



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TULEVAISUUDEN LIIKENNE- VÄYLIEN KESKEISIMMÄT MUU- TOKSET JA NIIDEN VAIKUTUKSET INFRASUUNNITTELUUN

TEKIJÄ:

Heikki Räisänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Heikki Räisänen	
Työn nimi Tulevaisuuden liikenneväylien keskeisimmät muutokset ja niiden vaikutukset infrasuunnitteluun	
Päiväys 29.03.2021	Sivumäärä/Liitteet 50/4
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Ramboll Finland OY	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö on tehty Ramboll Finland Oy:lle heidän pyynnöstään. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tulevaisuuden liikenneväylien ominaisuuksia ja niiden vaikutuksia erityisesti infrasuunnitteluun. Muita lähtökohtia projektissa olivat liikenteen automatisaatio, instrumentointi, liikenneturvallisuus, kestävä kehitys sekä perusväylänpidon tulevaisuuden näkymät.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää, jossa asiantuntijahaastattelut olivat pääosassa. Tutkimukseen haastateltiin kahdeksan eri henkilöä, kuudesta eri organisaatiosta, joilla oli työkoke-musta infrastruktuurista ainakin kymmenen vuoden verran, kattaen koko infran elinkaaren. Haastateltavien mielestä tulevaisuuden kannalta tärkeintä on väyläverkoston korjausvelan vähentäminen, mikä saattaa olla esteenä teknisten ratkaisujen lisääntymiselle ja väyläverkoston kehittymiselle. Eri osapuolten kommunikoinnin tärkeys ja kokonaiskuvan hahmottaminen, sekä ennakoiva työ ja tekninen osaaminen nähtiin myös tärkeänä kokonaisuuden kannalta. Tulevaisuuden liikenneväylien muutokset tulevat vaikuttamaan eniten kasvavilla kaupunkialueilla.</p> <p>Opinnäytetyö antoi Ramboll Finland Oy:lle, sekä kaikille aiheesta kiinnostuneille paljon tietoa tulevaisuuden väyläverkostoon suuntautuvista muutoksista ja kehityssuunnasta. Muutoksia on järkevää alkaa ottamaan huomioon jo tämän päivän infrasuunnittelussa sekä rakentamisessa, sillä infrastruktuurin muutokset ovat hitaita ja prosessit pitkiä.</p>	
Avainsanat Älyväylä, automatisaatio, tulevaisuuden liikenneväylä, infrasuunnittelu, liikennejärjestelmä, liikenteen instrumentointi, kestävä kehitys, perusväylänpito, väyläverkoston korjausvelka	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Civil Engineering	
Author Heikki Räisänen	
Title of Thesis Primary changes in the future traffic roads and their impacts on infrastructure planning	
Date 29 March 2021	Pages/Appendices 50/4
Client Organisation /Partner Ramboll Finland OY	
<p>Abstract</p> <p>This final project was commissioned by Ramboll Finland Oy. The purpose of the project was to study the properties of future traffic roads and their impacts especially on planning infrastructures. Other starting points in the project were automatization of traffic, instrumentation, traffic safety, sustainable development, and the future perspectives of basic road maintenance.</p> <p>In the study a qualitative research method was used and the interviews had a key role in the study. Eight individuals from six different organizations were interviewed for this study. The interviewees had at least ten years of work experience in infrastructure, covering the entire life cycle of infrastructures. According to the interviewees, the most important thing in the future is to reduce the maintenance backlog of the road network, which may be an obstacle to the increase of technical solutions and the development of the road network. The importance of communication between various parties and the ability to understand the overall picture as well as proactive work and technical know-how were also seen as important. Changes in future traffic roads will have the greatest impact on the growing urban areas.</p> <p>This thesis provided Ramboll Finland Oy as well as all those, who are interested in the topic, a lot of information about the changes and development trend of the future road network. It would be sensible to start taking changes into account in today's infrastructure planning and construction, as changes in infrastructure are slow and processes are long.</p>	
<p>Keywords</p> <p>smart road, automatization, future traffic road, infrastructure planning, transportation system, traffic instrumentation, sustainable development, basic road maintenance, maintenance backlog of the road network</p>	

## ESIPUHE

Tämä insinööri työ on tehty Ramboll Finland Oy:lle heidän toiveistaan. Haluan kiittää kaikkia haastateltuja henkilöitä asiantuntevista lausunnoista ja avusta opinnäytetyötä tehdessä. Lisäksi haluan kiittää Ramboll Finland Oy:n esimiestäni Teemu Matilaista aktiivisesta avusta opinnäytetyöni edistämiseksi ja ohjaamiseksi sekä monipuolisten aineistojen välittämisestä työskentelyn aikana.

Lisäksi haluan kiittää Savonia Ammattikorkeakoulun ohjaajaani Kai Auvista hyvästä ohjauksesta sekä muita Ammattikorkeakoulun opettajia työni tarkastamisesta.

Kuopiossa 20.04.2021

Heikki Räisänen

## AIHEALUEESEEN LIITTYVIÄ KÄSITTEITÄ

### **Automaattiajoneuvo**

Automaattiajoneuvo, joka kykenee osittain tai kokonaan suoriutumaan ajamisesta ilman kuljettajaa, ja ilman yhteyttä infrastruktuuriin ja muihin ajoneuvoihin (Autotuoajat 2021).

### **Avoim data**

Avoimella datalla tarkoitetaan tutkijoille, julkishallinnolle, yrityksille tai organisaatioille kertynyttä tietoa, joka on avattu rakenteisessa muodossa kaikille maksutta vapaasti hyödynnettäväksi. Data on digitaalista raaka-ainetta, kuten taloustietoja, tilastoja, karttoja, videotallenteita, kuvia ja 3D-malleja. (Helsinki Region Infoshare 2017.)

### **IFC**

IFC-tiedostomuodon avulla on mahdollista jakaa tehokkaasti rakennusprojektin 3D-tietomalli eri suunnitteluohjelmistojen, suunnittelualojen ja projektin osapuolten välillä (BuildingSMART Finland 2016a).

### **Infran tietomalli**

Infran tietomalli, eli siis inframalli, on infrakohteen kolmiulotteinen kuvaus digitaalisessa muodossa ominaisuustietoineen (Liikennevirasto 2017b, 9).

### **Korjausvelka**

Korjausvelalla tarkoitetaan summaa, jonka verran vaurioitunut väylä tai sen osan palauttaminen nykytarvetta vastaavalle tasolle vaatii.

### **Liikenteen digitalisaatio**

Liikenteen digitalisaatio tarkoittaa lähes samaa asiaa kuin älyliikenne, eli tiedon/datan käyttämistä hyödyksi liikenteen ohjaamiseksi (Logistiikan maailma 2021).

### **Mallipohjainen suunnittelu**

Mallipohjaisessa suunnittelussa suunnittelu tapahtuu kokonaisuudessaan suunnittelujärjestelmässä, joka tuottaa mallipohjaista aineistoa. Erilaiset suunnittelu-kokonaisuudet rakentavat mallia eteenpäin. Tiedot ja malli ovat katseltavissa eri tavoin monista eri näkymissä karttanäkymänä, kolmiulotteisina tai vaikka leikkauksina. (Liikennevirasto 2017b, 9.)

### **Monitorointi**

Tarkkailumittaus, erikoismittaus, seuranta.

### **Sähkötie**

Sähköistetty tie, joka lataa tiellä ajavien sähköautojen akut liikkeessä.

## **Väyliä instrumentointi**

Ajankohtaista tietoa keräävät sensorit ja anturit osana fyysistä väyläverkkoa. Instrumentointia käytetään hyväksi etenkin silta- ja taitorakentamisessa, mutta myös esimerkiksi väylillä luiskan pysyvyyden mittaamiseen.

## **Älyväylä**

Älyväylä mahdollistaa älyliikenteen toimivuuden ja enakoivan tiestön kunnonhallinnan kokeilut tarjoamalla älykkäillä ominaisuuksilla varustettua fyysistä infrastruktuuria ja tietopalveluita (Väylävirasto 2017a).

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	9
1.1	Työn taustat ja tavoitteet.....	9
1.2	Ramboll Finland OY .....	9
2	TIETOA TULEVAISUUDEN LIIKENNEVÄYLISTÄ.....	11
2.1	Liikenneinfran tulevaisuuden kehitysnäkymät vuoteen 2040 asti .....	11
2.2	Infrasuunnittelun tulevaisuudennäkymät.....	14
2.3	Ihku-laskentapalvelu.....	16
2.4	Automatisaation vaikutus infrastruktuuriin.....	17
2.5	Aurora-älyväylähanke .....	19
2.6	Lundin tulevaisuuden sähkötieprojekti .....	20
3	HAASTATTELUTUTKIMUS.....	22
3.1	Haastattelut.....	22
4	HAASTATTELUJEN TULOKSET .....	24
4.1	Haastattelutulosten rakenne .....	24
4.2	Haastateltavien työkokemus infrastruktuuriin liittyen .....	24
4.3	Liikenneväylien keskeisimmät muutokset seuraavien noin 10 - 15 vuoden aikana .....	25
4.4	Varautuminen väyläverkoston muutoksiin infrasuunnittelun kannalta.....	26
4.5	Tulevaisuuden perusväylänpidon resurssien kohdentaminen 10 - 15 vuoden aikajänteellä .....	29
4.6	Instrumentointi ja monitorointi osana tulevaisuuden infrarakentamista .....	30
4.7	Liikenneturvallisuus osana tulevaisuuden väyläverkkoa .....	32
4.8	Kestävä kehitys osana tulevaisuuden väyläverkkoa.....	33
4.9	Automatisaatio osana tulevaisuuden väyläverkkoa.....	34
4.10	Väyläverkostoon liittyvien muutoksien SWOT-analyysi .....	37
5	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	40
5.1	Opinnäytetyön tarkoitus.....	40
5.2	Perusväylänpito.....	40
5.3	Infrasuunnittelu .....	40
5.4	Automatisaatio ja instrumentointi.....	41
5.5	Liikenneturvallisuus .....	42
5.6	Kestävä kehitys.....	42
6	POHDINTA.....	43

7	LÄHTEET .....	45
8	LIITTEET .....	47
8.1	LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET .....	47
8.2	LIITE 2: HAASTATELTAVAT HENKILÖT ORGANISAATIOITTAIN .....	49



## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Tämän opinnäytetyön aiheena on tulevaisuuden liikenneväylien keskeisimpien ominaisuuksien selvittäminen. Liikenneväylät tulevat muuttumaan lähitulevaisuudessa monella tapaa liikenteen kehityksen myötä ja siksi onkin tärkeää, että muutokseen varaudutaan hyvissä ajoin. Opinnäytetyössä selvitetään myös, pitääkö jotkut tulevaisuuden väyläverkon ominaisuudet ottaa huomioon jo tämän päivän infrasuunnittelussa. Muita tarkasteltavia asioita opinnäytetyössä ovat muun muassa liikenteen automatisaatio, instrumentointi, liikenneturvallisuus, kestävä kehitys sekä perusväylänpidon tulevaisuuden näkymät. Liikenneväylien kehitys huomioonottamalla saavutetaan mittavia säästöjä monelta osin, kun suunnittelussa tähdätään ajankohtaisiin, kestäviin ja pitkäaikaisiin ratkaisuihin niin, ettei seuraaviin muutoksiin tarvitse heti ryhtyä.

Älyväyliä ei ole rakennettu juurikaan vielä Suomeen. Suomessa on toteutettuna ainoastaan muutamia älyväyläprojekteja. Esimerkiksi Aurora-älytie hankkeessa Muonion ja Pahtosen välillä pyritään edistämään älyliikenteen, automaattiajamisen ja älykkään väyläomaisuuden hallinnan kokeiluja. Aurora-älytien testiajot suoritetaan tieliikenteen seassa ja suljetuilla radoilla, joissa testiajoneuvo toimii liikkuvana kokeilualustana. (Liikennevirasto 2017a, 5.)

Maailmalla älyväyliin on panostettu jo vuosikymmeniä ja hankkeita on ollut monenlaisia. Esimerkiksi Ruotsissa on ollut toimintaa liittyen älyväyliin jo 1990-luvulta lähtien. Ruotsissa onkin toteutettu jo joitakin menestyksekkäitä kokeiluja, jotka on otettu myöhemmin jokapäiväiseen käyttöön ja liitetty osaksi väyläverkkoa tuomaan erilaisia hyötyjä väyläverkon käyttäjille.

Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytetään kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää. Opinnäytetyössä haastatellaan henkilöitä, jotka ovat olleet mukana liikennejärjestelmän ja väyläverkon kehittämisessä ja älyväylähankkeissa erilaisissa rooleissa, jotta vastauksiin saatiin monipuolisuutta ja erilaisia näkemyksiä. Haastattelujen kautta pyritään saamaan selville asiantuntijoiden mielestä tärkeimmät väyläverkon kehitettävät ominaisuudet ja ominaisuuksien saavuttamiseksi vaadittavat toimenpiteet. Haastattelukysymykset laaditaan sellaisiksi, että niihin voidaan vastata mahdollisimman laajasti omin sanoin. Haastattelukysymykset lähetetään myös haastateltaville henkilöille hyvissä ajoin, jotta niihin voidaan valmistautua rauhassa ennen haastattelua. Näin haastatteluihin saadaan syvyyttä, kattavuutta ja todennäköisesti mitään ratkaisevan tärkeää ei jää sanomatta. Haastatteluja vertaillaan toisiinsa ja niistä pyritään saamaan selville tärkeimmät asiat, jotka toistuvat eniten haastattelujen aikana. Haastattelujen tulokset puretaan auki vapaasti kirjoittaen sekä osittain myös taulukoin havainnollistaen.

Muita tiedonlähteitä opinnäytetyössä ovat luotettavat Suomen verkkojulkaisut, artikkelit, muut opinnäytetyöt, pöytäkirjat ja Euroopassa käynnissä olevat älyväylähankkeet.

### 1.2 Ramboll Finland OY

Tämän opinnäytetyön asiakkaana toimii Ramboll Finland Oy. Ramboll on yksi suurimmista suunnittelu- ja konsultointiyrityksistä, joka perustettiin Tanskassa vuonna 1945. Yhtiön palveluksessa on toissää kaiken kaikkiaan noin 16 500 työntekijää. Suomessa Rambollilla työskentelee tällä hetkellä

noin 2500 asiantuntijaa. Rambollilla on vahva asema Pohjoismaissa, Pohjois-Amerikassa, Isossa-Britanniassa, Lähi-idässä sekä Aasiassa ja Tyynenmeren alueella. (Ramboll 2021.)

Rambollilla on yli 300 toimistoa 35 maassa, jotka mahdollistavat vankan paikallistuntemuksen sekä laajan kansainvälisen osaamisen yhdistämisen. Rambollin tavoitteena on luoda vaativia ja innostavia ratkaisuja, jotka auttavat asiakkaiden, loppukäyttäjien ja koko yhteiskunnan toimintaa. Rambollin toimialoihin kuuluvat kiinteistöt ja rakentaminen, kaupunkisuunnittelu, infra ja liikenne, vesi, ympäristö ja terveys, energia, sekä johdon konsultointi. (Ramboll 2021.)

Ramboll Finlandin perustana on vuonna 1962 perustettu entinen Viatek, joka kuului 1990-luvun alusta lähtien ruotsalaiseen Scandiaconsult-konserniin. Rambollin ja Scandiaconsultin yhdistymisen kautta vuonna 2003 yrityksestä tuli osa Ramboll-konsernia. (Ramboll 2021.)

Rambollin palveluihin kuuluu innovatiiviset ratkaisut monella palvelualalla. Palvelut liittyvät kaupunkien, infrastruktuurin, liikenteen, ympäristön ja rakennusten suunnitteluun, rakennuttamiseen, rakentamiseen ja ylläpitoon. Rambollin liikevaihto Suomessa oli 240 miljoonaa euroa ja Ramboll-konsernin liikevaihto 1827 miljoonaa euroa (2020). Rambollin asiakkaisiin kuuluvat monet eri tahot, kuten ministeriöt, valtion virastot ja laitokset, kaupunkien ja kuntien organisaatiot, satamat ja teollisuus, rakennusliikkeet sekä yritykset ja yhdistykset. Rambollin tärkeimpiä arvoja ovat näkemyksellisyys ja laadukkuus, rehellisyys ja välittäminen, valtuuttaminen ja yhteistyö sekä työn ilo ja innostus, jotka luovat perustan menestyksekkäälle ja arvokkaalle työlle. (Ramboll 2021.)

## 2 TIETOA TULEVAISUUDEN LIIKENNEVÄYLISTÄ

### 2.1 Liikenneinfran tulevaisuuden kehitysnäkymät vuoteen 2040 asti

Vuosien 2017 ja 2040 välisenä aikana Suomen väyläverkostoon sijoitetaan noin 70 - 100 miljardia euroa rahaa. On todella tärkeää, että tämä rahoitus käytetään viisaasti ja tehokkaasti hyödyksi. Liikenneinfrastruktuuri palvelee laajasti asumista, vapaa-aikaa, työssäkäyntiä ja elinkeinoelämää. Liikenteen arvioidaan olevan ison muutoksen edessä, mikä tulee tulevaisuudessa näkymään nopeasti kehittyvien uusien teknologioiden myötä. Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen on aikaa vievää ja todella suuritöistä. Siksi onkin tärkeää pohtia hyvissä ajoin, millaisia tarpeita, tavoitteita ja liikkuja liikenneinfrastruktuuri tulee palvelemaan tulevaisuudessa ja mihin huomattava rahoitus kannattaisi käyttää. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 3.)

Liikenneinfrastruktuurin kehittämiseksi on laadittu neljä erilaista skenaariota (älykäs, huima, kuulias, niukka), joissa kaikissa on mukana perusväylänpito, kaupunkien pyöräily- ja kävely-yhteydet, liikenneturvallisuuden lisääminen sekä liikenteen automaation parantaminen. Skenaariot on laadittu vuodelle 2040 ja ne pitävät sisällään liikenneväylien osalta seuraavia asioita: (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 3.)

#### Älykäs:

Skenaariossa väestön määrä on kasvanut Suomessa muuttoliikenteen takia ja väestön lisääntyminen on keskittynyt suurille ja edelleen kasvaville kaupunkiseuduille. Älykäs liikkuminen ja autonominen liikenne ovat arkipäivää. Skenaariossa on myös panostettu digitaaliseen infrastruktuuriin ja paikannukseen, kaupunkiseutujen välisiin toimiviin yhteyksiin sekä vähähiiliseen liikenteeseen. Ylläpito ja kunnossapito voidaan suunnata tarvittaessa älykkääseen teknologiaan pohjautuvaan kulkuneuvojen tuottamaan avoimeen dataan. Suomesta on tullut edelläkävijä autonomiseen ajamiseen tähtäävissä ratkaisuisissa sekä verkottuneeseen liikenteeseen tähtäävissä uusissa palveluissa. Digitalisoitu liikenneväylien suunnittelu, rakentaminen ja ylläpito ovat arkipäivää. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 3, 32.)

#### Huima:

Skenaariossa liikennemäärät ovat lisääntyneet uusien logististen innovaatioiden ansiosta ja siinä investoidaan paljon elinkeinoelämän raaka-aineisiin, matka-aikojen lyhentämiseen, saavutettavuuteen, palveluun, hintatasoon, tavarankuljetuksiin sekä kansainvälisen kaupan logistisiin tarpeisiin. Tietoliikenne- ja energiainfrastruktuurilla voidaan tuottaa tehokkaampia ja monelta osin parempia liikku- ja kuljetuspalveluja. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 4, 34.)

Raideliikenteen kapasiteettia on lisätty ja liikenneverkon runkovälejä on nopeutettu suurimpien kaupunkiseutujen ja myös pääkaupunkiseudun välillä. Runkoväylän asemaa on nostettu panostamalla kotimaan strategiaan poikittaisyhteyksiin. Teiden, rautateiden ja pienten satamien liikenneverkoissa on huomioitu raaka-ainekuljetusten, maa- ja metsätalouden ja teollisuuden logistiset tarpeet. Ulkomaan yhteyksiä on parannettu ja kasvavien kaupunkien sisäistä liikkumista on sujuvoitettu monella tapaa, kuten raitioteillä, pyöräily-yhteyksillä ja pysäköinnin tehostamisella. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 35.)

Kuljettajaa avustavat uudet tekniset järjestelmät lisäävät liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta ilman väyläverkostoon suuntautuvia investointeja. Osittaisessa autonomisessa liikennöinnissä hyödynnetään nopeita tietoliikenneverkkoja (5G). Käytössä on rakennusprosessin laajamittainen digitalisointi. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 35.)

Suomi on kiinnitetty tiukemmin osaksi Eurooppaa esimerkiksi Helsinki-Tallinna-tunnelia hyväksikäyttäen (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 4).

Kuuliainen:

Kuuliaisessa skenaariossa kaupungistuminen on edennyt luonnollisen väestönkasvun takia. Jakamistalouden trendi korostaa joukkoliikenteen käyttöä. Erityisesti sähköisen joukkoliikenteen ja yhteiskäyttöautojen käyttö on vahvasti pinnalla. Liikkumisessa on panostettu ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi vähähiilisyteen, mikä näkyy kaupungeissa kävely- ja pyöräilyväylien kehittämisessä. Liikennejärjestelmän muutokset ovat mullistaneet henkilöliikenteen ja jakelulogistiikan. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 4.)

Keskeisimmät panostuskohteet ovat siis kaupunkien kehittyvä raideliikenne, kevyen liikenteen infrastruktuurin parantaminen sekä vähähiiliset tai kokonaan hiilivapaat liikennemuodot. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 4.)

Erityisesti maaseudulla henkilömatkojen ja ohuiden tavaravirtojen yhdistelyyn on kehitetty uutta teknologiaa. Akkuteknologia ja ominaisuudet ovat myös kehittyneet pidentämään sähköautojen toimintasadetta. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 37.)

Niukka:

Niukassa skenaariossa teollisuuden investointien suuntautuminen Suomen ulkopuolelle on hidastanut talouden kasvua. Liikenneinfrastruktuuriin suuntautuvaa panostusta on vähennetty ja se on kohdistettu melkein kokonaan vanhoihin rakenteisiin, perusväylänpitoon ja katujen kunnossapitoon. Skenaariossa kaupunkien sisäisiä ja niiden välisiä yhteyksiä ei kehitetä. Elinkeinoelämän kannalta ainoastaan tärkeimmät yhteydet pyritään pitämään kunnossa, mutta uusia kansainvälisiä yhteyksiä ei kuitenkaan avata. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 4 - 5.)

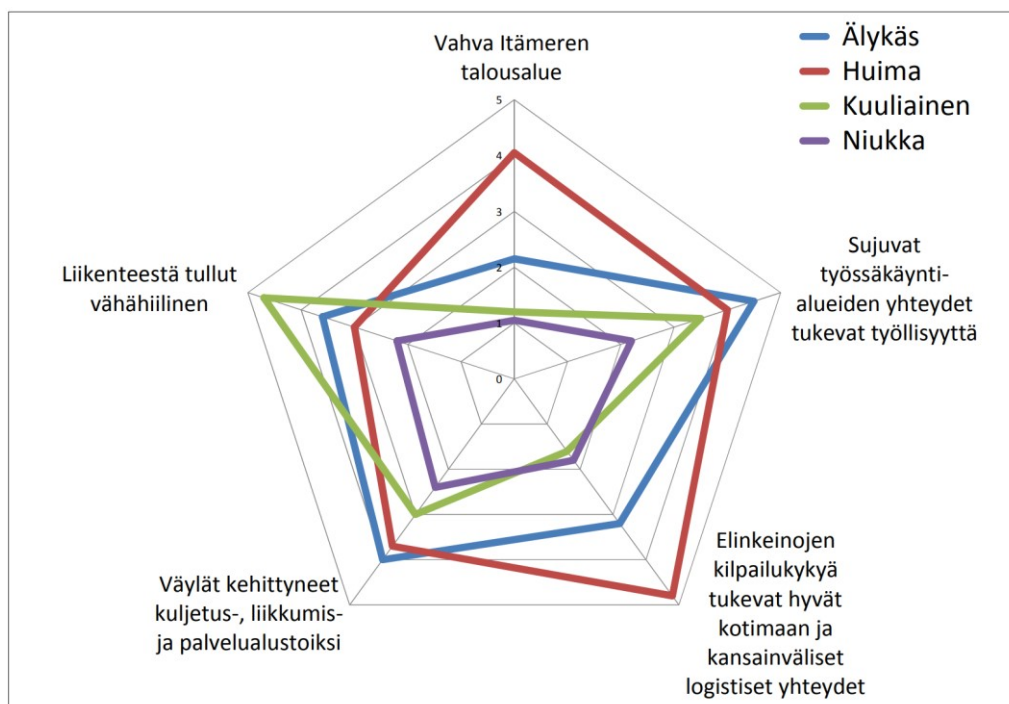
Liikenneverkoston ylläpidon parantamiseksi on kehitetty erilaisia palveluja. Väylien ylläpitoprosessiin osallistuvat liikenteen käyttäjät lähettämällä keräämäänsä ajantasaista tietoa, jota voidaan hyödyntää avoimeen dataan pohjautuvissa palveluissa. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 39.)

Tavoitetila:

Yllä olevia skenaarioita verrataan tavoitetilaan, joka koostuu viidestä eri osa-alueesta (kuva 1):

1. Vahvassa Itämeren talousalueessa Helsinki–Tallinna-tunneli olisi yksi tekijä, joka voisi tulevaisuudessa yhdistää Helsingin, Tallinnan ja Pietarin yhteiseksi isoksi talousalueeksi. Berliini–Tallinna-radon valmistuttua olisi myös Suomesta ratayhteys Keski- ja Etelä-Eurooppaan sekä myös Pietarin kautta itään. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 29.)

2. Elinkeinojen kilpailukykyä tukevassa kotimaan liikenneinfrastruktuurissa vientituotteiden kuljetus joko satamaan tai lentokentälle on tärkein kotimaan yhteys. Tässä tavoitetilan osa-alueessa kuljetusketjujen toimivuus ja liikenneinfrastruktuurin parantaminen ovat keskeisessä roolissa kilpailukykyä edistävänä rakenteena. Tämä saattaisi tarkoittaa kaksoisraiteita ruuhkaisimmille osuukille hyödyntämään sekä henkilöliikennettä että myös elinkeinoelämän kuljetuksia. Monenlaiset tarpeet ja hankkeet (esimerkiksi uudet kaivoshankkeet) tarvitsevat toimiakseen toimivan liikenneinfrastruktuurin. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 29.)
3. Sujuvat työssäkäyntialueiden yhteydet tukevat työllisyyttä, jos väestönkasvun aiheuttamalle ruuhkautumiselle keksitään toimivia käytännönratkaisuja. Ruuhkautumista voitaisiin vähentää ainakin kulkutapoihin vaikuttamalla ja sujuvilla matkaketjuilla sekä liikkumisen hinnoittelulla. Digitaalisilla ratkaisuilla henkilöliikennettä voidaan muuttaa pitkillä matkoilla ja lyhyemmillä matkoilla polkupyöräily voisi korvata henkilöautoilun, jos sille rakennetaan toimivat runkolinjat. Työssäkäyntialueiden toimivuutta voidaan parantaa sujuvilla sisäisillä ja niiden välisillä yhteyksillä. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 30.)
4. Tässä osa-alueessa väylät ovat kehittyneet kuljetus-, liikkumis- ja palvelualustoiksi kulkuvälineiden, fyysisen ympäristön sekä kulkuvälineiden keskinäisen tiedonvaihdon kautta, joilla voidaan mm. monitoroida väylien kuntoa ja niiden kunnossapitotarpeita sekä parantaa liikenneturvallisuutta. Riittävällä tieto- ja tietoliikennetekniikalla on mahdollista säästää kadun- ja väylänpidon kustannuksissa ja pidemmällä tähtäimellä sillä on todella merkittävä rooli autonomisessa ajamisessa. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 30.)
5. Liikenteestä voi tulla vähähiilistä, jos fossiilisista polttoaineista siirrytään biopolttoaineita käyttävään ja sähköiseen liikenteeseen (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 30).



KUVA 1. Kuvassa esitetään tila, johon edellä mainitut skenaariot johtavat noin vuoteen 2040 mennessä, kun tilannetta tarkastellaan hiilineutraalisuuden, alustatalouden, Itämeren talousalueen kehittymisen, elinkeinojen elinvoimaisuuden ja työllisyyden kannalta. Tavoitteiden saavuttamisessa par-

haisiin lopputuloksiin edetään Huimassa ja sitten Älykkäässä. Kaikista kauimmaksi tavoitteista jää-  
dään Niukassa skenaariossa. Kuuliaisessa skenaariossa päästään pitkälle hiilineutraaliudessa ja koti-  
maan sujuvissa liikenneyhteyksissä. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017b, 6.)

Teknologian tutkimuskeskuksen, VTT Oy:n mukaan tulevaisuudessa on joka tapauksessa varmaa,  
että normaalia liikenneinfrastruktuuria on kehitettävä monipuolisesti palvelevaksi alustaksi ja liiken-  
neväylien tietoliikenneverkosto on rakennettava. Lisäksi on todella tärkeää, että vauriot korjataan  
ripeästi, jotta korjausvelkaa ei kerry liikaa ja nykyisen korjausvelan vähentäminen turvataan nope-  
alla aikataululla. Uutta tekniikkaa on otettava käyttöön, jotta väylien liikenneturvallisuus ja samalla  
liikennevälineiden turvallisuus paranisi. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 43.)

Kaupunkien sisäistä liikennettä pitää myös jatkossa parantaa esimerkiksi kävely- ja pyöräilyverkos-  
toihin sekä muihin vähähiilisiin liikenteen tarpeisiin panostamalla. Myös henkilöliikenteen toimivuutta  
on parannettava kehittämällä keskusten välisiä yhteyksiä ja liikenteen solmupisteitä. (Teknologian  
tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 44.)

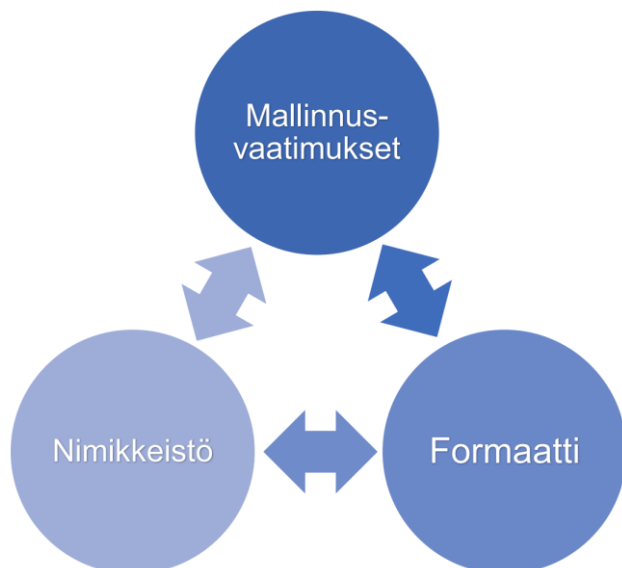
Kotimaan liikenneverkoston osalta on erittäin tärkeää turvata paljon väyläverkkoa käyttävien elinkei-  
nojen yhteydet. Tällaisia elinkeinoja ovat esimerkiksi matkailu, teollisuus ja kaivostoiminta. Myös  
kaupunkiseutujen sisäisiä yhteyksiä on parannettava erityisesti työssäkäyntialueilla, ja maakuntakes-  
kuksista on varmistettava toimivat ja nopeat yhteydet Helsinkiin ja muille isoille kaupunkiseuduille.  
(Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a, 44.)

## 2.2 Infrasuunnittelun tulevaisuudennäkymät

Tulevaisuuden infrasuunnittelussa tietomallintamisella on yhä suurempi rooli koko hanketta ajatel-  
len. Tietomallintaminen onkin kehittynyt infra-alalla todella nopeasti viime vuosina, sillä tietomallin-  
tamisen avulla infrarakentamisen tuottavuus ja kokonaisuus paranee. Tulevaisuudessa tietomallinta-  
misen hyödyntäminen tulee lisääntymään entisestään, kun perinteisiin toimintatapoihin juurtuneista  
toimintamalleista vaan päästään eroon ja osaamiseen panostetaan. Tietomallintamisen osalta täysi  
potentiaali saadaan kuitenkin hyödynnettyä vasta siinä vaiheessa, kun mallipohjaisuus saadaan stan-  
dardoitua. Tietomallintamisen hyödyntäminen suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa on yleistynyt,  
mutta niiden hyödyntäminen kunnossapidon puolella on ollut vielä melko vähäistä, mikä tulee jat-  
kossa yleistymään todella paljon. Mallipohjaisuuden avulla inframallien sisältämää dataa pystyvät  
ihmisten lisäksi tulkitsemaan myös tietotekniset sovellukset ja järjestelmät.

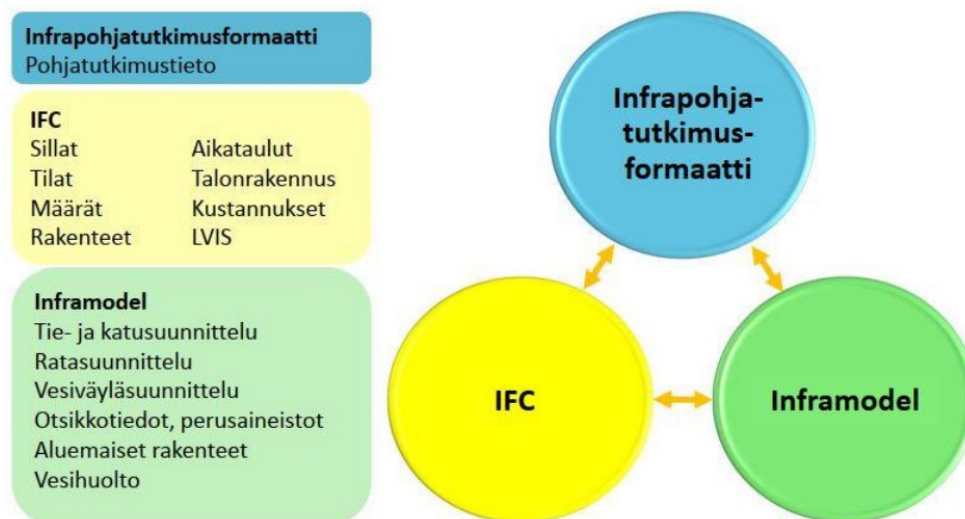
Tietomallintamista ei kuitenkaan hyödynnetä infra-alalla vielä parhaalla mahdollisella tavalla. Perälän  
(2020,1) mukaan infra-alalla suurena tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä kaikki tuotanto-  
ja suunnitteluprosessit ovat kokonaan digitalisoituja, mikä luo edellytykset niin infra-alan, kuin myös  
koko Suomen kilpailukyvyyn ja tuottavuuden kehittymiselle. Tavoitteena on siis, että infraprosessien  
kaikissa vaiheissa on käytössä ohjelmistoriippumattomat ja avoimet tietomallit. Suomessa toteute-  
tussa RASTI-hankkeessa arvioitiin avoimen datan ja tiedonhallinnan kustannussäästöiksi merkittävät  
300 miljoonaa euroa vuodessa, silloin kun tieto virtaa esteettä. Myös tietomallipohjaisien rakenta-  
misprosessien uskottiin tuottavan rakentamiseen suoria säästöjä jopa 25 %. Hyödyt heijastuvat niin  
rakentamiseen, ajan- ja resurssien käyttöön, palveluiden tasoon ja kansalaisten hyvinvointiin mo-  
nella tavalla. (RASTI-projekti 2019, 12 - 13.)

Suomessa tietomallintamista on ollut kehittämässä buildingSMART Finland aktiivisella otteella yhteistyössä muiden alan toimijoiden kanssa. Mallinnuksessa noudatetaan Väyläviraston verkkosivuilta löytyviä tie- ja ratakankkeiden inframalliohjetta ja siltojen tietomalliohjetta, joiden lisäksi alan yleisiä ohjeita, koskien InfraBIM-nimikkeistöä ja Inframodel-tiedonsiirtoformaattia sekä ohjesarjaa, Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. Mallinnusvaatimukset, formaatit ja nimikkeistö muodostavat tiedonhallinnan kolmikannan, joiden täytyy olla yhteneväisiä, jotta tiedonhallinta toimii. (Väylävirasto 2021c.) Alemmassa kuvassa (kuva 2) asia vielä havainnollisessa muodossa.



KUVA 2. InfraBIM-nimikkeistö, Yleiset inframallivaatimukset ja tiedonsiirtoformaattien määrittelyt. (Building SMART Finland 2019c, 5)

Tietomallintamisen tulisi tapahtua jatkossa sellaisessa järjestelmässä, joka tuottaa mallipohjaista aineistoa. Kaikista tärkeintä olisi, että eri tietokannat pystyisivät keskinäiseen tiedonsiirtoon, vaikka formaatteja olisi useampikin. Tiedonsiirron formaattien pitäisi myös olla avoimia formaatteja, jotta tiedon hyödyntäminen olisi mahdollisimman tehokasta. Tällaisia avoimia formaatteja ovat esimerkiksi Suomessa paljon käytössä olevat Inframodel ja IFC-formaatti. Inframodel-tiedosto on tekstimuotoinen, joka sisältää pienen tietokannan ja sitä voidaan tarkastella esimerkiksi tekstieditorilla tai selaimella. Silta- ja rakenteiden ja muiden taitorakenteiden tietomallipohjaiseen tiedonsiirtoon käytetään IFC-standardia, jota kehittää Building SMART-organisaatio. Lisäksi pohjatutkimusten siirtoon käytetään Suomen Geoteknisen Yhdistyksen eli SGT:n Infra-pohjatutkimusformaattia. (Building SMART Finland 2019b, 4 - 5.)



KUVA 3. Inframallintamiseen liittyvät formaatit ja standardit. (Building SMART Finland 2019c, 36)

Norjassa tietomallintaminen on viety paperittomien hankkeiden osalta pisimmälle, sillä siellä viranomaiset vaativat, että kaikki sillat tietomallinnetaan ilman piirustuksia. Pilvessä tietomalli on kaikkien osapuolten käytettävissä ja suunnittelu- ja työmaakokouksissa kommunikointi tapahtuu suoraan tietomallin kautta. Malli on siis hankkeen ainoa virallinen aineisto myös työmaalla ja se selkeyttää kokonaiskuvan hahmottamista ilman suuria paperimääriä. Tietomallintamisen avulla vältetään vaikeita työvaiheita, kun erilaiset pinnat siirretään suoraan koneautomaatioon. Esimerkkihankkeessa silta oli sen verran suurikokoinen projekti, että ilman tarkkaa tietomallia sitä olisi ollut todella vaikea hallita ja manuaalisilla menetelmillä kaiken tiedon käsittely olisi ollut mahdotonta. Suomessakin kehitysuunta on koko ajan kohti kokonaisvaltaisempaa tietomallintamista. (Rakennuslehti 2019.)

### 2.3 Ihku-laskentapalvelu

Ihku-laskentapalvelu on infrasuunnittelun tueksi kehitettävä uusi kustannuslaskentapalvelu, joka on vielä keväeseen 2021 kestävässä toteutusvaiheessa. Ihku-laskentapalvelun tavoitteena on siis tarjota luotettavaa, laadukasta, ajantasaista ja infra-alan hyväksytyihin standardeihin perustuvaa kustannustietoa, joilla lisätään kustannusarvioiden läpinäkyvyyttä ja luotettavuutta. Laskentapalvelun avulla kustannusarvioiden laatiminen suunnittelun eri vaiheissa madaltuu ja helpottuu. Kustannustietoja on mahdollista tarkastella vielä yksikköhintojakin tarkemmin panostasolla. Lisäksi määrätietojen sisäänluku suoraan suunnittelujärjestelmistä mahdollistuu ja kustannusarvioiden kytkeminen kiinteäksi osaksi suunnitteluprosessia helpottaa ratkaisujen arvioimisessa, vertailussa ja riskitarkasteluissa, kun kustannustiedot ovat heti saatavilla. Laskentaohjelma tukee valmistuttuaan katu-, tie-, rata-, alue-, ja siltahankkeita kattaen todella suuren osan infrarakentamisesta. Ihku-laskentapalvelu koostuu ihku-laskentajärjestelmästä sekä siihen liittyvistä palveluista, sekä mahdollisesti vielä tulevaisuudessa siihen integroituvista ulkopuolisista palveluista. (Ihkuallianssi 2020.)



# Ihku-laskentapalvelu



KUVA 4. Ihku-laskentajärjestelmä. (Ihkuallianssi 2020)

Ihku-laskentajärjestelmässä hankkeen perustietojen sekä olosuhde- ja ominaisuustietojen avulla hanke pyritään kuvaamaan mahdollisimman tarkasti. Tällaisia tietoja voivat olla esimerkiksi hanke-tyyppi, toteutusympäristö ja pohjamaa, joiden avulla tehdään kustannusarvion laskentaan liittyviä valintoja. Järjestelmän keskiössä on rakennusosakirjasto, joka sisältää päivittyvillä hinnoilla, rakennusosilla ja työsaavutuksilla täydentyvän kustannusdatan. Rakennusosakirjasto on tietovarasto, jonne ominaisuustiedoilla varustetut rakennusosat on mallinnettu ja jossa niitä pidetään yllä. (Ihku-allianssi 2020.)

Ihku-laskentajärjestelmästä on siis paljon apua suunnittelutyössä ja mahdollisuudet ovat isot. Rakennusosalaskennan kehittymisen jälkeen vuorossa on hankeosalaskennan luominen ohjelmistoon sekä infrahankkeen elinkaaren laskennan tukeminen ja hiilijalanjäljen huomioiminen. (Ihkuallianssi 2020.)

## 2.4 Automatisaation vaikutus infrastruktuuriin

Liikenteen automatisoituminen vaikuttaa paljon niin fyysiseen kuin digitaaliseen liikenneinfrastruktuuriin. Pidemmillä, yli kymmenen vuoden tähtäimellä on hyvinkin mahdollista, että fyysinen infra tarvitsee muutoksia liittyen esimerkiksi väistämisaalueisiin, purkaus- ja lastauspaikkoihin, latauspaikkoihin, dronejen laskeutumisaikoihin, tai myös erilaisiin liikkumisryhmille tarkoitettuihin infrastruktuurin osiin, kuten kaistoihin. Keskipitkällä, noin 5 - 10 vuoden aikavälillä on mahdollista, että automaattinen ajoneuvo voisi suorittaa ajaessaan välttämätöntä paikantamista, esimerkiksi heijastavien paalujen avulla. Lyhyellä, alle viiden vuoden aikavälillä on varmaa, että automaattinen liikenne tarvitsee toimiakseen hyväkuntoista päällystettä ja kaistamerkintöjä, huolellista talvikunnossapitoa ja tehokkaita tietoliikenneyhteyksiä sekä kehittyvää sähkönsyöttöä väylien varsille. Tämän lisäksi on parannettava liikenteen digitaalista tietoa, reaaliaikaista olosuhde- ja liikennetietoa sekä fyysiseen ja digitaaliseen infrastruktuuriin liittyvää tietoa. (Liikenne- ja viestintävirasto 2020, 104.)

Liikenteen automatisoituminen etenee liikennemuodoittain eteenpäin, joista ensimmäisenä joukkoliikennepalveluista palvelutuotantoon voivat todennäköisesti päästä vielä hitailla nopeuksilla kulkevat pienlinja-autot, jotka kulkevat ainakin alkuvaiheessa rajatuilla alueilla tai muuten ennalta määrättyjä reittejä pitkin. Etäohjatut taksit ottavat myös kehitysaskelia. Tällaisten joukkoliikennepalveluiden lisääntyminen on mahdollista monilla kaupunkialueilla jo 2020 - 2030-luvuilla. Myös automaattisten linja- ja kuorma-autojen lisääntyminen on mahdollista, sillä niin yhtiöt säästävät kuljettajien palloista. (Liikenne- ja viestintävirasto 2020, 106.)

Niin henkilöautoissa kuin myös raskaammissakin ajoneuvoissa tulee olemaan tulevaisuudessa merkittävästi enemmän kuljettajan tukijärjestelmiä. On arvioitu, että vuonna 2030 noin 10 - 30 % henkilöautoista voisi olla automaattisesti moottoritieolosuhteissa toimivia. Samoin automaattisesti ajavien rekkojen osuus myydyistä rekoista saattaisi olla noin 2 - 20 % ja piensähköbussien osuus uusista myydyistä busseista 2 - 12 %. Kyyti- ja taksipalveluissa käytettävistä uusista myydyistä autoista 0 - 15 % saattaisi olla myös täysin automaattisia. Automaation vaikutukset riippuvat myös paljon ajoneuvojen omistus ja käyttötavoista. (Liikenne- ja viestintävirasto 2020, 106.)

Liikenne- ja viestintäministeriön mukaan tärkeimpiä automaattista ajamista puoltavia tavoitteita ovat:

- Turvallisuus: vähennetään liikenneonnettomuuksia, jotka ovat ihmisten aiheuttamia.
- Tehokkuus ja kestävä kehitys: parannetaan liikennejärjestelmän sujuvuutta sekä tehokkuutta. Eli minimoidaan liikennesuuhkat, vähennetään energian kulutusta ja päästöjä sujuvamman liikkumisen kautta.
- Mukavuus: kuljettaja voi käyttää ajon aikana aikansa vapaasti hyödykseen, kun automatiikka huolehtii itse ajamisesta.
- Sosiaalinen yhdenvertaisuus: annetaan mahdollisuus liikkumiseen yhä useammille ihmisille. Esi-merkiksi ikääntyneille ja toimintarajoitteisille.
- saavutettavuus: helpotetaan pääsyä yleensä pahasti ruuhkautuneille alueille, kuten keskustoihin.

(Liikenne- ja viestintäministeriö 2018, 5.)

Tieliikenteen automaatio parantaa taatusti tieliikenteen turvallisuutta ja tehostaa sen sujuvuutta. Monet kaupungit ovatkin ottaneet automaation osaksi tulevaisuuden strategioitaan. On kuitenkin vielä epäselvää, miten automaatio tulee olemaan osa ihmisten jokapäiväistä elämistä ja millaista automaatio lopulta on. Yleensä automaattisen liikenteen uskotaan olevan tehokkaampaa, ympäristöystävällisempää sekä turvallisempaa ja sen uskotaan mahdollistavan tasa-arvoisemmat liikkumismahdollisuudet kaikenlaisten liikkujien keskuudessa. On varmaa, että ilman määrätietoista otetta ja visiointia automaation tulokset jäävät pieniksi ja hyötyjä ei saavuteta. (Olin 2021.)

Automaattiajoneuvot voivat tuottaa ajantasaista tilannekuvaa toimintaympäristöstään erilaisten sensorien, kameroiden ja tutkien avulla. Kehittyneet automaattiajoneuvot pystyvät tulevaisuudessa lähettämään ja vastaanottamaan viestejä keskustelemalla muiden automaattiajoneuvojen ja älykkään

infran kanssa. Esimerkiksi ruuhkatilanteet voitaisiin tulevaisuudessa välttää tällaisella älykkäällä keskustelulla. Tulevaisuudessa siis infraympäristön tulee olla ajanmukaista ja vastata automaattiajamisen tarpeisiin. Automaattiajoneuvo vaatii ympäristöltä paljon ja sillä täytyy olla käytettävissä hyvää fyysistä infrastruktuuria, tarkkaa paikka- ja sijaintitietoa sekä riittävästi dataa sen kulkureiteistä. (Perälä 2020, 29.)

Jo tänä päivänä automaattiajamiseen varaudutaan sähkö- ja tietoliikenneputkituksilla, jotta automaattiautoilun yleistyessä muutokseen oltaisiin mahdollisimman valmiita ja muutos tapahtuisi lyhyessä ajassa. Automaattiajaminen ei välttämättä ole riippuvainen tien fyysisistä ominaisuuksista, mutta varautuminen on silti viisasta, koska automaattiajaminen tarvitsee todennäköisesti ainakin yhden varajärjestelmän pääjärjestelmän rinnalle pysyäkseen väylillä. Inhimillinen, ajamisesta aiheutuva virhe voi siis aiheutua myös inhimillisestä virheestä järjestelmän koodaamisvaiheessa.

Vaikka on mahdollista, että automaattiajoneuvot voisivatkin ajaa nykyisessä liikenneympäristössä niin on mahdollista, että ne edellyttävät liikenneympäristöltä ja sen jatkuvuudelta todennäköisesti muutoksia ainakin joiltakin osin. Automaattiajamisen toimintaympäristön vaatimukset riippuvat paljon automaation toteutuksesta. Eli esimerkiksi satelliittipaikannuksesta tai konenäöstä. Euroopan tieviranomaisten yhteisjärjestö on arvioinut automaatti- ja verkottuneenajamisen kustannukset Euroopan päätieverkolla kymmeneen miljardiin euroon vuoteen 2028 mennessä, missä tietoliikenneyhteisyyksien parantamisella on suuri vaikutus. (Perälä 2020, 29 - 30.)

Automaation lisääntyminen näkyy myös työmailla työkoneissa, missä niiden automatisointi on monelta osa-alueelta myös helpommin toteutettavissa, kuin automaation kehittäminen ajoneuvoliikenteessä ja ruuhkaisessa ympäristössä. Joiltain osin automaattisia kaivinkoneita tulee käyttöön jo viiden vuoden sisällä. (Perälä 2020, 29, 70.)

## 2.5 Aurora-älyväylähanke

Aurora-hankkeessa tutkitaan väylänpidon ja liikenteen digitalisaatiota. Hankkeessa valtatielle 21 rakennettiin älytie, jolla voidaan testata automaattiajamisen toimivuutta arktisella alueella. Hankkeessa keskityttiin parantamaan älyliikennettä ja väylänpitoa erilaisten testien ja kokeilujen kautta. Suunnittelussa pyrittiin tunnistamaan älytielle ja kokeilutoiminnalle olennaisia ominaisuuksia kuten telematiikkaa, instrumentointia ja muuta liikenne- ja tiedatan hyödyntämiseen tarvittavaa, kokeilutoimintaa tukevaa infrastruktuuria. (Väylävirasto 2019b, 3.)

Hankkeessa suunniteltiin siis kymmenen kilometriä pitkä älytie valtatielle 21, Muoniosta pohjoiseen, välille Pahtamo-Puthaanranta, joka todettiin toimivaksi tiejaksoksi hankkeen kannalta. Hankkeessa suoritettiin monenlaisia digitaalisia kokeiluja, joissa keskityttiin erityisesti automaattiajamiseen ja uusien ideoiden tuottamiseen automaattiajamisen mahdollistamiseksi. (Väylävirasto 2019b, 3.)

Aurora-hanke sisälsi useita pienempiä kokonaisuuksia ja tutkimuskysymyksiä. Yhtenä isompana kokonaisuutena hankkeessa keskityttiin liikenneväylien kunnon hallintaan ja automatisaatioon hyödyntämällä hankkeen instrumentointia ja väylien tuottamaa tietoa niiden kunnonhallinnassa. Toisessa isommassa tutkimushankkeessa pyrittiin kartoittamaan älykkään infrastruktuurin ja liikenteen automaation ratkaisuja vaikeissa tie- ja sääolosuhteissa. Hankkeessa selvitettiin, miten verkottuneet ja

älykkäillä ominaisuuksilla varustetut automaattiset ajoneuvot selviytyvät haasteellisista talviolosuhteista lumisilla teillä ja millaisia fyysisen ja digitaalisen infran järjestelmiä se edellyttää. Aurora-älytiellä ja korridorilla suoritettavilla testeillä todennettiin testattavien ratkaisujen toimivuutta. (Väylävirasto 2019b, 3.)

Tutkimuskysymyksistä ensimmäinen kysymys (1a, väylien kunnonhallinta ja instrumentointi) koskettaa eniten tämän opinnäytetyön aihepiiriä, sillä siinä selvitettiin minkälaiset tiet tulisi tulevaisuudessa instrumentoida varsinkin ennakoivan kunnonhallinnan näkökulmasta. Tutkimuskysymystä selvitti Ramboll Finland Oy laajalla tieverkkotason instrumentointiselvityksellä. Tutkimustuloksina voitiin todeta, että monitoroimalla teiden rakenteiden kuntoa on myös mahdollista toteuttaa oikea-aikaisia toimenpiteitä ja tarjota tieverkoston käyttäjille luotettava ja normaali palvelutaso. Monitoroinneista on hyötyä kohdekohtaisesti lyhyellä aikavälillä, mutta kuitenkin tärkeimpänä nähtiin tiedon ja osaamisen kehittyminen. (Väylävirasto 2019b, 21 - 22.)

Aurora-älytien, sen palveluiden ja kokeilujen ympärille muodostui kokeiluekosysteemi, joka palvelee markkinoiden ja liikenteen kehittämistä arktisella alueella haasteellisissa tie- ja sääolosuhteissa. Hanke toi yhteen monia eri toimijoita ja siitä muodostui avoin testialusta erilaisten kokeilujen, kansainvälistymisen ja kasvun edistämiseksi. Hankkeessa oli mukana niin tutkimuslaitoksia, julkisia -ja yksityisiä sektoreita, kuin myös korkeakouluja Suomesta ja ulkomailta. (Väylävirasto 2019b, 3.)

Liikennevirasto toimi hankkeen omistajana, hallinnoijana ja tietovarojen mahdollistaja vuosina 2016-2018. Aurora-älytien instrumentointi ja telematiikka siirtyivät valtion omistamalle Intelligent Traffic Management Finland -erikoistehtäväyhtiölle tammikuussa 2019. (Väylävirasto 2019b, 3.)

## 2.6 Lundin tulevaisuuden sähkötieprojekti

Euroopassa älyväylähankkeita on toteutettu jo muutamia viimeisten kymmenen vuoden aikana. Suomen naapurimaissakin on päästy älyväylähankkeissa jo hienoihin lopputuloksiin ja älyväylät onkin otettu käyttöön osaksi jokapäiväistä liikkumista väyläverkolla. Ruotsissa olosuhteet muistuttavat osittain Suomenkin olosuhteita, joten on luontevaa ottaa hanke-esimerkki myös sieltä tarkastelun alle.

Hanke-esimerkki on Lundin kaupunkiin rakennettu tulevaisuuden sähkötieprojekti, jonka on kehittänyt ruotsalainen Elonroad AB-yhtiö yhteistyössä Lundin yliopiston insinööritieteellisen tiedekunnan kanssa. Lataus onnistuu sekä ajoneuvon ajon aikana, että sen paikallaan ollessa. Sähkötie toimii useimpien ajoneuvotyyppien kanssa, esimerkiksi henkilöautojen, linja-autojen ja raskaiden kuorma-autojen kanssa joko kaupunkiympäristössä tai moottoriteillä. (City of Lund 2020.)

Ajoneuvossa on kolme kosketuskohta tien kanssa, jonka kautta se kytkeytyy virtalähteeseen. Energia siirtyy tien latauskiskosta ajoneuvoon vastaanottimen kautta, joka taittuu ajoneuvon alle. Vastaanottimella on suora kosketus latauskiskoon, mikä tarkoittaa todella tehokasta 300 kW:n virran siirtämistä kiskosta ajoneuvoon. Tie käyttää langatonta viestintää tunnistamaan automaattisesti lähestyvät sähköajoneuvot ja antaa virtaa latauskiskosta metrin mittaisissa osissa, mikä tekee järjestelmästä melko turvallisen, koska kiskon sähköistetyin osat peittää aina ajoneuvo. Nämä lyhyet osiot erottavat hankkeen monista muista sähkötieprojekteista, joissa käytetään huomattavasti pidempiä sähköistettyjä osuuksia. Tärkeimmät erot tässä tekniikassa ovat ne, että mitään ei tarvitse asentaa pinnan alle ja sähkövirran syöttämiseksi tarvitaan vähemmän pisteitä (noin yksi 100 metriä kohti).

Yksi tämän tyyppisen liikkeellä olevan latauksen parhaimmista eduista on se, että se vähentää merkittävästi kalliiden, suurten ja raskaiden kulkuneuvojen ajovoima-akkujen tarvetta, millä on suuri vaikutus sähköajoneuvojen painoon ja kustannuksiin. Kiskojen asennus aiheuttaa vain vähän häiriöitä olemassa olevaan infrastruktuuriin. Mastoja ja ilmajohtimia ei tarvita, eikä suojakiskoja tarvita suojaamaan törmäyksiltä virroittimien laturien mastojen kanssa. Suunnitelmien mukaan sähkötien käytöstä veloitetaan automaattisesti ajoneuvon ja tien välisen langattoman yhteyden ansiosta. Kehitystieprojekti alkoi vuonna 2019 ja se kestää vuoteen 2022. Ensimmäinen testattava ajoneuvo on Solarikselta tuleva elektroninen bussi, jota testataan kerran viikossa kuukauden ajan sähkötiellä. (City of Lund 2020.)

Yhtenä isoimmista tavoitteista Lundin sähkötieprojektissa on ollut tuottaa tietoa sähköisistä tiejärjestelmistä, jotka ovat isossa osassa päästöjen vähenemisessä ja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Ruotsissa seuraavien kahden vuoden aikana tavoitteena on testata ja saada lisää tietoa sähköteistä, jotka mahdollistavat sähköajoneuvojen lataamisen tieltä ajon aikana. Ruotsin ilmastotavoitteiden mukaan liikennesektorin päästöjen pitäisi vähentyä 70 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Tärkeä osa tästä on tieliikenteen sähköistäminen. Ruotsissa käynnissä oleva sähkötieprojekti on ensimmäinen askel lataavan infrastruktuurin luomisessa, jotta siirtyminen sähköistettyyn ja fossiilitomaan ajoneuvokantaan päästöjen vähentyessä olisi mahdollista. Hankkeen osallisten mukaan siirtyminen fossiilisilla polttoaineilla toimivista ajoneuvoista sähköautoihin voi olla järkevää ympäristölle vain, jos sähkö tuotetaan ensisijaisesti puhtaista tai uusiutuvista lähteistä. (City of Lund 2020.)



KUVA 5. Kuvassa Lundin sähkötieprojektin latauskiskon periaatteellinen kuva, josta näkyy tielle sijoitetun kiskon metrin välinen sähköistäminen (Urban Transport Magazine 2019).

### 3 HAASTATTELUTUTKIMUS

#### 3.1 Haastattelut

Tämän opinnäytetyön tutkimustulosten ja kehittämiseidoiden tärkeimpänä lähteenä ovat alan ammattilaisten haastattelut. Haastateltavat valittiin yhdessä esimieheni kanssa, joka on verkostoitunut laajasti alan eri ammattikuntien ja ammattilaisten kesken. Haastateltavilla henkilöillä oli myös paljon kokemusta työelämästä erilaisista infrastruktuuriin ja liikennejärjestelmään liittyvistä työtehtävistä ja sitä kautta heidän kokonaisuuden hahmottamiskykynsä oli kehittynyt vuosien aikana. Osalla haastateltavista henkilöistä on myös kokemusta älyväylärakentamisesta ja erilaisista kokeiluista niiden parissa. Haastattelulistaan päätyi lopulta kahdeksan haastateltavaa henkilöä, jotka työskentelivät kuudessa eri organisaatiossa. Haastateltavilta henkilöiltä kysyttiin lupa heidän nimensä käyttöön tarvittaessa opinnäytetyön aikana. Kaikki haastateltavat antoivat luvan nimensä käyttöön.

Haastateltavia henkilöitä lähestyttiin esimieheni kanssa työni kuvaa, tarkoitusta, sisältöä ja päämäärää kuvaavalla esittelyosuudella, jossa esiteltiin myös minut opinnäytetyön tekijänä. Samaan sähköpostiviestiin laitettiin mukaan myös kysymyspatteristo ja hieman taustatietoa kysymyksiin liittyen, jotta haastateltavilla henkilöillä olisi helpompi saada aiheesta kiinni ja heidän ajatuksensa avartuisivat ja heille tulisi parempi käsitys siitä, mitä kysymyksissä itse asiassa kysytään. Kysymyspatteriston lähettäminen ennakoon mahdollisti myös sen, että haastateltavat pystyivät varautumaan haastatteluun parhaimmalla mahdollisella tavalla niin, että haastatteluihin saatiin syvyyttä.

Haastattelut käytiin Covid-19 pandemian takia etänä. Haastatteluissa käytettiin hyväksi Microsoft Teams viestintä- ja yhteistyöalustaa ja ne nauhoitettiin myöhempää tarkastelua varten. Haastattelut kirjoitettiin vielä lopuksi puhtaaksi Word-tiedostoiksi, jolloin materiaalia kertyi n. 35:n A4-sivun verran. Haastattelut suoritettiin vuoden 2021 helmi- ja maaliskuun aikana tuntitöiden yhteydessä. Haastattelut saatiin tehtyä kotoa käsin, mikä mahdollisti työrauhan ja haastattelujen nauhoittamisen ilman taustahälyä. Haastattelut veivät aikaa noin tunnin ja ne sisälsivät 11 kysymystä liittyen laajasti opinnäytetyön aiheeseen. Haastattelut sujuivat hyvin, mutta joidenkin aihealueiden osalta haastateltavilla oli hieman vaikeuksia ottaa kantaa aiheeseen. Se on aivan ymmärrettävää, sillä aiheeni tähtää pitkälle tulevaisuuteen ja tulevaisuutta on vaikea ennustaa, sillä se koostuu niin monista muuttujista ja eri alojen toimijoista ja kehityssuunnasta. Haastateltavien mielestä kysymykset olivat kuitenkin hyviä ja aihe enemmän kuin ajankohtainen. Jotkut kysymykset saattoivat hieman toistaa itseään, mikä johti siihen, että vastauksiin saattoi tulla hieman päällekkäisyyksiä. Haastateltavat olivat kuitenkin sitä mieltä, että se ei haitannut, koska kysymysten kysyminen hieman eri näkökulmista sai heidän mielensä avautumaan aivan eri tavalla. Alla olevasta kuvasta nähdään vielä haastateltavien määrä organisaatioittain.



KUVA 6. Haastateltavien määrä organisaatioittain.

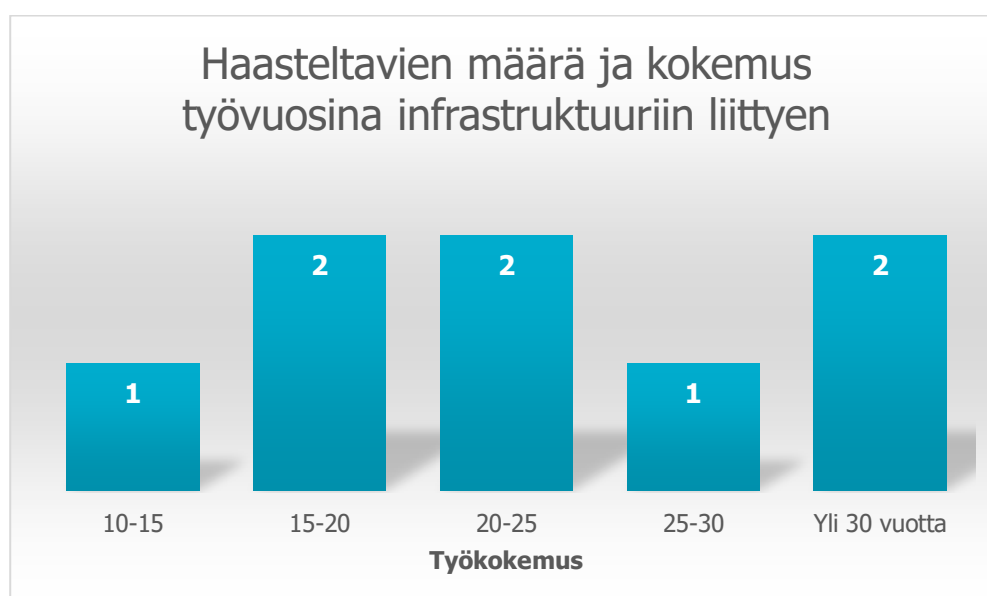
## 4 HAASTATTELUJEN TULOKSET

### 4.1 Haastattelutulosten rakenne

Haastattelutulokset analysoitiin läpi käyttäen hyväksi haastateltaville henkilöille lähetettyä kysymyspatteristoa ja käymällä kysymykset läpi yksi kerrallaan niin, että vastauksista kerättiin haastattelujen oleelliset ja toistuvimmat asiat opinnäytetyöhön. Haastattelutulosten väliotsikot kuvastavat siis yhtä kysymystä ja niihin saatuja vastauksia ja mielipiteitä. Jotkin vastaukset saattoivat limittyä osittain keskenään, koska haastatteluissa tarkasteltiin laajaa kokonaisuutta, niin sen osa-alueet ja niiden muutokset vaikuttavat toinen toisiinsa. Tästä syystä kysymyksiä neljä ja seitsemän ei ole otsikoitu erikseen, vaan ne on sisällytetty muihin aihealueisiin. Joidenkin kysymysten vastauksista on havaittavissa selkeä suuntaus tulevaisuuden liikenneväylien ominaisuuksien osalta, kun taas joidenkin kysymysten kohdalla vastaukset saattavat hieman poiketa toisistaan. Vastauksiin saatiin haastateltavien ammattiosaamisen kautta monipuolisuutta, vaikkakin osaan kysymyksistä kaikilla haastateltavista henkilöistä ei ollut mielipidettä, johtuen vain tietyn ammattiryhmän osaamisalueesta tai tulevaisuuden vaikeasta ennustettavuudesta.

### 4.2 Haastateltavien työkokemus infrastruktuuriin liittyen

Kaikilla haastateltavilla henkilöillä oli laajaa osaamista eri työtehtävistä liittyen muun muassa johtamiseen, infrastruktuuriin, liikennejärjestelmän suunnitteluun, kaavoitukseen, katu- ja tiesuunnitteluun, instrumentointiin, infrarakentamiseen, kunnossapitoon, työmaavalvontaan ja hallinnollisiin työtehtäviin. Haastateltavien osaaminen ja kokemus kattoivat siis koko infran elinkaaren aina maakuntakaavoituksesta, esisuunnittelusta ja byrokratian pyörittämisestä tien rakentamiseen, sen uusimiseen ja uusien innovaatioiden kehittämiseen. Kaikilla haastateltavista oli kokemusta infrastruktuuriin liittyvästä työelämästä vähintään 10 vuotta, mutta osalla, jopa lähes 40 vuotta, 1990-luvun alkupuolelta alkaen. Alla vielä haastateltavien työkokemus vuosina taulukoituna.



KUVA 7. Haastateltavien määrä ja työkokemus työvuosina infrastruktuuriin liittyen.



#### 4.3 Liikenneväylien keskeisimmät muutokset seuraavien noin 10 - 15 vuoden aikana

Haastatteluisissa ilmeni, että liikenneväylien korjausvelan kasvu ja sen hallitseminen on yksi isoimmista osa-alueista liittyen tulevaisuuden liikenneväylien tilaan ja kehitykseen.

*”Ttse kannan huolta tästä nykyinfran kunnosta, että on kuitenkin mielestäni ensimmäinen asia, että nykyisen väyläverkoston pitää olla toimiva kaikissa keliolosuhteissa ympärivuotisesti ja siinä on jo todella paljon työtä.”*

Haastateltavien mielestä kuitenkin näyttää siltä, että jatkossa maanteiden ja väylien korjausvelkaa pystyttäisiin jatkossa vähentämään.

*”Nyt näyttäisi mahdolliselta ja jopa todennäköiseltä, että jatkossa pystytään tätä väylien/maanteiden korjausvelkaa vähentämään. Liikenne 12-suunnitelmassa (valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma) perusväylänpidon rahoitus oli saamassa olennaisen lisäyksen.”*

Valtaosa haastateltavista oli sitä mieltä, että esimerkiksi digitalisaatio ja automatisaatio eivät laajamittaisesti leviä liikenneverkostolle vielä lähivuosina ottaen huomioon Suomen ajoneuvokannan uusitumisvauhdin ja väyläverkostolle suuntautuvat valtion rahalliset panostukset. Testioiloissa ja varmasti, joillain rajatuilla alueilla tapahtuu todella paljon, mutta laajamittaiseen muutokseen haastateltavat eivät pääosin usko. Teknologia kehittyy niin nopeasti, että haasteena on se, ettei investoida sellaiseen, joka vanhenee jo muutamassa vuodessa.

*”Automaatio varmaan tulee lisääntymään, mutta tuleeko se tuona 15 vuoden aikana? Luulen, että osittain liikenne voi olla automatisoitua ja voisin kuvitella, että se alkaa kaupallisesta liikenteestä. Joukkoliikenne ja logistiikka voisivat olla ne, jotka ensimmäisinä automatisoituvat. Henkilöliikenne tulee sitten ehkä vähän myöhemmin.”*

Haastatteluisissa yhdeksi tärkeimmistä muutoksista nousi esille myös kestävämpien liikennemuotojen korostuminen varsinkin isoilla kaupunkialueilla, mikä tulee näkymään kävely- ja pyöräilyväylien lisääntymisenä ja leventymisenä todennäköisesti autoilun kustannuksella. Eli jatkossa kaupunkialueilla jalankulku- ja pyöräilyväylien tilaa lisätään ja autoilijoiden tilaa vähennetään. Lisäksi pidemmällä siirtymillä esimerkiksi eri kaupunginosien välisillä yhteyksillä jalankulku ja pyöräily pyritään erottelmaan toisistaan, jotta pyöräilystä tulisi sujuvampaa ja nopeampaa.

*”Trendi on tässä viimeisen viiden vuoden aikana selkeästi kääntynyt vanhoista leveistä kaduista, joissa ajoratojen leveydet ovat olleet melko leveitä ja kaistamäärätkin melko isoja. Nyt niistä tehdään aika paljon tiiviimpää pakettia ja annetaan tilaa jalankululle ja pyöräilylle varsinkin keskusta-alueilla.”*

Matkaketjujen kehittäminen ja siihen liittyvien solmupisteiden kehittäminen, kuten vaikka liityntäpysäköinnin kehittäminen nähdään erittäin oleellisena asiana, koska ne helpottavat kestävästä kulkutavasta siirtymisen toiseen kestävään kulkutapaan. Ihmisille ei pitäisi myöskään aiheuttaa tarpeetonta liikkumisen tarvetta heikolla kaupunki- ja väyläsuunnittelulla, vaan tehdä liikenteestä sujuvaa niin, että palvelut ja infra kohtaavat.

*”Suunnittelumenettelyillä ei pitäisi synnyttää tarpeettomia tarpeita tai sellaisia tilanteita, että ihmiset eivät pärjää ilman omaa autoa.”*

Haastatteluissa nousi esille myös joukkoliikennemahdollisuuksien kehittyminen ja lisääntyminen, joilla ihmisiä kannustetaan liikkumaan kaupunkialueilla jollain muulla tavalla kuin omalla autolla. Osittain kaupunkialueilta löytyy jo vajaakäytöllä olevia kaistoja, joita voitaisiin muuttaa enemmän pelkästään joukkoliikennekäyttöön. Erityisesti nuoremmalle sukupolvelle joukkoliikennemahdollisuudet ovat hyvin keskeinen asia, millä on myös äärimmäisen suuri merkitys paikkakunnan vetovoimaisuuden kannalta. Kun ihmisille luodaan tarjontaa, niin yllättävän nopeasti niille löytyy isoja käyttäjämääriä.

*”Liikennesuunnittelussa suuri hiljainen ryhmä ovat autottomat, joiden tarpeet pitäisi erityisesti ottaa huomioon.”*

Lisäksi jatkossa kaupunkikeskustoissa entistä enemmän halutaan sekoittaa toimintoja, joka tulee näkymään katuinfraassa niin, että entistä enemmän tulee tasa-arvoisia liikennetilajoja, joissa kaikki liikennemuodot ovat erottelematta samassa tilassa.

*”Tie- ja katuverkon suunnittelu ei ole enää niin hierarkkista, vaan varsinkin kaupunkimaisilla alueilla tulee enemmän uuden tyyppistä sekoittunutta kaupunkitilaa.”*

Liikennemuotojen sekoittuminen pakottaa samalla kaupunkialueiden ajonopeuksien alentamisen. Esimerkiksi Kuopiossa 30 km/h ruutukaavakeskusta on entistä lähempänä, joka lisää liikenneturvallisuutta ja mahdollistaa myös liikennemuotojen sekoittamisen, kun pyöräily tullaan ohjaamaan ajoradalle. Silloin nopeuserot eivät ole niin isoja eri liikennemuodoilla.

Isona tulevaisuuden muutoksena haastatteluissa nousi esille myös autojen käyttövoimien muutokset. Kun sähkö-, vety- ja kaasuautoilu tulevat lisääntymään, niin sillä on suuri vaikutus melu- ja päästöasioihin.

Ratapuolen lähitulevaisuuden suuret muutokset tulevat heijastumaan myös väyläverkostolle, kun Suomessa aloitetaan Digirata-hanke, eli luodaan uusi kulunvalvontajärjestelmä, mikä mahdollistaa rataverkon kapasiteetin noston. Rataverkoston kapasiteetin nosto tulee lisäämään henkilöliikennematkvoja, joka vähentää tulevaisuudessa autoliikennettä.

*”Kapasiteetin nousu saattaa olla enimmillään 30 prosenttia, että se on aika merkittävä muutos liikennejärjestelmän kannalta.”*

#### 4.4 Varautuminen väyläverkoston muutoksiin infrasuunnittelun kannalta

Haastatteluissa infrasuunnittelun tulevaisuuden muutokset osoittautuivat hankalimmaksi ennakoitavaksi kokonaisuudeksi, sillä suurimmalla osalla haastateltavista henkilöistä ei ollut suoraa kosketuspintaa infrasuunnitteluun viime vuosilta eivätkä he siksi tienneet tarkasti, miten infrasuunnittelu tulee tulevaisuudessa muuttumaan ja kuinka paljon. Jotain ideoita haastatteluista kuitenkin nousi esille.

Tulevaisuuden infrasuunnittelussa liikenneväylien tarpeen määrittäminen tulee muuttumaan. Suunnittelussa tullaan käyttämään uusia työkaluja määrittämään se mitä kautta väylät jatkossa kulkevat

muun muassa luonnonvarojen käytön minimoimiseksi ja kuljettamiseksi pitkillä matkoilla, jotta lähellä olevia maamateriaaleja käytettäisiin entistäkin enemmän hyödyksi. Jo tänä päivänä on olemassa tuotteita, joiden avulla väylärakennetta mitoitetaan alueelta saatavan materiaalin perusteella. Lisäksi kehittyneillä ohjelmistoilla pystytään laskemaan etukäteen, miten suunniteltava reitti jatkossa optimoidaan, jotta polttoaineenkulutus olisi mahdollisimman pientä. Eli mistä geometria kulkee ja kannattaako paikalle tehdä silta, vai tunneli ja mistä mäet kannattaa kiertää. Pehmeät arvot tulevat siis entistä tärkeämmiksi tulevaisuuden infrasuunnittelussa.

*”Logistiikka, materiaalinhallinta ja ympäristöolosuhteet tulevat ihan uutena vaikuttajana lopputuotteen tekemiseen ja kokonaistaloudellisuus nousee entistä suuremmaksi tekijäksi.”*

Jatkossa varsinkin keskusta-alueilla liikenteen seassa liikkuu sähköpolkupyöräilijöiden lisäksi paljon uusia kulkumuotoja käyttäviä liikkujia, kuten esimerkiksi sähköpotkulautailijoita. Kuten jo mainittu, niin tällaisiin liikennemuotoihin halutaan panostaa entistä enemmän, mikä lisää liikenteen välityskykyä, kun olosuhteet paranevat. Uusien kulkumuotojen merkitys tulee vähitellen näkymään siinäkin, miten katuja suunnitellaan.

*”Pyöräilymatkojen pituudet ovat kasvaneet ja liikkuminen on muuttunut, koska sähköavusteisia pyöriä ja potkulautoja on liikenteessä, että tätä asiaa joudutaan ajattelemaan rakennetussa ympäristössä ihan toisella tavalla.”*

Haastatteluissa esille nousi paljon suunnitteluun ja mallintamiseen liittyviä asioita, joissa on varmasti vielä paljon parannettavaa. Tietomallintamisen avulla liikennemalleja pystytään simuloimaan ja ajamaan ennakkoon suunnitelluilla väylillä paljon laadukkaammin verrattuna nykytilanteeseen. Simuloinnissa pitää jatkossa kuitenkin ottaa huomioon myös kevytliikenne eikä tarkastella ainoastaan ajoneuvoliikennettä. Liikenteen sujuvuuden simuloinnilla liikennetilanteet voidaan tarkastella tietokoneelta, jolloin rakentamisen jälkeisiltä yllätyksiltä vältytään.

Suunnittelussa liikennemuotojen ketjuttamiseen panostetaan jatkossa enemmän. Kaupunkimaisilla seuduilla lähdetään liikkeelle siitä oletuksesta, että liikennemuotojen ketjussa on aina jokin joukkoliikenneväline mukana.

Infran korjausrakentamisen nykytilanteesta kannetaan myös huolta, sillä suunnittelun detaljitasoa pidetään huonona. Korjauksia pitäisi jatkossa pyrkiä tekemään enemmän pistemäisinä ja keskittyä ennemminkin siihen, miksi ongelma on syntynyt, eikä vaan korjata ongelmaa. Ulkomailla parempaan detaljitasoiseen suunnitteluun on jo päästy, mikä johtaa valtaviin säästöihin.

*”Maailmalla maanlaiset tutkimusmenetelmät ovat menneet niin paljon eteenpäin, että voidaan 1 - 2 m tarkkuudella tehdä korjaavia toimenpiteitä ilman, että koko väylää tarvitsee uusida. Asia vaatii isoa asennemuutosta. Sellaista suunnitelmaa ei haluta tehdä, missä korjataan vain kolme metriä ja annetaan periaatekuva siitä miten rumpu perustetaan, mutta sillähän saavutettaisiin valtavia säästöjä.”*

Jossain asioissa talopuolelta voitaisiin ottaa oppia. Perussuunnittelussa ainakin materiaalitutemusta pidetään melko vähäisenä. Ongelman ratkaisu voisi olla infran oma materiaalipankki, jossa olisi yleis- ja saatavuustietoa eri materiaaleista. Tiedon tuottaminen on vain vielä suuri haaste tällaiselle toiminnalle, mutta kehitystä tapahtuu varmasti tulevaisuudessa.

Yhtenä keskeisimmistä infrastruktuuriin vaikuttavista asioista on tietoliikenneputkituksien lisääminen osaksi väyläverkkoa, mitä on tehty jo pitkään aikaisemminkin, mutta ei aivan siinä mittakaavassa mitä tulevaisuudessa tehdään. Eli kun alkaa näyttämään siltä, että jotain uutta tekniikkaa on tulossa käyttöön niin siihen varaudutaan ennakoivasti putkituksilla, jotta toteutusta saadaan mahdollisimman nopeasti liikkeelle. Ongelmana tälle kehitykselle nähtiin se, että väyläverkoston teiden rakenteissa on jo nyt niin paljon putkituksia, ettei sinne saada oikein uusia enää mahtumaan.

*”Jotkut saneeraustoimenpiteet ovat todella vaikeita, kun kaapelikaivannossa on jo kaikenlaisia putkia ja kaapeleita kadun alla. Erityisesti vanhemmilla reiteillä, jonne on luontaisesti asennettu paljon kaapeleita, jotka ovat syntyneet telen ja postilaitoksen lennätinkaapeleista. Ne ovat houkuttelleet sitten muunkin kaapelimassan siihen viereen.”*

Kun liikenteeseen lisätään älyä, niin se tulee muuttamaan myös suunnittelukulttuuria ja tulee vaati-  
maan suunnitteluinsinööreiltä monipuolista koulutusta, jotta asioita pystytään ohjaamaan oikein ja virhetilanteisiin reagoimaan.

Yhtenä isona ongelmana nykypäivän infrasuunnittelussa on se, että mallit ovat liian isoja eivätkä ne pyöri selainpohjaisissa järjestelmissä. Avoimen datan merkitystä siis peräänkuulutetaan, jotta mahdollisimman moni voisi sitä hyödyntää.

*”On selvää, että tietomallinnus tulee muuttamaan koko toimintakentän toisenlaiseksi. Kun tiestä tehdään malli, niin jokainen voisi hyödyntää sitä omassa sovelluksessaan, sitä muokkaamalla, ottamalla sieltä pois tai lisäämään sinne jotain. Siinä BuildingSmart tekee hyvää työtä, koska se on vienyt IFC-standardia eteenpäin. Uskon, että normaalit 2D-paperikuvat tulevat katoamaan tulevaisuudessa.”*

Haastatteluissa pohdittiin, että hallinnolliset paperikuvat tullaan kuitenkin tarvitsemaan vielä pitkään ja 2D-paperikuvat ovat todella kysytyjä työmailla. Vaikka rakentaminen toimiikin melko pitkälti malliaineistolla, niin työnjohdolla on silti paljon tarvetta paperikuville. Työmailla ei olla lähivuosina valmiita siirtymään pelkkään tietomalliin.

*”Sitä en tiedä milloin maailma on valmis siihen, että viralliseksi lainvoimaiseksi katusuunnitelmaksi esimerkiksi riittäisi, vaikka 3D-malli, joka arkistoidaan pilvipalveluun. En usko, että seuraavaan kymmeneen vuoteen vielä.”*

Suunnittelu on menossa koko ajan enemmän mallipohjaiseen suuntaan. Haastatteluissa kävi ilmi, että jatkossa kaupunkitietomallit tulevat olemaan eri sektoreiden suunnittelun pohjana, mikä yhtenäistää suunnittelukäytäntöjä ja mahdollistaa sen, että eri sektoreiden suunnittelu tapahtuu samassa ympäristössä. Kaupunkitietomallissa tärkeää ei ole pelkästään sen geometrinen malli vaan tärkeimpänä asiana pidetään sen sisältämää metatietoa. Eli esimerkiksi putkien, kaivojen ja pumppaamoiden ominaisuustietoja sekä tietoa siitä millä menetelmällä komponenttien sijainnit on mitattu. Eli millä välineellä ja millä tarkkuudella. Toimivassa kaupunkimallissa maanalaisen tiedon mittaaminen rakennusvaiheessa on erittäin tärkeää.

*”Maanalaisen tiedon saamisessa on paljon parannettavaa. Jatkossa rakentajilta täytyy systemaattisesti kerätä toteumatieto ja velvoittaa sen tiedon tuottaminen. Silloin saadaan aikaan oikeita malleja.”*

Kaupunkitietomallin avulla kokonaissuunnittelu paranee, suunnittelu optimoituu ja turha suunnitelmien päällekkäisyys poistuu, mikä lisää suunnittelun luotettavuutta ja yhtenäisyyttä. Jatkossa kaavoitustakin tehdään ainakin osittain tietomallipohjaisesti.

*”Nyt kun maankäyttö ja rakennuslaki on uudistumassa, niin on tulossa vaatimuksia siihen, miten kaavoitusta tehdään jatkossa tietomallipohjaisesti ja kaupungit on siihen suuntaan valmiuksia myös kehittänyt.”*

Haastateltavat uskovat, että suunniteltava aineisto on tulevaisuudessa enemmän suoraan suunnittelijalta koneeseen menevää aineistoa, joka siirtyy myöhemmin tilaajan haltuun ja sitä kautta myös kunnossapitäjille, jotka voivat hyödyntää sitä omassa työssään. Suunnittelu siis tarkkenee tulevaisuudessa entistä enemmän niin, että työmaalla ratkaistavia asioita jää vähemmän mietittäviksi.

Lisäksi haastateltavien mielestä liikenneverkoston kuntoa ja kulumista tullaan jatkossa mittaamaan enemmän kuvantunnistuksella.

*”Jos joukkoliikenne- tai kunnossapitovälineisiin lisätään kuvantunnistustekniikkaa, niin järjestelmä tunnistaa sitten onko jokin liikennemerkki kunnossa tai pylväs vinossa. Viesti välittyy sitten eteenpäin ja kuvista tiedetään missä täytyy korjata mitään. Samalla tavalla nähdään kaikkia muitakin korjaustarpeita, esimerkiksi päällysteen kulumista.”*

#### 4.5 Tulevaisuuden perusväylänpidon resurssien kohdentaminen 10 - 15 vuoden aikajänteellä

Haastateltavat uskovat, että viidentoista vuoden ajanjaksolla väyläverkoston käyttäjien tarpeet ovat melko pitkälti samanlaisia kuin nykyäänkin. Liikenne on lisääntynyt maanteillä vuosittain eikä lähde tulevaisuudessa pienemään. Väyläverkoston kunnon ylläpito nähdään tärkeimpänä asiana perusväylänpidon kannalta. Tulevaisuudessa liikenneväyliä tullaan tarvitsemaan edelleenkin ja niille tullaan tekemään joitain tarpeelliseksi katsottuja korjaus- ja uudistusinvestointeja perusväylänpidon tason ylläpitämiseksi.

Korjausvelan pieneminen on syytä nostaa erityisesti jalustalle, koska jokainen haastateltava henkilö on sitä erikseen korostanut. Eli jos perusväylänpidon rahoitustaso ei ole tulevaisuudessa sellainen, että se vähentää korjausvelkaa, niin silloin kaikki liikenneväylien käyttäjät ovat suurissa ongelmissa esimerkiksi päivittäisen liikenteen, liikennöitävyyden ja liikenneturvallisuuden näkökulmista. Perusväylänpito täytyy siis saada ensisijaisesti toimivaksi, jotta voidaan ottaa digitaalinen edistysaskel kohti sujuvaa älyliikennettä. Haastateltavat muistuttavat myös, että peruskorjausvelka ei koske pelkästään näkyvää katurakennetta, vaan isompaa kokonaisuutta, mikä tulisi ottaa huomioon investointien suunnittelussa, jotta katurakennetta jouduttaisiin avaamaan vain mahdollisimman harvoin.

*”Erityisesti katuverkon osalta peruskorjausvelka ei koske vaan näkyvää katurakennetta, vaan se koskee myös kaikkia vesijohtoja ja viemäreitä sekä kaikkia muita putkia ja johtoja, jotka ovat katurakenteen olla. Maanalla peruskorjausvelkaa on vielä enemmän kuin maanteissä. Valtaosa kustannuksista aiheutuu muusta, kuin katurakenteiden uusimisesta.”*

Tulevaisuuden perusväylänpito on myös aluepoliittinen kysymys, jossa tietyt kaupunkiseudut kasvavat ja muu Suomi taantuu. Infraan ja infran ylläpitoon liittyvää rahoitusta ja resursseja tullaan jatkossa entistä enemmän suuntaamaan sinne, missä liikennettäkin on eniten. Valtiolla on tässä iso

rooli, koska sen täytyy huolehtia kaikkien alueiden kohtuullisesta kehittämistasosta, mitä kautta maaseutujenkin rahoja säilyy perusväylänpidon piirissä, kuitenkin suurimpien panostusten suuntautuksessa enemmän kaupunkiseuduille.

*”Resursseja tullaan eniten suuntaamaan sinne missä niitä tarvitaan, mutta samalla pitää pystyä huolehtimaan väyläverkoston perustasosta muuallakin suomessa.”*

Niin kuin aikaisemmin jo mainittiin niin kevyt- ja joukkoliikenne tulevat saamaan katuympäristössä lisää tilaa, mikä vähentää autoliikennekaistoja kaupunkialueilla. Myös rataliikenteessä nähdään olevan iso merkitys tulevaisuutta ajatellen digirata-hankkeen myötä ja sen uskotaan nostavan merkitystä jatkossa enemmän muuallakin puolella Suomea, kun vain Helsingissä.

Uuden tekniikan uskotaan vievän jo nyt näkyvän osan väyläverkostolle suuntautuvasta rahakuormasta. Onkin oleellista huomata, että mikä tekniikan hyödyllinen osa-alue voisi olla osa tulevaisuuden perusväylänpitoa ja mikä kokonaisuutta ajatellen ei niin välttämätöntä lisää.

Pysäköinnin uskotaan muuttuvan tulevaisuudessa niin, että hajapysäköintiä vähennetään ja sitä keskitetään enemmän laitospaisiin ja isompiin kokonaisuuksiin, joissa keskitytään sähköisiin latausmahdollisuuksiin.

Tulevaisuudessa kaupankäynnin uskotaan menevän verkkoon yhä enemmän, joka lisää logistiikan tarvetta, mutta samalla vähentää ihmisten tekemiä matkoja, joka näkyy väylillä vähempänä henkilöautoliikenteenä.

Pitkällä tähtäimellä, toteutuessaan Helsinki-Tallinna tunnelista nähdään olevan paljon positiivista vaikutusta koko Suomen mittakaavassa.

#### 4.6 Instrumentointi ja monitorointi osana tulevaisuuden infrarakentamista

Instrumentointi infrarakentamisessa oli monelle haastateltavista henkilöistä yksi vaikeimmista aihealueista koko haastattelussa. Onneksi opinnäytetyöhön saatiin kuitenkin haastateltavaksi henkilö, joka oli ollut mukana siltojen instrumentointi- ja monitorointi hankkeissa yli 20 vuoden ajan. Häneltä saatiin luonnollisesti eniten vastauksia liittyen aiheeseen, vaikka muutkaan haastateltavat eivät jääneet sanattomiksi.

Liikenneväylien instrumentoinnissa ja monitoroinnissa ongelmana on hyvin paljon teiden kuluminen. Eli kuinka paljon enemmän ylikuormattu ajoneuvo kuluttaa tiestöä verrattuna sallituissa rajoissa liikkuvaan ajoneuvoon? Tiestöä ylikuormittavat ajoneuvot pitäisi saada poistettua liikennevirrasta tuntuvan sakkorangaistuksen uhalla, sillä ylikuormista aiheutuva liikenneväylien pintojen liiallinen kuluminen ja uusiminen on kallista ja syö liikaa perusväylänpidon rahoitusta. Ratkaisua ongelmaan on alettu hakemaan Yhdysvalloista asti tien päällysteen alle asennettavilla vaakaratkaisuilla.

*”Vaa’an hyödyt ovat siinä, että vaaka asennetaan päällysteen alle ja se kykenee mittaamaan moottoritienopeuksissa ja poimimaan liikenteestä ylikuormatut ajoneuvot. Vaakoja on alettu käyttämään esivalintaan ja poimimaan liikennevirrasta ylikuormatut ajoneuvot staattiselle punnitusasemalle ilman, että liikennevirtaa tarvitsee pysäyttää.”*

Suomessakin on ollut samantyyppisiä ajatuksia, mutta vaakaratkaisu ei ole yleistynyt siitä syystä, että Suomessa vaakaelementti on asennettu instrumentteineen tien pintaan ja aurauksen yhteydessä instrumentit ovat vaurioituneet. Tällä hetkellä on kuitenkin siis olemassa teknologiaa, joka pystyy hoitamaan tilanteen ilman vaurioita.

Instrumentointia käytetään hyväksi erityisesti silloilla ja muissa taitorakenteissa, joissa liikenteen seasta pyritään saamaan kiinni massat, yliajava liikenne, ajoneuvotyypit ja akselivälit. Näitä tietoja hyödynnetään sillan rakenteiden seurannassa ja monitoroinnissa sekä niiden avulla nähdään ruuhkaajat ja paljon muutakin. Kun monitorointijärjestelmään lisätään vielä säätietoa ja tehdään yhdistelmä, niin järjestelmästä saadaan tehtyä tehokas ja älykäs kokonaisuus. Suomessa ei ole kuitenkaan lainsäädäntöä monitorointijärjestelmän asentamiseksi. On olemassa vain ohjeita, mutta ei standardia. Jos tulevaisuudessa monitoroidaan silta, niin sen lähellä oleva tiestökin kannattaisi monitoroida ja liittää ne samaan järjestelmään, eikä rakentaa erillisiä järjestelmiä.

*”Voi olla, että käytössä on 3 - 4 päällekkäistä järjestelmää, vaikka yksi tiedonkeruujärjestelmä voisi hoitaa kaiken.”*

Muutama vuosi sitten Suomessa oli hanke, jossa instrumentoitiin bussi ja sen avulla kerättiin tietoa väylän ominaisuuksista kuten tien pinnasta, urista ja kuopista. Jos bussi on varustettu kiihtyvyyssanturilla, niin sen avulla saadaan tallennettua myös värähtelytietoa.

*”Bussissa saattaa olla myös jatkossa kamera, joka kuvaa väylän pintaa ja lähettää dataa, joka analysoidaan heti. Yhdellä reitillä isoissa kaupungeissa voisi olla yksi bussi, joka kerää tällaista tietoa.”*

Jatkossa iso kysymys on, miten tieto ja data muutetaan järkevään muotoon informaatioksi. Tällaiset tekoälyratkaisut tulevat jatkossa kehittymään paljon.

Instrumentointi ei liity pelkästään siltoihin, vaan myös normaaleihin liikenneväyliin, joita haastateltavat henkilöt eivät tosin erottelisi toisistaan. Ihmisten liikkumisesta ja kaistakohtaisesta liikennesuuntien mittaamisesta halutaan saada myös yhä enemmän tietoa. Silloin toimenpiteitäkin ja palveluita pystytään tehokkaammin kohdistamaan sinne missä ihmisiä liikkuu eniten. Esimerkiksi Kuopion liikenneverkkoon alkaa tulla lähivuosina tieliikennekameroita, jotka mahdollistavat kuvan seuraamisen ja liikennemäärän laskennan. Instrumentteja tulee varmasti paljon myös autoihin, mikä mahdollistaa tarvittaessa yhteistyön infraympäristön antureiden kanssa. Auton ja infran välisellä keskustelulla esimerkiksi ruuhkatilanteet saattaisivat olla paremmin vältettävissä, jos kommunikointi toimisi myös ajoneuvojen välillä. Haastateltavat uskovat, että infran instrumentointi tulee näkymään enemmän infran ulkopuolella, kuin itse fyysisissä infrarakenteissa.

*”Kiinteät järjestelmät eivät välttämättä ole pelkästään ratkaisu, vaan infraan upotettujen ratkaisujen lisäksi tulee hyödynnettäviksi esimerkiksi matkapuhelindataan liittyvät sovellukset, jotka hyödyntävät liikkuvaa dataa, eli käyttäjistä tulevaa dataa. Niillä voi olla sitten yhtymäkohtia, joka johtaa siihen, että entistä enemmän matkapuhelindata ja infran sensorit ovat yhteyksissä toisiinsa.”*

Haastateltavat olivat sitä mieltä, että käyttäjille ei kerrota tarpeeksi ympärillä olevasta infrastruktuurista, mikä tulee jatkossa muuttumaan, sillä ihmisiä kiinnostaa missä kunnossa väylät ovat ja mitkä olosuhteet missäkin on, esimerkiksi pidemmällä silloilla.

*“Ajankohtaista liikennekuvaa voisi lisätä esimerkiksi yhdistysten sosiaalisen median kanaville varoitamaan esimerkiksi ruuhkista.”*

#### 4.7 Liikenneturvallisuus osana tulevaisuuden väyläverkkoa

Liikenneturvallisuus on tätä päivää ja tulevaisuutta ajatellen kiistattomasti tärkein kokonaisuus, jonka täytyy toimia myös mahdollisten muutoksien tullessa osaksi liikenneympäristöä. Liikenneturvallisuudesta ei voida tinkiä missään olosuhteissa, vaan muutoksia tehdään aina sen ehdoilla ja heikkoja kohtia pyritään parantamaan entisestään. Tämän takia liikenneturvallisuus tulee parantumaan älyväylien myötä, mutta ei ilman haasteita ja monia erilaisia muuttujia. Liikenneturvallisuus koostuu siis erilaisista ihmisryhmistä, liikennetilanteista, keliolosuhteista, neljästä vuodenajasta ja oikeanlaisesta sekä vastuullisesta asenteesta sitä kohtaan.

*“Jos turvallisuuden lisääminen asetetaan tavoitteeksi teknologian hyödyntämiselle, niin valinnat pystytään tekemään niin, että ne myös lisäävät turvallisuutta.”*

Haastateltavat näkevät, että monesti onnettomuuksien taustatekijänä on ihmisen virheestä johtuva inhimillinen tekijä tai päihteiden osalta törkeästä ylinopeudesta tai piittaamattomuudesta johtuva virhe. Eli jos automaattiajoneuvot yleistyvät, niin silloin näiden tekijöiden osuus pienenee ja onnettomuudet vähenevät. Inhimillinen tekijä voi tosin liittyä myös automaattiajoneuvon taustalle olevaan logiikkaan ja tekniikkaan, koska nekin ovat ihmisen suunnittelevia ja koodaamia järjestelmiä. Automaattiajamisessa olisi hyvä olla ainakin yksi varajärjestelmä taustalla, jos jostain syystä automaattiauton ensisijainen turvajärjestelmä ei pysty riittävän tarkasti sijaintia määrittämään. Saattaa olla, että tulevaisuudessa jokin näistä varajärjestelmistä on osa fyysistä infrastruktuuria. Tähän haastateltavat eivät kuitenkaan osanneet ottaa sen enempiä kantaa.

*“Liikenteessä tehty inhimillinen virhe, mistä onnettomuudet yleensä johtuvat, voi olla jatkossa koodaajan inhimillinen virhe.”*

Ajoneuvojen turvallisuustekniikan lisääntymisestä muistutetaan myös. Eli autonimisen liikenteen tuoman turvallisuuden lisäksi ajoneuvo- ja turvallisuustekniikan ominaisuudet ovat koko ajan parantuneet. Nykyään melko iso osa onnettomuuksista johtuu siitä, että ajoneuvossa matkustaja lyö päänsä jonnekin, joten siihen turvallisuustekniikan pitäisi tuoda jatkossa lisäratkaisuja. Esimerkiksi turvatyynyt vähentävät tällaisia liikenneonnettomuuksia, mutta eivät kuitenkaan poista niitä kokonaan.

Liikenneympäristön puolesta haastatteluissa esiin nousivat myös uudet lisäominaisuudet, kun liikenteestä ei juuri poistu vanhaa, vaan pelkästään tulee uusia ominaisuuksia, esimerkiksi automaattiajamisen ja sähköajoneuvojen myötä, luoden liikenneympäristöstä vanhojen ja uusien ominaisuuksien sekamallin. Yksi keskeisimmistä muutoksista on kaupunkialueilla lisääntyvät hiljaiset ajoneuvot, joita ei erityisesti kesäisin huomaa, ja ne ovat entistä enemmän osa sekoittunutta liikenneympäristöä varsinkin sekaliikennealueilla.

*“Jos sähköajoneuvo on hiljainen, mutta muuten liikenneympäristö ei ole muuttunut hiljaiseksi, sillä valtaosa autoista on melua aiheuttavia, niin liikenneympäristö vaatii kaikilta käyttäjiltä uudenlaista huomiointia.”*



Tällainen tilanne moninkertaistuu erilaisten erityisryhmien kautta, joka johtaa käyttäjäryhmien tasa-vertaiseen kohteluun aina lapsista, vanhuksista ja jonkin aisteja heikentävän vamman omaamista henkilöistä lähtien. Liikenneturvallisuus on siis todella moninainen asia, jota pitää miettiä paljon ennakoidusti, jotta liikenneympäristöä ymmärretään infran suunnitteluratkaisuissa, niin ettei turvallisuuden tunne heikkene.

Liikenneturvallisuudesta tulee eettinen ongelma siinä vaiheessa, kun automaattiajoneuvon tulee päättää siitä minkä ja kenen päälle se ongelmatilanteessa ajaa. Toivottavasti tällaiset tilanteet vältetään ennakoivan suunnittelun ja kattavien testien kautta.

#### 4.8 Kestävä kehitys osana tulevaisuuden väyläverkkoa

Liikenteen sähköistyminen on mahdollisesti suurin osa-alue, mikä tulee mieleen puhuttaessa ilmastoystävällisyydestä, päästöjen vähenemisestä ja kestävästä kehityksestä. Haastatteluissakin aihe pomppasi aina ensimmäisenä esiin. Varmaa on ainakin se, että moottorit itsestään säilyvät sähköisinä todella pitkään. Autojen energian varastointitavoissa on sitten enemmän epävarmuutta, kun energian voi varastoida niin ajoakkuihin kuin myös esimerkiksi vetyyn. Osa haastateltavista uskoo, että sähköakustolla toimivat autot ovat pitkällä tähtäimellä kuitenkin vain välttämätön välivaihe eikä lopullinen ratkaisu.

*“Sähkö energiamuotona kestää jonkin aikaa, mutta onko se kuitenkaan se ratkaisu, kun mennään kohti fossiilitonta liikennettä? Voisiko ratkaisu olla esimerkiksi vety tai joku muu energiamuoto.”*

Haastateltavat uskovat, että sähköautot tulevat vähentämään päästöjä radikaalisti, mutta isossa mitakaavassa sähköön liittyy iso kysymys sen tuotantotavoista. Esimerkiksi akkumineraalien tuottamiseen ja akkujen kierrätykseen ja hävittämiseen. Jotta kestävä kehitys toteutuisi, niin energiaa täytyy jatkossa saada tuotettua paljon enemmän uusiutuvien ja puhtaiden energianlähteiden kautta, kuten tuuli- ja vesivoimien kautta. Sähköautoilua täytyykin tarkastella elinkaarikysymyksenä eikä unohtaa muita hyviä energiamuotoja. Akkujen maailmassa tapahtuu taatusti kuitenkin vielä merkittävää kehitystä monelta kantilta, eikä käyttövoiman lopullinen ratkaisu ole vielä ratkennut.

*“Mietin näitä asioita päivittäin, mikä kuvastaa sitä, että ei ole olemassa yhtä selkeää totuutta.”*

Liikenteen sähköistymisen kautta myös melu vähenee niin moottorista aiheutuvan melun vuoksi kuin myös renkaiden kehityksen kautta. Liikenneturvallisuuteen tällä on tietenkin myös vaikutuksia, niin kun jo aikaisemmin kirjoitettiin.

Käyttövoimakysymys ei ratkaise kuitenkaan liikennejärjestelmän ongelmia varsinkaan kestävä kehityksen näkökulmasta, sillä tulevaisuudessa joka tapauksessa tarvitaan joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn vahvempaa painottamista ja priorisointia, mikä heijastuu infraratkaisuihin ja siihen mikä suhde liikenneväylillä ja liikennejärjestelmällä on muuhun kaupunkirakenteeseen, maankäyttöön ja sen kehitykseen ja niiden keskinäiseen suhteeseen. Mitä enemmän ihmiset liikkuvat omilla lihaksilla ja joukko- ja raideliikennettä käyttäen niin sen paremmin kestävä kehitys toteutuu. Onneksi näihin asioihin panostetaan tulevaisuudessa todella paljon. Kestävään kehitykseen liittyy myös ekologisesti kestävä kehityksen lisäksi taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävä kehitys, jossa sosiaaliselta puolelta

tulevat ainakin tasa-arvoisuusasiat nopeasti vastaan. Taloudellisesta näkökulmasta huomioitavia asioita ovat niukkenevat resurssit ja niiden käytön priorisointi jatkon kannalta.

*”Ilmastoasiat ovat sen verran merkittäviä ja vakavia, että ne tulevat jatkossa entistä enemmän ohjaamaan sitä mihin investointeja on kannattavaa tehdä ja mitkä ovat kannattavuuden kriteerit.”*

Kestävä kehitys tulee voimakkaasti näkymään myös latausinfraassa monella tapaa. Helpoin ratkaisu henkilöautojen lataamiseen olisi se, että ne voisivat latautua siellä missä ihmiset autoja säilyttävät, kuten tänäkin päivänä. Esimerkiksi parkkitaloissa tai parkkipaikoilla. Lataustapa saattaa kuitenkin poiketa nykyisestä. Sähköautot voivat esimerkiksi latautua langattomasti parkkipaikan pinnasta siirtävän latausinfraan avulla.

*”Mitä sähköautojen lataaminen tarkoittaa meidän energiansiirtoverkostollemme? Siellä voi olla todella iso työ tiedossa energiasiirtoverkkojen osalta.”*

Latausinfra tulee todennäköisesti ensimmäisenä näkymään huoltamoilla ja pistemäisissä kohteissa sekä sähköisten rekkujen parissa. Sähköisillä rekoilla saattaa olla vielä joskus lähivuosina tietyt pääväylät, mistä ne saavat virtaa, mikä tietenkin mahdollistaa raskaan liikenteen sähköistymisen.

*”Ruotsissa on koeväyliä, joissa satamaan menemällä tiellä raskaat ajoneuvot pystyvät lataamaan akkuja. Siellä on tierakenteissa sellainen induktiorakenne tai vastaava, jossa saadaan raskasta ajoneuvoa ladattua.”*

Vielä tätäkin todennäköisempää on, että raskas liikenne latautuu lähtökohtaisesti terminaaleissa, sillä välin kun kuormat puretaan ja lastataan, jolloin latausinfraa ei tarvitsisi rakentaa niin pitkästi verrattuna teille.

#### 4.9 Automatisaatio osana tulevaisuuden väyläverkkoa

Automatisaatiota koskevaan kysymykseen liitettiin, kysymys numero neljä, sillä sitä koskevat vastaukset liittyivät vahvasti tämän kysymyksen aihealueeseen. Kysymys oli kauttaaltaan laaja ja vaikea, mutta todella keskeinen osa tulevaisuuden väyläverkkoa, ja siksi sen vastaukset heijastuvat vahvasti muidenkin aihealueiden vastauksiin.

Kaikki haastateltavat pitävät liikenteen automatisaatiota tärkeänä ja monella tapaa hyödyllisenä kehityksenä. Automatisaatio parantaa ainakin liikenteen sujuvuutta ja lisää kapasiteettia sekä liikenneturvallisuutta.

*”Kun autot keskusta tai kaupunkiliikenteessä pysähtyvät automaattisesti liikennevaloihin tai lähtevät samalla hetkellä, kun liikennevalo syttyy, niin siinä on todella iso parannus sujuvuuteen, verrattuna siihen, että jokainen auto erikseen miettii muutamia sekunteja. Aivan varmasti parantaa sujuvuutta, jos automatisaatio saadaan siihen pisteeseen asti menemään.”*

Liikenteen automatisaatio lähtee liikkeelle kuitenkin pienillä askeleilla ja vaikuttaa aluksi vain tietyillä alueilla. Kaupunkikeskustoissa ja raskaan liikenteen terminaaleissa kehitys on seuraavien 15 vuoden aikana näkyvintä ja siihen valmistaudutaan jo tänä päivänä esimerkiksi lisäämällä sähkö ja tietoliikennekaapeleiden putkituksia, jotta niistä olisi hyötyä jonain päivänä myös automaattiajamisessa.

Suomen ajoneuvokannan uusiutumismuutos on kuitenkin niin hidasta, että se vaikuttaa osaltaan automaattiajamisen laajempaan leviämiseen Suomessa. Haasteena on myös se, että liikenteessä liikkuisi yksittäisiä edistyneempiä ajoneuvoja muihin kansakulkijoihin verrattuna, joka saattaisi aiheuttaa tietyissä olosuhteissa jopa vaaratilanteita. Liikenteessä olisi siis edistykseltään hyvin erilaisia kuluneuvoja ja kuljettajia. Sellainen tilanne vaatii paljon ennakoivaa suunnittelua ja yhteensovittamista. Lisäksi yhteiskunnan taloudellisia mahdollisuuksia pitää yllä rinnakkaisia järjestelmiä pidetään melko rajallisina.

*”Automaattiautojen käytettävyysskään tiettyjen ominaisuuksien osalta ei ole varmaan aluksi ainakaan mahdollista, kun jollain rajallisilla alueilla, jossa liikenneympäristö tukee tai tietoliikenneverkko on riittävän laadukas ja ennen kaikkea toimintavarma ja kattava.”*

*”Luulen että 15 vuodessa vasta osa ajoneuvoista on tällaisia automaattiajoneuvoja. Jos ajoneuvokannan muutokseen ei innosteta niin asiat eivät etene niin nopeasti.”*

Automaattiajamisen leviämisen myötä väyliä päästään pienentämään ajoneuvoliikenteen osalta ja antamaan tilaa muuhun liikkumiseen, kuten jo monta kertaa mainittuihin jalankulkuun ja pyöräilyyn sekä joukkoliikenteelle. Jonkun tien muuttaminen moottoritieksi voi käydä tarpeettomaksi, jos tiellä voidaan ajaa lyhyillä turvaväleillä niin, että automaatio hoitaa ohituksetkin. Automaation avulla kapasiteettia pystytään hyödyntämään enemmän ja liikkumisesta saadaan tarkempaa. Jonot lyhenevät ja kaupunkimaisilla alueilla kaistojen leveyttäkään ei tarvita niin paljon, jos automaatio toimii moitteettomasti. Matkaa tällaiseen tilanteeseen kuitenkin vielä on paljon ja riskitekijät täytyy ottaa erityisen tarkkailun alle. Ainakin keliolosuhteet, verkkoyhteyksien toimiminen ja ihmisten käyttäytyminen aiheuttavat lisähaasteen automaattiajamiselle.

*”Pitääkö olla sitten vielä enemmän sivusuunnassa niin sanottua vapaata tilaa, koska välttämättä automaattiauto ei ihan joka hetki ja kaikissa olosuhteissa pysty niin suurella tarkkuudella sijaintia määrittämään? Semmoinen toleranssi varmasti tarvitaan.”*

Sijainnin määrittäminen onkin todella iso kysymys puhuttaessa automaattiajamisesta. Sijainnin määrittäminen ei voi pelkästään perustua esimerkiksi kaistamerkintöihin, jotka muutettiin hiljattain valkoisiksi, osasyynä se, että valkoinen on tietyissä keliolosuhteissa helpoiten konenäön havaittavissa. Mutta mitä automaattiajaminen sitten vaatii tien fyysiseltä infrastruktuurilta? Muutama vuosi sitten suurimmalla osalla haastateltavista henkilöistä oli käsitys, että automaattiajaminen tarvitsisi melko paljon tiellä olevaa instrumentointia ja tukea pysäkkeen liikenneväylällä, että pelkästään GPS-paikannuksen varaan ei voisi paikantamista laskea. Nyt kuitenkin verkkoyhteyksien kehittyessä niiden hyödyntäminen on noussut uudeksi potentiaaliseksi vaihtoehdoksi.

*”Pari vuotta sitten on ehkä ajateltu, että tierakenteeseen tarvitaan enemmän tekniikkaa, kun sitten välttämättä tarvitaankaan, mutta en usko, että ihan ilmankaan pärjätään.”*

Automaattiajoneuvojen kehitystyön tavoitteena on tietenkin se, että ajoneuvo pärjää pelkästään sen omien laitteiden avulla. Ajoneuvojen laitteet voivat kuitenkin hyödyntää infrastruktuurin tietoja, kun tieliikenteen tietoja on digitaalisessa muodossa saatavilla. Väyläverkoston investoinnit ovat todella pitkävaikutteisia, kun taas ajoneuvojen ja autonomisen liikkumisen kehitys on herkempää muutoksille ja siksi sen kehityssuuntaa pitkällä tähtäimellä on vaikea arvioida. Automaattiajamiseen voidaan

parhaiten infran osalta varautua niin, että lisätään sähkö- ja tietoliikennekaapeleiden putkituksia, niin kuin tähänkin mennessä on tehty, jotta niistä olisi jonain päivänä hyötyä myös automaattiajamisessa. Haastateltavat ovat vahvasti sitä mieltä, että automaattiajaminen tarvitsee ainakin yhden varajärjestelmän taustalle, jotta liikenneturvallisuus turvataan, joka on varmasti yksi iso motivaattori ja lähtökohta automaattiajamisen lisääntymiselle. Yksi näistä järjestelmistä saattaa olla osa fyysistä infrastruktuuria, jota varten putkituksille on hyvä varata tilaa ennakoidusti väylärakenteissa. Putkituksien lisäksi liikenteen ohjauslaitteet voivat olla myös esimerkiksi älyvalaisinpylväisiin sijoitettuja ja konenäköön perustuvia laitteita, joiden kautta automaattiset ajoneuvot paikantavat toisiaan suhteessa tien poikkileikkaukseen. Liikenteen ohjauslaitteiden sijainnit pitää uuden tieliikennelain mukaan ilmoittaa valtion Traffic management Finlandiin, jonka rekisterin valmistumiseen menee kuitenkin vielä aikaa.

*”Ajoneuvon ja infran rinnakkaiselo on varmasti tervetullutta monestakin syystä.”*

*”Kyllä tässä varmasti kaikkien pitää kristallipalloa vähän hieroa, että osattaisiin tekniikan varaukset tehdä edes viiden vuoden kehityksen päähän. Kunnianhimoinen tavoite nykyään on, ettei väylää aukaistaisi 10 vuoteen.”*

Liikennedatan keräämistä ja hyödyntämistä täytyy jatkossa lisätä. Jo nyt liikennemääristä on aivan liian vähän tietoa, jotta toimenpiteet voitaisiin paremmin ohjata oikeisiin kohteisiin. Saneeraus- ja kapasiteettitoimenpiteet ja pyöräilyväylien leventämiset sekä kunnossapito ja liukkaudentorjunta pystyttäisiin kohdistamaan juuri sinne missä ihmiset liikkuvatkin. Liikennemäärillä on myös suunnittelun kannalta isoja vaikutuksia lähtötilanteen hahmottamisen kannalta.

Liikenneympäristön jatkuvuus ja yhtenäisyys täytyy turvata ja sitä täytyy alkaa suunnittelemaan ennakoidusti. Käyttäjätietoa ja infran välinen yhteistyö edellyttää sitä, että tiedon tuottamiseen ja analysointiin on olemassa yhtenevät järjestelmät, jotka keskustelevat keskenään.

*”Nyt tässä on se ongelma, että tiedon tuottamisessa ja käytössä on liikaa järjestelmiä ja ne eivät välttämättä toimi keskenään. Järjestelmien yhteensovitusta ja standardisointia tulee jatkossa lisätä. Varmaan standardisointi on juuri edellytys sille, että kokonaisuus voi toimia.”*

Avoimen datan merkitystä on korostettu kaikissa osa-alueissa liittyen tulevaisuuden liikenneväyliin, mutta se koskettaa ehkä eniten kuitenkin automatisoituvaa liikennettä.

*”Jossain vaiheessa, kun liikennedatalla julkaistaan avoimeen formaattiin, niin se siirtyy sovelluksien myötä ihan kaikkien käyttäjien ja liikennemuotojen käytettäväksi.”*

Avoimella datalla on paljon merkitystä monilla eri tavoilla, kuten Liikenneviraston vuosien 2016-2018 digitalisaatiohankkeen avoimen datan kuva sen osoittaa. Se kuvastaa hyvin haastatteluissa esille nousseita keskeisimpiä asioita avoimen datan osalta.



KUVA 8. Avoin data ja rajapinnat. (Liikennevirasto 2016c, 5)

Automatisaatioon liittyy vahvasti myös fikset ohjelmistot, joiden avulla voidaan esimerkiksi tilata älypuhelimella automaattiauto kotiovelle, joka vie sinut määränpään ja palaa hakemaan uutta asiakasta kyytiin. Silloin automaattiauto ei ole viemässä pysäköintipaikkaa keskustasta, vaan se on suurimmalta osin liikkeessä, joka lisää tilaa ja tehostaa liikkumista.

*”Tämmöinen kehitys voisi olla viisasta, kun se yhdistetään siihen, että joukkoliikenteen, kävelyn ja pyöräilyn osuus lisääntyy, niin ajoneuvoliikenteellekin löytyisi sellainen fiksu tapa toimia kehittyvässä kaupunkiympäristössä.”*

Nämä asiat vaikuttavat tietysti suunnitteluun siinä mielessä, että pysäköintinormit muuttuvat kaupunkialueilla ja väylien mitoitus pystytään optimoimaan nykyistä paremmin ja ehkä säätämään väyläinfraakin sen tarpeen mukaan, esimerkiksi tarvittaessa keskiviivaa siirtämällä niin, että ruuhkan suuntaan on enemmän kaistoja käytössä.

*”Automatisoidut systeemit saattavat parantaa kaupunkitilan käyttöä enemmän sen tarvetta ajatellen, jolloin kaupunkitilaa voisi hyödyntää muulloinkin kuin vain huipputunneilla.”*

Autonominen raideliikenne voi myös tulevaisuudessa lisätä osuutta juna- ja raitiovaunumatkoista. Esimerkiksi Tanskassa on jo vuosikymmenet liikkunut robottijunia.

#### 4.10 Väyläverkostoon liittyvien muutoksien SWOT-analyysi

Haastateltavia pyydettiin muodostamaan vielä SWOT-analyysi liittyen tulevaisuuden liikenneväylien kehityskuvaan, tämänhetkiseen tilanteeseen ja haastatteluissa esiin nousseisiin aihealueisiin. Haastatteluissa vahvuudet ja mahdollisuudet sekä heikkoudet ja uhat limittyvät toisiinsa niin vahvasti, että ne käsitellään samoissa kokonaisuuksissa.

##### Vahvuudet ja mahdollisuudet

Isona vahvuutena nähdään se, että Suomessa on koko maan kattava väyläverkosto, jonka avulla tarvittaessa päästään melkein, minne vain.

Tekninen osaaminen on myös selkeä vahvuus, sillä Suomalaiset uskovat osaamiseensa ja ovat melko herkkiä muuttamaan toimintatapojaan. Suomessa on mahdollisuus panostaa tulevaisuuden liikenneväyliin usealla eri toiminta-alueella, joten nopea eteneminen ja kehittyminen voisi olla mahdollista. Suomalaiset omaavat siis kehittämishalua, innovointia ja kokeiluja, mikä on välttämätöntä, että mi-tään yleensä tapahtuu.

Kaupunkitilan käytön optimointi on myös vahvuus myös globaalit tavoitteet huomioiden, koska se on selvästi ongelma tällä hetkellä kaupunkikehityksessä ja kaupunkisuunnittelussa. Esimerkiksi kaupunkitilankäytön tai automaattiajamisen kautta liikenteen sujuvuuden ja liikenneturvallisuuden lisääntyminen on myös yksi iso mahdollisuus kehittyvässä liikenneympäristössä. Jatkossa infraomaisuuden hallinta paranee, katutilat järkevöityvät ja liikennemuodot saadaan sijoitettua paremmin osaksi liikenneympäristöä.

Ihmisten ajankäytön vapautuminen automaattiajamisen kautta nähdään myös oleellisena vahvuutena sekä mahdollisuutena.

*”Ruuhkaisilla alueilla tällä hetkellä ihmiset käyttävät aivan liikaa aikaa liikennevälineissä ja jos se aika käytetään autossa, niin siinä ei ole mahdollisuutta tehdä mitään järkevää, joten ajankäytön vapautumisella täytyy olla iso psyykkinen merkitys ja varmaan ihan kansantaloudellinenkin merkitys.”*

#### Heikkoudet ja uhat

Heikkoutena nähdään väyläverkoston peruskorjausvelka ja heikko kunto tietyillä osilla väyläverkkoa, eikä kaikkialla pystytä takaamaan ehkä edes nykyisen kunnan säilyttämistä. Uhkana saattaa olla siis rapistuminen varsinkin vähemmän liikennöidyillä alueilla. Päätieverkollakin riittää korjattavaa. Esimerkiksi monet sillat ovat peruskorjauksen tai täydellisen uusimisen tarpeessa.

*”Pahin uhka on tietysti se, että kaikki väylänkäyttäjät harppovat niin isoilla askelilla edellä, että infra ei pysty vastaamaan heidän tarpeisiinsa.”*

Isona kysymyksenä taustalla on myös automaattisen liikenteen vieminen osaksi koko liikenneverkkoa, mikä ei kokonaisuudessaan varmasti koskaan tule onnistumaan. Voi siis olla, että puhtaalla automatisaatiolla ei pärjätä kuin tiiviissä kaupunkiympäristössä, jossa 5G-verkko tukee riittävästi automaattiajamista. Lisäksi puuttuu vielä selkeä näkemys siitä, mihin suuntaan tulevaisuuden liikenneväylät ovat oikein menossa.

*”Jos infra ei alustana ole kunnossa, niin sen päälle on äärimmäisen vaikeaa lähteä rakentamaan mitään uutta.”*

Suomen vanha autokanta ja ihmisten aktiivisuus automaattiajoneuvojen hankkimiseksi on yksi oleellisimmista asioista, jotka vaikuttavat tulevaisuuden liikennekäyttämiseen. Saadaanko ihmiset mukaan ajoneuvokannan muutokseen, kun auto on monelle Suomalaiselle symbolimainen tekijä? Riskinä nähdään myös vanhojen ja uusien autojen sekamalli, joka todennäköisesti johtaa riskikäyttämiseen, kun kaikki eivät jaksaa ajaa jonossa automaattijärjestelmän määrittelemää nopeutta.

Rahasta saattaa tulla pula, vaikka liikenteestä kerätään jo nyt melko paljon verovaroja. Niiden oikeanlainen suuntaus on siis erittäin tärkeää. Jos koetaan, että liikenteellä on paljon vaikutuksia kestävään kehitykseen ja ilmastonmuutokseen, niin liikenteeseen tullaan myös suuntaamaan panoksia tulevaisuudessa. Rahallisten hyötyjen, kustannusten ja haittojen jakautuminen on iso yhteiskunnallinen kysymys, joka liittyy vahvasti alueelliseen tasapuolisuuteen.

Kaikki uudet asiat mitä väylien alle rakennetaan sähkö- ja tietoliikenneputkituksineen, vaatii tietysti tilaa sieltä. Ongelmana kaivannoissa on jo tänä päivänä tilanahtaus, mikä ei todennäköisesti lähivuosina ainakaan helpota.

Ihmisten liikkumisesta automatisoitumisen kautta kannetaan myös huolta.

*"Häviääkö liikkumisesta maalaisjärki ja osaako automatisaatio hallita liikkumisen perusedellytyksiä?"*

## 5 JOHTOPÄÄTÖKSET

### 5.1 Opinnäytetyön tarkoitus

Tämän opinnäytetyön keskeisimpänä tavoitteena oli tarkastella liikennejärjestelmän nykytilaa ja selvittää tulevaisuuden liikenneväylien ominaisuuksia ja niiden vaikutuksia erityisesti infrasuunnitteluun. Infrasuunnittelun lisäksi tulevaisuuden liikenneväylien muutoksien vaikutuksia tarkasteltiin automatisaation, liikenneturvallisuuden, kestävä kehityksen, perusväylänpidon sekä instrumentoinnin ja monitoroinnin näkökulmista. Työ toteutettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksena, jossa isossa osassa olivat alan verkkojulkaisut ja monialaiset asiantuntijahaastattelut, joista selvitettiin toistuvimmat ja keskeisimmät asiat. Työssä haastateltiin siis kahdeksan kokenutta alan asiantuntijaa eri organisaatioista, joiden osaaminen kattoi koko liikenneverkoston elinkaaren. Työ antaa alan ammattilaisille, kuin myös kaikille liikenneverkoston tilasta kiinnostuneille yleiskuvan tulevaisuuden keskeisimpien ominaisuuksien vaikutuksista liikenneverkon kehitykseen. Tietoja voidaan hyödyntää kokonaisvaltaisesta liikennejärjestelmän suunnittelusta aina detaljitason infrasuunnitteluun asti, kun tulevaisuuden tärkeimmät lähtökohdat ovat koostettu helposti luettavaan muotoon.

### 5.2 Perusväylänpito

Liikenneverkoston korjausvelan kasvu ja sen vähentäminen on kiistatta tärkein ja kaikilta osin eniten vaikuttavin asia puhuttaessa tulevaisuuden liikenneverkoston ominaisuuksista ja muutoksista. Korjausvelan määrällä on siis paljon vaikutuksia liittyen päivittäiseen liikkumiseen, liikenneturvallisuuteen ja kokonaisuudessaan toimivaan liikenneinfrastruktuuriin. Perusväylänpito tulee siis saada ensisijaisesti toimivaksi, jotta voidaan ottaa kehitysaskelia kohti automatisoituvaa liikennettä. Peruskorjausvelka ei kuitenkaan koske pelkästään näkyvää katurakennetta vaan suurin korjausvelka on väylän sisältämässä kunnallistekniikassa. Korjausvelan jakaantumisella on myös paljon eroja alueellisesti, mikä tulee johtamaan siihen, että isoimmat kaupunkiseudut tulevat jatkossa kasvamaan, kun muu Suomi taantuu. Rahoitusta tullaan siis suuntaamaan jatkossa yhä enemmän sinne missä liikennettäkin on enemmän. Tulevaisuudessa liikennejärjestelmän kannalta isoin kysymys onkin, että miten korjausvelan määrää voidaan jatkossa vähentää ja miten koko liikennejärjestelmä pidetään jatkossa liikennöitävässä kunnossa? Vaihtoehtoja ja ratkaisuja on varmasti monia, mutta esimerkiksi infrasuunnittelun avulla suunnittelun detaljitason parantumisella on varmasti korjausvelkaa oleellisesti vähentävä vaikutus.

### 5.3 Infrasuunnittelu

Tietomallintaminen on viime vuosina mennyt nopeasti eteenpäin ja suunta on koko ajan enemmän mallipohjaiseen suuntaan. On hyvin mahdollista, että jo lähivuosina tietomalli tulee olemaan ainoa virallinen aineisto koko hanketta ajatellen. Esimerkiksi Norjassa kaikki sillat tietomallinnetaan jo ilman piirustuksia. Infrasuunnittelun osalta isona tavoitteena on, että vuoteen 2025 mennessä kaikki tuotanto- ja suunnitteluprosessit olisivat kokonaan digitalisoituja, mikä tarkoittaa sitä, että infraprosessien kaikissa vaiheissa olisi käytössä ohjelmistoriippumattomat ja avoimet tietomallit. Suomessa toteutetun RASTI-hankkeen mukaan avoimen datan ja tiedonhallinnan kustannussäästöiksi arvioitiin merkittävät 300 miljoonaa euroa vuodessa, silloin kun kaikki tieto liikkuu esteettä. Avoimen datan



osalta isona ongelmana tänä päivänä on kuitenkin vielä se, että mallit ovat niin isoja, etteivät ne toimi selainpohjaisissa järjestelmissä.

Infrasuunnittelussa tullaan jatkossa käyttämään uusia työkaluja, joilla pyritään muun muassa määrittämään se mitä kautta väylät jatkossa kulkevat niin, että lähellä olevia maamateriaaleja käytettäisiin entistäkin enemmän hyödyksi kestävän kehityksen ja kokonaistaloudellisuuden edistämiseksi. Maanalaisten tutkimusmenetelmien kehittyminen on siis avainroolissa. Kehityksen kautta tulevaisuudessa voidaan 1 - 2 m tarkkuudella tehdä korjaavia toimenpiteitä ilman, että koko liikenneväylää tarvitsee uusia, millä on suuria vaikutuksia suunnittelun detaljitason ja jo mainittuun korjausvelan vähentämiseen.

Infrasuunnitteluun tulevat jatkossa vaikuttamaan myös uudet kulkumuodot. Esimerkiksi sähköpotkulautilu ja muut nopeat sähköavusteiset kulkumuodot tulevat muuttamaan infran suunnitteluratkaisuja. Tällaisiin liikennemuotoihin halutaan panostaa entistä enemmän, sillä niiden uskotaan lisäävän kaupunkimaisilla alueilla liikenteen välityskykyä verrattuna henkilöautoliikenteeseen.

Infrasuunnittelu tulee muuttamaan myös monista muista näkökulmista. Esimerkiksi liikennemallien ennakoitavalla simuloimisella, kaupunkitietomalleilla ja materiaalituntemuksen lisäämisellä nähtiin olevan suuria taloudellisia ja tehokkuutta lisääviä vaikutuksia infrahankkeita ajatellen.

#### 5.4 Automatisaatio ja instrumentointi

Automatisaatio tulee lisääntymään paljon seuraavien 15 vuoden aikana, mikä lisää ainakin liikenteen kapasiteettia, sujuvuutta ja parantaa liikenneturvallisuutta. Tutkimuksessa selvisi, että parhaiten automaattiajamiseen voidaan infrastruktuurin osalta varautua lisäämällä sähkö- ja tietoliikennekaapeleiden putkituksia osaksi väyläverkkoa, sillä automaattiajaminen todennäköisesti tarvitsee ainakin yhden varaturvajärjestelmän ensisijaisen ohjausjärjestelmän rinnalle, jolloin liikenneväylät saattavat hyvinkin olla osa jotain turvajärjestelmää. Liikenneturvallisuuden nähdäänkin olevan iso motivaattori ja lähtökohta automaattiajamisen lisääntymiselle. Suomessa ajoneuvokannan uusiutumismuutos on kuitenkin niin hidasta, että se vaikuttaa osittain automaattiajamisen laajempaan leviämiseen. Muutos vaatisi siis autoilijoiltakin todella paljon yhteistyökykyä ja resursseja.

Liikennedatalla tullaan keräämään ja hyödyntämään jatkossa enemmän, sillä kaistakohtaisista liikennemääristä on nykyään aivan liian vähän tietoa, jotta toimenpiteet voitaisiin paremmin ohjata oikeisiin kohteisiin. Esimerkiksi saneeraukset, väylien leventäminen ja kunnossapito ja liukkaudentorjunta voitaisiin jatkossa paremmin kohdistaa juuri sinne missä ihmiset liikkuvatkin. Liikennedatalla tulisi myös kerätä myös samaan järjestelmään, järjestelmien standardisointia kehittämällä, jotta kerätystä tiedosta saataisiin maksimaalinen hyöty irti.

Tulevaisuuden automatisaatioon kuuluvat myös vahvasti fikset mobiilisovellukset, käyttäjiltä saatava käyttäjän ja infrastruktuurin välinen liikkuva data sekä joukkoliikenteen hyödyntäminen osana väylien ominaisuuksien kuvantunnistusta.

Liikenneväylien instrumentoinnissa isoimpana ongelmana on teiden kuluminen, eli kuinka paljon enemmän ylikuormattu ajoneuvo kuluttaa tiestöä verrattuna sallituissa rajoissa liikkuvaan ajoneu-

voon? Ylikuormattu ajoneuvo kuluttaa siis liikaa kulutuskerrosta, mikä syö aivan liikaa perusväylänpidon rahoitusta. Yksi ratkaisu tähän ongelmaan voisi olla päällysteen alle asennettava vaaka, joka pystyy mittaamaan moottoritienopeuksissa ja poimimaan liikenteestä ylikuormatut ajoneuvot. Vaakaratkaisut eivät ole kuitenkaan vielä yleistyneet Suomessa, vaikka niiden avulla voitaisiin saavuttaa huomattavia säästöjä. Instrumentointia käytetään nykyään erityisesti silloilla ja muissa taitorakenteissa, missä sitä hyödynnetään esimerkiksi rakenteiden kunnan seurannassa.

## 5.5 Liikenneturvallisuus

Kokonaisuutena liikenneturvallisuus paranee, kun esimerkiksi automatisaation myötä inhimillisen tekijän osuus pienenee. Samalla myös päihteistä, ylinopeudesta tai pelkästään piittaamattomuudesta johtuvat virheet poistuvat liikenteestä. Inhimillinen tekijä voi tosin myös liittyä automaattiajoneuvon logiikkaan ja tekniikkaan, koska nekin ovat ihmisen suunnittelema ja koodaamia järjestelmiä. Eli jo siitä syystä ainakin yksi automaattiautojen varaohjausjärjestelmä varmasti tarvitaan turvallisuuden takaamiseksi.

Automaattiajaminen muodostaa liikenneympäristöstä vanhojen ja uusien ominaisuuksien sekamallin, millä tulee takuulla olemaan suuria vaikutuksia liikenneympäristön turvallisuuteen, kun liikenteestä ei juuri poistu mitään. Lisäksi kaupunkikeskustoissa halutaan koko ajan entistä enemmän sekoittaa toimintoja, mikä pakottaa samalla kaupunkialueiden ajonopeuksien alentamisen. Esimerkiksi Kuopiossa 30 km/h ruutukaavakeskusta on entistä lähempänä, mikä mahdollistaa pyöräilyn ohjaamisen entistä enemmän ajoradalle. Hiljaiset ajoneuvot, jotka ovat koko ajan isompi osa sekoittunutta liikennettä etenkin sekaliikennealueilla, tuovat myös uuden ja koko ajan lisääntyvän uhan liikenteeseen, mikä täytyy ottaa huomioon infrasuunnittelussa, jotta turvallisuuden tunne ei heikkene. Turvallisuus tulee siis aina olemaan infraympäristön ensimmäinen prioriteetti.

## 5.6 Kestävä kehitys

Kestävä kehitys ja liikenteen sähköistyminen tulevat näkymään ja vaikuttamaan infraympäristössä jatkossa koko ajan kiihtyvällä tahdilla. Sähköautoilu tulee vähentämään paljon liikenteen päästöjä, mutta jotta kestävä kehitys toteutuisi maksimaalisesti niin sähköenergiaa täytyisi jatkossa saada tuotettua paljon enemmän uusiutuvista ja puhtaista energialähteistä.

Myös jalankulku-, pyöräily-, rata- ja joukkoliikenteiden lisääntyminen ja niihin panostaminen vauhdittavat kestävä kehitystä todella paljon. Haastateltavien mielestä tämän aihealueen muutokset tulevat mahdollisesti eniten näkymään tulevaisuuden liikkumisessa ja katukuvassa etenkin kaupunkimaisilla alueilla. Kevyt- ja joukkoliikenteen lisääntyminen lisää myös matkaketjuajattelua, mikä tarkoittaa sitä, että tarpeeton liikkuminen minimoidaan ja liikenteen solmupisteitä kehitetään, esimerkiksi liityntäpysäköinnin osalta. Oleellista olisi siis, että kestävästä kulkutavasta siirryttäisiin toiseen kestävään kulkutapaan. Muutoksilla on myös suora vaikutus suunnitteluratkaisuihin, joilla pitäisi tähdätä siihen, että palvelut ja infra kohtaavat, jolloin liikkumisen tarve vähenee.

Muita keskeisiä kestävä kehitystä edistäviä muutoksia tulevat olemaan latausinfran kehittyminen henkilöautoilun ja raskaan liikenteen osalta sekä sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä kehitykset, jotka täytyy myös huomioida kestävämmän tulevaisuuden saavuttamiseksi.

## 6 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lähitulevaisuuden liikenneväylien keskeisimmät ominaisuudet ja niiden vaikutukset erityisesti infrasuunnitteluun alan verkkojulkaisujen, Rambollilta saadun materiaalin ja erityisesti haastattelujen avulla. Juuri näiden erinomaisten haastattelujen kautta opinnäytetyö antaa suuntaviivat tulevaisuuden liikenneväylien keskeisimmille ominaisuuksille ja kehittämisideoille koostaen ne helposti luettavaan muotoon yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi, jossa alan kokeneet haastateltavat pääsevät ääneen niin tekstin, kuin suorien lainaustenkin muodossa kaikki tasapuolisesti. Haastattelutulokset olivat kattavia ja niihin saatiin syvyyttä ja paljon erilaisia mielipiteitä ja näkökulmia haastateltavien monipuolisen ammattiosaamisen ja eri infra-alan osa-alueilla toimimisen kautta.

Jo työtä aloittaessa ymmärsin sen, että kyseessä on aivan valtava kokonaisuus puhuttaessa Suomen väyläverkoston tilasta ja tulevaisuudesta. Syvemmän oppimisen saavuttamiseksi aiheen tulisi keskittyä yhteen paljon pienempään osa-alueeseen, mutta kokonaiskuvan hahmottamisen kannalta aihekokonaisuus oli mainio, ajatellen laajempaa oppimista. Aihe on siis todella monipuolinen ja se koostui monista pienistä eri tekijöistä, joilla kaikilla oli kuitenkin vaikutusta toisiinsa ja lopulta kokonaiskuvan muodostamiseen. Työni koostaa hienosti yhteen haastatteluryhmän mielipiteet laittaen asiat tärkeysjärjestykseen. Aihe oli todella kiinnostava ja minua infrasuunnittelijana koskettava, sillä kaikki tulevaisuuden infran ratkaisut tulevat jossain välissä näkymään myös suunnittelupöydällä. Aihe kiinnostaa myös Rambollia todella paljon, koska yrityksen yhtenä isona osaamisalueena on väyläverkkoon liittyvä toiminta esimerkiksi suunnittelun muodossa. Ramboll ja erityisesti Kuopiossa toimiva infran suunnittelutoimisto haluaa olla suunnitteluratkaisuissaan aikaansa edellä infrastruktuurin muutoksiin varautumalla ja ennakoivan suunnittelun mahdollistamiseksi, vaikkakin tulevaisuutta on vaikea ennustaa.

Työtä oli todella mukava tehdä ja sei vei mennessään jo alkuvaiheessa, sillä materiaalia oli niin paljon saatavilla niin Suomesta kuin ulkomailtakin. Työtä tehdessä minulla olikin vastassa positiivinen ongelma siitä, mihin minun kannattaisi erityisesti työssäni keskittyä. Meinasinkin tehdä ison virheen siinä, että työn mielenkiintoisuuden kautta yritin keskittyä liikaa suppeisiin aihealueisiin, kun aihetta pitäisi tarkastella kokonaisuutena, laajasta näkökulmasta varsinkin juuri tämän kokoisessa tutkimustyössä. Oma aikaniakaan ei olisi riittänyt siihen, että olisin tutkinut aihetta pintaa syvemältä. Onneksi oman mietiskelyni ja työni ohjaajilta saamani mielipiteiden myötä sain kohdennettua teorian järkevään muotoon.

Haastattelujen tullessa osaksi tutkimusta työn tekemisen into sai vielä viimeisen vaihteen päälle. Tämä oli minulle ensimmäinen työ, johon minun piti haastatella muita ihmisiä ja siksi minulla oli hieman kysymysmerkkejä ilmassa haastattelurungon laatimisessa. Haastattelukysymyksiä laadin aluksi noin 25 kappaletta, joista myöhemmin esimieheni kanssa valitsimme 11 parasta kysymystä jatkokon, jotka koskivat mahdollisimman laajasti aihealuetani. Haastattelukysymyksiin lisäsin vielä jokaisen kysymyksen perään hieman taustatietoa aihealueesta, jotta kysymykseen olisi helpompi ottaa kantaa. Osa kysymyksistä saattoivat limittyä toisiinsa, jolloin vastauksien päällekkäisyyksiltäkään ei vältytty. Kokonaisuudessaan valmiin haastattelurungon laatimiseen meni yllättävän paljon aikaa.

Opinnäytetyön vaikeutta lisäsi se, että samasta aihealueesta ei ole vielä tehty opinnäytetöitä, joten oppi piti hakea jostain muualta, kuten esimerkiksi ammattilaisten kokemusten ja verkkojulkaisujen kautta. Omasta mielestäni aihetta tulisikin tutkia paljon, sillä väyläverkosto koskettaa meitä kaikkia ja sillä on iso yhteiskunnallinen asema Suomessa. Seuraavia opinnäytetöitä tarvitaan ja aihealueita löytyy niihin todella paljon. Aihe-ehdotuksia voisi olla esimerkiksi: 1. Liikenneturvallisuuden vaikutukset tulevaisuuden liikenneväyliin tai, vaikka suoraan tämän opinnäytetyön väliotsikoiden mukaan: 2. Kestävä kehitys osana tulevaisuuden väyläverkkoa tai 3. Automatisaatio osana tulevaisuuden väyläverkkoa.

Mielestäni tärkein oppi opinnäytetyötä tehdessäni oli se, että miten, niin eri osa-alueiden ammattilaiset, päättäjät, kuin myös kaikki infrastruktuurin käyttäjät saadaan puhaltamaan yhteen hiileen väyläverkoston tason ylläpitämiseksi ja paremman huomisen saavuttamiseksi. Suomalaisilta vaaditaan rohkeutta tarttua uusiin toimintamalleihin olosuhteiden parantamiseksi. Esimerkiksi ihmisten kehittämishalu, työmenetelmien ja tapojen muutokset, liikenneturvallisuuden lisääminen ja kestävään kehitykseen panostaminen, toteutuessaan vaikuttavat laajasti jokaisen elintasoon. Keskustelun ja vuorovaikutuksen lisääminen on kaikkien kannalta oleellista unohtamatta niitä lukuisia mahdollisuuksia, joihin Suomen ammattiosaamisella ja koulutuksella voidaan ylittää.

## 7 LÄHTEET

Autotuoajat 2021. Verkkojulkaisu. Autotuoajat.fi kotisivut..

BuildingSMART Finland 2016a. Verkkojulkaisu. Päivitetty 25.5.2016. <https://buildingsmart.fi/ensimmainen-suomalainen-talotekniikkaohjelmisto-saanut-kaikki-talotekniikkasuunnittelun-osa-alueet-kattavan-ifc-2x3-cv-2-0-sertifikaatin/>. Viitattu 12.3.2021.

BuildingSMART Finland 2019b. Inframodel4-käyttöohje. PDF-tiedosto. Julkaistu 1.4.2019. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF\\_Infra\\_Inframodel4\\_kayttoohje\\_01042019.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Infra_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf). Viitattu 30.3.2021.

BuildingSMART Finland 2019c. PDF-verkkojulkaisu. Kaaviokuvat. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV\\_p%C3%A4ivitystiedosto\\_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio\\_20190502.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/03/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_FINAL-hyv%C3%A4ksytyversio_20190502.pdf). Viitattu 30.3.2021.

City of Lund 2020. The Electric Road of the Future is Already in Lund. Verkkojulkaisu. Moving things and people. Päivitetty 9.9.2020. <http://www.futurebylund.se/blog/the-electric-road-of-the-future-is-already-in-lund>. Viitattu 12.3.2021.

Helsinki Region Infoshare 2017. Verkkojulkaisu. Ohjeet. Päivitetty 27.11.2017. <https://hri.fi/fi/ohjeet/mita-on-avoin-data/>. Viitattu 16.4.2021.

Ihku-allianssi 2020. Verkkojulkaisu. Päivitetty 16.4.2020. <https://ihkuallianssi.fi/ihku-laskentapalvelu-infrasuunnittelu/>. Viitattu 30.3.2021.

Liikenne- ja viestintävirasto 2020. Liikennejärjestelmän nykytila ja toimintaympäristön muutokset. Pdf-tiedosto. Julkaistu 14.4.2020. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/f0ca36bc-e740-4ac4-accd-c244746849d5/97a2c314-79d0-4f34-90c9-4afb9ef82244/JULKAISU\\_20200416122146.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/f0ca36bc-e740-4ac4-accd-c244746849d5/97a2c314-79d0-4f34-90c9-4afb9ef82244/JULKAISU_20200416122146.pdf). Viitattu 12.3.2021.

Liikenne- ja viestintäministeriö 2018. Selvitys automaattiajamisen edellyttämistä tiedoista ja kehittämistarpeista. Pdf-tiedosto. Julkaistu 18.1.2018. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160503/LVM\\_19\\_2017\\_Automaattiajaminen.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160503/LVM_19_2017_Automaattiajaminen.pdf). Viitattu 12.3.2021.

Liikennevirasto 2017a. Aurora ja Älyväylä – kokeiluilla kohti automatisoituvaa liikennettä. Pdf-tiedosto. Julkaistu 3.3.2017. Rambollin välittämä aineisto. Viitattu 28.1.2021.

Liikennevirasto 2017b. Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Pdf-tiedosto. Julkaistu 21.3.2017. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf). Viitattu 12.3.2021.

Liikennevirasto 2016c. PDF-verkkojulkaisu. Kaaviokuva. [https://vayla.fi/documents/25230764/0/LIVI\\_digitalisaatiohanke\\_2016.pdf/2ee8af3b-5f41-4caf-9df8-ef10a653a4a4](https://vayla.fi/documents/25230764/0/LIVI_digitalisaatiohanke_2016.pdf/2ee8af3b-5f41-4caf-9df8-ef10a653a4a4). Viitattu 23.3.2021.

Logistiikan maailma 2021. Verkkojulkaisu. Päivitetty 2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/digitalisaatio/alykas-liikenne/>. Viitattu 30.3.2021.

Norjassa tehdään siltatyöhanke kokonaan ilman piirustuksia 2019. Rakennuslehti 4.11.2019, Rakentaminen, Verkkojulkaisu. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/norjassa-tehdään-siltatyöhanke-kokonaan-ilman-piirustuksia/>. Viitattu 30.3.2021.

Olin, Janne 2021. Aalto Yliopisto. Haastattelu/esitelmä. 16.3.2021. <https://www.tieyhdistys.fi/uutiset/jarkko-rantalalan-wsp-finland-oy-ja-janne-olinin-aalto-yliopisto-esitelmät-palkittiin-parhaina-vaylat-liikenne-tapahtumassa/>. Viitattu 30.3.2021.

Perälä, Henri 2020. Tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infrarakentamisessa. Diplomityö. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Tampereen yliopisto.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/120233/Per%C3%A4%C3%A4Henri.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Viitattu 30.3.2021.

Ramboll 2021. Verkkajulkaisu. Ramboll.fi kotisivut. [https://fi.ramboll.com/ramboll\\_finland\\_oy](https://fi.ramboll.com/ramboll_finland_oy). Viitattu 30.3.2021.

RASTI-projekti 2019. Rakennetun ympäristön tiedonhallinnan standardisointi - Nykytilan kartoitus ja ehdotus toimenpiteistä. PDF-tiedosto. Julkaistu 12.3.2019. [https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/03/RASTI-esittely-fi\\_2019-02-06.pdf](https://rastiprojekti.com/wp-content/uploads/2019/03/RASTI-esittely-fi_2019-02-06.pdf). Viitattu 30.3.2021.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a. Liikenneinfrastruktuuri 2040. Pdf-tiedosto. Julkaistu xx.xx.2017. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2017/T283.pdf>. Viitattu 12.3.2021.

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017b. PDF-verkkajulkaisu. Kaaviokuva. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2017/T283.pdf>. Viitattu 12.3.2021.

Urban Transport Magazine 2019. Verkkajulkaisu. Havainnekuva. <https://www.urban-transport-magazine.com/en/electric-road-for-ebus-charging-on-test-in-lund-sweden/>. Viitattu 12.3.2021.

Väylävirasto 2017a. Verkkajulkaisu. Väyläviraston tiedotteet. Päivitetty 06.11.2017. <https://vayla.fi/-/liikenneviraston-aurora-alytie-on-avattu-ja-toivottaa-testaajat-ympari-maailmaa-kokeilemaan-automattiajamiseen-ja-infrastruktuuriin-liittyvaa-teknolo>. Viitattu 12.3.2021.

Väylävirasto 2019b. AURORA-ÄLYTIE JA AVOIN KOKEILUEKOSYSTEEMI. Hankkeen loppuraportti. Pdf-tiedosto. Julkaistu 1.4.2019. [https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj\\_2019-22\\_aurora-alytie\\_web.pdf](https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-22_aurora-alytie_web.pdf). Viitattu 12.3.2021.

Väylävirasto 2021c. Verkkajulkaisu. Tietomalliohjeistus. Päivitetty 28.1.2020. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus>. Viitattu 30.3.2021.

## 8 LIITTEET

### 8.1 LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET

Liitteenä haastattelukysymykset ja kysymysten selkeyttämiseksi laaditut tekstiosiot. Haastattelukysymykset olivat samat kaikille haastateltaville henkilöille ja ne lähetettiin hyvissä ajoin heille ennakkoon tutustumiseksi ja haastattelujen sujuvoittamiseksi. Haastattelukysymysten tarkoituksena oli kartoittaa mahdollisimman laajasta ja kokeneesta asiantuntijakokoonpanosta tulevaisuuden liikenneväyliä eniten koskettavat asiat ja painostuskohteet. Jotkut kysymyksistä saattavat osittain toistaa toisiaan, mutta haastateltavien mielestä asioiden pohtiminen eri näkökulmista avasi heidän mieltään ja selkeytti ajatuksia. Haastateltaville annettiin vapaa sana kertoa mielipiteensä kaikkiin kysymyksiin.

Ensimmäisen kysymyksen rakennetta muutettiin myöhemmin, koska kaikilla haastateltavista henkilöistä työkokemusta oli ainakin yli 10 vuotta.

#### Älyväyläkysymykset haastateltaville henkilöille

1. Haastateltavan nimi, yritys, tehtävänimike, keskeisimmät työtehtävät, sekä oma kokemus työvuosina infrastruktuuriin ja älyväyliin liittyen?
  - Työkokemus: A. 0 - 1 vuotta
  - B. 1 - 5 vuotta,
  - C. 5 - 10 vuotta,
  - D. 10 - 15 vuotta,
  - E. enemmän
2. Mitkä ovat 5 keskeisintä asiaa, jotka tulevat muuttumaan liikenneväyliin liittyen seuraavien n. 15 vuoden aikana?
  - Esimerkiksi automaatioon, liikenneturvallisuuteen, fyysiseen infraan liittyen. Sana on vapaa.
3. Mihin sinun mielestäsi tulisi varautua tie- ja katusuunnittelussa jo tämän päivän infrasuunnittelussa älyväylien kehitys huomioiden?
  - Infrahankkeet alkavat aina tilaajan tarpeesta, kun huomataan, että halutaan rakentaa uutta tai korjata vanhaa. Korjaustarve havainnoidaan usein silmämääräisesti esimerkiksi painumien osalta. Olisiko mahdollista, että fyysisen infran havainnointi perustuisi jatkossa johonkin muuhun lähteeseen? Esimerkiksi painuma-antureihin. Mitä vaaditaan, jotta kunnonhallinta olisi paremmin ennakoitavissa?
  - Tänä päivänä infrasuunnittelu/tietomallintaminen perustuu pitkälti maanmittausaineistoihin (laserkeilaus, GPS-mittaus), joiden perusteella luodaan alueesta 3D-malli, jonka avulla tuotetaan mallista 2D PDF-kuvia. Tuleeko sinulla mieleen mitään muutoksia tähän toimintamalliin? Miten itse suunnittelu saattaisi muuttua tulevaisuudessa?
  - Tuleeko sinulla jotain muuta mieleen aiheeseen liittyen? Sana on vapaa.
4. Mitkä ovat keskeisimpiä toimintaedellytyksiä, joita tarvitaan älyväylien muutoksien saavuttamiseksi?
  - Liikenne tulee jatkossa kehittymään aina vain autonomisempaan suuntaan ja liikennemäärät tulevat jatkossa kasvamaan. Itseohjautuvat autot saattavat olla jatkossa jo arkipäivää. Liikenteen sähköisiltä tietojärjestelmiltä ja liikennejärjestelmältä tullaan vaatimaan jatkossa paljon. Mitä muutoksia liikenneväyliltä vaaditaan, jotta tulevaisuuden liikennejärjestelmästä muodostuisi mahdollisimman hyvin toimiva kokonaisuus? Koskeeko muutokset jo tätä päivää vai milloin niihin kannattaisi ryhtyä?

5. Minne resurssit tullaan kohdentamaan tulevaisuuden perusväylänpidossa?
- Eli millaisia tavoitteita ja tarpeita liikenneinfrastruktuuri tulee tulevaisuudessa palvelemaan 10 - 15 vuoden aikajänteellä?
6. Miten fyysisen infran instrumentointi näkyy tulevaisuuden infrarakentamisessa? Mitä antureita yms. fyysiseen infraan sisällytetään? Mitä mitataan?
- Infrastruktuurin instrumentoinnilla tarkoitetaan siis sensoreita, mittareita ja antureita, joilla pyritään tuottamaan suoraan mahdollisimman ajankohtaista tietoa väyläverkosta tai, joilla on esimerkiksi jatkuva yhteys sähkö/automaattisten autojen kautta liikenteestä saatavan tiedon tuottamiseksi. Esimerkiksi, voisivatko väylien sisältämät anturit olla yhteydessä ajoneuvoihin liikenteen sujuvuuden parantamiseksi ja ruuhkatilanteiden välttämiseksi?
  - Tuleeko aiheesta muuta mieleen? Sana on vapaa.
7. Mitä nykyväylärakenteesta puuttuu ajatellen tulevaisuuden älyliikennettä?
- Esimerkiksi väylien fyysiset ominaisuudet, lisääntyvät liikennemäärät, automaattiautot/itseohjautuvat ajoneuvot, väestön keskittyminen kaupunkialueille, viihtyisyys, elinvoimaisuus, kaupunkien kävely- ja pyöräily-yhteydet, kaistamäärät ja leveydet.
- Sana on vapaa.
8. Tuleeko liikenneturvallisuus mielestäsi parantumaan älyväylien myötä?
- Lisäävätkö esimerkiksi automaattiajoneuvot tai kehittyneet sähköiset/digitaliset ratkaisut turvallisuutta, kun liikenteessä tapahtuvat päätökset siirtyvät jatkossa enemmän niiden varaan?
  - Mitä aiheesta tulee mieleen? Sana on vapaa.
9. Miten kestävä kehitys, päästöjen väheneminen ja ilmastoystävällisyys erottuvat edukseen tulevaisuuden liikenneväylissä? Millaisiin tuloksiin voidaan yltyä?
- Muuttuuko liikenne enemmän sähköiseen suuntaan? Latautuvatko autot esimerkiksi ajon aikana väylistä saatavan energian avulla ja mitä kautta energia tuotetaan? Uusiutuvista energialähteistä vai mistä?
  - Tuleeko fyysiseen infraan kestävämpiä ratkaisuja?
  - Kuinka paljon merkitystä kestäväällä kehityksellä on jatkon kannalta?
  - Sana on vapaa.
10. Miten automatisaatio näkyy tulevaisuuden liikenneväylillä? (suunnittelu lähtökohtana)
- Tuleeko väylille automatisaatioon liittyviä lisärakenteita, sähkö- ja tietoliikennekaapelointeja, 5G verkkoa? Pysykö liikenneväylien hieman hitaampi kehitys nopeasti muuttuvan automatisaation kehityksen mukana? Onko ajoneuvojen automatisaatio edes riippuvainen väylän sisäisestä digitalisaatiosta? Parantaako automatisaatio liikenteen sujuvuutta? Onko automatisaatiosta enemmän haittaa vai hyötyä?
  - Miten muuten automatisaatio voisi vaikuttaa suunnitteluun? Esimerkiksi liikenteestä kertyvällä datan määrällä ja fyysisen infran ajankohtaista tietoa keräävillä antureilla saattaisi olla vaikutusta infasuunnitteluun.
  - (\* Automaattiajamisella tarkoitetaan ajoneuvon liikkumista ilman kuljettajaa joko osittain tai kokonaan. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi määrittelee automaattiajoneuvon olevan ajoneuvo, joka osittain tai kokonaan kykenee suoriutumaan ajotehtävästä ilman kuljettajaa. (Trafi, 2015)



Automaattiajamisen tasot:

0. Ei automaatiota: Kuljettaja vastaa kaikista ajamisen osa-alueista.
1. Kuljettajan tuki: Järjestelmä tukee vain yhtä "toimintoa" ja kuljettaja huolehtii muista ajotoiminnoista ja seuraa ajoympäristöä.
2. Osittainen automaatio: Kuljettajan täytyy seurata ajoympäristöä.
3. Ehdollinen automaatio: Kuljettaja voi tehdä muita asioita ajaessaan, mutta tarvittaessa hänen täytyy ottaa ajoneuvo haltuunsa.
4. Korkea automaatio: Kuljettaja voi jopa nukkua, koska järjestelmä varoittaa häntä, jos kuljettajan täytyy ottaa ajoneuvo haltuunsa.
5. Täysi automaatio: Kuljettajaa ei tarvita.

11. Mitkä ovat SWOT-analyysin mukaisesti mielestäsi väyläverkoston muutoksen?

- a. Vahvuudet
- b. Heikkoudet
- c. Mahdollisuudet
- d. Uhat

## 8.2 LIITE 2: HAASTATELTAVAT HENKILÖT ORGANISAATIOITTAIN

Iso kiitos opinnäytetyöni onnistumiselle kuuluu laajaa ammattiosaamista omaaville alan ammattilaisille. Kysymykset eivät ehkä aina olleet helpoimmasta päästä jo senkin takia, että ne sisältävät tulevaisuuteen keskittyviä osa-alueita, osan niistä sijoittuen oman ydinosaamisalueen ulkopuolelle. Tulevaisuutta on aina vaikea ennustaa ja näin laajan aihekokonaisuuden ollessa kyseessä mukana on niin paljon pieniä tekijöitä. Kaikilta haastateltavista henkilöistä saatiin kuitenkin vastaus jokaiseen kysytyyn kysymykseen. Tuomas Hörkön haastattelu ei koskenut kaikkia kysymyksiä, vaan pelkästään kysymyksiä 1 - 3.

Haastateltavilta henkilöiltä kysyttiin lupa heidän nimiensä käyttöön opinnäytetyössä.

Nimi	Yritys/organisaatio	Tehtävänimike
Pekka Toivola	Savcor Oy	Business Area Manager, Structural Health Monitoring
Matti Vänskä	Kuopion Kaupunki, Kaupunkisuunnittelupalvelut, Kunnallistekninen suunnittelu	Suunnitteluinsinööri
Patrick Hublin	Pohjois-Savon liitto	Maakuntainsinööri
Ismo Heikkinen	Kuopion Kaupunki, Rakentamisen ja kunnossapidon palvelut	Kaupungininsinööri
Janne Lappalainen	Pohjois-Savon ELY-keskus, Liikenne ja infrastruktuuri -vastuualue	Liikennejärjestelmäasiantuntija
Tommi Huttunen	Pohjois-Savon ELY-keskus, liikenne ja infrastruktuuri -vastuualue	Johtaja

Pasi Rajala	Helsingin kaupunki, Kaupunkiympäristön toimiala, Maankäyttö ja kaupunkirakenne, Maankäytön yleissuunnittelu	Yleiskaavapäällikkö
Tuomas Hörkkö	Point Group Oy	Toimitusjohtaja