiyi et al. 2017)

Passiivisia hyökkäyksiä vaarallisempia ovat aktiiviset hyökkäykset, joissa hyökkääjä pyrkii muokkaamaan ajoneuvojen dataa, esimerkiksi ajoneuvojen lähettämiä tai vastaanottamia viestejä (Qiyi et al. 2017). Hyökkääjä voisi esimerkiksi tekeytyä ajoneuvon lähellä olevaksi ajoneuvoksi ja lähettää vastaanottavalle ajoneuville virheellisen sijaintitiedon, ja siten antaa järjestelmälle väärän tilannekuvan ympäristön objekteista. Myös palvelunestohyökkäykset ovat mahdollinen riski, sillä ajoneuvot ovat usein tilanteissa, joissa tietoa ympäristöstä on saatava nopeasti. Mikäli kommunikaatio hidastuu tai dataa ei pystytä käsittelemään tarpeeksi nopeasti, voi aiheutua vaaratilanteita (Qiyi et al. 2017). Lisäksi ajoneuvon kytkeminen muihin elektronisiin laitteisiin, kuten älypuhelimiin, voi antaa hyökkääjälle uusia väliä ajoneuvon tietojärjestelmiin tunkeutumiseen (Pan et al. 2017).

Ajoneuvoihin ja ajoneuvojärjestelmiin kohdistuvia hyökkäyksiä vastaan varautuminen on haastavaa, koska liikennejärjestelmien ominaisuuksien ja järjestelmään kytkettyjen laitteiden määrän lisääntyessä saa myös mahdollinen hyökkääjä uusia hyökkäysväyliä ja kohteita (Pan et al. 2017). Kyberturvallisuuden kehittämiseen on olemassa useita teknisiä lähestymistapoja ja työkaluja. Straub et al. (2017) ovat esittäneet lähtökohdaksi tunkeutumisentunnistusjärjestelmää (IDS, Intrusion Detection System), jota voitaisiin hyödyntää yksittäisissä ajoneuvoissa ja laajemmissa ajoneuvojärjestelmissä. Pan et al. (2017) kuitenkin mainitsevat IDS:än heikkoudeksi sen, että se tunnistaa hyökkäyksen

vasta kun se on jo alkanut. Teknisiä lähestymistapoja kyberturvallisuuden kehittämiseen on useita, joita vertailtaessa on tarkasteltava kunkin lähestymistavan vahvuuksia ja heikkouksia (Pan et al. 2017)

Autonomisten ajoneuvojen kyberturvallisuuden edistämässä olennainen työkalu on myös kansainvälisen kyberturvallisuusregulaation luominen (Golden, 2019). Kansainväliset säädökset saattaisivat alentaa autonomisiin ajoneuvoihin liittyvän teknologian kehityskustannuksia luomalla yhteisen viitekehyyksen ja vähentämällä kokonaistutkimuksen tarvetta, koska samat standardit olisivat usean yrityksen käytössä. Lisäksi kyberturvallisuuden nopeampi kehittäminen ehkäisisi enemmän kyberhyökkäyksiä, mikä edelleen olisi autoteollisuudelle taloudellisesti edullista: 2019 julkaistun arvion mukaan kyberhyökkäykset voisivat aiheuttaa autoteollisuudelle jopa 24 miljardin dollarin vahingot seuraavien viiden vuoden aikana. (Golden, 2019).

Autonomisten ajoneuvojen kyberturvallisuuden kehittäminen on merkittävä tekijä myös kaupunkien kestävässä kehityksessä (Hazel et al. 2018). Ajoneuvojen kyberturvallisuus voi vaarantaa liikenneturvallisuuden myötä myös yhteiskunnan sosioekonomisen vakauden ja altistaa kansallisen liikenneinfrastruktuurin kyberhyökkäyksille. Tarvittavan teknologian kehittämiseksi ja autonomisten ajoneuvojen tuomien hyötyjen realisoimiseksi vaaditaan kuitenkin niiden laajempaa käyttöönottoa (Hazel et al. 2018).

# PÄÄTELMÄT

Muodostetaan aluksi kokonaiskuva regulaation haasteista tarkastelemalla niitä SAE:n autonomisen ajamisen luokittelun viitekehyksessä. Haasteiden sitominen SAE:n tasoille perustuu aiemmin työssä ilmi tulleisiin havaintoihin ja kuvassa 2.1 esitettyyn taulukkoon. Tarkastellaan sen jälkeen regulaation haasteita yleisemmin.

## Regulaation haasteet SAE:n luokittelun viitekehyksessä

SAE:n tasolla 0 ajamisen kaikki osa-alueet ovat ihmiskuljettajan vastuulla ja ajoneuvo ei hoida ajotehtävää missään tilanteissa. Tämä taso kuvaa perinteisiä manuaalisesti ohjattavia ajoneuvoja, mutta tasolle 0 voidaan lukea myös manuaalisesti ohjattavat mutta dataa generoivat ja sitä hyödyntävät ajoneuvot. Regulaation näkökulmasta haasteet keskittyvät siis datan omistajuuden ja sen turvallisuuden ympärille.

SAE:n tasolla 1 ajoneuvo kykenee rajatuissa olosuhteissa avustamaan kuljettajaa hoitamalla jonkin ajotehtävän osa-alueista, kuten ohjauksen, kiihdytyksen tai jarrutuksen. Koska ajoneuvon vastuualue rajoittuu yhteen ajotehtävän osa-alueeseen ja vain tietyissä olosuhteissa, voidaan päävastuun lähtökohtaisesti katsoa olevan kuljettajalla. Toisaalta yhdenkin ajotoiminnon virheellinen toiminta voi tapahtua kuljettajasta riippumattomista syistä, esimerkiksi kyberhyökkäyksen kautta. Tällöin kuljettajan pitäminen vastuullisena tahona voidaan kyseenalaistaa. Onnettomuustilanteita tutkittaessa voi ongelmaksi muodostua ajoneuvon onnettomuutta edeltäneeseen toimintaan liittyvä data. Jos ajoneuvon generoimasta datasta ei pystytä todentamaan, että ohjausvirhe ei johtunut kuljettajasta vaan ajoneuvon toiminnasta, voidaan kyseenalaistaa todisteiden riittävyys kuljettajan syylliseksi toteamiseen. Käytännössä tältä tasolta alkaen on siis varmistettava ajoneuvon kyberturvallisuus, koska ohjaus voi ainakin osittain tapahtua ei-manuaalisesti.

SAE:n tasolla 2 ajoneuvo voi rajatuissa olosuhteissa hoitaa yhtä aikaa useita ajamiseen liittyviä tehtäviä. Tällöin korostuvat entisestään automatisoitujen ohjaustoimintojen virhetilanteisiin liittyvät kysymykset. Vaikka vastuu ympäristön havainnoinnista on edelleen lähtökohtaisesti kuljettajalla, voi usean ohjauksen osa-alueen toimintavirhe johtaa vakaviin onnettomuuksiin. Jotta kuljettajaa voitaisiin pitää vastuullisena, on varmistettava, että ajoneuvon automatisoidut ohjaustoiminnot kytkeytyvät ongelmitta pois päältä aina kuljettajan niin halutessa.

SAE:n tasolla 3 ajoneuvo kykenee rajatuissa olosuhteissa hoitamaan koko ajotehtävän, mutta ajoneuvon niin osoittaessa kuljettajan on edelleen otettava vastuu ajamisesta. Tällöin vastuun siirron olisi toimittava aina kun tilanne niin vaati, jotta kuljettajaa voitaisiin pitää vastuullisena tahona. On huomattava, että tällä tasolla ajoneuvon ei välttämättä ole hoidettava ohjausta tilanteissa, joissa kuljettaja ei reagoi ajoneuvon ohjauspyyntöön. Periaatteessa vastuu tilanteissa, jotka väistämättä johtavat onnettomuuteen, on siis edelleen kuljettajalla. On myös määritettävä kriteerit tilanteelle, jossa ajoneuvo ei enää kykene hoitamaan ajotehtävää. Ajoneuvon on tehtävä pyyntö niin aikaisessa vaiheessa, että ihmiskuljettajan on vielä realistisesti mahdollista vaikuttaa tapahtumien kulkuun. Voidaan ajatella ajoneuvon viime hetkellä siirtävän vastuun eettisistä ratkaisuista kuljettajalle.

SAE:n tasolla 4 ajoneuvo kykenee lähes kaikissa tilanteissa hoitamaan ajamisen täysin, mutta pyytää edelleen kuljettajaa ottamaan vastuun ajamisesta tilanteen niin vaatiessa. Kuitenkin ajoneuvo kykenee hoitamaan ajamisen myös, jos kuljettaja ei reagoi pyyntöön. Käytännössä ajoneuvon on siis oltava sisäänrakennettuna toiminta tilanteissa, joissa onnettomuus on väistämätön. Tällöin on väistämättä tehtävä eettisiä ratkaisuja.

SAE:n tasolla 5 ajoneuvo hoitaa ajamisen kaikissa tilanteissa, joten tällä tasolla voidaan perustellusti katsoa vastuun olevan kaikissa tilanteissa ajoneuvolla. Ajoneuvon eettiset toimintaperiaatteet on oltava määritettynä, ajoneuvon dataan liittyvät kysymykset ratkaistu.

Jos tarkastellaan haasteita kokonaisuutena SAE:n luokittelun viitekehyksessä, huomataan dataan liittyvien kysymysten olevan esillä kaikilla tasoilla. Kyberturvallisuushaasteet alkavat tasolta 1 ja niiden merkitys kasvaa jatkuvasti tasoilla edetessä. Vastuuseen liittyvien haasteiden voidaan tietyissä skenaarioissa katsoa alkavan jo tasolta 1 mutta viimeistään ne tulevat esille tasolla 2. Eettisiin kysymyksiin liittyvät haasteet alkavat tasolla 4 ja korostuvat tasolla entisestään tasolla 5. Liitteessä A olevaan taulukkoon on koostettu haasteiden ilmeneminen eri tasoilla.

## **Regulaatioon liittyvät haasteet yleisesti**

Keskeisenä haasteena autonomisten ajoneuvojen regulaatiossa on regulaation johdonmukaisuuden ja yhtenäisyyden puute eri maissa (Vellinga, 2017). Epäyhtenäinen regulaatio monimutkaistaa toimintaympäristöä autonomisten ajoneuvojen ajoneuvon kehittäjien näkökulmasta ja siten voi haitata niiden teknologista kehitystä. Regulaation epäyhtenäisyys vaikuttaa myös teknologian diffuusioon, koska alueellinen regulaatio saattaa olla esteenä teknologian käyttöönotolle alueella.

Ajoneuvon valmistajien näkökulmasta haasteena on myös regulaation puute, mutta toisaalta regulaation luominen on hyvin haastavaa. Autonomisten ajoneuvojen regulaatio sisältää monia toisiinsa liittyviä ulottuvuuksia, joilla kaikilla on vaikutusta teknologian kehitykseen ja sen diffuusioon. SAE:n luokittelun kaikilla tasoilla on pohdittava ajoneuvojen dataan liittyviä kysymyksiä ja tasapainoteltava eri sidosryhmien intressien välillä. Kyberturvallisuuden merkitys taas nousee jatkuvasti ajoneuvojen autonomisuuden ja dataintensiivisyyden lisääntyessä. Kyberturvallisuus nivoutuu yhteen myös vastuukysymysten kanssa etenkin niillä SAE:n tasoilla, joilla tilanteesta riippuen vastuu ajotehtävästä voi siirtyä kuljettajan ja ajoneuvon välillä.

Vastuukysymyksissä keskeistä on myös huomioida ajoneuvon valmistajien intressin ja vastuulainsäädännön vaikutus ajoneuvojen kehitykseen. Mikäli vastuu onnettomuuksista siirretään liian herkästi valmistajien taholle, voi se vaikuttaa negatiivisesti valmistajien halukkuuteen tuoda autonomisia ajoneuvoja markkinoille (Schellekens, 2015). Toisaalta on huomioitava myös yksityishenkilöiden näkökulma, koska teknologian laajempi käyttöönotto edellyttää myös yksityishenkilöiden taholta halukkuutta kantaa autonomisen ajoneuvon käyttöön liittyvät vastuut.

Regulaation luomisessa kiinnostava elementti on eri ajoneuvonvalmistajien käyttämät tekniset ratkaisut ja standardit. Jotta yhtenäisen regulaation luominen olisi mahdollista, on huomioitava eri valmistajien valitsemat tekniset ratkaisut, jotta regulaatiota voidaan soveltaa niihin kaikkiin. Tämä saattaa johtaa valmistajien eroista kumpuaviin intressiristiriitoihin.

Regulaation haasteista huolimatta autonomiset ajoneuvot sisältävät paljon mahdollisuuksia tulevaisuutta ajatellen. Teknologian laaja käyttöönotto voisi parantaa merkittävästi esimerkiksi liikenteen turvallisuutta (Gogoll & Müller, 2016), auttaa suunnittelemaan kaupunki-infrastruktuuria (Hazel, 2018), optimoimaan toimitusketjuja (Zhang, 2018) ja edistää matkustamisen saatavuutta ja helppoutta. Kaikkien mahdollisuuksien realisointi edellyttää kuitenkin monien eri sidosryhmien välistä yhteistyötä ja sidosryhmien välisten ristiriitojen ratkaisua.

## LÄHTEET

- Alonso Raposo M., Grosso, M., Després, J., Fernández Macías, E., Galassi, C., Krasenbrink, A., Krause, J., Levati, L., Mourtzouchou, A., Saveyn, B., Thiel, C. & Ciuffo, B. 2018. An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative, Connected and Automated Mobility (CCAM) in Europe - Effects of automated driving on the economy, employment and skills. *EUR 29226EN, Publications Office of the European Union*. Luxemburg. ISBN 978-92-79-85857-4, doi:10.2760/777, JRC111477
- Anderson, J., Kalra, N., Stanley, K., Sorensen, P., Samaras, C., Oluwatola, O. (2014). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. Santa Monica: RAND Corporation.
- Anon (2018) Uber self-driving car fatality. *NewScientist*. 237 (3170), pp. 7. (Luettu: 13.4.2020)
- Blackburn, S. (2016). trolley problem. *The Oxford Dictionary of Philosophy*. Saatavilla: <https://www-oxfordreference-com.libproxy.tuni.fi/view/10.1093/acref/9780198735304.001.0001/acref-9780198735304-e-3150?rskey=Y7f9G8&result=1> (Luettu: 6.2.2020)
- Borenstein, J., Herkert, J., Miller, K. (2019) Self-Driving Cars and Engineering Ethics: The Need for a System Level Analysis. *Science and Engineering Ethics*. 25 (2), 383–398. (Luettu: 13.4.2020)
- Claybrook, J. & Kildare, S. (2018) Autonomous vehicles: No driver...no regulation? *Science*. 361 (6397), pp. 36–37. (Luettu: 13.4.2020)
- De Bruyne, J. & Werbrouck, J. (2018). Merging self-driving cars with the law. *Computer Law & Security Review*. 34 (5), pp. 1150–1153.
- European Data Protection Board (2020). *Guidelines 1/2020 on processing personal data in the context of connected vehicles and mobility related applications*. Saatavilla: [https://edpb.europa.eu/sites/edpb/files/consultation/edpb\\_guidelines\\_202001\\_connectedvehicles.pdf](https://edpb.europa.eu/sites/edpb/files/consultation/edpb_guidelines_202001_connectedvehicles.pdf) (Luettu: 5.5.2020)
- Gogoll, J. & Müller, J. (2017). Autonomous Cars: In Favor of a Mandatory Ethics Setting. *Science and Engineering Ethics*. 23 (3), pp. 681–700.



- Golden, J. (2019) THE DARKENING STORM OF CYBERTERRORISM: INTERNATIONAL POLICY ADAPTATION FOR AUTOMOTIVE CYBERSECURITY REGULATIONS. *Jurimetrics*. 59 (3), pp. 267–312. (Luettu: 7.4.2020)
- Gora, P. & Rüb, I. (2016) Traffic models for self-driving connected cars. *Transportation Research Procedia*. 14 (2016), pp. 2207-2216. (Luettu: 6.4.2020)
- Grose, T. (2016) CAR HACKING. *ASEE Prism*. 25 (6), pp. 17. (Luettu: 7.4.2020)
- Hazel, S. (2018) Autonomous Vehicles for Smart and Sustainable Cities: An In-Depth Exploration of Privacy and Cybersecurity Implications. *Energies*. 11 (5) (Luettu: 6.5.2020)
- Inagaki, T. & Sheridan, T. (2019). A Critique of the SAE conditional driving automation, and analyses of options for improvement. *Cognition Technology & Work*. 21 (4), pp. 569–578.
- Karnouskos, S. (2018) Self-Driving Car Acceptance and the Role of Ethics. *IEEE Transactions on Engineering Management*. (99), pp. 1–14. (Luettu: 13.4.2020)
- Koistinen, A. & Parviala, A. (2019) *Tie auki kilometriverolle? Lähes puolet suomalaisista hyväksyisi autonsa seurannan verotusta varten*. Yle uutiset. 16.5.2019. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-10784792> (Luettu: 5.5.2020)
- León, L. F. A. (2019) Counter-mapping the spaces of autonomous driving. *Cartographic Perspectives*. 2019 (92), pp. 10–23. (Luettu: 13.4.2020)
- Mathews, S. (2020) When rubber meets the road: Balancing innovation and public safety in the regulation of self-driving cars. *Boston College Law School Boston College Law Review*, 61(1) pp. 295-338 (Luettu: 13.4.2020)
- McQueen, B. (2017) Big data analytics for connected vehicles and smart cities. Boston, Artech House.
- McQuinn, A. & Castro, D. (2018) *A Policymaker's Guide to Connected Cars*. Information and Technology and Innovation Foundation, (1) 2018, pp. 1-45. (Luettu: 5.5.2020)
- Miller, C. & Valasek, C. (2015). Remote Exploitation of an Unaltered Passenger Vehicle. <http://illmatics.com/Remote%20Car%20Hacking.pdf> (Luettu: 7.4.2020)
- Moses, L. (2013). How to Think about Law, Regulation and Technology: Problems with 'Technology' as a Regulatory Target. *Law, Innovation and Technology*. 5 (1), pp. 1-20. (Luettu: 5.5.2020)

- National Highway Traffic Safety Administration. (2015). Critical Reasons for Crashes Investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey. Saatavilla: <https://crashstats.nhtsa.dot.gov/Api/Public/ViewPublication/812115> (Luettu: 6.2.2020)
- Nyholm, S. & Smids, J. (2016) The Ethics of Accident-Algorithms for Self-Driving Cars: an Applied Trolley Problem? *Ethical Theory and Moral Practice*. 19 (5), pp. 1275–1289. (Luettu: 4.2.2020)
- Pan, L.; Zheng, X.; Chen, H.X.; Luan, T.; Bootwala, H.; Batten, L. (2017) *Cyber security attacks to modern vehicular systems*. Journal of Information Security and Applications. 36 (2017) pp. 90-100 (Luettu: 6.6.2020)
- Pomerleau, D. & Jochem, T. (1996) Rapidly adapting machine vision for automated vehicle steering. *IEEE Expert*. 11 (2), pp. 19–27. (Luettu: 7.4.2020)
- Qiyi, H.; Xiaolin, M.; Rong, Q. (2017) *Survey on Cyber Security of CAV*. CPGPS 2017 Forum on Cooperative Positioning and Service. pp- 351-354 (Luettu: 6.5.2020)
- Schellekens, M. (2015) Self-driving cars and the chilling effect of liability law. *Computer Law & Security Review: The International Journal of Technology Law and Practice*. 31 (4), pp. 506–517. (Luettu: 6.2.2020)
- Schellekens, M. (2018). No-fault compensation schemes for self-driving vehicles. *Law, Innovation & Technology*. 10 (2), pp. 314–333. (Luettu: 4.2.2020)
- Shuttleworth, J. (2019). SAE Standard News: J3016 automated-driving graphics update. *SAE International*. Saatavilla: <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic> (Luettu: 6.2.2020)
- Smith, H. L. (2002) *The Regulation of Science and Technology*. London: Palgrave Macmillan UK.
- Stokes, E. (2010) Regulating Technologies: Legal Futures, Regulatory Frames and Technological Fixes by Roger Brownsword and Karen Yeung. *Modern Law Review* 73 (4) pp. 682–689. (Luettu: 6.4 2020)
- Straub, J. et al. (2017) CyberSecurity considerations for an interconnected self-driving car system of systems. *12th System of Systems Engineering Conference (SoSE)*. June 2017 IEEE. pp. 1–6. (Luettu: 7.4.2020)
- Sumwalt, R., Homendy, J., Landsberg, B. Collision Between Vehicle Controlled by Developmental Automated Driving System and Pedestrian Tempe, Arizona March 18, 2018. *National Transportation Safety Board*. Saatavilla: <https://www.nts.gov/investigations/accidentreports/reports/har1903.pdf> (Luettu: 13.4.2020)

Wakabayashi, Daisuke (2018) Self-Driving Uber Car Kills Pedestrian in Arizona, Where Robots Roam. *New York Times*. 19.3.2018. Saatavilla: <https://www.nytimes.com/2018/03/19/technology/uber-driverless-fatality.html> (Luettu: 13.4.2020)

Vellinga, N. (2017). From the testing to the deployment of self-driving cars: Legal challenges to policymakers on the road ahead. *Computer Law & Security Review*. 33 (6), pp. 847–863. (Luettu: 4.2.2020)

Wiener, J. (2004). The regulation of technology, and the technology of regulation. *Technology In Society*. 26 (2004), pp. 483-500. (Luettu 4.3.2020)

Zhang, S. 2018. Who Owns the Data Generated by Your Smart Car? *Harvard Journal of La & Technology*. 2018 (32) pp. 299-319 (Luettu: 13.4.2020)

Kuluttajaliitto (2013) *Kilometriverson kustannuksista ja vaikutuksista saatava tarkempaa tietoa*. Saatavilla: [https://www.kuluttajaliitto.fi/wp-content/uploads/2016/09/34\\_2013.pdf](https://www.kuluttajaliitto.fi/wp-content/uploads/2016/09/34_2013.pdf) (Luettu: 5.5.2020)

# A REGULAATION HAASTEET SAE:N LUOKITTELUN ERI TASOILLA

	Vastuu	Eettisyys	Datan omistajuus	Kyberturvallisuus
<b>SAE:n taso 0</b>			Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	
<b>SAE:n taso 1</b>	Voidaanko varmistaa, että onnettomuus johtui ajoneuvon virheellisestä toiminnasta		Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	Ohjausjärjestelmän automatisoitavan osa-alueen kyberturvallisuus
<b>SAE:n taso 2</b>	Voidaanko varmistaa, että onnettomuus johtui ajoneuvon virheellisestä toiminnasta		Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	Ohjausjärjestelmän kyberturvallisuus
<b>SAE:n taso 3</b>	Miten määritetään tilanne, jossa ajoneuvo siirtää vastuun kuljettajalle. Miten voidaan varmistaa, että ajoneuvo antoi pyynnön ja tarpeeksi ajoissa	Ohjelmoidaanko ajoneuvon toiminta tilanteissa, joissa kuljettaja ei reagoi ajoneuvon ohjauspyyntöön	Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	Kokonaisvaltainen kyberturvallisuus
<b>SAE:n taso 4</b>	Miten määritetään tilanne, jossa ajoneuvo siirtää vastuun kuljettajalle. Vastuullinen taho, jos kuljettaja ei reagoi ohjauspyyntöön	Toiminta tilanteissa, joissa kuljettaja ei reagoi ajoneuvon ohjauspyyntöön	Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	Kokonaisvaltainen kyberturvallisuus
<b>SAE:n taso 5</b>		Toiminta tilanteissa, joissa onnettomuutta ei voida välttää	Sidosryhmien väliset ristiriidat ja yksityisyys	Kokonaisvaltainen kyberturvallisuus

*Kuva A.1. Regulaation haasteiden ilmeneminen SAE:n luokittelun eri tasoilla*