

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpide- suunnitelma

LVM LIIKENNE- JA
VIESTINTÄMINISTERIÖ

Liikenne- ja
viestintäministeriön
julkaisuja **2021:28**

lvm.fi

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2021:28

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma

Kirsi Miettinen, Anne Miettinen, Janne Hauta,
Sonja Töyrylä ja Saara Reinimäki

Liikenne- ja viestintäministeriö Helsinki 2021

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Liikenne- ja viestintäministeriö

© 2021 tekijät ja liikenne- ja viestintäministeriö

ISBN pdf: 978-952-243-726-6

ISSN pdf: 1795-4045

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2021:28 **Teema** Liikenteen automaatio

Julkaisija Liikenne- ja viestintäministeriö

Tekijä/t Kirsi Miettinen, Anne Miettinen, Janne Hauta, Sonja Töyrylä ja Saara Reinimäki

Kieli Suomi **Sivumäärä** 243

Tiivistelmä Liikenteen automaatio kehittyy parhaillaan kaikissa liikennemuodoissa. Se on olennainen osa tulevaisuuden toimivaa liikennejärjestelmää. Liikenteen automaation avulla voidaan saavuttaa monia yhteiskunnallisia hyötyjä, kuten parantunutta liikenneturvallisuutta, vähentyneitä päästöjä sekä parempia palveluita. Positiivinen kehitys ei kuitenkaan tapahdu itsestään, vaan se vaatii tuekseen hyvän tilannekuvan kehityksestä, toimijoiden välistä tiivistä keskustelua ja yhteistyötä sekä määrätietoisia toimenpiteitä.

Liikenteen automaation kenttä on varsin laaja, ja kykymme nähdä tulevaisuuteen on rajallinen. Siksi on tärkeää luoda kattava tilannekuva liikenteen automaation nykytilasta ja niistä tarpeista ja toimenpiteistä, jotka voivat ohjata kehitystä toivottuun suuntaan. Samasta syystä keskeisessä roolissa liikenteen automaation edistämiseksi ovat mahdollistava säädösympäristö sekä kokeilujen ja pilotointien kautta eteneminen.

Tässä asiakirjassa on kolme osaa: 1) Valtioneuvoston 25.11.2021 antama periaatepäätös Liikenteen automaation edistämiseksi, 2) yksityiskohtaisempi Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma ja 3) taustaselvitys.

Asiasanat automaatio, liikenne, tekoäly, sääntely

ISBN PDF 978-952-243-726-6

ISSN PDF 1795-4045

Julkaisun osoite <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-726-6>

Automatiseringen av transporter utvecklas inom alla transportslag

Kommunikationsministeriets publikationer 2021:28 **Tema** Automatisering av transporten

Utgivare Kommunikationsministeriet

Författare Kirsi Miettinen, Anne Miettinen, Janne Hauta, Sonja Töyrylä och Saara Reinimäki

Språk finska **Sidantal** 243

Referat Automatiseringen är en viktig del av ett fungerande trafiksystem i framtiden. Automatiserade transporter kan ge många samhällliga fördelar, såsom bättre trafiksäkerhet, minskade utsläpp och bättre tjänster. Den positiva utvecklingen sker dock inte av sig själv, utan den kräver också en god lägesbild, en intensiv diskussion och ett systematiskt samarbete mellan aktörerna samt målmedvetna åtgärder.

Automatiseringen av transporter är ett mycket omfattande område och vår förmåga att se in i framtiden är begränsad. Därför är det viktigt att skapa en heltäckande lägesbild av nuläget för automatiserade transporter och av de behov och åtgärder som kan styra utvecklingen i önskad riktning. Av samma orsak spelar en möjliggörande författningsmiljö samt framsteg genom försök och pilotprojekt en central roll när det gäller att automatisera transporter.

Detta dokument har tre delar: 1) Statsrådets principbeslut av den 25.11.2021 om främjande av automatiseringen av transporter 2) en mer detaljerad lagstiftnings- och åtgärdsplan för automatiseringen av transporter och 3) en bakgrundsutredning.

Nyckelord automatisering, trafik, artificiell intelligens, reglering

ISBN PDF 978-952-243-726-6 **ISSN PDF** 1795-4045

URN-adress <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-726-6>

Action plan on legislation and key measures of transport automation

Publications of the Ministry of Transport and Communications 2021:28 **Subject** Automation of transport

Publisher Ministry of Transport and Communications

Author(s) Kirsi Miettinen, Anne Miettinen, Janne Hauta, Sonja Töyrylä and Saara Reinimäki

Language Finnish **Pages** 243

Abstract

Automation is progressing across all modes of transport. It is an essential part of a well-functioning transport system of the future. Transport automation helps achieve many societal benefits, such as improved traffic safety, reduced emissions and better services. However, the positive development will not happen by itself but should be supported by an accurate picture of the current development trend, intensive discussions and close cooperation between the parties involved, and determined action.

Transport automation spreads across a broad range of activities and our ability to predict the future is limited. That is why it is important to provide an extensive picture of the current state in automation and of the needs and measures that can take the development to the desired direction. For the same reason, also an encouraging legislative environment and progress through experiments and piloting play an important role in promoting transport automation.

This document consists of three parts: 1) Government resolution on promoting automation in the transport sector, issued on 25 November 2021, 2) more detailed action plan on legislation and key measures of transport automation, and 3) background review.

Keywords automation, transport, artificial intelligence, regulation

ISBN PDF 978-952-243-726-6 **ISSN PDF** 1795-4045

URN address <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-726-6>

Sisältö

1	Suunnitelman sisältö	15
1.1	Tausta	16
1.2	Valmistelu	17
I OSA		
	Valtioneuvoston periaatepäätös liikenteen automaation edistämisestä.....	19
1	Johdanto	20
	Resurssit ja yhteydet muihin kansallisiin ohjelmiin, suunnitelmiin ja strategioihin	21
2	Liikenteen automaation visio, mahdollisuudet ja riskit.....	23
	Turvallisuus.....	23
	Tehokkuus	24
	Kestävyys	24
	Suomen mahdollisuudet hyötyä automaatiokehityksestä	24
3	Liikenteen automaation kehittämisen ja hyödyntämisen linjaukset.....	26
	1. Linjaus: Liikenteen automaatiota kehitetään ihmiskeskeisesti	26
	2. Linjaus: Liikenteeseen liittyvän tiedon vaihtamista tehostetaan merkittävästi	26
	3. Linjaus: Liikenteen automation sääntelykehikkoa kehitetään kokonaisvaltaisesti	27
4	Liikennemuotokohtainen tarkastelu ja tavoitteet.....	28
4.1	Tieliikenne	28
4.2	Vesiliikenne	29
4.3	Raideliikenne	29
4.4	Miehittämätön ilmailu	30

5	Toimenpiteet	32
5.1	Säätely.....	32
5.2	Digitaalinen infrastruktuuri.....	34
5.3	Tiedon hyödyntäminen	36
5.4	Fyysinen infrastruktuuri	38
5.5	Kokeilut ja testaaminen	39
5.6	Osaamisen kehittäminen	41
5.7	Vaikutusten arvioinnin ja sitä tukevan mittariston kehittäminen.....	42
5.8	Periaatepäätöksen toimeenpano ja seuranta	42

II OSA

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma

43

1	Tieliikenne.....	44
1.1	Säätely.....	45
1.2	Digitaalinen infrastruktuuri.....	45
1.3	Tiedon hyödyntäminen	46
1.4	Fyysinen infrastruktuuri	46
1.5	Kokeilut ja testaaminen	47
2	Vesiliikenne.....	48
2.1	Säätely.....	49
2.2	Digitaalinen infrastruktuuri.....	49
2.3	Tiedon hyödyntäminen	50
2.4	Fyysinen infrastruktuuri	50
2.5	Kokeilut ja testaaminen	50
3	Raideliikenne	52
3.1	Säätely.....	53
3.2	Digitaalinen infrastruktuuri.....	53
3.3	Tiedon hyödyntäminen	53
3.4	Fyysinen infrastruktuuri	54
3.5	Kokeilut ja testaaminen	54

4	Miehittämätön ilmailu	55
4.1	Säätely.....	55
4.2	Digitaalinen infrastruktuuri	56
4.3	Tiedon hyödyntäminen	56
4.4	Fyysinen infrastruktuuri	56
4.5	Kokeilut ja testaaminen	56

III OSA

	Taustaselvitys.....	57
1	Katsaus liikenteen automaation sääntelyn kehitystarpeisiin	58
1.1	Liikenteen automaation kannalta keskeiset eettiset periaatteet	58
	Tekoälytoimijat ja vastuullisuus (accountability)	59
	Läpinäkyvyys (transparency)	59
1.2	EU:n tekoälyn sääntelykehikko liikenteen automaation näkökulmasta.....	60
1.3	Tekoälyyn liittyvät vastuukysymykset (liability)	65
	Tuoteturvallisuus.....	65
	Tuotevastuudirektiivi	67
2	Digitaaliseen infrastruktuuriin kohdistuvien tarpeiden tarkastelu	69
2.1	Tietoliikenneverkon fyysiset osat väyläalueilla	72
2.2	Kyberturvallisuus	73
3	Tiedonvaihdon kehittämiseen kohdistuvien tarpeiden tarkastelu	76
3.1	Tiedonvaihdon yhteentoimivuuden peruselementit	76
3.2	Eurooppalaisen datan hallintamallin kehittäminen.....	76
3.3	Fintraffic Oy:n rooli tiedonvaihdon edistäjänä.....	78
3.4	Liikenteen automaation tarvitsema staattinen ja dynaaminen tieto	79
3.5	Paikantaminen ja kartat	80
4	Tieliikenne.....	83
4.1	Tieliikenteen automaation kehitys.....	83
	Yleiskuva tieliikenteen automaation tilasta	83
	Suomen vahvuudet ja heikkoudet tieliikenteen automaatiassa	84
	Ajoneuvojen automaatiokehitys	84

4.2	Tieliikenteen automaatioon liittyvä sääntely ja sen kehitystarpeet	87
	Etiikka tieliikenteen automaatioon sääntelyn kehittämisen pohjana	90
	Tieliikenneturvallisuuden parantaminen.....	92
	Uudet toimijat tieliikenteessä; roolit ja niihin liittyvien velvollisuuksien ja oikeuksien määrittely	94
	Vastuullisuuden painopisteen siirtyminen kuljettajalta ajoneuvonvalmistajalle.....	95
	Automaattisten ajoneuvojen teknisen sääntelyn ensimmäiset askeleet	96
	Algoritminen läpinäkyvyys ja yleisöläpinäkyvyys tieliikenteen automaatioissa	98
	Kyberturvallisuus ja ohjelmistopäivitykset.....	98
	Tyyppihyväksyntä ja poikkeusmenettelyt.....	101
	Arviointi ja testaaminen.....	102
	Vahingonkorvausta koskeva vastuusääntely (liability) ja vakuutukset tieliikenteessä	102
	Rikosvastuu	103
4.3	Tieliikenteen ohjaus ja hallinta.....	104
	Tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden sääntely liikenteen palveluista annetussa laissa	104
4.4	Tieliikenteen automaation edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri	105
	Kiinteät valokuituyhteydet ja sähköverkot tieverkolla.....	106
	Mobiilit tietoliikenneyhteydet tieverkolla	107
	Viestintäverkkojen nykytila ja kehitysnäkymät	109
4.5	Tiedon hyödyntäminen ja tieliikenteen automaation tarvitsema tiedonjakoinfrastruktuuri	111
	Staattiset tiedot.....	111
	Dynaamiset tiedot	112
	Tietosuoja	114
	ITS-direktiivi ja sen täytäntöönpanoasetukset	116
	HD-kartat	119
4.6	Tieliikenteen automaation tarvitsema fyysinen infrastruktuuri	120
	Teiden kunnossapito.....	121
	Tulevaisuuden älykäs väylien luokittelu ja palvelutasojen määrittely.....	122
4.7	Kokeilut ja testaaminen tieliikenteessä	123
	Kotimaassa ja EU:ssa käynnissä olevat kokeilut	123
	CCAM Platform ja Partnership.....	124

4.7.1	Testaamisen sääntely ja muutostarpeet	125
	Yleisessä liikenteessä testaamisen nykytila	125
	Automaattiajamisen testaamisen sääntelyn muutostarpeet.....	125

5 Vesiliikenne..... 128

5.1	Yleiskatsaus vesiliikenteen automaation tilaan.....	128
	Suomen asema kansainvälisessä kehityksessä	129
5.2	Vesiliikenteen sääntely	131
	Tarve sääntelyn viitekehykselle	131
	Määritelmät ja automaatiotasot.....	133
	Toiminnot, toimijat ja vastuut	136
5.2.1	Kansainvälinen vesiliikenteen sääntely	137
	YK:n merioikeusyleissopimus UNCLOS ja automaatiokehitys	137
	Sääntely Kansainvälisessä merenkulkujärjestö IMO:ssa.....	138
	Tekoälyn etiikka ja läpinäkyvyys	140
	Aluksen päällikkö	141
	Miehistöä vaativat toiminnot tai toimenpiteet	142
	Todistuskirjat ja muut dokumentit aluksella	142
	Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n meriturvallisuuskomitean (MSC) alaisia sopimuksia koskevat havainnot.....	143
	Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n oikeudellisen komitean (LEG) alaiset sopimukset, oikeudelliset vastuut ja ankaran vastuun käsite merenkulussa	144
	Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n merenkulun sujuvoittamiskomitean (FAL) alaisia sopimuksia koskevat havainnot.....	146
	Suorituskykyvaatimukset, verifiointi, validointi ja sertifiointi	146
	Kyberturvallisuusvaatimukset ja sertifiointi sekä turvallisuuskulttuuri	148
	Riskien hallinta ja turvallisten toiminnallisten olosuhteiden määrittely merenkulussa	150
5.2.2	EU-lainsäädännön nykytila ja kehittämistarpeet	151
5.2.3	Kansallisen lainsäädännön tarkastelu vesiliikenteessä	154
	Kyberturvallisuus kansallisessa sääntelyssä	157
	Etäluotsaus	157

5.3	Meriliikenteen ohjaus.....	159
	Merenkulun turvalaite- ja majakkajärjestö IALA.....	161
5.4	Meriliikenteen automaation edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri	162
	Merenkulun radioviestintäjärjestelmien nykytila.....	162
	4G- ja 5G-teknologioiden mahdollisuudet merenkulun ja satamien kannalta	163
	Satelliittipaikantaminen merenkulussa.....	165
	Merenkulun viestintäjärjestelmien ja navigoinnin kehitys.....	166
5.5	Tiedon jakaminen ja sen edellytykset meriliikenteen automaation näkökulmasta	168
	Merikartta.....	169
	Logistiset tiedot.....	171
	Laivojen keräämät tiedot.....	171
	VDR (Voyage Data Recorder)	173
	AIS (Automatic Identifications System).....	173
	Olosuhdetiedot.....	175
	Viranomaisten tilannekuva.....	176
	Merenkulun tiedonjaon infrastruktuurin kehittäminen	176
5.6	Meriliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri	179
	Nykytila	179
	Merenkulun fyysisen infrastruktuurin energiaratkaisut.....	181
	Fyysisten turvalaitteiden kehitys	181
	Fyysisen infrastruktuurin kehitykseen liittyvät epävarmuustekijät.....	182
	Talviolosuhteet haasteena ja mahdollisuutena	182
5.7	Satamat	183
	Satamaekosysteemi, toimijoiden roolit ja tiedonvaihdon merkitys automaatiolle	183
	Satamien digitaalinen infrastruktuuri.....	184
	Aikatieto.....	185
	Vaikuttaminen kansainvälisessä yhteistyössä satamien automaatiokehitykseen	186
	Älykäs satama ja standardointi	186
	MASSPorts-edelläkävijäverkosto: vaikuttaminen edellytyksiin ja pilotteihin.....	187

5.8	Kokeilut ja pilotointi vesiliikenteessä.....	188
	Skaalattava kokeilualustakonsepti ja sen toteuttaminen (Itämeren testialue).....	188
	Kokeiluohjeistukset IMO:ssa ja EU:ssa	189
	Suomalaisia kokeiluhankkeita.....	191
	Yhteistyö.....	192

6 Raideliikenteen automaatio 193

6.1	Yleiskatsaus raideliikenteen automaation tilaan	193
	Raideliikenteen automaation neliporrasmalli, Automatic Train Operation (ATO)	194
6.2	Rautatieliikenteen lainsäädäntö.....	196
	Komission strategisen linjaukset rautatieliikenteen digitalisoinnille	197
	Rautatieliikenteen automaation kannalta keskeisimmät yhteentoimivuuden tekniset eritelvät.....	201
	Suomen rataverkko on osa eurooppalaista rautatiealuetta.....	202
	TEN-T-verkko	203
	Rautatieyritysten ja rataverkon haltijan roolit	203
	Turvallisuusjohtamisjärjestelmien keskeinen merkitys.....	204
	Kyberturvallisuus eurooppalaisessa rautatieliikenteessä.....	204
	Kyberturvallisuus ja lainsäädäntö	206
6.3	Rautatieliikenteen liikenteenohjaus	206
	Modulaarinen liikenteen ohjauksen konsepti	207
	Paikantaminen.....	208
6.4	Kiinteät ja mobiiliverkot.....	209
	Raideliikenteen viestintäyhteydet.....	211
6.5	Tiedon hyödyntäminen ja jakaminen rautatieliikenteessä	212
	Datan hyödyntämiseen perustuvia automaatio-ratkaisuja	214
	EU ja raideliikennedata	215
6.6	Rautatieliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri	215
6.7	Kaupunkiraideliikenne	216
	Automaation hyödyt kaupunkiraideliikenteessä	216
	Kaupunkiraideliikenne – kokeilut ja pilotointi	217
	Tietoliikenneverkot, paikantaminen ja 5G kaupunkiraideliikenteessä	218
	Kaupunkiraideliikenteen lainsäädäntö	219

7	Miehittämätön ilmailu	220
7.1	Yleiskatsaus miehittämättömän ilmailun automaation tilaan	220
7.2	Miehittämättömän ilmailun sääntely.....	223
7.3	Droneliikenteen edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri	225
7.4	Tiedon hyödyntäminen ja hajautetun tiedonjakoinfrastruktuurin rakentaminen droneliikenteessä.....	226
	Miehittämättömien ilma-alusten automaation vaatiman tiedon jakaminen	227
	Tiedonjaon infrastruktuurin kehittäminen	228
7.5	Droneliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri.....	229
	Laskeutumispaidat.....	230
	Miehittämättömän ilmailun akkuteknologia	231
8	Vaikutusten arviointi	233
8.1	Turvallisuus	233
8.2	Tehokkuus.....	234
8.3	Kestävyys	235
	Ekologinen kestävyys	235
	Sosiaalinen kestävyys	238
8.4	Yhteenveto automaatiovaikutusten arvioinnin kehikosta	239
8.5	Mittarit ja indikaattorit.....	240
	Tieliikenteen mittarit.....	240
	Meriliikenteen mittarit.....	241
	Raideliikenteen mittarit	242
	Kaupunkiraideliikenteen mittarit.....	243
	Miehittämättömän ilmailun mittarit	243

ALKUSANAT

Tämän suunnitelman valmisteluprosessin aikana käsityksemme liikenteen automaatiosta on syventynyt merkittävästi. Kaikkinsa aikaa hankkeen käynnistämisestä lopputuloksen julkaisuun on kulunut kaksi vuotta, ja sinä aikana monet asiat ovat jo edenneet hyvinkin mielenkiintoisella tavalla. Tämä kuvastaa digitalisaatiota yleisemminkin: eteenpäin katsoessa kehitys tuntuu tapahtuvan tuskastuttavan hitaasti, mutta taaksepäin katsoessa havaitsee hyvin toimintaympäristössä tapahtuneet muutokset.

Valmistelu on tapahtunut yhteistyössä toimijakentän kanssa. Covid-19-pandemia on estänyt meitä tapaamasta kasvotusten esimerkiksi erilaisten työpajojen merkeissä, mutta verkon yli järjestetyissä sidosryhmätapaamisissa on ollut erittäin hyvä osanotto. Lisäksi monet toimijat ovat jaksaneet perehtyä varsin kunnioitettavaan määrään sivuja useaan otteeseen lausuntokierrosten yhteydessä. Olemme saaneet erittäin asiantuntevia ja paneutuen tehtyjä lausuntoja, siitä iso kiitos!

Tämä suunnitelma sisältää katsauksen liikenteen automaation nykyiseen kehitystilanteeseen sekä tulevaisuuden näkymiin. Se myös sisältää näkemyksiä siitä, mitä liikenteen automaation kehittäminen edellyttää voidakseen lunastaa lupauksen siitä, että tulevaisuuden liikenne on nykyistä turvallisempaa, tehokkaampaa ja kestävämpää. Erityisesti pohditaan Suomen vaikutusmahdollisuuksia ja niitä suuntaviivoja, joiden edistämiseksi vaikutustyötä tulisi tehdä.

Tästä on hyvä jatkaa, yhteistyössä mielenkiintoisen aihealueen parissa!

Kirsi Miettinen,
lainsäädäntöneuvos, tieto-osaston automaatioyksikkö

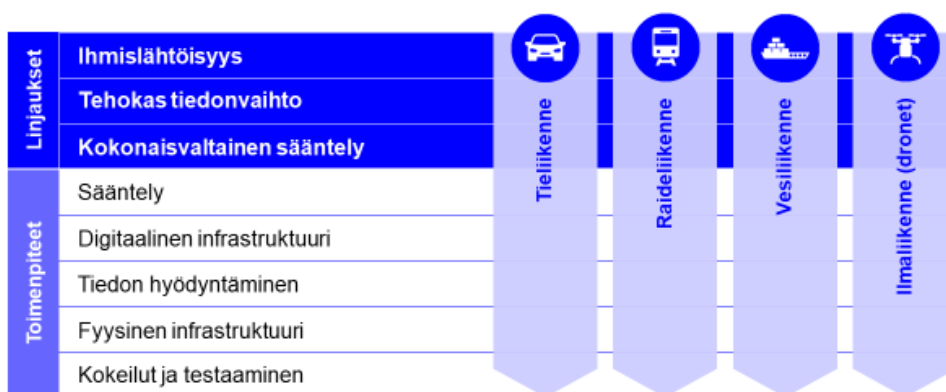
Marraskuu 2021

1 Suunnitelman sisältö

Liikenne- ja viestintäministeriö käynnisti hankkeen Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelman valmistelemiseksi 8.10.2019. Käsillä olevassa hankkeen lopputuotoksessa on kolme osaa. Niistä ensimmäinen sisältää liikenteen automaation kehittämisen vision, siitä johdetut linjaukset sekä keskeiset toimenpidekokonaisuudet. Tämä osa on annettu valtioneuvoston periaatepäätöksen muodossa 25.11.2021.

Kuvio 1. Periaatepäätöksen sisältö

Liikenteen automaation kehittämisen visio: turvallista, tehokasta ja kestävää liikennettä



Toinen osa sisältää yksityiskohtaisemman toimenpidesuunnitelman, joka pohjautuu valtioneuvoston periaatepäätöksessä linjatuille toimenpidekokonaisuuksille. Kyseessä on virkamiestason näkemys siitä, millaisista toimenpiteistä kokonaisuudet muodostuvat. On huomattava, että periaatepäätöksen mukaisesti toimenpiteiden kokonaisuus tarkentuu edelleen vuosittain laadittavien suunnitelmien avulla.

Kolmas osa koostuu periaatepäätöksen ja suunnitelman taustaselvityksestä. Siinä käydään läpi automaatiokehityksen tämän hetkistä tilaa, liikennevälineiden teknistä kehitystä, oikeudellisia kysymyksiä ja sääntelykehikon kehittämistarpeita, liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden kehittämistä, liikenteen automaation tarvitsemää digitaalista infrastruktuuria, tiedon hyödyntämisen edistämistä nimenomaan liikenteen automaation tarpeisiin, automaation tarvitsemää fyysistä infrastruktuuria, sekä kokeiluja ja pilotointia ja niiden tukemista. Asioita on tarkasteltu pääosin liikennemuotokohtaisesti, sillä työ jakaantuu kansainvälisesti ja EU:ssa edelleen siten. Lisäksi liikennemuotojen automaatiokehityksessä on niiden ominaisuuksista johtuvia suuriakin eroja.

Ilmailun osalta tässä asiakirjassa tarkastellaan vain miehittämätöntä ilmailua. Miehittämätön ilmailu ja sitä hyödyntävien palveluiden yleistyminen tuo ilmailun piiriin uudenlaisia toimijoita ja uudenlaisia tarpeita. Miehitettyssä ilmailussa automaatio on edennyt jo pitkälle, ja automaation teknologista- ja sääntelykehitystä tehdään kansainvälisesti laajassa asiantuntijayhteistyössä. On kuitenkin huomattava, että esimerkiksi eräät ilmailun digitaalista infrastruktuuria koskevat huomiot pätevät todennäköisesti myös miehitettyyn ilmailuun.

1.1 Tausta

Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmaa läpileikkaava pyrkimys ihmiskeskeisyyteen on asia, joka on asetettava myös liikenteen automaatiokehityksen keskiöön. Suomella voi olla merkittävä rooli tämän läpileikkaavan näkökulman saamiseksi EU:ssa ja kansainvälisissä elimissä tehtävän automaatioon liittyvän lainsäädäntö- ja muun kehitystyön kulmakiveksi.

Hanke toteuttaa erityisesti seuraavia hallitusohjelman kohtia:

- Suomi tunnetaan teknologisen kehityksen, innovatiivisten hankintojen ja kokeilukulttuurin edelläkävijänä muun muassa kehittämällä säädösympäristöä ja hallintoa siten, että ne mahdollistavat digitalisaation ja kestävän kehityksen sekä laajan kokeilukulttuurin.
- Hallitus edistää liikenteen ja logistiikan digitalisoitumista ja automaatiota kohdentamalla rahoitusta kokeiluille ja vaikuttamalla alan EU- ja kansalliseen sääntelyyn.
- Suomeen luodaan ohjeistus tekoälyn eettisestä käytöstä.
- Vauhditetaan toimialojen kasvuhakuisuutta ja tulevaisuuden haasteisiin vastaava rohkeaa uudistumista muun muassa ottamalla huomioon digitalisaation edistämiseksi ja tietopolitiikassa pk-yritysten kyky tarttua uusiin mahdollisuuksiin avoimien rajapintojen kautta.
- Suomi kehittää säädösympäristöä ja hallintoa siten, että ne mahdollistavat digitalisaation ja kestävän kehityksen sekä laajan kokeilukulttuurin.
- Liikenteen digitalisaation, palveluistumisen ja yhteiskäytön mahdollisuudet käytetään täysimittaisesti järjestelmän kehittämiseksi, päästöjen vähentämiseksi ja saavutettavuuden parantamiseksi.
- Laaditaan yhteistyössä alan toimijoiden kanssa toimialakohtaiset tiekartat vähähiilisyyteen, jotka sovitetaan yhteen uusien ilmastotoimien kanssa.
- Kaupunkiympäristöjen ja maaseutualueiden erityispiirteet sekä eri liikennemuodot ja mahdollisuudet älykkäisiin väyläratkaisuihin maalla, merellä, sisävesillä ja ilmassa otetaan huomioon.

Hanke on myös jatkumoa aikaisemmillemme strategisen tason automaatiokehityksen tarkasteluille ja tiekartoille. Samalla se tarkentaa ja syventää liikennemuotokoh- taista liikenteen automaatiokehitystyötä. Liikenteen automaatio on kansainvälinen kehityskulku, joka muokkaa voimakkaasti yhteiskuntia, ja sen etenemistä on tar- peen tarkastella parin vuoden välein.

Suunnitelmaa on valmisteltu samaan aikaan Valtakunnallisen liikennejärjestelmä- suunnitelman (Liikenne 12) kanssa, jossa on huomioitu etenkin pilottihankkeiden ra- hoitustarpeet sekä tiedon hyödyntämiseen liittyviä näkökulmia liikenteen automaation edistämiseksi. Liikenteen digitalisaatiota ja automaation hyödyntämistä liikenteessä on kuluvalle hallituskaudella käsitelty useassa eri strategia-asiakirjassa ja niiden val- mistelutyössä, kuten logistiikan digitalisaatiostrategiassa, Fossiilittoman liikenteen tiekartassa ja sen perusteella annetuissa periaatepäätöksissä, Liikenneturvallisuus- strategiassa, Meripolitiikkaohjelman toimenpidesuunnitelmassa, Digirata -hank- keessa ja Liikennealan kestävän kasvun ohjelmassa.

1.2 Valmistelu

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelman valmistelu jakautui kahteen osaan. Ensimmäisessä vaiheessa laadittiin hankkeen osa-alueista tiedon hyödyntämistä sekä automaation tarvitsemää digitaalista ja fyysistä liiken- neinfrastruktuuria koskeva arviomuistio, joka oli lausuttavana alkuvuodesta 2020.

Lausunnon antoi 64 toimijaa. Yleisesti ottaen arviomuistiossa esitetyt esitetyt päälin- jaukset saivat vahvistusta sidosryhmien näkemyksistä. Lausunnoista hahmottuu hyvin se, kuinka suuri koko yhteiskuntaan vaikuttava muutos liikenteen automaatio on. Se on kytköksissä eri sektoreilla tapahtuvaan digitalisaatiokehitykseen. Kehityksen vaiku- tusten arviointi ja ohjaaminen haluttuun suuntaan on valtava haaste, joka vaatii laaja- alaista yhteistyötä. Arviomuistiossa esitettiin 10 läpileikkaavaa linjausta, joista jatko- työssä syntyi kolme horisontaalista tavoitetta ja lopulta kolme linjausta. Linjauksiin ja niiden kattavuuteen suhtauduttiin kautta linjan varsin myönteisesti. Erityisen tärkeänä pidettiin ihmiskeskeisyyden nostamista keskiöön. Lisäksi korostettiin teknologia- neutraaliuden ja markkinoiden toimivuuden sekä hajautetun tiedonjaon infrastruktuu- rin rakentamisen merkitystä.

Muutamissa lausunnoissa nostettiin esille tarve käsitellä henkilötietojen suojaa ja tie- toturvaa tarkemmin kuin arviomuistiossa oli tehty. Edelleen muutamissa lausunnoissa korostettiin automaation globaalia luonnetta, mikä vaikuttaa muun muassa tarpeeseen kehittää sääntelyä kansainvälisesti ja EU-tasolla. Joissakin lausunnoissa kiitettiin sitä,

että linjauksissa oli nostettu esille eettisen näkökulman tarve ja korostettiin sitä seikkaa, että liikenteen automaation edistämiseen liittyvien toimien ja automaatoratkaisujen ei tulisi loukata perus- ja ihmisoikeuksia. Muutamat lausunnonantajat vahvistivat arviomuistiossa esitetyn väitteen siitä, että liikenteen digitalisaatiossa ja automaatioissa keskeisessä merkityksessä on data. Edelleen korostettiin muun muassa kokeilujen ja testaamisen merkitystä. Automaation kehittämistä nimenomaan turvallisuusnäkökulma edellä korostettiin.

Toisessa vaiheessa työstettiin erityisesti sääntelykysymyksiä sekä liikennevälineiden kehitykseen ja liikenteenhallintaan liittyviä asioita. Painotukset näiden kesken vaihtelevat eri liikennemuodoissa. Sääntelykysymykset korostuvat erityisesti tie- ja vesiliikenteessä. Sen sijaan miehittämättömässä ilmailussa keskiössä ovat ilmatilan hallintaan ja erilaisten ilmatilan käyttäjien tarpeiden yhteensovittamiseen liittyvät kysymykset. Raideliikenteessä merkittävää myös automaatiota edistävää kehitystä odotetaan tapahtuvan Digirata-hankkeen myötä.

Suunnitelman kokonaisluonnos oli lausuttava vuodenvaihteessa 2020–2021, ja lausunnon tällä lausuntokierroksella antoi 43 toimijaa. Suurin osa lausunnonantajista piti suunnitelmaa kokonaisuudessaan kattavana ja perusteellisena. Kuten edelliselläkin lausuntokierroksella, esitetyt päälinjaukset saivat vahvistusta sidosryhmien näkemyksistä. Kohdat, joihin lausunnonantajat kiinnittivät huomiota, olivat hajaantuneet, eikä olennaisia puutteita tai korjaustarpeita ole siten tullut selkeästi ilmi. Muutamissa lausunnoissa toivottiin sisällön tiivistämistä sekä joidenkin yksityiskohtien selkiyttämistä. Lisäksi toivottiin, että suunnitelmaa päivitetäisiin kehityksen ja jatkotyön edetessä. Kaksi lausunnonantajaa suhtautui suunnitelmaluonnokseen kokonaisuudessaan kriittisemmin.

Suunnitelman pohjalta valmisteltiin valtioneuvoston periaatepäätös, joka muodostaa tämän asiakirjan ensimmäisen osan. Periaatepäätös oli lausuntokierroksella 4.5.–28.5.2021. Lausunnon antoi 44 tahoja. Lausunnonantajat pitivät yleisesti liikenteen automaatiota koskevan valtioneuvoston periaatepäätöksen laatimista tervetulleena ja tarpeellisena asiana. Lausunnoissa periaatepäätösluonnoksen nähtiin onnistuneen tiivistämään keskeiset laajan taustaselvityksen asiat. Periaatepäätöksen valmistelua jatkettiin vielä lausuntokierroksen jälkeen tiiviimpään ja ylätasoisempaan suuntaan.

I OSA

Valtioneuvoston periaatepäätös liikenteen automaation edistämisestä

Ensimmäinen osa käsittää valtioneuvoston 25.11.2021 hyväksymän periaatepäätöksen liikenteen automaation edistämisestä. Se sisältää liikenteen automaation kehittämisen vision, siitä johdetut linjaukset sekä keskeiset toimenpidekokonaisuudet.

1 Johdanto

Automaatio kehittyy parhaillaan kaikissa liikennemuodoissa. Liikenteen automaatio on olennainen osa tulevaisuuden toimivaa liikennejärjestelmää. Automaation avulla voidaan saavuttaa monia yhteiskunnallisia hyötyjä, kuten parantunutta liikenneturvallisuutta, vähentyneitä päästöjä sekä parempia palveluita. Positiivinen kehitys ei kuitenkaan tapahdu itsestään, vaan se vaatii tuekseen muun muassa kehittyneitä sääntelyä ja kokeilumahdollisuuksia.

Pääministeri Sanna Marinin hallitusohjelmassa on kirjattu tavoitteeksi, että Suomi tunnetaan teknologisen kehityksen, innovatiivisten hankintojen ja kokeilukulttuurin edelläkävijänä. Periaatepäätöksessä esitetyt liikenteen automaation edistämistoimet toteutuvat erityisesti seuraavia kohtia hallitusohjelmasta:

- Hallitus edistää liikenteen ja logistiikan digitalisoitumista ja automaatiota kohdentamalla rahoitusta kokeiluille ja vaikuttamalla alan EU- ja kansalliseen sääntelyyn.
- Suomeen luodaan ohjeistus tekoälyn eettisestä käytöstä.
- Vauhditetaan toimialojen kasvuhakuisuutta ja tulevaisuuden haasteisiin vastaava rohkeaa uudistumista muun muassa ottamalla huomioon digitalisaation edistämiseksi ja tietopolitiikassa pk-yritysten kyky tarttua uusiin mahdollisuuksiin avoimien rajapintojen kautta.
- Suomi kehittää säädösympäristöä ja hallintoa siten, että ne mahdollistavat digitalisaation ja kestäväen kehityksen sekä laajan kokeilukulttuurin.
- Liikenteen digitalisaation, palveluistumisen ja yhteiskäytön mahdollisuudet käytetään täysimittaisesti järjestelmän kehittämiseksi, päästöjen vähentämiseksi ja saavutettavuuden parantamiseksi.
- Laaditaan yhteistyössä alan toimijoiden kanssa toimialakohtaiset tiekartat vähähiilisyteen, jotka sovitetaan yhteen uusien ilmasto-toimien kanssa.
- Kaupunkiympäristöjen ja maaseutualueiden erityispiirteet sekä eri liikennemuodot ja mahdollisuudet älykkäisiin väyläratkaisuihin maalla, merellä, sisävesillä ja ilmassa otetaan huomioon.

Periaatepäätös liikenteen automaation edistämisestä koskee kaikkia liikennemuotoja, ja sisältää kaikille yhteiset linjaukset, toimenpiteet sekä tärkeimmät liikennemuotokohtaiset toimet. Kaikkia liikennemuotoja koskevat poikkileikkaavat linjaukset ovat automaation kehittäminen ja hyödyntäminen ihmiskeskeisesti, tiedon vaihtamisen tehostaminen sekä sääntelyn kokonaisvaltainen kehittäminen. Näistä on jalostettu seuraavat toimenpidekokonaisuudet, joilla edistetään liikenteen automaatiokehitystä Suomessa: 1) sääntelyn ja 2) fyysisen sekä 3) digitaalisen infrastruktuurin kehittäminen, 4) tiedon

hyödyntäminen sekä 5) kokeilujen ja testaamisen lisääminen. Lisäksi huomiota kiinnitetään seuraaville kehitysvaiheille keskeisten 6) osaamisen ja 7) vaikutusten arvioinnin kehittämiseen.

Periaatepäätöksen pohjan muodostaa liikenne- ja viestintäministeriössä laajassa sidosryhmäyhteistyössä valmisteltu kattava Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma, jossa tarkastellaan kaikkia liikennemuotoja. Suunnitelmassa tarkastellaan automaatiokehityksen tämän hetkistä tilaa, liikennevälineiden teknistä kehitystä, oikeudellisia kysymyksiä ja sääntelykehikon kehittämistarpeita. Lisäksi tarkastelussa ovat ohjaus- ja hallintapalveluiden kehittäminen, liikenteen automaation infrastruktuuritarpeet, tiedon hyödyntäminen sekä kokeilujen ja pilottien toteutus ja tuki.

Automaatio ymmärretään sekä suunnitelmassa että periaatepäätöksessä laajasti siten, että sen piirissä ovat jo nykyiset, ihmistä eri tavoin avustavat teknologiat. Periaatepäätös sekä suunnitelma ovat jatkumoa aikaisemmille strategisen tason automaatiokehityksen tarkasteluille ja tiekartoille. Liikenteen automaatio on kansainvälinen kehityskulku, joka muokkaa voimakkaasti yhteiskuntia, ja sen etenemistä on tarpeen tarkastella ja suunnitelmaa päivittää noin parin vuoden välein.

Resurssit ja yhteydet muihin kansallisiin ohjelmiin, suunnitelmiin ja strategioihin

Periaatepäätöksen toimia toteutetaan valtion budjettiraamien sekä olemassa olevien määrärahojen puitteissa. Määrärahalisäyksistä tai muita budjettivaikutuksia vaativista toimenpiteistä päätetään erikseen valtiontalouden kehyksissä ja vuosittaisissa talousarvioissa.

Periaatepäätöksen kokeiluja ja pilotteja koskevat toimenpiteet kuuluvat kokonaisuuteen, jolle on tehty Valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa (Liikenne 12) yhteensä 76,5 miljoonan euron varaus. Lisäksi Liikenne 12 -suunnitelman vesiväylien korjauksiin, tiedon hyödyntämiseen ja rautatieliikenteen Digirata -hankeeseen tehdyt rahoitusvaraukset tukevat automaatio-suunnitelman toimenpiteiden toteuttamista. Digirata -hankkeelle haetaan myös rahoitusta EU:n elpymis- ja palautumistukiväline RRF:stä. Käynnissä on useita liikennemuotokohtaisia automaatiokehitystä tukevia hankkeita, joiden rahoitus toteutuu muista lähteistä, kuten Business Finlandin rahoitusinstrumenteista.

Liikenteen automaatio-suunnitelmaa on valmisteltu samaan aikaan Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman (Liikenne 12) kanssa, jossa on huomioitu etenkin pilottihankkeiden rahoitustarpeet sekä tiedon hyödyntämiseen liittyviä näkökulmia. Liikenteen digitalisaatiota ja automaation hyödyntämistä liikenteessä on kuluvalle

hallituskaudella käsitelty useassa eri strategia-asiakirjassa ja niiden valmistelutyössä, kuten logistiikan digitalisaatiostrategiassa, Fossiilittoman liikenteen tiekartassa ja sen perusteella annetuissa periaatepäätöksissä, Liikenneturvallisuusstrategiassa, Meripoliitiikkaohjelman toimenpidesuunnitelmassa, Digirata -hankkeessa ja Liikennealan kestävän kasvun ohjelmassa. Tässä periaatepäätöksessä tarkastelukulma on pelkään liikenteen automaatioissa ja sen edistämiseksi tarvittavissa toimenpiteissä.

2 Liikenteen automaation visio, mahdollisuudet ja riskit

Liikenteen automaation kehittämisen visio on, että tulevaisuuden liikenne on nykyistä turvallisempaa, tehokkaampaa ja kestävämpää. Visio ei toteudu itsestään, vaan se vaatii toteutuakseen aktiivisia toimia päätöksenteossa sekä toimijoiden laajaa yhteistyötä. Automaatiokehityksen osa-alueisiin liittyy myös omat mahdollisuutensa ja riskinsä.

Liikenteen automaation avulla on mahdollista vauhdittaa laajempien yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamista. Liikennejärjestelmätasolla automaation avulla voidaan vaikuttaa siihen, millaisiksi ympäristöiksi esimerkiksi kaupunkien keskustat jatkossa muovautuvat liikennemäärien muutoksen myötä ja kuinka logistiset ketjut toimivat.

Turvallisuus

Turvallisuus on keskeinen liikenteen automaation kehittämistä ja hyödyntämistä ohjaava arvo. Liikennemuodoista meriliikenteessä, raideliikenteessä ja lentoliikenteessä turvallisuus on etenkin länsimaissa jo nykyään korkealla tasolla. Tieliikenteessä sen sijaan kuolee ja loukkaantuu maailmalaajuisesti suuri määrä ihmisiä vuosittain. Automaatio voi edistää merkittävästi tieliikenteen niin sanotun nollavision tavoittelua. Automaatiota tulee kehittää niin, että myös pyöräilyn ja jalankulun turvallisuus ja sujuvuus paranevat.

Kyberturvallisuuden ja tietosuojan varmistaminen tulee ottaa huomioon liikenteen automaatiojärjestelmien ja palveluiden kehittämisessä ja käytössä sekä tietoa hyödynnettäessä. Lisäksi automaation turvallisuuden kannalta on keskeistä, että automaation kehityksessä huomioidaan ihmisten osaamistaso sekä kyky ymmärtää automaation rajat.

Automaation kehittämisessä on huomioitava huoltovarmuus sekä varautumisen ja valmiuden vaatimukset siten, että Suomessa voidaan luottaa liikennejärjestelmän toimivuuteen ja resilienssiin kaikissa olosuhteissa ympäri vuoden. Liikennevälineen automaatiojärjestelmien on selviydyttävä turvallisesti myös tilanteista, joissa tietoliikenneyhteyksissä on häiriöitä tai katkoksia.

Tehokkuus

Tehokas automaattinen liikenne on sujuvaa ja optimoitua. Tehokkaampaa liikennettä edistää liikenteen verkottuminen, joka mahdollistaa tiedon hyödyntämisen. Korkean automaation liikennevälineiden on oltava kytkeytyneitä toisiinsa ja liikenneinfrastruktuuriin, kuten liikenteen ohjaus- ja hallintatoimintoihin, tietoliikenneyhteyksien välityksellä. Reaaliaikaisen tiedon avulla on mahdollista tehostaa liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden tarjontaa ja tällaisten palveluntarjoajien toimintaa. Tiedon vaihto lisää merkittävästi myös turvallisuutta etenkin vilkkaasti liikennöidyissä liikenneympäristöissä.

Kestävyys

Automaatiokehitys tukee myös kestävyystavoitteiden saavuttamista. Liikenteen sujuvuus, reittien ja logistiikkaketjujen optimointi sekä reaaliaikainen liikenteenohjaus tehostuvat tiedon hyödyntämisen ja automaatiokehityksen myötä, mikä tukee päästövähennystavoitteiden saavuttamista. Automaatio voi lisätä myös kestävien liikkumisen palveluiden valikoimaa.

Sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta automaatio voi mahdollistaa liikkumisen turvallisesti ja itsenäisesti myös niille, joiden fyysiset edellytykset tavanomaisessa liikenteessä selviytymiseen ovat heikentyneet.

Toisaalta on arvioitu, että automaatio voi pahimmillaan lisätä ajoneuvojen ja liikennesuorituksen määrää mukavuuden lisääntyessä. Automaatiota kehitettäessä on myös huomioitava liikennejärjestelmätasolla mahdolliset negatiiviset kehityssuunnat ja huolehdittava esimerkiksi kävelyn ja pyöräilyn houkuttelevuudesta ja turvallisuudesta, jotta vaikutukset muun muassa liikenteen päästöihin ja kansanterveyteen eivät käänny negatiivisiksi.

Suomen mahdollisuudet hyötyä automaatiokehityksestä

Kehittyvä liikenteen automaatio on osa liikenteen digitalisaatiokehitystä. Kyse on globaalista megatrendistä, joka on itsessään riippumaton Suomessa tehtävistä toimenpiteistä. Suomella on kuitenkin keskimääräistä paremmat edellytykset hyötyä digitalisaatiosta ja luoda sen avulla innovaatioita, kilpailukykyä ja yhteiskunnallista hyvinvointia. Digitalisaatiolle on leimallista, että se tuo edelläkävijöille suuret hyödyt muun muassa juuri innovaatioiden avulla. Suomen lähtökohtana on siksi jo pitkään ollut pyrkimys kuulua digitalisaation kärkimaihin. Samalla on kuitenkin tärkeää, että hyödynämme myös täysimääräisesti muualla maailmassa tehtyjä innovaatioita ja teknologioita.

Automaatiokehitykseen panostamalla voidaan luoda edellytyksiä suomalaisten toimijoiden innovaatioille ja lisätä yritysten viennin mahdollisuuksia. Toiminta- ja säädös-ympäristön kehittämällä ja muilla tukitoimilla luodaan pohjaa kasvulle ja kansainväliselle kilpailukyvyille. Suomella on erityistä osaamista teknologioiden kehittämisessä ja arktisissa olosuhteissa toimimisessa. Myös jo olemassa olevan digitaalisen infrastruktuurin taso ja nykyinen edistysellinen sääntely-ympäristö, samoin kuin poikkeuksellisen tiivis julkisen ja yksityisen sektorin välinen yhteistyö ovat vahvuksiamme.

Liikenteen automaation etenemiseen liittyy edelleen erittäin paljon epävarmuuksia. Kuten digitalisaatiokehityksessä yleisestikin, emme pysty näkemään pitkälle tulevaisuuteen. Automaation etenemiseen on kuitenkin jo varauduttava. Merkittävien yhteiskunnallisten etujen saavuttaminen edellyttää valmistautumista muun muassa sääntelyyn, resurssien sekä yhteiskunnallisen suunnittelun osalta. Liikenteen automaatio edellyttää myös fyysisen perusinfrastruktuurin hyvää kuntoa kaikissa liikennemuodoissa. Valmistautumisessa keskeisessä roolissa on yksityisten ja julkisten toimijoiden tiivis yhteistyö, jonka mekanismeja on tarve kehittää.

Toivottavat kehityskulut eivät tapahdu itsestään, vaan niiden aikaan saamiseksi on tehtävä määrätietoista kehittämistä. On määriteltävä, millaisia automaation vaikutuksia haluamme, ja miten niihin päästään.

3 Liikenteen automaation kehittämisen ja hyödyntämisen linjaukset

Liikenteen automaation kehittämiselle ja hyödyntämiselle voidaan asettaa kolme kaikki liikennemuodot kattavaa ohjaavaa linjausta. Linjaukset korostavat ihmiskeskeisyyden, tiedon vaihdon tehokkuuden sekä kokonaisvaltaisen sääntelyn merkitystä automaatiokehityksessä.

1. Linjaus: Liikenteen automaatiota kehitetään ihmiskeskeisesti

Liikenteen automaatiota kehitettäessä ja käytettäessä keskiössä on oltava yksilöiden ja yhteiskuntien hyvinvointi. Esimerkiksi perus- ja ihmisoikeuksien kunnioittamisen on oltava automaatiojärjestelmien kehittämisessä ja käytössä sisäänrakennettua (by design). Ihmisten luottamus automaatioon on edellytys yleisen hyväksynnän saavuttamiselle. Luottamuksen ja hyväksynnän avulla saavutetaan paremmin myös automaation yhteiskunnallisia hyötyjä.

Luottamuksen syntyminen kannalta keskeinen tekijä on läpinäkyvyys. Algoritminen läpinäkyvyys tarkoittaa sitä, että riippumattomat kolmannet osapuolet, kuten viranomaiset tai tarkastuslaitokset voivat arvioida järjestelmien turvallisuutta (mukaan lukien kyberturvallisuus) sekä päätöksenteon perusteita ja selvittää tarvittaessa, kuinka tapahtumat ja päätöksenteko etenivät. Ihmisen ja koneen vuorovaikutukseen liittyvän läpinäkyvyyden vaatimuksen avulla voidaan varmistaa, että ihmiset ymmärtävät, milloin ovat tekemisissä tekoälyjärjestelmän kanssa, ja mitä se kyseisessä tilanteessa tarkoittaa heidän toimintansa kannalta.

2. Linjaus: Liikenteeseen liittyvän tiedon vaihtamista tehostetaan merkittävästi

Liikenteen verkottumisen ja automaation edistämiseksi on tiedon vaihtoon voitava hyödyntää yleisiä viestintäverkkoja, vielä tällä hetkellä 4G/LTE-verkkoja ja jatkossa myös 5G-verkkoja, sekä satelliittipaikannusta.

Euroopan ja Suomen digitaalinen kilpailukyky edellyttää kaikkia yhteiskunnan sektoreita palvelevien nopeiden ja luotettavien 5G-verkkojen mahdollisimman nopeaa rakentamista. Nämä verkot rakennetaan usein markkinaehtoisesti yksityisten yritysten toimesta. Kehittyvillä liikenteen palveluilla voi olla suuri merkitys 5G-verkkojen rakentamisen vauhdittajana. 5G-verkkojen rakentuminen liikenneväylien varteen edellyttää kuitenkin laajan toimijakentän yhteisiä toimenpiteitä.

Suomen tavoitteena on olla eturintamassa 5G-tekniologiaa hyödyntävien ja liikenteen automaatiolle perustuvien palveluiden kehittämisessä. Väyläverkkoa koskeva luotettava ja ajantasainen tieto on välttämätön perusta sekä väylänpidolle että sujuvalle, turvalliselle ja ympäristöystävälliselle liikenteelle. Automatisoituva liikenne kohdistaa tiedolle vielä nykyistäkin suurempia vaatimuksia ja muun muassa tiedon reaaliaikaisuus nousee keskeiseksi vaatimukseksi.

3. Linjaus: Liikenteen automation sääntelykehikkoa kehitetään kokonaisvaltaisesti

Liikenteen sääntely on vuosikymmenten saatossa muodostunut hyvin tekniseksi ja yksityiskohtaiseksi. Järjestelmien tekninen kehitys on kuitenkin digitalisaation myötä kiihtynyt niin nopeaksi, että tällainen sääntelymalli on tullut tiensä päähän. Liikenteen automaatio tarvitsee tuekseen sekä kansainvälisesti laadittua sääntelyä että sovitutuja menettelytapoja ja standardeja. Sääntelyn on oltava tavoite-, suoritus- ja riskiperusteista sääntelyä, ei yksityiskohtiin menevää teknistä sääntelyä. Sääntelyn on myös mahdollistettava edelläkävijyyys ja uudet toimintamallit.

Liikenteen automaation mukanaan tuomat haasteet tarvitsevat uudenlaisia ratkaisumalleja ja käsitteistöä. Automaattisten liikennevälineiden käytön sääntelyssä tulisi keskittyä varmistamaan, että liikenneväline noudattaa liikennesääntöjä tai kansainvälisiä sopimuksia riippumatta siitä, ohjaako välinettä ihminen vai kone. Tarvittaessa liikennesääntöjä tai sopimuksia on uudistettava niin, että niiden soveltaminen automatisoituvassa toimintaympäristössä on mahdollista, johdonmukaista ja selkeää.

Liikenteen automaation on oltava teknologianeutraalia. Säädöksissä on huomioitava myös tulevaisuuden tarpeet ja tulevat teknologiat. Sääntelyn tulee mahdollistaa teknologian valinta sen perusteella, miten esimerkiksi saadaan aikaan parhaat palvelut kustannustehokkaalla ja kestäväällä tavalla.

Automaattista liikennettä on kehitettävä yritysveloitetusti ja kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti. Pääsääntöisesti viranomaisen keskeisinä rooleina on olla mahdollistaja ja valvoja. Etenkin uusien liiketoimintamallien ja toimintatapojen sekä hajautetun tiedonjakoinfrastruktuurin rakentuu julkisilla toimijoilla voi olla myös uudenlainen rooli ekosysteemien ja yhteentoimivuuden edistäjänä.

Yksittäisiä sääntelyhankkeita valmisteltaessa on peilattava niiden vaikutuksia siihen, edistävätkö ne isojen yhteiskunnallisten tavoitteiden ja visioiden saavuttamista. Sääntelyhankkeita tulisi tarkastella entistä enemmän niin sanotusti ”ylhäältä alaspäin”. Asiaan on kiinnitettävä huomiota erityisesti vireillä olevissa merkittävässä kansainvälisissä sääntelyhankkeissa.

4 Liikennemuotokohtainen tarkastelu ja tavoitteet

Liikennemuotojen automaatiokehityksen hyödyt voivat toteutua täysimääräisesti vain, jos ne on huomioitu myös liikennejärjestelmätasolla. Tämä edellyttää esimerkiksi nykyistä parempaa tiedonvaihtoa sekä tilannekuvaa ja automaation ominaisuuksien huomioimista liikennejärjestelmäsuunnittelussa. Järjestelmätason mahdollistamia sovelluksia voivat olla esimerkiksi yhteensovitetut matka- ja kuljetusketjut logistiikassa sekä tehokkaampi liikenteen ohjaus.

4.1 Tieliikenne

Tieliikenteen automaatiossa tavoitteena on mahdollistaa ihmisten liikkuminen lähtöpaikasta määränpäähän automaatiotoimintoja hyödyntäen. Tieliikenteen automaatio kohti itsestään ajavia ajoneuvoja on ollut hitaampaa kuin muutama vuosi sitten arvioitiin. Kehitys etenee kuitenkin väijäämättä, ja uudemmissa ajoneuvoissa on jo huomattava määrä kuljettajaa avustavaa automatiikkaa, kuten kaistavahti ja dynaaminen vakionopeudensäädin. Vastaavia automaatoratkaisuja ja hyötyjä tulee voida kotiuttaa sitä mukaa kuin tekniikat kehittyvät ja tulevat markkinoille.

Automaation hyödyntämistä on edistettävä siten, että automaattinen ajojärjestelmä voi hoitaa dynaamista ajotehtävää mahdollisimman laajoilla alueilla Suomessa, lähes riippumattomasti sääolosuhteista. Automaation toiminta-alueen ulkopuolella matkan on voitava jatkua sujuvasti ihmisen siirtyessä toimimaan kuljettajana. Lyhyemmällä tähtäimellä automaattisen ajojärjestelmän itsenäinen ajaminen on mahdollista moottoritieolosuhteissa. Tueksi tarvitaan muun muassa kehittynyttä sääntelyä, fyysisen infrastruktuurin luokittelua älyliikenteen näkökulmasta sekä väylien varsilla olevan digitaalisen infrastruktuurin kehittämistä.

Automaattiset ja etäohjatut ajoneuvot, pienlinja-autot ja muut automaattiset joukkoliikennevälineet voivat tarjota kilpailukykyisen vaihtoehdon henkilöautoilulle, kun nämä kytketään saumattomasti muuhun joukkoliikenteeseen ja matkaketjuihin. Etäohjattuja pienlinja-autoja voidaan käyttää muun muassa matkareittien ensimmäisen ja viimeisen kilometrin palveluiden tarjontaan taajama-alueilla sekä haja-asutusalueilla liikenneyhteyksien parantamiseen. Kiinnostava kehityssuunta on myös pienlogistiikkaan käytettävät kuljetusrobotit. Näihin perustuvien palveluiden kehittämistä ja käyttöä on tuettava siten, että edelläkävijyys tällaisten palveluiden markkinan luomisessa on mahdollista.

4.2 Vesiliikenne

Tavoitteena on luoda edellytykset vesiliikenteen automaatiolle sekä edistää suomalaisten automaatoratkaisujen käyttöönottoa. Suomen kannalta keskeisiä haasteita vesiliikenteen automaation hyödyntämisessä ovat muun muassa navigoitavuudeltaan haastava saaristo sekä talviolosuhteet. Termillä ”vesiliikenne” tarkoitetaan sekä meri- että sisävesiliikennettä.

Automaation hyödyntäminen etenee parhaillaan aluksen eri järjestelmissä. Alus- ja sensoriteknologiat sekä tekoälysovellukset ovat jo kehittyneitä ja alus on hyvä nähdä kokonaisuutena, jonka eri järjestelmien tulee toimia yhteen. Miehistöä tarvittaneen myös jatkossa esimerkiksi matkustajien turvallisuudesta huolehtimiseen.

Vesi- ja etenkin meriliikenteen sääntely on pitkälti kansainvälistä, joten on tärkeää, että kansainvälinen lainsäädännön viitekehys tukee korkean tason automaation ja autonomisen merenkulun käyttöönottoa esimerkiksi meritilannekuvan ja navigoinnin osalta.

Automaatiolle luodaan edellytyksiä lisäämällä väylien ja kuljetusketjujen älykkyyttä. Keskeistä on toteuttaa älykkään vesiväylän vaatima fyysinen ja digitaalinen infrastruktuuri, tietopalvelut sekä hallinnointimalli. Etäluotsauksen käyttöönotto valikoituilla alueilla tukisi myös automaatiokehitystä. Vesiliikenteen ohjauksessa tulisi hyödyntää useasta lähteestä koostuvaa, eri käyttäjäryhmille jaettavissa olevaa digitaalista, ajantasaista tilannekuvaa. Kansallisesti lähivuosina tavoitellaan kehittyneen automaation hyödyntämistä satamissa sekä rajatuilla alueilla kansallisessa rahtiliikenteessä ja navigoinnissa. Ensimmäisiä mahdollisia käyttöönottoja voidaan toteuttaa satamien ja saaristoliikenteen automaation kokeiluiden kautta.

4.3 Raideliikenne

Raideliikenteessä tavoitteena on ottaa käyttöön uusia teknologioita erityisesti rautatieliikenteen kulunvalvonnan ja liikenteen ohjauksessa. Tärkeimpiä kokonaisuuksia tämän edistämiseksi on vaikuttaa EU-sääntelyyn raideliikenteen automaation mahdollistavasti sekä Digirata-hankkeen avulla lisätä raideliikenteen automaatiota edistävää tietoa ja osaamista.

Raideliikenteellä tarkoitetaan rautatieliikennettä ja kaupunkiraideliikennettä, joka puolestaan jaetaan metroluokituksen sekä raitiatieliikenteeseen. Rautatieliikenne on toimintaympäristöltään suljettu, rataverkolla ei voi liikennöidä ilman asianmukaisia lupia,

ja toimijoiden määrä on rajallinen. Automaatiolla ja datan hyödyntämisellä suurimmat hyödyt arvioidaan saavutettavan kulunvalvonnassa- ja ohjauksessa. Kaupunkiraideliikenteen osalta metroliikenteen automatisoinnilla pystytään saavuttamaan merkittäviä etuja esimerkiksi turvallisuudessa ja tehokkuudessa. Raitioliikenteen osalta automaatio edellyttää tavoitteiden määrittelyä sekä suunnittelua osana kaupunkiliikenteen kokonaisuutta.

Raideliikenteen kulunvalvonnan- ja ohjaamisen parasta ratkaisua Suomelle ollaan selvittämässä Digirata-hankkeessa, joka on myös keskeinen rautatieliikenteen automaation mahdollistamiseksi Suomessa. Digirata-hankkeessa toteutetaan testirata, joka mahdollistaa automaation ja datan hyödyntämisen testaamisen raideliikenteessä. Digiradan pilottivaiheessa testataan EU:n teknisten eritelmien vaatimukset myös radioverkkoratkaisujen osalta ja varmistetaan rataverkon ja liikkuvan kaluston yhteentoimivuus kaupallisessa liikenteessä.

Raideliikenteessä halutaan luoda digitaalisen raideliikenteen suomalaista vientiosaaamista, jossa painopisteenä on automaatio, datan hyödyntäminen sekä kyberturvallisuuden kehittäminen. Työssä keskeistä on muodostaa uusia teknologioita kehittävä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyökokonaisuus rautatieliikenteelle.

4.4 Miehittämätön ilmailu

Tavoitteena on olla houkutteleva ympäristö kokeilujen ja testien tekemiselle, ja sitä kautta olla yksi edelläkävijämaista, joissa miehittämättömän ilmailun palveluita otetaan käyttöön. Julkisen sektorin toiminnan keskiössä on oltava teknologisen kehityksen mahdollistaminen. Liikenteen automaatiokehityksen kannalta tarkastellaan erityisesti miehittämätöntä ilmailua, sillä miehitetyssä ilmailussa automaatiokehitys on jo pitkällä ja siihen liittyvät rakenteet ja sääntely ovat lähtökohtaisesti jo olemassa.

Miehittämättömällä ilmailulla on jatkossa merkittävästi nykyistä laajemmin kaupallista potentiaalia. Valtaosa toiminnan markkinapotentiaalista kohdistuu kauko-ohjaajan tai lentoa valvovan operaattorin näköyhteyden ulkopuolella tapahtuviin lentoihin. Laajamittainen operointi edellyttää muun muassa nykyistä kattavampia ja luotettavia digitaalisessa muodossa olevia reaaliaikaisia tietoja ilmatilasta ja sen käyttäjistä sekä tietoa matalilla lentokorkeuksilla ja kaupunkialueilla olevista lentoesteistä. EU:ssa on valmisteltu miehittämätöntä ilmailua koskeva U-Space-sääntelykehys, jossa on kyse turvallisen toimintaympäristön luomisesta automatisoidulle miehittämättömälle ilmailulle.

Ilmatilan käyttöä on pyrittävä turvallisesti tehostamaan nykyisestä miehittämättömän ilmailun tarpeisiin. Ilmatilan dynaamisen hallinnan toteuttamiseksi on tarpeen ilma-
aluksien kyvykkyys jakaa hajautetusti tietoa sijainneistaan ja havainnoinneistaan.
U-Space-sääntelyllä pyritään dynaamiseen ja joustavaan ilmatilan käyttöön, jossa
miehittämätön ja miehitetty ilmailu voidaan turvallisesti yhteensovittaa.

5 Toimenpiteet

Kaikkien liikennemuotojen automaatiota voidaan edistää samankaltaisin toimenpitein. Samalla toimet tukevat automaation hyödyntämistä liikennejärjestelmän tasolla. Toimenpiteet liittyvät 1) sääntelyn ja 2) digitaalisen infrastruktuurin kehittämiseen, 3) tiedon hyödyntämisen edistämiseen, 4) fyysisen infrastruktuurin kehittämiseen sekä 5) kokeilujen ja testaamisen lisäämiseen. Lisäksi huomiota kiinnitetään seuraaville kehitysvaiheille keskeisten 6) osaamisen ja 7) vaikutusten arvioinnin kehittämiseen.

Periaatepäätöksen toimenpiteet ovat ajankohtaisia jo lähitulevaisuudessa ja toimenpiteiden täytäntöönpano on syytä aloittaa välittömästi. Usean toimenpiteen kohdalla edetään vaiheittain siten, että ensimmäiset vaiheet voivat valmistua 2-3 vuoden kuluttua, mutta pääsääntöisesti toteuttaminen kestää kauemmin. Osa toimenpiteistä on luonteeltaan jatkuvia, kuten esimerkiksi aiempaa tiiviimpi yhteistyö.

Tulevaisuuteen on varauduttava suunnittelun sekä tutkimuksen, kokeilujen ja pilotoitien avulla. Esimerkiksi suuret panostukset fyysisen infrastruktuurin kehittämiseen eivät toistaiseksi ole ajankohtaisia. Mahdollistavan sääntelyn valmistelu on osittain jo käynnistynyt, ja kansainvälinen vaikuttaminen on aktiivista. Kansallinen yhteistyö on jo nykyisellään varsin toimivaa, mutta sen rakenteita on silti syytä kehittää. Keskeistä on ylläpitää jatkuvasti automaatiokehityksen tilannekuvaa osana koko liikennejärjestelmää koskevaa analyysityötä.

Keskeisiä toimenpiteitä on yhteensovitettu, ja osa toimista on yhteneviä muun muassa Liikenne 12-suunnitelman, Liikennealan kestävän kasvun ohjelman sekä logistiikan digitalisaatiota ja kyberturvallisuutta koskevien periaatepäätösten toimenpiteiden kanssa.

5.1 Sääntely

Liikenteen automaation tarvitseman toimintaympäristön kehittämisessä sääntelykysymykset ovat keskeisiä. Liikenteen automaatio perustuu lähtökohtaisesti datan hyödyntämiselle ja tekoälyjärjestelmien käytölle. Tekoälyn sääntely tavalla, joka varmistaa sen eettisen kehittämisen ja käytön, on liikenteen perinteisen varsin yksityiskohtiin menevän teknisen sääntelyn näkökulmasta uudenlaista ja haastavaa. Keskeistä tekoälyjärjestelmien sääntelyssä on määritellä toimijoiden uudet roolit ja niihin liittyvät velvollisuudet ja vastuut sekä oikeudet.

Toinen olennainen asia on läpinäkyvyys. Sääntelyllä on varmistettava algoritminen läpinäkyvyys, joka mahdollistaa järjestelmien turvallisuuden, mukaan lukien kyberturvallisuuden, arvioimisen. Lisäksi tarvitaan läpinäkyvyyttä loppukäyttäjinä olevien ihmisten ja muiden samaa väylää käyttävien toimijoiden suuntaan. Kaikissa liikennemuodoissa vaikuttaminen EU:ssa ja kansainvälisissä järjestöissä tapahtuvaan sääntelytyöhön sekä tarvittavien standardien laatimistyöhön on keskeisessä roolissa.

Sääntelyn osalta tavoitteena on luoda maailman edistyksellisintä säädösympäristöä myös liikenteen automaation saralla. Suomella on tähän hyvät edellytykset, sillä Suomi tunnetaan jo kansainvälisesti mahdollistavasta säädösympäristöstään. Edistysellinen sääntely-ympäristö ja poliittisen johdon sitoutuneisuus digitalisaation edistämiseen ovat merkittäviä kilpailukykytekijöitä.

Liikenteen automaation kenttä on laaja, ja kykymme nähdä tulevaisuuteen on rajallinen. Siksi on tärkeää ylläpitävää kattavaa tilannekuvaa liikenteen automaation nykytilasta ja niistä tarpeista ja toimenpiteistä, jotka voivat ohjata kehitystä toivottuun suuntaan.

Keskeiset toimenpiteet:

1. Valmistellaan tarvittavat kansalliset sääntelyhankkeet automaation kokeilujen ja käyttöönoton edistämiseksi.
2. Vaikutetaan säädösten ja standardien valmisteluun EU:ssa ja liikenteen kansainvälisissä järjestöissä aktiivisesti ja voimakkaasti sekä vahvistetaan vaikuttamiseen käytettäviä resursseja laajalla yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyöllä.

Toimenpiteiden pääasialliset vastuutahot: Liikenne- ja viestintäministeriö, Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto ja kunnat. Virastot toteuttavat toimenpiteitä osana niille kuuluvia tehtäviä. Ne tekevät vuosittain tarkemmat suunnitelmat toimenpiteiden edistämiseksi.

Muut keskeiset toimijat: Muut ministeriöt, kunnat, tutkimuslaitokset, yliopistot ja korkeakoulut, yritykset ja yhteisöt.

Resurssivaikutukset: Toteutettavissa nykyisillä resursseilla.

Liikennemuotokohtaisia painopisteitä ovat erityisesti seuraavat:

- Tieliikenteessä on käynnistetty automaatioon vaikuttavan sääntelyn tarkastelu- ja valmisteluhanke, jolla valmistaudutaan tulossa oleviin kansainvälisiin sopimusmuutoksiin, jotka mahdollistavat automaattisen ajojärjestelmän käytön (ihmis)kuljettajan asemesta, sekä lainvalmisteluhanke, jonka avulla kehitetään tieliikenteen automaation testaamisen sääntelyä Suomen alueella.
- Vesiliikenteessä vaikutetaan yhtenäisen säädösviitekehyksen syntyyn kansainvälisessä ja EU-yhteistyössä. Lisäksi selvitetään kansallisen lainsäädännön muutostarpeet kansallisen vesialueen osalta ensimmäisten palvelujen ja pilottien mahdollistamiseksi.
- Raideliikenteessä arvioidaan ratalain ja raideliikennelain sekä liikenteen palveluista annetun lain sisältö automaation ja digitalisaation mahdollistamisen näkökulmasta. Lisäksi selvitetään kaupunkiraide-liikennettä koskevan lainsäädännön toimivuus automaation mahdollistamisen näkökulmasta erityisesti sekaliikenteessä.
- Miehitämättömässä ilmailussa edistetään riskiperusteista ja kaikkien ilmatilan käyttäjien tarpeet yhteensovittavaa sääntelytapaa, kehitetään kansallisen ilmailusääntelyn toimivuutta erityisesti matalla harjoitettavan lentotoiminnan osalta sekä määritetään EU:n U-Space-ehdotuksen mukaisia miehitämättömän ilmailun lennonvarmistukseen rinnastuvia U-Space-toimintaympäristöjä.

5.2 Digitaalinen infrastruktuuri

Digitaalisen infrastruktuurin kehittämisellä pyritään edistämään liikenteen automaation tarvitsemien viestintäverkkojen ja niitä palvelevan sähkönsyötön rakentamista väylien varsille. Kehitystyössä edetään lähtökohtaisesti markkinaehtoisesti huomioiden pilotoinnin ja liiketoiminnan tarpeet. Perusratkaisuna on oltava yleiskäyttöisten teknologioiden käyttö, esimerkiksi viestintäratkaisuna 4G/5G-verkkojen käyttö, aina kun se on mahdollista.

Digitaalisen infrastruktuurin nykyinen kehitysvaihe (4G/LTE-verkot) näyttää riittävän digitalisoituvan liikenteen tämänhetkisiin tarpeisiin, mutta automaation ja verkottumisen lisääntyessä kapasiteettiin ja toimintavarmuuteen kohdistuvat tarpeet lisääntyvät nopeasti. Tie- ja raideliikenteessä pääväylillä on jo nykyään varsin kattava 4G-verkko. Katvealueita on etenkin Pohjois-Suomen vähäliikenteisillä väylillä, mutta jossain määrin riittämättömiä tietoliikenneyhteyksiä on myös pääväylillä asutuskeskusten välillä eri puolilla Suomea. Merenkulun väylien varsille sekä erikseen avomerelle tarvittavat

tietoliikenneyhteydet ovat haaste. Ilmailussa erityisenä ratkaistavana kysymyksenä on verkkojen käyttömahdollisuudet ilmasta käsin.

4G-verkon tukiasemapaikkoja ja matalampia matkaviestintaajuuksia hyödyntäen voidaan rakentaa niin sanottu 5G-peruspeitto, joka palvelee myös automatisoituvaa liikennettä. Keski- ja ylätaajuuksia hyödyntävä suuremman kapasiteetin tarjoava 5G-verkko tulee todennäköisesti olemaan tarpeen väylien ruuhkaisilla osuuksilla (3,5 GHz) tai jopa pistemäisesti (26 GHz). Koska viestintäverkot rakennetaan Suomessa markkinaehtoisesti etupäässä asutuskeskittymiä palvelemaan, kehitys tarvitsisi rahoitusta jopa tie- ja raideliikenteessä. Myöhemmässä vaiheessa onkin syytä arvioida erikseen, kuinka nopeiden tietoliikenneyhteyksien rakentamista väylien varsille voitaisiin vauhdittaa. Euroopan tasolla rahoitusta 5G-verkkojen rakentamiseen kohdistetaan muun muassa CEF-rahoitusjärjestelmän kautta, ja mahdollisuus hyödyntää näitä rahoituslähteitä on syytä selvittää osapuolten välisessä yhteistyössä.

Mobiilitukiasemat tarvitsevat jatkuvaa sähkönsyöttöä ja hyödyntävät paikallisia ja valtakunnallisia sähköverkkoja. Uusien piensolutukiasemien rakentaminen edellyttäisi todennäköisesti uusien liittymien ja sähkökeskusten rakentamista. Siten myös kehittyvän tietoliikenneinfrastruktuurin tarvitseman sähkönsyötön varmistaminen voi edellyttää toimenpiteitä.

Keskeiset toimenpiteet:

3. Kehitetään digitaalista infrastruktuuria koskevan tiedon laatua ja kattavuutta yhteistyössä alan toimijoiden kanssa siten, että se palvelee myös liikenteen automaatiota. Keskeistä on Liikenne- ja viestintäviraston tiedonkeruun kehittäminen.
4. Kartoitetaan tarkemmin digitaalisen infrastruktuurin nykytila sekä määritellään automaation edistämiseen tarvittava palvelutaso ja vähimmäisvaatimukset pääväylillä ja keskeisissä liikenteen solmupisteissä yhteistyössä alan toimijoiden kanssa.
5. Selvitetään ja parannetaan automaation tarvitsemaa kyberturvallisuuden tilannekuvaa, yhteistyömalleja ja osaamista sekä varmistetaan turvallisuuskriittisen tiedon suojaaminen tarvittavalla tavalla.

Toimenpiteiden pääasialliset vastuutahot: Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto ja liikenne- ja viestintäministeriö. Virastot toteuttavat toimenpiteitä osana niille kuuluvia tehtäviä. Virastot tekevät vuosittain tarkemmat suunnitelmat toimenpiteiden edistämiseksi.

Muut keskeiset toimijat: Muut ministeriöt, teleoperaattorit, kunnat, tutkimuslaitokset, yritykset ja yhteisöt.

Resurssivaikutukset: Toteutettavissa pääosin nykyisillä resursseilla. Liikenne- ja viestintäviraston tiedonkeruun kattava kehittäminen sekä kyberturvallisuuden tilannekuvan parantaminen edellyttävät lisärahoitusta.

Liikennemuotokohtaisia painopisteitä ovat erityisesti seuraavat:

- Tieliikenteessä seurataan viestintäyhteyksien kehittymistä säännöllisesti toteutettavilla mittauksilla. Ensi vaiheessa otetaan kehittämisen ja pilotoinnin painopisteeksi moottoritiet sekä mahdollisesti kaupunkien kehäteitä tai osa pääväylistä.
- Vesiliikenteessä määritellään älykäs vesiväylä, mihin kuuluvat erityisesti viestintäyhteydet (digitaalisen infrastruktuurin suunnitelma), dynaamisen tiedon hyödyntämisen ja vaihdon malli (eri toimijoiden keräämät tiedot, alusteknologian ja tekoälyn merkitys) ja fyysinen infrastruktuuri (kuten turvalaitteet).
- Raideliikenteessä toteutetaan Digirata -hankkeen kehitys- ja verifiointivaiheet (2021-2027). Kokonaisuuteen sisältyvät mm. testauslaboratorio, testirata, rautateiden 5G-radioverkon kehittäminen (FRMCS) ja rautateiden paikannusjärjestelmä. Hankkeen hankinta- ja toteutusvaiheessa (2028-2040) koko rataverkko on tarkoitus varustaa ERTMS (European Rail Traffic Management System) -järjestelmällä.
- Miehitämättömässä ilmailussa selvitetään muun muassa verkkojen suuntaukseen liittyvien erityisten haasteiden ratkaisemista, jotta ilma-alukset voisivat lähettää ja vastaanottaa dataa lennon aikana.

5.3 Tiedon hyödyntäminen

Liikennealan tietoperusteista toimintaympäristöä on Suomessa kehitetty jo pitkään, ja tätä työtä on tarve jatkaa ja tehostaa myös automaation tarvitseman tiedon suhteen. Suomi pyrkii edistämään eurooppalaisen datatalouden kehitystä ja datan hallintamallin syntymistä, jossa tietojen käsittely on täysin hajautettua. Kehityksen tueksi on tunnistettava ja mahdollistettava yhteentoimivuutta edistävien koordinaatoroolien tarve ja niitä hoitavat toimijat.

Liikenteen automaatio tarvitsee tuekseen digitaalista, mahdollisimman reaaliaikaista, luotettavaa ja toimijoiden välillä pääsääntöisesti avointen ohjelmointirajapintojen kautta liikkuvaa staattista tietoa (muuttuu vain harvoin tai ei lainkaan) ja dynaamista (muuttuu jatkuvasti) tietoa. Fyysisestä liikenneinfrastruktuurista on tarve luoda digitaalinen malli, jonka tiedot vastaavat mahdollisimman tarkasti todellisuutta. Myöhemmässä vaiheessa on syytä muodostaa rakennetun ympäristön digitaalisen mallin ja fyysinen liikenneinfrastruktuurin kokonaisuus.

Dynaaminen liikennetieto on usein liikennevälineiden keräämää. Kyse on tiedosta, joka voi kertoa muun muassa tarkasti paikallisista olosuhteista tai mahdollisista liikenteeseen liittyvistä häiriöistä. Sen saaminen automaattiliikenteen käyttöön erityisesti liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden kautta on Suomessa lähtökohtaisesti mahdollista, sillä sääntelyssä on huomioitu liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluita tarjoavan Fintraffic Oy:n toiminta tiedon solmupisteenä. Fintraffic Oy:n roolia liikennealan tietoperusteisen toimintaympäristön kehityksen vauhdittajana on tarve edelleen vahvistaa. Etenkin ajoneuvojen keräämien tietojen saantiin ja hyödyntämiseen liittyy kuitenkin varsinkin tietosuojanäkökulmasta haasteita, joiden ratkaisua voidaan pyrkiä edistämään etupäässä EU-tasolla.

Tiedon hyödyntämiseen liittyy edelleen mm. kilpailuoikeuteen, liikesalaisuuksien suojaamiseen, yksityisyyden suojaan ja tietosuojaan sekä tietoturvaan ja kyberturvallisuuden liittyviä kysymyksiä, jotka on huomioitava kaikkia toimenpiteitä toteutettaessa.

Keskeiset toimenpiteet:

6. Kehitetään fyysistä liikenneinfrastruktuuria kuvaavaa digitaalista mallia sellaiseksi, että se sisältää automatisoituvan liikenteen kannalta tarpeelliset ja riittävän laadukkaat tiedot.
7. Kehitetään dynaamisen tiedon jakamisen solmupisteenä olevan liikenteen hallinta- ja ohjauspalvelun tarjoajan Fintraffic Oy:n palveluita niin, että se voi toimia liikenteeseen liittyvän tiedon välitysalustana ja muutoinkin monipuolisesti tiedonjakoekosysteemien edistäjänä. Samalla kehitetään ympärille muodostuvaa ekosysteemiä.
8. Varmistetaan tietojen saanti viranomaisten lakisääteisten tehtävien hoitamista varten sekä liikenteenhallinnan ja -ohjauksen ja hallinnan tarpeisiin.

Toimenpiteiden pääasialliset vastuutahot: Väylävirasto, Liikenne- ja viestintävirasto ja liikenne- ja viestintäministeriö. Virastot toteuttavat toimenpiteitä osana niille kuuluvia tehtäviä. Virastot tekevät vuosittain tarkemmat suunnitelmat toimenpiteiden edistämiseksi.

Muut keskeiset toimijat: Fintraffic Oy, kunnat, muut julkisen sektorin toimijat, muut yritykset ja yhteisöt.

Resurssivaikutukset: Fintraffic Oy:n palveluiden kehittäminen edellyttää lisärahoitusta Liikenne 12 -suunnitelman mukaisesti, noin 25 miljoonaa euroa. Lisäksi liikennemuo-
tokohtaisista toimenpiteistä katuverkkoa koskevan tiedon kehittäminen edellyttää lisärahoitusta Liikenne 12 -suunnitelman mukaisesti.

Liikennemuotokohtaisia painopisteitä ovat erityisesti seuraavat:

- Tieliikenteessä kehitetään kuntien katuverkkoa koskevien tietojen kattavuutta, laatua ja saatavuutta liikenteen automaation tarpeita varten vastaavasti kuin valtio omistamansa väyläverkon osalta, kuten valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa todetaan.
- Vesiliikenteessä huomioidaan automaation tarpeet esimerkiksi osana uuden meriliikenteen ilmoituspalveluhankkeen (European Maritime Single Window, EMSW) arkkitehtuurikehitystä yhtenäistämällä ja harmonisoimalla tiedonvaihtoa sekä luomalla edellytyksiä kolmansien osapuolten tarjoamien lisäarvopalveluiden kehittämiseen.
- Raideliikenteessä kehitetään kaupunkiraideliikenteeseen liittyvien tietojen saatavuutta ja jakamista.
- Miehitämättömässä ilmailussa kehitetään sääolosuhteita, lentoesiteitä ja muiden miehitämättömien ilma-alusten sijaintia koskevien tietojen saatavuutta ja jakamista.

5.4 Fyysinen infrastruktuuri

On vielä epävarmaa, miten fyysistä infrastruktuuria olisi tarve kehittää liikenteen automaation tarpeisiin. Tarvitaan myös lisätietoa siitä, voiko fyysinen infrastruktuuri tukea automaatiotoimintoja, ja kuinka tarvittava kehitys voitaisiin tehdä järkevin kustannuksin. On kuitenkin selvää, että perusinfrastruktuurin hyvä kunto tukee myös automaatiota. Automaatiota tukevat, merkittävät infrainvestoinnit eivät toistaiseksi ole ajankohdaisia, vaan ainakin lähitulevaisuudessa on syytä panostaa toimenpiteisiin, jotka hyödyttävät sekä perinteistä että automatisoituvaa liikennettä. Kokeilujen ja pilotoitien kautta eteneminen ja niiden avulla saatava näkemys tarvittavista toimenpiteistä on tarpeen.

Keskeiset toimenpiteet:

9. Laaditaan arvio tavoiteltavasta automaation tasosta väyläverkon osilla sekä näkemys arvion mukaisista automaatiota edistävästä toimenpiteistä ja erityisesti mahdollisista ongelmakohtista. Arvio tehdään tarvittaessa (muun muassa katuverkko) yhteistyössä kuntien kanssa.
10. Vaikutetaan kansainvälisessä yhteistyössä väylien älykkään luokittelun ja automaatioedellytysten määrittelyjen syntymiseen.
11. Valmistaudutaan liikenteen automaation tarvitsemiin toimiin aktiivisesti yhdyskuntasuunnittelussa. Tiivistetään yhteistyötä valtion ja kuntien viranomaisten sekä yksityisten toimijoiden välillä, jotta automaatioon voidaan varautua kaikilla suunnittelutasoilla.

Pääasialliset vastuutahot: Väylävirasto, Ilmatieteen laitos, liikenne- ja viestintäministeriö ja Liikenne- ja viestintävirasto. Virastot toteuttavat toimenpiteitä osana niille kuuluvia tehtäviä. Virastot tekevät vuosittain tarkemmat suunnitelmat toimenpiteiden edistämiseksi.

Muut keskeiset toimijat: Ympäristöministeriö, ELY-keskukset, kunnat, tutkimuslaitokset, yritykset ja yhteisöt.

Resurssivaikutukset: Toteutettavissa osaksi nykyisillä resursseilla. Liikennemuoto-kohtaisista painopisteistä etenkin älykkään vesiväylän kehittäminen edellyttää Liikenne 12 -suunnitelman mukaista lisärahoitusta ja Digirata-hanke Liikenne 12 -suunnitelman sekä EU:n elpymis- ja palautumistukivälineeseen (RRF) esitetyn mukaista lisärahoitusta.

Liikennemuotokohtaisesti painopisteitä ovat erityisesti seuraavat:

- Tieliikenteessä määritellään ensi vaiheessa moottoriteihin kohdistuvat kehittämistoimet ja pilotoidaan niitä todellisella noin 150 kilometriä pitkällä tiejaksolla. Seuraavassa vaiheessa käynnistään tarpeelliseksi todetut kehittämistoimenpiteet kaikille yli 100 kilometriä pitkille moottoritiejaksoille. Myöhemmin määritellään ja toteutetaan kehittämistoimenpiteet muulle automaattiliikenteen palvelutasoluokituksen ylemmän tason tieverkolle.
- Vesiliikenteessä kehitetään älykkään vesiväylän fyysistä infrastruktuuria ja sen yhteiskäyttöä, kuten sääasemia, älykkäitä kiinteitä ja kelluvia turvalaitteita sekä sensoreita.
- Rautatieliikenteen automaation edistämiseksi rakennetaan Digirata-hankkeen testirata, joka varustellaan mahdollisimman edistyksellisellä tiedonsiirto- ja raitainfrastruktuurilla. Tämä ympäristö mahdollistaa rautatieliikenteen automaatiotasojen 1 ja 2 kokeilemisen.
- Miehitämättömässä ilmailussa kehitetään lentopaikkojen sääntelyä ja lentoonlähtö- ja laskeutumispaiikkojen yhteensovittamista maankäytön suunnittelussa.

5.5 Kokeilut ja testaaminen

Automaattisten liikennevälineiden kehittäminen ja käyttöön ottaminen tulee edellyttämään monenlaista ja erilaisissa ympäristöissä tehtävää testaamista. Myös kansainvälinen sääntely muuttuu tavalla, joka korostaa testaamisen merkitystä. On pystyttävä luomaan liikenneturvallisuuden, tietosuojan ja kyberturvallisuuden varmistavat tavoitteet,

suoritus- ja riskiperusteiset kriteerit sekä tavat, joilla näiden tavoitteiden saavuttaminen voidaan osoittaa ja arvioida. Kyberturvallisuuden osalta voidaan hyödyntää jo olemassa olevia kriteeristöjä arviointien toteuttamiseksi.

Koska automaatiokehitykseen liittyy edelleen huomattavasti epävarmuuksia, erilaisten kokeilujen ja pilotoinnin merkitys kasvaa. Kokeiluissa saatuja kokemuksia voidaan hyödyntää seuraavissa automaation kehitysvaiheissa saatuja tuloksia skaalaten. Julkisilla hankinnoilla on tärkeä rooli kokeilujen hyödyntämisessä palveluiden kehittämiseksi sekä kehitettyjen palvelukonseptien käyttöön otossa.

Suomella on mahdollisuus kehittää testaamista esimerkiksi automaattisten liikennevälineiden kyberturvallisuuden parantamiseksi sekä edellytyksiä tarjota testiympäristöjä ja -olosuhteita, jotka edistävät automaattisten järjestelmien kykyä selviytyä jatkossa myös haastavista olo-suhteista ja tilanteista. Suomessa tarvitaan myös omaa tutkimusta, kokeilutoimintaa ja pilotointia, joiden avulla saadaan ymmärrystä esimerkiksi liikennevälineen automaatioteknologian ja infrastruktuurin välisestä vuorovaikutuksesta ja infrastruktuurin kehittämisen tarpeista. Kokeilujen ja testaamisen kautta kehitetään myös yritysten osaamista ja kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla.

Keskeiset toimenpiteet:

12. Suunnataan tutkimus-, kehitys- ja innovaatorahoitusta automaatiokokeiluihin ja -pilotteihin sekä kehitystä tukevan tutkimuksen tekemiseen.
13. Tehostetaan kansallisen ja EU-rahoituksen hyödyntämistä automaation edistämiseen. Vaikutetaan kansainvälisesti ja EU:ssa myös siihen, mihin tutkimusta, innovaatiotoimintaa ja pilotteja suunnataan.

Toimenpiteiden pääasialliset vastuutahot: Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto, Business Finland, Suomen Akatemia ja liikenne- ja viestintäministeriö. Virastot toteuttavat toimenpiteitä osana niille kuuluvia tehtäviä. Virastot tekevät vuosittain tarkemmat suunnitelmat toimenpiteiden edistämiseksi.

Muut keskeiset toimijat: Kunnat, yliopistot ja korkeakoulut, tutkimuslaitokset, yritykset ja yhteisöt.

Resurssivaikutukset: Edellyttää lisärahoitusta, muun muassa Liikenne 12 -suunnitelmassa esitetyn 76,5 miljoonan euron kokeilukokonaisuuden mukaisesti.

Liikennemuotokohtaisesti painopisteitä ovat erityisesti seuraavat:

- Tieliikenteessä kokeillaan ja pilotoidaan automaation hyödyntämistä kaupunki- ja taajamaympäristöissä henkilö- ja/tai tavarakuljetuksissa.
- Vesiliikenteessä kehitetään koealustoja sekä niiden yhteistyötä sää-döshiekkalaatikkona ja liiketoiminnan markkinoille pääsyn mahdollis-tajana. Lisäksi toteutetaan kokeiluja ja pilotteja kansallisesti ja lähi-alueilla sekä edelläkävijämaiden kesken.
Rautatieliikenteen automaation edistämiseksi rakennetaan Digirata-hankkeen mukaisesti testirata.
- Miehitettömässä ilmailussa mahdollistetaan kokeiluita UAS-ilma-tilavyöhykkeiden (Unmanned Aircraft Systems) avulla.

5.6 Osaamisen kehittäminen

Liikenteen automaatio tulee vaatimaan sitä käyttäviltä ihmisiltä uudenlaista osaamista. Jotta automaatiojärjestelmät voivat edistää turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävyyyden vision toteutumista, niitä on osattava käyttää oikein. Automaatio myös muuttaa työn tekemisen tapoja. Aihepiiri vaatii selvitystyötä, joka koskee useampaa hallinnon-alaa. Osaamisen kehittämisessä on ensivaiheessa syytä tarkastella kuljettajakoulu-tusta ja ammattipätevyyksien kehittämistarvetta eri liikennemuodoissa. Lisäksi on syytä selvittää kuluttajan uusia osaamistarpeita automaattisten järjestelmien loppu-käyttäjänä erityisesti tieliikenteessä.

14. Selvitetään automaatioon liittyvät osaamistarpeet ja keinot osaamisen kehittämiseksi.

Toimenpiteiden pääasialliset vastuutahot: Liikenne- ja viestintäministeriö, opetus- ja kulttuuriministeriö, työ- ja elinkeinoministeriö.

Muut toimijat: Liikenne- ja viestintävirasto, Opetushallitus, Jatkuvan oppimisen ja työllisyyden palvelukeskus, yksityisen sektorin toimijoita edustavat järjestöt, yliopistot ja korkeakoulut, ammatillisen koulutuksen järjestäjät ja muut osaamispalvelujen tuottajat.

5.7 Vaikutusten arvioinnin ja sitä tukevan mittariston kehittäminen

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja toimenpidesuunnitelman valmistelun yhteydessä käynnistettiin työ myös automaatiovaikutusten arvioinnin kehittämiseksi. Kyseessä on varsin haastava tehtävä, joka kansainvälisestäkin on vasta alkuvaiheissaan. Vaikutusten arvioinnin olisi tuettava myös ymmärryksen lisäämistä laajemmista automaation vaikutuksista, kuten vaikutukset yksilöihin ja yhteiskuntaan sekä liikennejärjestelmään kokonaisuudessaan. Myös vaikutuksia muihin tienkäyttäjiin ja liikenne-
muotoihin, kuten kävelyyn ja pyöräilyyn, olisi pystyttävä arvioimaan.

Etenkin määrällisten arviointikriteereiden kehittäminen on haastavaa. Lisäksi on todettava, että nimenomaan automaation aiheuttamia vaikutuksia voi olla vaikea saada eroteltua yhteisvaikutuksesta, joka on seurausta kaikista samaan suuntaan vaikuttavista eri toimenpiteistä. Tämän takia suunnitelmassa pystyttiin vasta hahmottamaan vaikutusten arvioinnin kehikkoa. Automaatiovaikutusten arviointi yhteensovitetaan osaksi liikennejärjestelmäsuunnittelun vaikutusarviointityötä.

15. Luodaan liikenteen automaatiokehityksen vaikutusten arvioinnin kehikko sekä sitä tukeva mittaristo.

Vastuutaho: Liikenne- ja viestintäministeriö.

Muut toimijat: Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto, Ilmatieteen laitos, tutkimuslaitokset, yliopistot ja korkeakoulut.

5.8 Periaatepäätöksen toimeenpano ja seuranta

Liikenteen automaation periaatepäätöksen toimeenpano edellyttää vuositasolla tehtävien tarkempien suunnitelmien tekemistä. Periaatepäätöksen vaikuttavuutta tullaan mittamaan ja toimenpiteiden toteutumisesta raportoidaan. Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma sisältää toimenpiteen liikenteen automaation vaikutusarvioinnin ja sitä tukevan mittariston kehittämisestä osana Liikenne 12 -suunnitelman vaikutusarviointien kehittämistyötä.

II OSA

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma

Toinen osa sisältää yksityiskohtaisemman toimenpidesuunnitelman, joka pohjautuu valtioneuvoston periaatepäätöksessä linjatuille toimenpidekokonaisuuksille. Kyseessä on virkamiestason näkemys siitä, millaisista toimenpiteistä kokonaisuudet muodostuvat. On huomattava, että periaatepäätöksen mukaisesti toimenpiteiden kokonaisuus tarkentuu edelleen vuosittain laadittavien suunnitelmien avulla.

1 Tieliikenne

Tieliikenteen automaatiossa Suomen tavoitteena on mahdollistaa ihmisten liikkuminen lähtöpaikasta suunniteltuun määränpäähän soveltuvia automaatiotoimintoja hyödyntäen. Tieliikenteen automaatio kohti täysin itsestään ajavia ajoneuvoja on ollut hitaampaa kuin muutama vuosi sitten arvioitiin. Kehitys kuitenkin etenee vääjäämättä siten, että uudemmissa ajoneuvoissa on jo huomattava määrä kuljettajaa avustavaa automatiikkaa, kuten kaistavahteja ja dynaamisia vakionopeudensäätimisiä. Tavoitteita ja niitä tukevia toimenpiteitä ei ole syytä kohdistaa kaukaiseen tulevaisuuteen ja kaikkialla itsestään liikkuviin ajoneuvoihin, vaan automaation hyötyjä tulee voida kotiuttaa sitä mukaa kuin tekniikat kehittyvät ja tulevat markkinoille.

Suomi on maantieteellisesti laaja maa, jossa tulee jatkossakin olemaan vaihtelevia liikenneympäristöjä ja olosuhteita. Automaattinen liikenneväline ei voi esimerkiksi pysähtyä joutuessaan automaatiotoiminnoille määritellyn toimintaympäristön ulkopuolelle, vaan matkan on voitava jatkaa ihmisen toimiessa kuljettajana.

Automaation hyödyntämistä on edistettävä siten, että automaattinen ajojärjestelmä voi hoitaa dynaamista ajotehtävää mahdollisimman laajoilla alueilla Suomessa, mahdollisimman riippumattomasti sääolosuhteista. Lyhyemmällä tähtäimellä tämä on mahdollista moottoritieolosuhteissa. Tueksi tarvitaan muun muassa kehittyneitä sääntelyä, fyysisen infrastruktuurin luokittelua älyliikenteen näkökulmasta sekä väylien varsilla olevan digitaalisen infrastruktuurin kehittämistä.

Sekä kaupunkien syöttöliikenteessä että haja-asutusalueella tarjottavien joukkoliikenteen palveluiden on mahdollistettava matkaketjujen kilpailukyky henkilöautoiluun verrattuna. Automaattiset ja etäohjatut ajoneuvot, pienlinja-autot ja muut automaattiset joukkoliikennevälineet on kytkettävä saumattomasti muuhun joukkoliikenteeseen ja matkaketjuihin.

Joukkoliikenteen palveluiden kehittämisessä ja käyttöönotossa etäohjatut pienlinja-autot muodostavat yhden kehityksen keihäänkärjen. Niitä voidaan käyttää muun muassa matkareittien ensimmäisen ja viimeisen kilometrin palveluiden tarjontaan taa-jama-alueilla sekä haja-asutusalueilla liikenneyhteyksien parantamiseen. Toinen kiinnostava kehityssuunta on pienlogistiikkaan käytettävät kuljetusrobotit. Näiden avulla tarjottavien palveluiden kehittämistä ja käyttöä on tuettava siten, että edelläkävijyyys tällaisten palveluiden markkinan luomisessa on mahdollista.

1.1 Sääntely

- Käynnissä on laaja tieliikenteen automaatioon vaikuttavan sääntelyn tarkastelu- ja valmisteluhanke, jolla valmistaudutaan tulossa oleviin kansainvälisiin sopimusmuutoksiin. Hankkeessa tarvittavan valmistelun tueksi on asetettu työryhmä, jolla voi olla tarvittava määrä alatyöryhmiä. Hankkeessa työestetään ainakin seuraavia keskeisiä kysymyksiä:
 - Automaattisten ajojärjestelmien kehittämiseen, ylläpitoon, hyödyntämiseen ja käyttöön sekä käytöstä poistoon liittyvien toimijoiden roolien sekä rooleihin liittyvien velvollisuuksien ja oikeuksien määrittäminen,
 - Velvoitteiden ja vastuiden kohdistumisen selkeyttäminen uudessa toimintaympäristössä sekä vastuullisuuden kulttuurin syntyminen tukeminen sääntelyn keinoin,
 - Algoritmien läpinäkyvyyden varmistaminen ja kyberturvallisuuden huomioiminen,
 - Ihmisen ja koneen väliseen vuorovaikutukseen liittyvän läpinäkyvyyden varmistamisen elementtien luominen,
 - Liikennesääntöjen toimivuuden tarkastelu siitä näkökulmasta, miten ne voidaan muuntaa automaattisten ajoneuvojen hyödynnettäviksi digitaalisessa muodossa,
 - Tarvittavan osaamisen kehittäminen,
 - Tarvittavien testaus- ja hyväksyntämenettelyjen ja osaamisen kehittäminen.
- Varmistetaan, ettei lainsäädännössä ole esteitä etäohjattavien pienlinja-autojen käytölle ja niiden avulla tarjottaville palveluille.
- Osallistutaan aktiivisesti YK:n Euroopan talouskomissiossa (UNECE) toimivan asiantuntijaryhmän työhön, jonka tavoitteena on uuden automaatiota koskevan kansainvälisen oikeudellisen instrumentin valmistelu.
- Osallistutaan EU:n tekoälyä koskevan sääntelykehikon valmisteluun.
- Ylläpidetään automaatiokehityksen tilannekuvaa osana koko liikennejärjestelmää koskevaa analyysityötä.

1.2 Digitaalinen infrastruktuuri

- Seurataan viestintäyhteyksien kehittymistä teiden varsilla säännöllisesti toteutettavilla mittauksilla. Ensi vaiheessa otetaan kehittämisen ja pilotoinnin painopisteeksi moottoritiet sekä mahdollisesti kaupunkien kehäteitä tai osa pääväylistä.

- Määritellään digitaalisen infrastruktuurin tarvittava palvelutaso ja vähimmäisvaatimukset pääväylillä ja keskeisissä liikenteen solmupisteissä yhteistyössä alan toimijoiden kanssa.
- Varaudutaan digitaalisen infrastruktuurin kehitystä edistävän passiivi-infran rakentamiseen julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyössä muun muassa selvityksin ja kokeiluin.
- Selvitetään julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyössä digitaalisen infrastruktuurin rakentamista tukevia rahoitusvaihtoehtoja, kuten EU-rahoituksen saamista. Edistetään yhteistyössä myös erilaisia yhteisrakentamishankkeita ja yhteisrakentamisen muotojen kehittymistä.
- Selvitetään sähkönsyötön ja -jakelun kehittämistä pääväylien varsilla niin, että muun muassa kehittyneen tietoliikenneverkon sähköntarpeisiin voidaan vastata.

1.3 Tiedon hyödyntäminen

- Kehitetään kuntien katuverkkoa koskevien tietojen kattavuutta, laatua ja saatavuutta liikenteen automaation tarpeita varten vastaavasti kuin valtio omistamansa väyläverkon osalta, kuten valtakunnallisessa liikennejärjestelmäsuunnitelmassa todetaan.
- Vaikutetaan aktiivisesti ITS-direktiivin¹ EU-tason uudelleentarkastelutyöhön.
- Edistetään liikennesääntöjen saatavuutta digitaalisessa muodossa.
- Selvitetään, miten liikennevälineiden keräämää liikenteen turvallisuuteen ja sujuvuuteen liittyvää tietoa saataisiin jaettua toimijoiden kesken kaikkia hyödyntävällä tavalla. Kehitystyössä huomioidaan tietoaineistojen laadun ja kattavuuden ohella myös kyberturvallisuus sekä yksityisyydensuojaan, tietosuojaan ja liikesalaisuuksien suojaan liittyvät kysymykset.

1.4 Fyysinen infrastruktuuri

- Määritellään ensi vaiheessa moottoriteihin kohdistuvat kehittämistoimet ja pilotoidaan niitä todellisella noin 150 kilometriä pitkällä tiejaksolla. Seuraavassa vaiheessa käynnistään tarpeelliseksi todetut kehittämistoimenpiteet kaikille yli 100 kilometriä pitkille moottoritiejaksoille. Myöhemmin määritellään ja toteutetaan kehittämistoimenpiteet muulle automaattiliikenteen palvelutasoluokituksen ylemmän tason tieverkolle.

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/40/EU tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton ja tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista

- Kehitetään kunnossapitoa, etenkin talvikunnossapitoa siten, että se tukee automaatiota myös pohjoisemmilla alueilla.
- Vaikutetaan kansainvälisessä yhteistyössä väylien älykkään luokittelun kehittämiseen sekä väylien ja ajoneuvojen automaatioedellytysten mahdollista vuorovaikutusta koskevien edellytysten määrittelyyn.

1.5 Kokeilut ja testaaminen

- Kokeillaan ja pilotoidaan automaation hyödyntämistä kaupunki- ja taajamaympäristöissä henkilö- ja/tai tavarakuljetuksissa.
- Kehitetään Suomen lainsäädäntöä ja kansallista ohjeistusta tavoilla, jotka 1) edistävät Suomen houkuttelevuutta testausympäristönä, 2) varmistavat turvallisuuden ja kyberturvallisuuden toteutumisen testaamisessa ja 3) tekevät testaamisesta toimijoiden kannalta ennakoitavaa ja joustavaa.
- Tehostetaan tietojenvaihtoa jo tehdyistä tutkimuksista ja piloteista sekä kokeiluista.
- Tuetaan haastavien liikenne- ja keliolosuhteiden testausekosysteemiä. Parannetaan toimijoiden välistä yhteistyötä, jotta voidaan mm. välttää päällekkäistä tekemistä. Huolehditaan ekosysteemin yhteistyöstä tutkimusmaailman kanssa.

2 Vesiliikenne

Tavoitteena on luoda edellytykset vesiliikenteen automaatiolle sekä edistää suomalaisten automaatoratkaisujen käyttöönottoa liiketoiminta- ja palvelutarpeet huomioiden. Termillä ”vesiliikenne” tarkoitetaan sekä meri- että sisävesiliikennettä.

Vesiliikenteessä automaatio etenee parhaillaan aluksen eri järjestelmissä. Alus- ja sensoriteknologiat sekä tekoälysovellukset ovat jo kehittyneitä. Alus on tarpeen nähdä yhtenäisenä systeeminä, jonka järjestelmien tulee toimia yhteen.

Ensisijainen tavoite ei ole poistaa miehistöä aluksesta vaan lisätä autonomisten ja siihen liittyvien teknologioiden myötä vähitellen meriliikenteen turvallisuutta, tehokkuutta ja kestävyyttä. Kaikkien toimintojen suhteen täysin autonominen ja miehittämätön alus onkin vielä kaukaisemmassa tulevaisuudessa. Miehistöä tarvittaneen tiettyihin tehtäviin kuten matkustajista huolehtimiseen myös jatkossa.

Koska vesi- ja etenkin meriliikenteen sääntely on pitkälti kansainvälistä, Suomen tavoitteena on, että kansainvälinen lainsäädännön viitekehys tukee korkean tason automaation ja autonomisen merenkulun käyttöönottoa esimerkiksi meritilannekuvan ja navigoinnin osalta. Suomen kannalta keskeisiä haasteita vesiliikenteen automaation hyödyntämiseksi ovat muun muassa navigoitavuudeltaan haastava saaristo sekä talviolosuhteet.

Vesiliikenteessä on tavoitteena lisätä väylien ja kuljetusketjujen älykkyyttä. Kehityksessä on keskeistä, että kansallisesti saadaan aikaan älykkään vesiväylän vaatima fyysinen ja digitaalinen infrastruktuuri, tietopalvelut sekä hallinnointimalli, jotka tukevat käyttöönottoon johtavaa pilotointia ja etenevää automaatiota. Lisäksi tavoitteena on, että etäluotsaus voidaan ottaa käyttöön valikoiduilla alueilla ja että liikenteen ohjauksessa hyödynnetään useasta lähteestä koostuvaa, eri käyttäjäryhmille jaettavissa olevaa digitaalista, ajantasaista tilannekuvaa. Kansallisesti tavoitellaan lähivuosina kehitettyneen automaation hyödyntämistä satamissa sekä rajatuilla alueilla kansallisessa rahtiliikenteessä ja navigoinnissa. Lisäksi tavoitteena on toteuttaa mahdollisia ensimmäisiä käyttöönottoja satamien ja saaristoliikenteen automaation kokeiluiden kautta.

2.1 Sääntely

- Vaikutetaan yhtenäisen säädösviitekehyksen syntyyn kansainvälisessä ja EU-yhteistyössä. Lisäksi selvitetään kansallisen lainsäädännön muutostarpeet kansallisen vesialueen osalta ensimmäisten palvelujen ja pilottien mahdollistamiseksi. Painopisteinä ovat erityisesti seuraavat asiat:
 - IMO:ssa käynnissä olevan säädöskartoituksen loppuun saattaminen olennaisten sopimusten osalta,
 - Etenevän automaation mahdollistavan tavoitepohjaisen ja kokonaisvaltaisen säädösinstrumentin kehittäminen sekä tarvittavat sopimusmuutokset ja tulkinnat,
 - Poikkileikkaavien haasteiden ja teemojen, kuten terminologian, määritelmien ja vastuukysymysten ratkaiseminen,
 - Digitaalisen infrastruktuurin (viestintäyhteydet) sekä tietojen ja tiedonvaihdon vaatimusmäärittely,
 - Olemassa olevien teknologioiden (liittyen esimerkiksi konenäköön, tähystykseen, törmäysten estämiseen ja digitaalisiin turvalaitteisiin) käyttöönotto,
 - Ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus sekä automaation osaamisvaatimukset,
 - Alus järjestelmänä, aluksen ja maatoimijoiden vuorovaikutus, verkottuminen, turvallinen navigointi ja tilannekuva,

- Selvitetään kansallisen lainsäädännön muutostarpeet aluksi kansallisen vesialueen osalta ja ensimmäisten palvelujen ja pilottien mahdollistamiseksi, myöhemmin IMO- ja EU-lainsäädännön toimeenpanemiseksi. Hankkeessa työstehtään ainakin seuraavia kysymyksiä:
 - toimijoiden roolien ja vastuiden täsmentäminen automaation edetessä,
 - väli aikaisten säännösten tarve liittyen mm. älykkäiden ja virtuaalisten turvalaitteiden käyttöönottoon,
 - etäluotsauksen käyttöönoton mahdollistaminen.

2.2 Digitaalinen infrastruktuuri

- Määritellään älykäs vesiväylä, mihin kuuluvat erityisesti viestintäyhteydet (digitaalisen infrastruktuurin suunnitelma), dynaamisen tiedon hyödyntämisen ja vaihdon malli (eri toimijoiden keräämät tiedot, alusteknologian ja tekoälyn merkitys) ja fyysinen infrastruktuuri (kuten turvalaitteet).
- Selvitetään hyödynnettävien resurssien puitteissa eri alueilla (väylät, avomeri) ja solmupisteissä (satamat) tarvittavat viestintäyhteydet.

2.3 Tiedon hyödyntäminen

- Huomioidaan automaation tarpeet esimerkiksi osana uuden meriliikenteen ilmoituspalvelu -hankkeen (European Maritime Single Window, EMSW) arkkitehtuurikehitystä yhtenäistämällä ja harmonisoimalla tiedonvaihtoa sekä luomalla edellytyksiä kolmansien osapuolten tarjoamien lisäarvopalveluiden kehittämiseen.
- Selvitetään ja toteutetaan muun kuin turvallisuuskriittisen viranomaistiedon (kuten tutkatiedot rajatuilta alueilta ja reittitiedot) jakaminen entistä laajempaan käyttöön.
- Kehitetään kannusteita yksityisten toimijoiden hallussa olevien tietojen jakamisen kehittämiseksi, sekä selvitetään kannusteiden käytön mahdollisesti vaativat lainsäädännön muutokset.
- Selvitetään standardien hyödyntäminen tilannekuvan jakamiseksi ja hyödyntämiseksi.

2.4 Fyysinen infrastruktuuri

- Kehitetään älykkään vesiväylän fyysistä infrastruktuuria ja sen yhteiskäyttöä, kuten sääasemia, älykkäitä kiinteitä ja kelluvia turvalaitteita sekä sensoreita.
- Parannetaan kustannustehokkuutta infrastruktuurien, kuten sensorien sekä simulaattorien, yhteiskäytöllä. Sääasemia ja -sensoreita sijoitetaan satamiin ja sellaisille väylän osille, joista ei vielä saada riittävän tarkkaa tietoa.
- Parannetaan turvalaitteiden ja sensoreiden sähkön syöttöä saaristossa pääasiassa aurinkoenergian avulla.
- Otetaan käyttöön satama-automaatiota mm. laiturirakenteissa.

2.5 Kokeilut ja testaaminen

- Kehitetään koealustoja sekä niiden yhteistyötä säädöshiekkalaatikkona ja liiketoiminnan markkinoille pääsyn mahdollistajana. Lisäksi toteutetaan kokeiluja ja pilotteja kansallisesti ja lähialueilla sekä edelläkävijämaiden kesken.
- Toteutetaan merenkulun kokeiluja ja laajoja yritysvetoisia pilotteja kansallisesti, lähialueilla ja kansainvälisesti tukemaan ratkaisujen suorituskyvyn ja turvallisuuden, yhteentoimivuuden, uusien roolien, vastuiden ja menettelytapojen todentamista, uusia automaation ja datatalouden yhdistäviä liiketoimintamalleja sekä logistisia ketjuja.
- Kiinnitetään erityistä huomiota osaamisen ja ekosysteemien vahvistamiseen ja hyödyntämiseen, tulosten hyödyntämiseen sekä kokeilujen ja ratkaisujen skaalaamiseen kansainvälisille markkinoille.

- Satamien välisiä kansainvälisiä pilotteja tehdään hyödyntäen ekosysteemejä ja kansainvälisiä verkostoja (mm. MASSPORTS). Tavoitteena saada aikaan erityisesti pienten ja suurten satamien välisiä kokeiluja yhteentoimivuuden edistämiseksi.
- Testataan ja otetaan käyttöön IMO:n kokeiluohjeistus, EU:n kokeiluohjeistus ja muu kansainvälinen ohjeistus soveltuvien osien ja täydennetään niitä tarvittaessa kansallisella ohjeistuksella ja lainsäädännöllä.
- Tehdään kansallisen saaristoliikenteen kokeiluja (esim. turvalaitteet, tiedonvaihto ja digitaalinen infrastruktuuri, automaation hyödyntäminen yhteysalusliikenteessä, lainsäädäntö, ohjeistus ja valvonta).
- Huomioidaan kokeiluissa talvimerenkulun ja jäänmurron tarpeet.
- Testataan ja otetaan käyttöön etäluotsausta tukevat määrittelyt ja edistetään etäluotsauksen käyttöönottoa sekä vaikutetaan kansainvälisesti yhtenäisiin käytäntöihin pohjoismaisella ja kansainvälisellä yhteistyöllä.
- Tuotetaan kehittämishankkeissa määrittelyjä etäluotsaukseen ja todennetaan niitä kokeiluissa ja demonstraatioissa.
- Selvitetään etäluotsauksen vaatima organisointi ja resurssit.

3 Raideliikenne

Keskeisenä tavoitteena on ottaa pitkäjänteisesti käyttöön uusia teknologioita erityisesti rautatieliikenteen kulunvalvonnan ja liikenteen ohjauksessa. Tärkeimpiä kokonaisuuksia tämän edistämiseksi on vaikuttaa EU-sääntelyyn raideliikenteen automaation mahdollistavasti sekä Digirata-hankkeen avulla lisätä rautatieliikenteen automaatiota edistävää tietoa ja osaamista.

Raideliikenteellä tarkoitetaan rautatieliikennettä ja kaupunkiraideliikennettä, joka jaetaan vielä erikseen metrolienteeseen sekä raitiotieliikenteeseen. Rautatieliikenne poikkeaa muista liikennemuodoista siten, että se on toimintaympäristöltään suljettu. Rataverkolla ei voi liikennöidä ilman asianmukaisia lupia, ja toimijoiden määrä on rajallinen. Automaatiolla ja datan hyödyntämisellä suurimmat hyödyt rautatieliikenteessä arvioidaan saavutettavan kulunvalvonnassa- ja ohjauksessa.

Rautatieliikenteen kulunvalvonnan- ja ohjaamisen parasta ratkaisua Suomelle ollaan selvittämässä liikenne- ja viestintäministeriön johtamassa ja Väyläviraston ja Fintraffic Raide Oy:n projektoimassa Digirata-hankkeessa. Rautatieliikenteen automaation mahdollistaminen kytkeytyy Digirata-hankkeen etenemiseen.

Digirata-hankkeen tämän hetken merkittävin toimenpide on koerata, joka muodostaa Digirata-hankkeen kokeiluympäristön ja siten myös rautatieliikenteen automaation kokeilujen edistämisen kannalta välttämättömän testausalueen. Rataosuudelle rakennetaan ETCS-testirata (European Train Control System) sekä ETCS-laboratorio. Digiradan puiteissa on mahdollista testata automaation ja datan hyödyntämistä raideliikenteessä. Lisäksi testataan, miten pilottirata täyttää EU:n teknisten eritelmien vaatimukset täysin myös radioverkkoratkaisujen osalta ja varmistetaan rataverkon ja liikkuvan kaluston yhteentoimivuus kaupallisessa liikenteessä.

Datan hyödyntämisen osalta tavoitteena on luoda digitaalisen rautatieliikenteen suomalaista vientiosaamista, jossa painopisteenä on automaatio, datan hyödyntäminen sekä kyberturvallisuuden kehittäminen. Tavoitteena on muodostaa uusia teknologioita kehittävä julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyökokonaisuus rautatieliikenteelle.

Kaupunkiraideliikenteen osalta metrolienteen automatisoinnilla pystytään saavuttamaan merkittäviä etuja esimerkiksi turvallisuudessa ja tehokkuudessa. Raitieliikenteen osalta automaatio edellyttää tavoitteiden määrittelyä sekä suunnittelua osana kaupunkiliikenteen kokonaisuutta.

3.1 Sääntely

- Arvioidaan ratalain ja raideliikennelain sekä liikenteen palveluista annetun lain sisältö automaation ja digitalisaation mahdollistamisen näkökulmasta. Lisäksi selvitetään kaupunkiraideliikennettä koskevan lainsäädännön toimivuus automaation mahdollistamisen näkökulmasta erityisesti sekaliikenteessä.
- Vaikutetaan siihen, että EU-sääntely rautatieliikenteessä on teknologianeutraalia ja mahdollistaa yleisesti käytössä olevien teknologioiden, kuten yleisten viestintäverkkojen ja paikannusjärjestelmien käytön. Suomen tavoitteena on, että jatkossa rautatieliikenteessä on mahdollista mm. liikenteenhallinnan optimointi tekoälyn avulla, reaaliaikaisen tiedon jalostaminen ja jatkuvasti päivittyvä kapasiteetti- ja aikataulutieto.

3.2 Digitaalinen infrastruktuuri

- Toteutetaan Digirata -hankkeen kehitys- ja verifiointivaiheet (2021-2027). Kokonaisuuteen sisältyvät mm. testirata, testauslaboratorio, rautateiden 5G-radioverkon kehittäminen (FRMCS) ja rautateiden paikannusjärjestelmä. Hankkeen hankinta- ja toteutusvaiheessa (2028-2040) koko rataverkko on tarkoitus varustaa ERTMS (European Rail Traffic Management System) -järjestelmällä.
- Muodostetaan tarvittava ymmärrys ja tieto, jotta Suomessa voidaan toteuttaa radiopohjainen rautatieliikenteen kulunvalvontajärjestelmä ETCS. Tavoite on, että rautatieliikenteessä käytettävä radioverkko on kaupallisten toimijoiden tarjoama LTE/5G-verkko.

3.3 Tiedon hyödyntäminen

- Kehitetään kaupunkiraideliikenteeseen liittyvien tietojen satavuutta ja jakamista.
- Luodaan toimijoiden kesken yhteisymmärrys fyysisestä infrastruktuurista tehtävän automaattisesti päivittyvän digitaalisen kaksosen tarpeellisuudesta ja tasosta.

3.4 Fyysinen infrastruktuuri

- Rakennetaan Digirata-hankkeen mukainen kokeilurata, joka varustellaan mahdollisimman edistyksellisillä tiedonsiirto- ja rataanfralla. Tämä ympäristö mahdollistaa rautatieliikenteen automaatiotasojen 1 ja 2 kokeilemisen.

3.5 Kokeilut ja testaaminen

- Rautatieliikenteen automaation edistämiseksi rakennetaan Digirata-hankkeen mukaisesti testirata.

4 Miehittämätön ilmailu

Suomen tavoitteena on olla houkutteleva ympäristö kokeilujen ja testien tekemiselle, ja sitä kautta olla yksi edelläkävijämaista, joissa miehittämättömän ilmailun palveluita otetaan käyttöön teknisen kehityksen sallimassa tahdissa. Julkisen sektorin toiminnan keskiössä on oltava teknologisen kehityksen mahdollistaminen. Liikenteen automaatiokehityksen kannalta tarkastellaan erityisesti miehittämätöntä ilmailua, sillä miehityksessä ilmailussa automaatiokehitys on jo pitkällä ja siihen liittyvät rakenteet ja sääntely ovat lähtökohtaisesti jo olemassa.

Miehittämättömällä ilmailulla on tunnistettu olevan jatkossa merkittävästi nykyistä laajemmin kaupallista potentiaalia. Valtaosa miehittämättömän ilmailun toiminnan markkinapotentiaalista kohdistuu kauko-ohjaajan tai lentoa valvovan operaattorin näköyhteyden ulkopuolella tapahtuviin lentoihin. Laajamittainen operointi edellyttää muun muassa nykyistä kattavampia ja luotettavia digitaalisessa muodossa olevia reaaliaikaisia tietoja ilmatilasta ja sen käyttäjistä sekä tietoa matalilla lentokorkeuksilla ja kaupunkialueilla olevista lentoesteistä. EU:ssa on valmisteltu miehittämätöntä ilmailua koskeva U-space-sääntelykehys, jossa on kyse turvallisen toimintaympäristön luomisesta automatisoidulle miehittämättömälle ilmailulle.

Nykyisin miehittämättömän ilmailun toiminta ilman näköyhteyttä vaatii erillisen ilmatilan perustamista, esimerkiksi vaara-alueen. Vaara-alueelle lentämistä ei ole muilta rajoitettu, mutta käytännössä muu ilmailu välttää aluetta, jolloin ilmatilan käyttö ei ole tehokasta. Ilmatilan dynaamisen hallinnan toteuttamiseksi on tarpeen ilma-aluksien kyvykkyys jakaa hajautetusti tietoa sijainneistaan ja havainnoineistaan. U-space-sääntelyllä pyritään dynaamiseen ja joustavaan ilmatilan käyttöön, jossa miehittämättömän ja miehitetty ilmailu voidaan turvallisesti yhteensovittaa. Tämä edellyttää mm. sitä, että kaikki tällaisessa U-space-ilmatilassa toimivat ilma-alukset olisivat nähtävissä sertifioidulle palveluntarjoajalle, jonka tehtävänä olisi huolehtia siitä, että törmäyksiä ei tapahdu.

4.1 Sääntely

- Edistetään riskiperusteista ja kaikkien ilmatilan käyttäjien tarpeet yhteensovitettavaa sääntelytapaa, kehitetään kansallisen ilmailusääntelyn toimivuutta erityisesti matalalla harjoitettavan lentotoiminnan osalta sekä määritetään EU:n U-Space-ehdotuksen mukaisia miehittämättömän ilmailun lennonvarmistukseen rinnastuvia U-Space-toimintaympäristöjä.
- Vaikutetaan aktiivisesti siviili-ilmailun ja erityisesti miehittämätöntä ilmailua, ilmailutoimijoiden kyberturvallisuutta ja ilmatilan hallintaa koskevan sääntelyn

valmisteluun EU:ssa ja Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA:ssa. Osallistutaan aktiivisesti miehittämätöntä ilmailua koskevien kansainvälisten standardien ja suositusten kehittämiseen kansainvälisessä siviili-ilmailujärjestö ICAO:ssa.

4.2 Digitaalinen infrastruktuuri

- Selvitetään muun muassa verkkojen suuntaukseen liittyvien erityisten haasteiden ratkaisemista, jotta ilma-alukset voisivat lähettää ja vastaanottaa dataa lennon aikana.

4.3 Tiedon hyödyntäminen

- Kehitetään sääolosuhteita, lentoesteitä ja muiden miehittämättömien ilma-alusten sijaintia koskevien tietojen saatavuutta ja jakamista.

4.4 Fyysinen infrastruktuuri

- Kehitetään lentopaikkojen sääntelyä ja lentoonlähtö- ja laskeutumisaikojen yhteensovittamista maankäytön suunnittelussa.

4.5 Kokeilut ja testaaminen

- Mahdollistetaan kokeiluita UAS-ilmatilavyöhykkeiden (Unmanned Aircraft Systems) avulla.

III OSA

Taustaselvitys

Kolmas osa koostuu periaatepäätöksen ja lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelman taustaselvityksestä. Siinä käydään läpi automaatiokehityksen tämän hetkistä tilaa, liikennevälineiden teknistä kehitystä, oikeudellisia kysymyksiä ja sääntelykehikon kehittämistarpeita, liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden kehittämistä, liikenteen automaation tarvitsemaa digitaalista infrastruktuuria, tiedon hyödyntämisen edistämistä nimenomaan liikenteen automaation tarpeisiin, automaation tarvitsemaa fyysistä infrastruktuuria, sekä kokeiluja ja pilotointia ja niiden tukemista. Asioita on tarkasteltu pääosin liikennemuotokohtaisesti, sillä työ jakaantuu kansainvälisesti ja EU:ssa edelleen siten. Lisäksi liikennemuotojen automaatiokehityksessä on niiden ominaisuuksista johtuvia suuriakin eroja.

1 Katsaus liikenteen automaation sääntelyn kehitystarpeisiin

Tekoälyllä (Artificial Intelligence, AI) tarkoitetaan käytännössä varsin laajaa kirjoa teknisiä järjestelmiä esimerkiksi konenäöstä aina itseoppiviin järjestelmiin. Tällä hetkellä käytössä on järjestelmiä, joissa on tekoälyn piirteitä, kuten erilaista analytiikkaa ja konenäköä, mutta itseoppiviin järjestelmiin on vielä matkaa. Lyhyenä yleistyksenä voi todeta, että tekoälyä käyttävät järjestelmät pohjautuvat algoritmien ja datan käyttöön. Vastaavasti voidaan todeta, että liikenteen automaatio perustuu datan hyödyntämiseen ja tekoälyjärjestelmien käyttöön.

1.1 Liikenteen automaation kannalta keskeiset eettiset periaatteet

Liikenteen automaation sääntelyn voidaan katsoa perustuvan eettiselle ”ei saa tehdä vahinkoa” -periaatteelle, jota myös EU:n korkean tason asiantuntijaryhmän suuntaviivoissa² korostettiin. Liikenteen automaatiossa tämä periaate näkyy erityisesti turvallisuustavoitteen korostumisena vaikka sääntelykehikkoja luotaessa liikenteen automaatiossa muun muassa tehokkuus- ja kestävyystavoitteet huomioidaan myöskin. Lähtökohtaisesti liikennemuodoissa, joissa turvallisuustaso on jo nykyisin erittäin korkea (kuten merenkulussa) vertailukohtana pidetään vähintään saman turvallisuustason toteutumista, mutta tieliikenteessä odotukset kohdistuvat turvallisuustason kohentumiseen nykyisestä. Myös kyberturvallisuus huomioidaan suosituksissa ja edellytetään, että mahdollisiin hyökkäyksiin tai muihin riskeihin varaudutaan koko järjestelmien elinkaaren ajan.

On selvää, että näihin periaatteisiin sisältyy samalla kieltö kehittää ja käyttää tekoälyjärjestelmiä niin, että perus- ja ihmisoikeuksia loukattaisiin. Toisinaan mahdollisesti aiheutuvia ihmisoikeusloukkauksia voi olla vaikea etukäteen arvioida. Esimerkiksi käytetty data saattaa olla jollakin tapaa vinoutunutta, jolloin tuloksena saattaisi olla esimerkiksi tiettyä ihmisryhmää syrjivä järjestelmä.

² Independent Expert Group on Artificial Intelligence set up by the European Commission: Ethics Guidelines for Trustworthy AI. <https://www.aepd.es/sites/default/files/2019-12/ai-ethics-guidelines.pdf>

Tekoälytoimijat ja vastuullisuus (accountability)

Tekoälyjärjestelmien käytön myötä toimijoiden määrä kasvaa. Samalla yhdellä toimijalla voi olla useita erilaisia rooleja. Roolien ja niihin liittyvien velvollisuuksien ja oikeuksien määrittely on tärkeää selkeän ja kokonaiskuvan hahmottavan sääntely-ympäristön luomiseksi. Tämä auttaa merkittävästi myös vastuukysymysten ratkaisemisessa.

Liikenteessä luonnollinen henkilö on tähän saakka ollut keskeinen toimija, johon myös velvollisuudet ja oikeudet ovat kohdistuneet. Jatkossa oikeushenkilöiden eli yritysten merkitys tekoälyjärjestelmien kehittäjinä ja hyödyntäjinä muodostuu keskeiseksi. Yritysten on välttämätöntä luoda sisäinen vastuullisuuden kulttuuri (culture of accountability), jonka avulla ne voivat varmistaa velvollisuuksiensa huolellisen hoitamisen tekoälyjärjestelmiä kehitettäessä ja käytettäessä. Tässä ne tarvitsevat tukea sekä sääntelykehon että käytännön työkalujen muodossa.

Läpinäkyvyys (transparency)

Ihmisten luottamus automaatioon on edellytys yleisen hyväksynnän saavuttamiselle. Luottamuksen syntymisen kannalta olennaista on, että ihmiset voivat ymmärtää koneiden tekemien päätösten perusteita ja että he voivat luottaa järjestelmien kyberturvallisuuteen ja muuhun turvallisuuteen. Keskeinen tekijä luottamuksen syntymisessä on läpinäkyvyys. Läpinäkyvyydellä on kaksi ulottuvuutta. Algoritmisen läpinäkyvyyden avulla riippumattomat kolmannet osapuolet, kuten viranomaiset ja tarkastuslaitokset, voivat arvioida erityisesti järjestelmien kyberturvallisuuden tasoa sekä päätöksenteon perusteita (selitettävyys eli explainability). On huomattava, että läpinäkyvyydellä ei tarkoiteta avoimuutta, eli liike- ja ammatillisalaisuuksien suoja luonnollisesti pätee. Algoritmien läpinäkyvyys edellyttää asiantuntijuutta.

Läpinäkyvyys tekoälyjärjestelmien loppukäyttäjien suuntaan on yhtä keskeistä. Esimerkiksi liikenteen automaatioissa yksittäisen kuluttajan asemassa olevan ihmisen on välttämätöntä ymmärtää, mitä järjestelmä tekee tai mitä se ei tee, ja mitä ihmiseltä kulloinkin odotetaan, eli mitä oikeuksia ja velvollisuuksia hänellä tietyssä roolissa toimiessaan on. Lisäksi liikenteen automaatioissa tarvitaan läpinäkyvyyttä suhteessa muihin liikenteessä liikkuviin, esimerkiksi tieliikenteessä erityisesti niin sanottujen haavoittuvien tienkäyttäjien eli jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden suuntaan.

Kansainvälisesti tulisi luoda standardit, jotka mahdollistavat mitattavissa ja testattavissa olevat läpinäkyvyyden tasot. Läpinäkyvyyden kannalta isossa merkityksessä on dokumentointi, joka mahdollistaa järjestelmien tarkastettavuuden (auditability) sekä tapahtumien jälkikäteisen tarkastelun (traceability) ja mahdollisten virheiden selvittelyn.

1.2 EU:n tekoälyn sääntelykehikko liikenteen automaation näkökulmasta

Komissio antoi 21.4.2021 ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn eurooppalaiseksi tekoälyn horisontaaliseksi sääntelyksi (KOM (2021) 206 lopullinen). Samassa yhteydessä komissio antoi tekoälyn tiedonannon (KOM (2021) 205 lopullinen) sekä sen liitteenä päivitetyn tekoälyn koordinoitun toimintasuunnitelman. Asetusehdotus on uutta sääntelyä, ja se pohjautuu komission 19.2.2020 antamaan tiedonantoon Euroopan digitaalisesta tulevaisuudesta sekä tekoälyä koskevaan valkoiseen kirjaan³. Valtioneuvosto antoi eduskunnalle 27.5.2021 asetusehdotukseen liittyvän U-kirjelmän (Valtioneuvoston kirjelmä eduskunnalle komission ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act) U 28/2021 vp) ja tiedonantoon liittyvän E-kirjelmän (Komission tiedonanto: Tiedonanto eurooppalaisesta lähestymistavasta tekoälyyn, E 62/2021 vp). Ehdotus on laatuaan ensimmäinen maailmassa. Se heijastelee edellä käsiteltyjä eettisiä lähtökohtia.

Ehdotuksella annetaan harmonisoidut säännökset a) AI-järjestelmien markkinoille laskuun, hyödyntämiseen ja käyttöön EU:n alueella, b) kielletään tietyntyyliset AI-sovellukset, c) annetaan erityiset säännökset korkean riskin AI-järjestelmille ja velvollisuudet niiden kehittämiseen ja käyttämiseen liittyville toimijoille, d) annetaan harmonisoidut läpinäkyvyysnäkökohdat AI-järjestelmille, joiden on tarkoitus olla kanssakäymisessä ihmisten kanssa, tunteiden tunnistusjärjestelmille, biometrisen luokittelun järjestelmille ja sellaisille AI-järjestelmille, joiden on tarkoitus tuottaa tai manipuloida kuvaa, ääntä tai videosisältöä, e) säännökset markkinoiden tarkkailulle ja valvonnalle.

Ehdotuksen sisältämä tekoälyn määritelmä kattaa a) koneoppimisen tekniikat, b) logiikka- ja tietokantapohjaiset lähestymistavat ja c) tilastolliset lähestymistavat, arviointi-, haku- ja optimisointimenettelyt. Komissiolle annettaisiin valta päivittää listausta delegoidun asetuksen avulla.

Liikenteen automaation kannalta keskeisiä säännöksiä ehdotuksessa ovat korkean riskin järjestelmille asetetut vaatimukset. Korkean riskin sovelluskohteet on määritelty art. 6 sekä liitteissä II ja III. Liite II tuo mukanaan melko suuren määrän sovellusalueita direktiivi- ja asetusviittausten kautta, ja liite III:ssa sovelluskohteet on määritelty enemmänkin käyttötavan kautta (ns. stand alone -sovelluskohteet). Näihin lukeutuvat

³ Valkoinen kirja tekoälystä – Eurooppalainen lähestymistapa huippuosaamiseen ja luottamukseen (COM(2020) 65 final), (E24/2020 vp).

muun muassa biometrinen tunnistaminen ja kriittisen infrastruktuurin kuten tieliikenteen hallinta ja operointi (management and operation of road traffic).

Soveltamisalassa säädetään, että seuraavia korkean riskin AI-järjestelmiä, jotka ovat tuotteiden tai järjestelmien turvallisuusosia, tai jotka itsessään ovat tuotteita tai järjestelmiä, koskee ainoastaan asetuksen art. 84, (komission suorittama säädöksen arviointi ja uudelleen tarkastelu):

- asetus (EY) N:o 300/2008 yhteisistä siviili-ilmailun turvaamista koskevista säännöistä,
- asetus (EU) N:o 168/2013 kaksi- ja kolmipyöräisten ajoneuvojen ja nelipyöräisten hyväksynnästä ja markkinavalvonnasta,
- direktiivi 2014/90/EU laivavarusteista,
- direktiivi (EU) 2016/797 rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta Euroopan unionissa,
- asetus (EU) 2018/858 moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen sekä tällaisiin ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien, komponenttien ja erillisten teknisten yksiköiden hyväksynnästä ja markkinavalvonnasta,
- asetus (EU) 2019/2144 moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen sekä näihin ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien, komponenttien ja erillisten teknisten yksiköiden tyyppi hyväksyntävaatimuksista,
- asetus (EU) 2018/1139 yhteisistä siviili-ilmailua koskevista säännöistä ja Euroopan unionin lentoturvallisuusviraston perustamisesta, siltä osin kuin on kysymys miehittämättömästä ilmailusta.

Liitteen II B-lista sisältää samat edellä luetellut säädökset. Lisäksi ehdotuksen lopussa artikloissa 75 ja 77-82 säädetään, että osan III luvussa 2 olevat vaatimukset riskienhallintajärjestelmästä, datasta ja datan hallinnasta, teknisestä dokumentaatiosta, lokituksesta, läpinäkyvyysvaatimuksista ja ihmisen suorittamasta valvonnasta on otettava huomioon edellä mainittuihin säädöksiin liittyviä täytäntöönpanoasetuksia ja delegoituja asetuksia annettaessa.

Liitteen II A-listalla lueteltuihin korkean riskin tekoälysovelluksiin kuuluvat seuraavat säädökset:

- direktiivi 2013/53/EU huviveneistä ja vesiskoottereista,
- direktiivi 2014/53/EU radiolaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta,
- direktiivi 2014/68/EU painelaitteiden asettamista saataville markkinoilla koskevan jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamisesta.

Liitteen II A-listalla oleviin ja liitteessä III määriteltyihin korkean riskin tekoälyjärjestelmiin ehdotus kohdistuu koko voimallaan. U-kirjeluonnoksessa mainitut selkeyttämis- ja täsmentämistarpeet koskevat siten myös näitä järjestelmiä. Esimerkkinä kysymys siitä, mitä ovat käytännössä ehdotuksessa määritellyt toimijat, joihin velvollisuudet kohdistuvat.

Ehdotuksen osan III luvussa 2 asetetaan seuraavat velvollisuudet korkean riskin järjestelmiin liittyen:

- AI-järjestelmään liittyen on luotava, toteutettava ja dokumentoitava riskienhallintajärjestelmä,
- Datan laatuun ja datan hallintaan liittyvät vaatimukset,
- Teknisen dokumentaation olemassa olon vaatimus ja dokumentaatioon kohdistuvat laatuvaatimukset,
- Lokituksen olemassa olon vaatimus ja siihen kohdistuvat laatuvaatimukset
- Läpinäkyvyyden vaatimus siten, että käyttäjät pystyvät arvioimaan lopputulosta ja käyttämään järjestelmiä asianmukaisesti,
- Ihmisen suorittaman valvonnan vaatimus, jonka mukaan AI-järjestelmät on suunniteltava ja otettava käyttöön siten, että niissä on asianmukainen ihmisen ja koneen välisen rajapinnan työkalut, jotta luonnolliset henkilöt (natural persons) voivat tehokkaasti valvoa (oversee) järjestelmiä niiden ollessa toiminnassa,
- Vaatimus siitä, että AI-järjestelmät suunnitellaan ja kehitetään täsmällisiksi, sietokykyisiksi ja kyberturvallisiksi (accuracy, robustness, cyber security).

AI-toimijat ja niiden velvollisuudet on määritelty seuraavasti:

- Korkeariskisten AI-järjestelmien tarjoajat (providers). Määritelmien mukaan tarjoaja on luonnollinen tai oikeushenkilö, joka on kehittänyt AI-järjestelmän tai jonka toimeksiannosta järjestelmä on kehitetty markkinoilla liikkeelle laskettavaksi, korvausta vastaan tai ilman.
- Tuotteen valmistajat (product manufacturers). Näiden velvollisuudet ovat samat kuin tarjoajilla.
- Valtuutetut edustajat (authorised representatives) ovat määritelmien mukaan EU:n alueella toimivia luonnollisia tai oikeushenkilöitä, jotka tarjoaja on kirjallisesti valtuuttanut hoitamaan asetuksen mukaiset velvollisuutensa
- Maahantuojat (importers), tuovat määritelmien mukaan AI-järjestelmiä EU-markkinoille tai ottavat niitä käyttöön (puts in place).

- Jakelijat (distributors) ovat määritelmien mukaan luonnollisia ja oikeushenkilöitä, jotka ovat mukana ketjussa (supply chain), joka asettaa AI-tuotteen saataville EU:ssa, ja ovat muita kuin tarjoajia tai maahantuojia.
- Käyttäjät (users) ovat määritelmien mukaan luonnollisia ja oikeushenkilöitä, julkisia toimijoita tai niiden puolesta toimivia. Toiminta, jossa käytetään AI-järjestelmää henkilökohtaiseen, ei-ammattilliseen tarkoitukseen (personal non-professional activity) on kuitenkin suljettu pois määritelmästä.

Laajimmat velvollisuudet on tarjoajilla ja maahantuojilla. Käyttäjien velvollisuutena on mm. käyttää järjestelmiä niiden käyttöohjeiden mukaisesti sekä valvoa (monitor) järjestelmien toimintaa.

Jäsenvaltion on osoitettava tai perustettava ilmoitettu viranomainen, jonka tehtävänä on arvioida vaatimustenmukaisuutta arvioivien laitosten toimintaa ja valvoa niitä. Vain notifioidut laitokset voivat suorittaa asetuksen liitteen VII mukaisia vaatimusten arviointeja.

Vaatimustenmukaisuuden arvioinnin suorittaminen on yksi keskeisiä velvollisuuksia. Liitteessä III luetellut korkean riskin sovelluskohteet tekevät joko liitteen VI mukaisen sisäiseen tarkastukseen perustuvan, melko keveästi säännellyn arvioinnin tai liitteessä VII säännellyn arvioinnin, jonka osia arvioi tarkastuslaitos. Ehdotuksen mukaan mm. tieliikenteen hallintaan ja operointiin liittyvät tekoälyjärjestelmät on arvioitava kevyemmän itsearvioinnin mukaisesti. Liitteessä II A luetellut korkean riskin sovelluskohteet tekevät oman sektorikohtaisen säännöksensä mukaisen arvioinnin, johon on sisällytettävä luvussa II asetetut vaatimukset. Tarkastuslaitokset myöntävät sertifikaatteja liitteen VII mukaisesti, kun vaatimustenmukaisuuden arviointi kertoo, että luvussa II asetetut vaatimukset on täytetty. Komission valtuudet antaa vaatimustenarviointiin liittyviä delegeoituja asetuksia ovat varsin laajat. Lisäksi tarjoajan on huolehdittava koko järjestelmän elinkaaren ajan tapahtuvasta tarkkailusta.

Tarjoajan on annettava EU-julistus vaatimustenmukaisuuden täyttämiseksi (EU declaration of conformity). Julistuksen on sisällettävä liitteessä V kerrotut tiedot. CE-merkintä on tehtävä näkyvällä tavalla joko itse tuotteeseen, tai jos se ei ole mahdollista, sen pakkaukseen. Tarjoajan on pidettävä dokumentaatio kansallisten toimivaltaisten viranomaisten saatavilla 10 vuotta markkinoille laskemisesta. Lisäksi tarjoajan tai valtuutetun edustajan on ennen markkinoille laskua rekisteröitävä korkean riskin AI-järjestelmä EU:n yhteiseen tietokantaan (database).

Innovaatioita pyritään tukemaan niin sanottujen sääntelyn hiekkalaatikoiden avulla (regulatory sandboxes). Ehdotuksella pyritään myös edistämään vapaaehtoisten yhteisten pelisääntöjen (codes of conduct) luomisesta muihin kuin korkean riskin AI-järjestelmiin liittyen.

Ehdotuksella perustettaisiin Euroopan AI-neuvosto (European artificial Intelligence Board), jonka tehtävä olisi mm. edistää kansallisten valvontaviranomaisten yhteistyötä sekä antaa mielipiteitä ja suosituksia mm. standardeihin liittyen. Neuvosto koostuisi näiden kansallisten viranomaisten edustajista.

Jäsenvaltioiden on perustettava tai osoitettava viranomaiset, jotka varmistavat asetuksen täytäntöönpanon, ja joiden taloudelliset ja henkilöresurssit jäsenvaltion on varmistettava. Viranomaisten joukosta on osoitettava kansallinen valvontaviranomainen (a national supervisory authority). Markkinavalvonta on merkittävässä roolissa.

Tarjoajilla on velvollisuus ilmoittaa vakavista tapahtumista (incidents) ja mistä tahansa viasta, josta on seurannut säännösten rikkominen sen valtion markkinavalvontaa hoitavalle viranomaiselle, jossa rikkomus on tapahtunut.

Jäsenvaltioiden on annettava säännökset rangaistuksista, mukaan lukien hallinnolliset seuraamukset. Kiellettyjä sovelluksia koskevan art. 5 sekä dataa ja datan hallintaa koskevan art. 10 rikkomisesta hallinnollinen sakko voivat olla max. 30 M €, tai jos rikkoja on yritys, 6 % liikevaihdosta, jos sen on suurempi. Muiden asetuksen säännösten rikkomisesta luvut ovat 20 M €/4 % ja väärin tietojen antamisesta tarkastuslaitoksille tai toimivaltaisille viranomaisille 10 M €/2 %. Art. 72 mukaan myös EU-toimielimet voivat saada hallinnollisia sakkoja.

Voimaantulo tapahtuu tavanomaiseen tapaan 20. päivänä asetuksen julkaisemisesta virallisessa lehdessä, ja sen soveltaminen alkaa 2 vuotta tämän jälkeen.⁴

⁴ Syksyllä 2021 asetusehdotuksen käsittely on vasta alkuvaiheissaan.

1.3 Tekoälyyn liittyvät vastuukysymykset (liability)

Tuoteturvallisuus

Lähtökohtaisesti EU:ssa on varsin hyvin kehittynyt ja kattava tuotteiden turvallisuutta ja tuotevastuuta koskeva sääntelykehikko, jota täydentää kansallinen ei-harmonisoitu vastuusäännöstö. Voidaan katsoa, että periaatteessa tämä kokonaisuus vastaa melko hyvin myös uusien teknologioiden mukanaan tuomiin haasteisiin, mutta jonkin verran on myös epävarmuutta aiheuttavia seikkoja. EU:n komissio julkaisi keväällä 2020 raportin tekoälyn, esineiden internetin ja robotiikan vaikutuksista turvallisuuteen ja vastuuvollisuuteen⁵, jossa tätä kokonaisuutta on tarkasteltu varsin kattavasti. Komission aikomuksena on myös antaa kesään 2022 mennessä lainsäädäntöehdotus, joka tulisi koskemaan tekoälyjärjestelmiin liittyviä vastuita.

Tuoteturvallisuus muodostuu yleisen tuoteturvallisuudirektiivin⁶ ja sektorikohtaisen EU-sääntelyn kokonaisuudesta. Lisäksi eurooppalainen standardointijärjestelmä täydentää sääntelyä. Sektorikohtainen sääntely on ensisijainen, mikäli sellainen on olemassa, mutta yleisen tuoteturvallisuudirektiivin 1 artiklan 2 kohdan mukaan sitä voitaisiin soveltaa seikkoihin, joita sektorikohtaisessa sääntelyssä ei käsitellä. Esimerkiksi tieliikenteessä on kattava sektorikohtainen sääntely, jonka muodostavat tyyppihyväksyntävaatimuksia koskeva yleinen turvallisuusasetus 2019/2144⁷ ja tyyppihyväksynnän hallinnollisia menettelyjä koskeva asetus 2018/858⁸.

⁵ Komission kertomus Euroopan parlamentille, neuvostolle ja Euroopan talous- ja sosiaalikomitalle tekoälyn, esineiden internetin ja robotiikan vaikutuksista turvallisuuteen ja vastuuvollisuuteen, KOM(2020) 64 lopullinen.

⁶ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2001/95/EY yleisestä tuoteturvallisuudesta.

⁷ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2019/2144 moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen sekä näihin ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien, komponenttien ja erillisten teknisten yksiköiden tyyppihyväksyntävaatimuksista niiden yleisen turvallisuuden ja ajoneuvon matkustajien ja loukkaantumiselle alttiiden tienkäyttäjien suojelun osalta, Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksen (EU) 2018/858 muuttamisesta ja Euroopan parlamentin ja neuvoston asetusten (EY) N:o 78/2009, (EY) N:o 79/2009 ja (EY) N:o 661/2009 sekä komission asetusten (EY) N:o 631/2009, (EU) N:o 406/2010, (EU) N:o 672/2010, (EU) N:o 1003/2010, (EU) N:o 1005/2010, (EU) N:o 1008/2010, (EU) N:o 1009/2010, (EU) N:o 19/2011, (EU) N:o 109/2011, (EU) N:o 458/2011, (EU) N:o 65/2012, (EU) N:o 130/2012, (EU) N:o 347/2012, (EU) N:o 351/2012, (EU) N:o 1230/2012 ja (EU) 2015/166 kumoamisesta.

⁸ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2018/858 moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen sekä tällaisiin ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien, komponenttien ja erillisten teknisten yksiköiden hyväksynnästä ja markkinavalvonnasta, asetusten (EY) N:o 715/2007 ja (EY) N:o 595/2009 muuttamisesta sekä direktiivin 2007/46/EY kumoamisesta.

Komission yllä mainittu raportti sisältää kuitenkin kiinnostavaa pohdintaa uusien teknologioiden turvallisuussäätelyä sisältävään lainsäädäntökehikkoon kohdistamista haasteista, joita vasten kehittymässä olevaa sektorikohtaista säätelyäkin on hyvä peilata. Yleinen huomio on, että vaikka turvallisuusvaatimuksia koskeva säätely olisi ajalta ennen uusia teknologioita, se on teknologianeutraalia ja koskee myös tuotteita, joissa hyödynnetään kehityksen uusimpiakin tuotteita.

Yhteys tietoliikenneverkkoihin (verkottuminen, connectivity) on keskeinen piirre uusissa tuotteissa ja palveluissa. Tämä saattaa olla turvallisuuden kannalta haastavaa, koska verkottumisella voi olla suoria turvallisuutta heikentäviä seurauksia esimerkiksi kyberturvallisuusloukkausten kautta. Myös se, että verkottunut laite menettää yhteyden verkkoon, voi olla turvallisuushaaste. Komission raportissa todetaan, että suora näiden seikkojen säätely voi olla tarpeen, vaikka tulkinnalla voitaisiin katsoa niiden tulevan katetuiksi.

Tietyn tasoinen autonomia saattaa aiheuttaa myös ennakoimattomia ja tarkoittamattomia seurauksia tuotteen tai palvelun toiminnassa. Vaikka niiden käytön turvallisuutta elinkaaren myöhemmässä vaiheessa on saatettu edellyttää, uudelleen arviointi tilanteissa, joissa myöhemmin tapahtuvat muutokset ovat merkittäviä, saattaa hyvinkin olla tarpeen.

Edelleen tekoälyjärjestelmien keskeinen piirre on se, että ne perustuvat datan hyödyntämiseen. EU:n tuoteturvallisuutta koskeva säätelykehikko ei nykyisellään sisällä säännöksiä, jotka koskisivat heikkolaatuisen datan hyödyntämisestä johtuvia turvallisuusriskejä. Läpinäkymättömyys (opacity) saattaa puolestaan johtaa siihen, että järjestelmän toiminnan perusteita on vaikea arvioida. Ratkaisu tähän on läpinäkyvyys (transparency), jota on käsitelty edellä.

Ohjelmistot muodostavat niin ikään olennaisen osan tekoälyjärjestelmistä. Niiden suhteen keskeinen kysymys ovat päivitykset, jotka tapahtuvat liikkeelle laskemisen jälkeen. Päivitykset ovat välttämättömiä, eikä niiden osalta voida asettaa sen tyyppisiä rajoituksia, etteivät ne saisi muuttaa tuotetta olennaisesti. Tällöin saattaa kuitenkin käydä niin, että tuote muodostaa kokonaan uuden tuotteen, jolloin myös turvallisuus olisi arvioitava uudestaan. Komissio katsoo, että myös säännöksiä, jotka estävät turvallisuutta heikentävien ohjelmistojen lataamisen, olisi syytä harkita.

Vielä yksi uusiin teknologioihin liittyvä piirre on arvoketjujen monimutkaisuus. EU:n tuoteturvallisuussäätelyssä tämä asia on hallittu siten, että viime kädessä velvollisuus varmistaa tuotteen turvallisuus on sillä toimijalla, joka laskee tuotteen markkinoille. Valmistajilla on vastuu kokonaisuudesta, vaikka tuotteessa olisi useita eri komponentteja, kuten ohjelmistoja. Samalla kuitenkin säätely kohdistaa velvollisuuksia useille

toimijoille siten, että jaettu vastuu voi toteutua viime kädessä toimijoiden kesken. Komissio katsoo, että sääntelyä voisi mahdollisesti täydentää siten, että se sisältäisi tuoteketjun toimijoille selkeitä yhteistoimintavelvollisuuksia, muun muassa tarpeellisten tietojen antamiseen liittyen.

Tuotevastuudirektiivi

Vaikka turvallisuutta koskevat vaatimukset ovat korkeita, onnettomuuksia saattaa silti tapahtua, jolloin tarvitaan säännöksiä, jotka varmistavat, että vahingon kärsineet saavat siitä hyvityksen ja että toimijoille syntyy riittävät taloudelliset kannusteet pyrkiä vahinkojen välttämiseen. Tärkeää on myös, että vastuusäännökset löytävät oikean tasapainon ihmisten suojelun ja innovaatioiden mahdollistamisen välillä. Vastuusäntelykehikko EU:ssa koostuu harmonisoivasta tuotevastuudirektiivistä⁹ ja harmonisoimattomasta kansallisesta vastuusäntelystä. Tämä kehikko on edelleen varsin toimiva, vaikka tuotevastuudirektiivi on peräisin jo vuodelta 1985.

Tuotevastuudirektiivi perustuu tuotteessa olevaan virheeseen liittyvään ankaraan vastuuseen, joka on riippumaton huolimattomuudesta. Henkilö on oikeutettu kompensoitioon aineellisesta tai aineettomasta vahingosta, jos hän voi osoittaa 1) vahingon syntymisen, 2) tuotteessa olevan virheen sekä 3) syy-yhteyden vahingon ja virheen välillä. Kansalliset vahingonkorvausjärjestelmät puolestaan perustuvat yleensä tuottamuksellisuuteen, eli vahingon kärsinyt joutuu osoittamaan myös tahallisuuden tai huolimattomuuden taholla, jolta vaatii vahingonkorvauksia. Eri regiimit kohdistuvat eri toimijoihin ja saattavat täydentää myös osittain toisiaan. Tuotevastuudirektiivi ei velvoita toimijoita ottamaan vakuutuksia mahdollisten vahinkojen kattamiseksi.

Edellä käsitellyt uusiin teknologioihin liittyvät erityispiirteet saattavat toisinaan tehdä vaikeaksi kohdistaa tuottamustavastuu johonkin tiettyyn toimijaan. Myös niin sanottuja harmaita alueita saattaa esiintyä, eli ei ole varmuutta siitä, kuinka olemassa oleva sääntelykehikko soveltuu uusien teknologioiden hyödyntämisessä. Vastuukysymykset saattavat muodostua epäselviksi myös siksi, että tuotteessa on useita digitaalisia järjestelmiä, jotka ovat useiden toimijoiden tuotoksia. Mikäli mahdollisten vahinkojen korvaaminen ei toimi kunnolla, saattaa tämä heikentää yleisön halukkuutta ottaa käyttöön tekoälypohjaisia järjestelmiä ja tuotteita. Samalla se vaikeuttaa yritysten mahdollisuutta suojautua riskejä vastaan.

⁹ Neuvoston direktiivi 85/374/ETY tuotevastuuta koskevien jäsenvaltioiden lakien, asetusten ja hallinnollisten määräysten lähentämisestä.

Tuotevastuudirektiivi koskee nimensä mukaisesti ainoastaan tuotteita, mutta tuotteen ja palvelun raja saattaa olla hämärä joissakin tapauksissa. Myös ohjelmistojen tilanne saattaa olla epäselvä. Komission kertomuksessa katsotaan, että tuotevastuudirektiivin sinänsä jo nykyisellään laajaa määritelmää tuotteesta voitaisiin selkeyttää siten, että varmistettaisiin korvauksen saaminen vahingoista, joissa ohjelmisto tai jokin muu digitaalinen elementti tekee tuotteesta virheellisen. Myös direktiivissä olevaa käsitettä tuotteen liikkeelle laskemisesta voitaisiin tarkastella uudestaan siten, että se huomioisi erityisesti uusiin teknologioihin liittyvän piirteen siitä, että esimerkiksi ohjelmistopäivitykset saattavat muuttaa tuotetta olennaisesti jälkikäteen.

Uusiin teknologioihin liittyviä vastuukysymyksiä pohtinut EU:n asiantuntijaryhmä päätyi raportissaan¹⁰ toteamaan, että kansallisten vastuusäännösten muuttamista siten, että todistustaakkaa helpotettaisiin, olisi syytä tarkastella. Esimerkiksi todistustaakkaa voitaisiin kytkeä siihen, onko relevantti toimija noudattanut kyberturvallisuusvaatimuksia. Mikäli näin ei olisi, tuottamukseen liittyvään todistustaakkaan tulisi muutoksia. Tämä edellyttäisi selkeiden kyberturvallisuusvelvoitteiden asettamista sääntelyssä. Samalla vahingonkorvausvastuuseen voisi vaikuttaa alentavasti se, että vahinkoa kärsinyt ei suorittaisi asianmukaisia päivityksiä. Komission raportissa pyydetään näkemyksiä tähän liittyen sekä nostetaan esiin myös mahdollisuus helpottaa todistustaakkaa tuotteessa olevan virheen suhteen tuoteturvallisuusdirektiivissä.

Kysymys mahdollisuudesta tai tarpeesta laajentaa ankaran vastuun soveltamista on läsnä varsin voimakkaasti liikenteen automaatiassa. Komissio pyytää tiedonannossaan näkemyksiä siitä, tulisiko ankara vastuu kytkeä vakuuttamisvelvollisuuteen noudattaen moottoriajoneuvojen vakuuttamisvelvollisuutta koskevan direktiivin esimerkkiä¹¹. Euroopan parlamentti kehottaa myös robotiikkaa koskeviin yksityisoikeudellisiin sääntöihin liittyvässä päätöslauselmassaan¹² komissiota selvittämään pakollisen, ajoneuvojen vakuuttamiseen verrattavan vakuutusjärjestelmän sekä sitä täydentävän rahaston oikeusvaikutuksia.

¹⁰ Expert Group on Liability and New Technologies: Liability for artificial intelligence and other emerging digital technologies, <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupMeetingDoc&docid=36608>

¹¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/103/EY moottoriajoneuvojen käyttöön liittyvän vastuun varalta otettavasta vakuutuksesta ja vakuuttamisvelvollisuuden voimaansaattamisesta.

¹² P8_TA (2017)0051; Robotiikkaa koskevat yksityisoikeudelliset säännöt; Euroopan parlamentin päätöslauselma 16. helmikuuta 2017 suosituksista komissiolle robotiikkaa koskevista yksityisoikeudellisista säännöistä (2015/2103(INL))

2 Digitaaliseen infrastruktuuriin kohdistuvien tarpeiden tarkastelu

Liikenteen automaatio ja erilaiset uudet liikenteen palvelut tulevat asettamaan uusia vaatimuksia liikenneväylien matkaviestinverkoille. Uudet palvelut asettavat vaatimuksia tietoliikenneyhteyksien ja matkaviestinverkkojen tarjoamalle kapasiteetille, nopeudelle, viiveelle sekä virheettömyydelle. Liikenteen tietoliikenneyhteystarpeet ja -vaatimukset tulevat todennäköisesti olemaan jatkossa erilaisia eri väylillä ja väyläverkkojen eri osissa, koska käyttäjien tarvitsemat palvelut ja käyttötapa-ukset eri verkon osissa ovat erilaisia. Esimerkiksi automaattiajamiseen liittyvät käyttötapa-ukset ovat erilaisia vähän liikennöidyillä maantiesuoksilla kuin vilkkaasti liikennöidyillä kaupunkien sisään- tulo- väylien risteysalueilla.

Toisaalta tietoliikenneyhteyksien kehitys ja käytettävissä olevat matkaviestinverkot tulevat vaikuttamaan palveluiden yleistymiseen sekä itse palveluiden ja tekniikan kehitykseen. Mikäli matkaviestinverkkojen kapasiteettia olisi jatkossa saatavissa ”rajoittamattomasti”, palvelut tulisivat hyödyntämään tätä mahdollisuutta. Mikäli saatava kapasiteetti on rajallinen, pakottaa se myös palvelukehitykseen palveluiden laadun ja sujuvuuden parantamiseksi. Esimerkiksi palvelun tarvitsemaa tietoa ei välitetä suurta kapasiteettia vaativana raakadatana, vaan kapasiteettitarvetta voidaan yrittää pienentää jalostamalla ja/tai analysoimalla kerättävää tietoa ja lähettämällä vain keskeinen tieto matkaviestinverkkoon. Etenkin tieliikenteessä palveluntuottajien arvioitavaksi jää, mikä osa palveluiden tarvitsemasta kapasiteetista voidaan siirtää suoraan ajoneuvojen välillä lyhyen kantaman viestintänä ja mikä pitkän kantaman viestintänä mobiiliverkon kautta.

Liikenteen palveluiden vaatimukset matkaviestinverkoille tulevat jatkossa muodostumaan liikenteen kaluston, liikenteen ohjauksen sekä liikenteen matkustajien tiedonsiirtotarpeiden yhteisvaikutuksena. Liikenteen tarvitseman kokonaistiedonsiirtokapasiteettitarpeen voidaan nähdä kehittyvän eri liikennemuodoissa eri tavalla. Rautatieliikenteessä junien ja junaliikenteen ohjaukseen liittyvä automaatio ja tiedonsiirtotarpeet kasvavat. Kaupunkialueilla myös kaupunkiraideliikenteessä tapahtuu sama kehitys. Koska yhdessä junassa on suuri määrä samanaikaisia matkustajia, vaikuttaa matkustajien tietoliikenneyhteyksien käyttö erittäin merkittävästi yhden junan tarvitsemaan tietoliikenneyhteyksien samanaikaiseen kokonaistarpeeseen. Myös vesiliikenteessä tietoliikenneyhteyksillä on ollut suurin tarve matkustaja-aluksilla, mutta tilanne voi muuttua, kun automaatio etenee nopeimmin rahtiliikenteessä ja liikenteen ohjaus digitalisoituu. Tieliikenteessä ajoneuvot jakaantuvat tieverkolle tasaisemmin, mikä pienentää väyläverkon yhdeltä osalta vaadittavaa tiedonsiirron samanaikaista kapasiteettitar-

vetta suhteessa rautatieliikenteeseen. Tieliikenteessä kuitenkin yhden ajoneuvon tarvitseman kokonaistiedonsiirtokapasiteetin nähdään kasvavan tulevaisuudessa automaation myötä.

Tämänhetkisen käsityksen mukaan nykyiset 4G/LTE -verkot myös vastaavat liikenteen digitalisaation tämänhetkisiin vaatimuksiin. 4G-verkot toimivat 5G-verkkojen rinnalla ainakin kuluvan vuosikymmenen loppuun saakka. 4G-verkkojen suorituskyvyn voidaan odottaa entisestään parantuvan 4G-teknologioiden elinkaaren viimeisinä vuosina 4G-standardin uusien julkaisuversioiden ominaisuuksien käyttöönoton myötä. Parannusta syntyy oletettavasti myös 4G-verkon kuormituksen keventyessä, verkkoliikenteen siirtyessä osittain 5G-verkkoon.

4G-verkossa saavutetaan melko yleisesti noin 30–50 Mbit/s latausnopeus. Pääsääntöisesti 100 Mbit/s tai sitä suuremmat keskimääräiset nopeudet saavutetaan tällä hetkellä ainoastaan tiheästi asutuilla alueilla, joissa peittoa on rakennettu alataajuuksien lisäksi keskitaajuuksilla. Tulevaisuuden 4G-verkot mahdollistavat alataajuuksilla toteutetun keskimääräisen perusnopeuden nostamisen 200–300 Mbit/s, kun useampaa alataajuutta käytetään rinnakkain. Operaattoreiden arvioiden mukaan tämä tulee tapahtumaan vuoden 2024 tai 2025 loppuun mennessä. 4G-verkkoja tullaan jatkossa hyödyntämään entistä tehokkaammin myös erilaisten uusien kehitettyjen ominaisuuksien ansiosta. Esimerkiksi dynaaminen spektrin jakaminen (Dynamic Spectrum Sharing) mahdollistaa jatkossa tietoliikenteen dynaamisen siirtämisen 4G- ja 5G-verkkojen välillä yhteystarpeen ja verkon kuormituksen mukaan siten, että verkkoja hyödynnetään mahdollisimman optimaalisesti.

Suomessa ja Euroopassa on yleisesti nähty, että mobiiliverkkojen seuraavan sukupolven 5G-verkkojen rakentaminen on keskeistä kansainvälisessä vauhdissa pysymiseksi. 5G-verkot mahdollistavat edellisiin teknologiasukupolviin verrattuna suuremman tiedonsiirtonopeuden ja kapasiteetin, pienemmän tiedonsiirron viiveen sekä automaatiota ja sensoridataa tukevia ratkaisuja. Verkot palvelevat kaikkia yhteiskunnan sektoreita, ja liikenteen automaatio nähdään yhdeksi keskeiseksi sovellusalueeksi. Digitaalisen infrastruktuurin strategian¹³ mukaan Suomen tavoitteena on digitaalisen infrastruktuurin kehitys vähintään Euroopan unionin laajakaistatavoitteiden mukaisesti. Euroopan komission asettamien tavoitteiden mukaan jokaisessa jäsenvaltiossa suurimmat kaupungit ja niiden keskeisimmät liikenneväylät tulisi kattaa 5G-verkoilla vuoden 2025 loppuun mennessä. Digitaalisen infrastruktuurin strategiassa määritellään Suomelle teknologianeutraalit laajakaistatavoitteet vuodeksi 2025 sekä keinot näiden saavuttamiseksi. Strategia sisältää toimenpiteitä sekä 5G:n käyttöönoton edistämiseksi että valokuiturakentamisen tukemiseksi. Pääministeri Sanna Marinin

¹³ Suomi tietoliikenneverkkojen kärkimaaksi: Digitaalisen infrastruktuurin strategia 2025. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 10/2018.

hallitusohjelma nostaa tavoitteeksi digitaalisen infrastruktuurin strategian toteutumisen edistämisen.

Suomessa kaikki kolme valtakunnallisesti toimivaa operaattoria (Elisa, DNA ja Telia) aloittivat 5G-verkkojen rakentamisen vuoden 2019 aikana ja täysimittaiseen rakentamisvaiheeseen operaattorit pääsivät vuoden 2019 loppupuolella. Vuoden 2020 rakentamishjelmissä 5G-verkkojen rakentamista on edelleen kiihdytetty. Operaattoreiden omien arvioiden mukaan rakentamista ei ole ollut yhtä kiivasta yhdenkään edeltävän verkkosukupolven kohdalla. Ensimmäisessä vaiheessa 5G-verkkoja on rakennettu ja otettu käyttöön 3,5 GHz taajuusalueella. Operaattorihaastatteluiden mukaan pääosa 5G-verkkojen tarjoamasta lisäkapasiteetista, verrattuna aiempiin verkkosukupolviin, tullaan toteuttamaan 3,5 GHz taajuusalueella. 3,5 GHz verkkojen on ennakoitu teoriassa mahdollistavan jopa 1 200 Mbit/s latausnopeudet ja 400 Mbit/s lähetyksenopeudet. Käytännössä nopeudet tulevat jäämään näistä huomattavasti. 5G-verkkojen 26 GHz -taajuusalueet tulevat operaattori- ja asiantuntija-arvioiden mukaan alkuvaiheessa käyttöön pistemäisesti alueilla, joissa verkkoja käyttäviä päätelaitteita on määrällisesti paljon ja käyttäjät tarvitsevat suurta tiedonsiirtokapasiteettia. Lisäksi korkeampia taajuusalueita voidaan jatkossa hyödyntää myös täydentämään olemassa olevaa peruspeittoaluetta väliaikaisia käyttötapauksia, kuten tapahtuma-alueita varten. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi liikuteltavien mobiilitukiasemien avulla.

700 MHz taajuusalueelle rakennettava niin sanottu 5G-peruspeitto voisi mahdollistaa monia liikenteen sovelluksia laajalla alueella kustannustehokkaasti. Yksi keskeinen liikenteen käyttötapauksiin liitetty toive tietoliikenneyhteyksille on taattu palvelulaatu. Toisin sanoen yhteyden ei tarvitse olla huippunopea mutta palvelun pitäisi olla käytettävissä tietyllä maantieteellisellä alueella ja nopeuden sekä muiden palvelulaatukriteerien pitää olla vakio ja ennakoitavissa. 5G:n mahdollistama verkkoviipalointi¹⁴ mahdollisesti yhdistettynä luotettavuuteen, lyhyeen viiveeseen sekä reunalaskentaan voisi vastata tulevaisuuden automatisoituvan ja digitalisoituvan liikenteen tarpeisiin. Nämä ominaisuudet voisivat olla käytössä myös laajan maantieteellisen kattavuuden mahdollistavissa 700 MHz hyödyntävissä 5G-verkoissa. Nykyisiin 4G-verkon tukiasemapaikkoihin tukeutuva 5G-verkko voisi tarjota riittävää kattavuutta erityisesti tieliikenteelle ja raideliikenteelle. Ilmailun ja meriliikenteen kannalta nykyisiin 4G-tukiasemapaikkoihin tukeutuva 5G-verkko sisältäisi edelleen merkittäviä katvealueita, sillä nykyisiä 4G-verkkoja ei ole suunniteltu palvelemaan ilmassa olevia käyttäjiä eikä vesiliikennettä. Vesiliikenteessä yhteydet ovat myös häiriöherkempiä kuin tieliiken-

¹⁴ Verkon viipalointi (network slicing) 5G:ssä on tarkoitettu vastaamaan palveluihin, joilla on erityyppiset vaatimukset ja jotka samalla parantavat verkon tehokkuutta. Viipalointia hydyntäen operaattorit voivat tarjota esimerkiksi palvelua, joissa vaaditaan lyhyttä viivettä ja parempaa saatavuutta tai esimerkiksi palvelua, jossa suurempaa tiedonsiirtonopeutta ilman korostettua viivevaatimusta.

teessä. Matkaviestinverkkojen laajakaistapeitto ulottuu laivaväylille rannikon ja satamien läheisyydessä ja peruspeitto laajemmalle alueelle, mutta häiriötasot voivat olla merialueilla korkeammat, jolloin todellinen siirtonopeus voi olla pienempi kuin maa-alueilla. Myös peittoaluearviot ovat maa-alueita epäluotettavampia, sillä niissä ei ole otettu huomioon erilaisia etenemisnopeuksia. Vesialueille ei ole myöskään asetettu peittovelvoitteita maa-alueiden tapaan. Avomerellä satelliittipalvelut ovat merkittävässä asemassa. Satelliitti-5G on mahdollinen tulevaisuuden ratkaisu tiedon siirtoon.

Operaattoreiden näkemysten mukaan 5G-verkon rakentaminen tulee seuraamaan asutusta. Ensimmäisinä alueina rakentuvat kaupunkien keskustat sekä isojen kaupunkien esikaupunkialueet. Pääväyliä näkökulmasta tämä tarkoittaa, että mataliin ja keskitaajuuksiin perustuvat 5G-yhteydet ovat todennäköisesti hyödynnettävissä ensivaiheessa kaupunkien ympäristöissä eli merkittävillä kaupunkirakenteen sisäisillä sisääntuloväylillä, kehäteillä ja satamayhteyksissä. Kaupunkien ulkopuolelle 5G-verkko rakentuu seuraten ensisijaisesti asutuksen tarpeita.

Pelkästään liikenteen tarpeisiin tulevien tukiasemien toteuttamisen haasteena tulee helposti olemaan heikot liiketoiminnalliset edellytykset. Investoinnit uusien tukiasemien toteuttamiseen pelkästään kaupallisin perustein näyttävät epävarmoilta, ellei liikenteeseen synny merkittävää tiedonsiirtokapasiteettia tai muita 5G-ominaisuuksia edellyttäviä käyttötapauksia sekä niihin toimivia liiketoimintamalleja. Siksi tutkimuksen ja kokeilujen merkitys on tärkeä liiketoimintatarpeiden selvittämisessä. Esimerkiksi satamiin on perustettu 5G-tukiasemia kokeiluja ja tutkimusta varten.

2.1 Tietoliikenneverkon fyysiset osat väyläalueilla

Passiivi-infrastruktuurin osat palvelevat sekä kiinteitä että mobiileja tietoliikenneverkkoja. Maanpäällinen passiivi-infra muodostuu kaapeista, jakamoista sekä erilaista muista tiloista, joissa verkon aktiivilaitteita voidaan sijoittaa. Maanalaisella passiivi-infralla tarkoitetaan tietoliikenneverkon maanalaisia osia ja rakenteita, joiden tarkoituksena on mahdollistaa, suojata ja edesauttaa tietoliikenneverkon rakentumista. Keskeisiä maanalaisia passiivi-infran osia ovat suoja-putket, kaapelikanavat ja kaapelikaivot. Suoja-putkilla suojataan kaapeleita, mutta niillä myös mahdollistetaan kaapeleiden sijoittaminen maanalaisiin rakenteisiin jälkikäteen maanpintaa, päällysteitä tai väylärakenteita avaamatta.

Mobiili tietoliikenneverkko rakentuu tukiasemien varaan. Mobiilitukiasemat tarvitsevat jatkuvaa sähkönsyöttöä ja hyödyntävät paikallisia ja valtakunnallisia sähköverkkoja. Laajamittainen uusien piensolutukiasemien rakentaminen edellyttää todennäköisesti uusien liittymien ja sähkökeskusten rakentamista nykyisestä. Etenkin tulee varautua sähköverkon kapasiteetissa, sillä yhden 5G tukiaseman on arvioitu tarvitsevan 1-3 kW tehon, mutta tehontarve tulee olemaan riippuvainen tukiaseman tietoliikenteestä. Tukiasemilta edellytetään toimintavarmuutta, joten sähkönsyöttö tulee myös varmistaa myös sähkönjakelun häiriötilanteissa. Vesiliikenteessä tukiasemia on mahdollista sijoittaa saaristoon ja turvalaitteisiin. Sähkönsyötössä voidaan käyttää aurinkosähköä.

2.2 Kyberturvallisuus

Kyberturvallisuuteen kuuluvat toimenpiteet, joilla voidaan ennakoivasti hallita ja tarvittaessa sietää erilaisia kyberuhkia ja niiden vaikutuksia. Kyberturvallisuuteen pyrittäessä keskeinen tekijä on tietoturvaluus, jolla suojataan tiedon saatavuutta, eheyttä ja luottamuksellisuutta.

Liikenteen automaation, digitalisaation ja tietojen hyödyntämisen myötä verkossa ja laitteissa tullaan keräämään ja käsittelemään nykyistä enemmän tietoa, jolloin tiedon kriittisyys tulee kasvamaan ja viestintäverkkojen, liikennejärjestelmän ja liikennevälineiden väliset riippuvuussuhteet tulevat lisääntymään. Samalla liikenteen kyberturvallisuusriskit tulevat entistä lähemmäs ihmisen arkea ja voivat toteutuessaan johtaa myös liikenteessä tapahtuviin onnettomuuksiin. Tämä kasvattaa kyberturvallisuuden hallinnan merkitystä liikenteessä ja edellyttää entistä vahvempaa tietoliikenteeseen ja -järjestelmiin kohdistuvilta uhkilta suojautumista ja niihin liittyvien riskien hallintaa. Kyberturvallisuuden perustaso on varmistettava kaikessa automaatiossa. Automaation tason noustessa kyberturvallisuuden hallinnan ja riskienhallinnan merkitys kasvaa.

Kyberturvallisuudesta huolehtiminen edellyttää riskienhallintaan perustuvaa koko liikennejärjestelmätason kyberturvallisuuden kehittämistä. Tämä edellyttää liikenteen automaation tarvitsemien liikenteen infrastruktuurin, liikennevälineiden ja palveluiden turvallisen tietojärjestelmäkehityksen varmistamista ja kyberturvallisuuden ylläpitämistä koko niiden elinkaaren ajan kyberturvallisuuden kansainvälisiä standardeja ja parhaita käytäntöjä hyödyntäen ja lainsäädännön velvoitteet täyttäen. Kyberturvallisuus tulee huomioida automaation kokeiluissa ja pilotoinnissa koko kehityksen ajan ja security by design -periaate tulee ottaa mukaan jo automaatiota ja sen kohdetta suunniteltaessa. Suomen on syytä osallistua aktiivisesti kansainvälisen ja EU-tason lainsäädännön ja standardoinnin kehittämiseen.

Lisäksi kyberturvallisuuden havainnointi-, reagointi- ja palautumiskyvykkyyttä on kehitettävä osana liikennemuotojen tilannekuvaa ja liikennemuotoikohtaisista tilannekuvista muodostuvaa koko liikennejärjestelmän kattavaa tilannekuvaa. Tähän tarvitaan kansallisen kyberturvallisuuden yhteistyömallin luomista. Yhteistyömallin tulee sisältää muun muassa roolit ja vastuut ja sen tulee mahdollistaa liikennejärjestelmän ydintoi-mijoille mahdollisuuden turvalliseen tiedon jakamiseen kansallisesti ja kansainväli- sesti. Kansallisen kyberturvallisuuden auditointikyvykkyuden kehittäminen Suomessa olisi mahdollista ja loisi kansainvälistä kilpailukykyä. Samaan aikaan kansalaisten, toimijoiden ja viranomaisten liikenteen kyberturvallisuuden osaamisen ja tietoisuuden kehittämisen tarve on jatkuvaa.

Liikenne- ja viestintäviraston Kyberturvallisuuskeskuksen palveluilla voidaan tukea lii- kenteen automaation kyberturvallisuuden toteutumista. Kyberturvallisuuskeskuksella on lakisääteinen tehtävä ylläpitää kansallisen kyberturvallisuuden tilannekuvaa. Liikenteen automaation toimijoita suositellaan ilmoittamaan tietoturvaloukkauksista Kyberturvalli- suuskeskukselle. Tämän toimijoilta sekä kansallisilta ja kansainvälisiltä sidosryhmiltä saadun tiedon avulla Kyberturvallisuuskeskus muodostaa toimialakohtaista kyberturvalli- suuden tilannekuvaa, jota se jakaa liikenteen toimialalle. Kyberturvallisuuden tason mittaamiseen on Kyberturvallisuuskeskuksen Kybermittari. Kybermittaria olisi hyvä hyö- dyntää liikenteen automaation toimijoiden kyberturvallisuuden kypsyystason mittaami- seen ja kyberturvallisuuden kypsyystason jatkuvaan parantamiseen. Kybermittarin hyö- dyntämistä vaikutustenarvioinnin mittarina tulisi harkita. Kybermittarin etuina on, että se nojaa kansainvälisiin viitekehyksiin ja seuraa niiden kehittymistä, sitä on mahdollista soveltaa toimialan mukaan ja se on suomen-, ruotsin- ja englanninkielinen.

Liikenteen automaation kyberturvallisuuteen tulevat vaikuttamaan myös yhteiskunnan kriittisten toimialojen kyberturvallisuuden tason parantamiseen tähtäävät kansalliset ja EU-tason toimenpiteet. Liikenne- ja viestintäministeriö asetti marraskuussa 2020 työ- ryhmän, joka teki ehdotukset poliittisiksi linjauksiksi tietoturvan ja tietosuojan paranta- miseksi yhteiskunnan kriittisillä toimialoilla. Valtioneuvosto hyväksyi ehdotusten poh- jalta 10.6.2021 periaatepäätöksen tietoturvan ja tietosuojan parantamiseksi yhteiskun- nan kriittisillä toimialoilla. Liikennetoimiala on yksi näistä kriittisistä toimialoista. Peri- aatepäätöksessä todetaan, että yhteiskunnan kriittisten toimialojen tietoturvan ja tieto- suojan tasoa tulisi nostaa lisäresursseilla ja tehokkaammalla yhteistyöllä. Tietoturvan tasoa ohjattaisiin nykyistä tarkemmilla ja paremmin kohdennetuilla lakisääteisillä vaa- timuksilla ja velvoitteilla, joiden toteutumista valvottaisiin aktiivisesti. Euroopan komis- sio antoi 16.12.2020 ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviksi kyberturvallisuuden korkean tason varmistamiseksi Euroopan unionin alueella, jolla myös nykyinen verkko- ja tietoturvadirektiivi (EU) 2016/1148 ns. NIS-direktiivi (Security of Network and Information Systems) kumottaisiin. Direktiiviehdotuksen eli ns. NIS 2.0 -ehdotuksen tavoitteena on vahvistaa liikennetoimialan sekä muiden kriitti-

siksi katsottujen toimialojen kyberturvallisuuden tasoa. Liikenteen automaation näkökulmasta on hyvä huomioida myös se, että NIS 2.0 -ehdotuksessa uutena toimialana ovat tuotantoprosessit, joihin kuuluu mm. moottoriajoneuvojen valmistus.

3 Tiedonvaihdon kehittämiseen kohdistuvien tarpeiden tarkastelu

3.1 Tiedonvaihdon yhteentoimivuuden peruselementit

Tiedon nykyistä huomattavasti parempi hyödyntäminen on kaiken digitalisaation – myös liikenteen automaation – kannalta keskeinen kysymys. Mikäli tiedonkulku eri toimijoiden kesken saadaan toimimaan, automaatiota voidaan edistää kohtuullisin investoinnein. Tiedonjaon infrastruktuurin kehittämiseen kohdistuvat panostukset todennäköisesti hyödyttävät yhteiskunnan kaikkia sektoreita.

Hajautetun tiedonjakoinfrastruktuurin lähtökohtana on se, että tieto tallennetaan vain yhteen järjestelmään, josta se on voitava hakea ajantasaisena aina tarvittaessa. Tiedonvaihto toimijoiden kesken tapahtuu avointen ja yhteentoimivien ohjelmointirajapintojen (API) kautta. Tämä ei luonnollisestikaan tarkoita sitä, että kaikki tieto olisi kaikkien saatavilla, vaan voidaan erottaa erilaisia rooleja ja tietotarpeita (esimerkiksi viranomaiset – liikekumppanit – muut yksityiset toimijat – kaikille avoin tieto). Ajatuksena on se, että toimija (esimerkiksi yritys) asettaa tiedot saataville omaan ohjelmointirajapintaansa, ja hallitsee itse sitä, mitä tietoa muut toimijat (esimerkiksi viranomaiset tai sen yhteistyökumppanit) ovat oikeutettuja saamaan.

3.2 Eurooppalaisen datan hallintamallin kehittäminen

Autonominen liikenne, kuten kaikki hajautettu tiedon hyödyntäminen, edellyttää yhteentoimivuutta. Yhteentoimivuudella tarkoitetaan järjestelmien kykyä toimia muiden järjestelmien ja tuotteiden kanssa nyt ja tulevaisuudessa. Tarvitaan oikeudellista yhteentoimivuutta, organisatorista yhteentoimivuutta, sanastojen ja ontologioiden kaltaista semanttista yhteentoimivuutta, sekä teknistä yhteentoimivuutta. Yhteentoimivuus on ratkaisevaa, jotta yritykset ja yksilöt voisivat käytännössä siirtää omaa dataansa ja palveluja palveluntuottajien välillä. Lisäksi yritysten ja yksilöiden pitäisi pystyä yhdistämään eri lähteistä peräisin olevaa dataa ilman, että toteutuksessa ilmenee ongelmia.

Yhteentoimivuutta voidaan edistää standardeilla, tietomuodoilla, yhteyskäytännöillä sekä sääntelyllä. Joillain aloilla sovelletaan jo systemaattisia yhteentoimivuuteen tähtääviä lähestymistapoja, mutta kaikkien jäljellä olevien yhteentoimivuusongelmien ratkaisemiseksi tarvitaan kokonaisvaltainen lähestymistapa. On kuitenkin varmistettava, ettei ketterää yhteentoimivuutta sekoiteta järjestelmien täydelliseen yhdenmukaistamiseen, sillä sellaisella on tapana estää tulevat kehityskulut ja innovaatiot.

Euroopan unionissa datan hallinnasta on niin horisontaalisia kuin sektorikohtaisia aloitteita. EU:n yleinen tietosuoja-asetus GDPR¹⁵ sekä sähköisen viestinnän tietosuojasääntely¹⁶ muodostavat yleiset raamit henkilötietojen käsittelyyn. Muiden kuin henkilötiedon vapaata liikkuvuutta koskevan asetuksen mukaisilla käytännösäännöillä pyritään lisäämään datan käsittelyn sopimusehtojen avoimuutta niin, että vältetään yrityskäyttäjien lock in -tilanteet.

Uutta yleissääntelyä on ehdotettu datahallintosäädös¹⁷. Sen yhtenä tavoitteena on helpottaa datan liikkumista datan välityspalveluiden avulla. Datan välityspalvelut voisivat välittää niin henkilötietoja kuin muita kuin henkilötietoja. Ideana on, että esimerkiksi yritysten ei tarvitsisi itse hoitaa datan jakamisen oikeudellista ja teknistä puolta, vaan erikoistuneet datan välityspalveluiden tarjoajat voisivat auttaa siinä. Samalla tavoin datan välityspalveluiden tarjoajat voisivat auttaa yksilöitä hallitsemaan omia henkilötietojaan.

Koska datan välityspalveluilla olisi keskeinen rooli datan liikkumisen varmistamisessa, niiden toiminnalle asetettaisiin ehtoja. Jokaisen datan välityspalvelun tarjoajan tulisi tehdä valvovalle viranomaiselle ilmoitus toiminnastaan. Merkittävä vaikutus olisi myös sillä, että datan välityspalveluita tulisi tarjota oikeudellisesti itsenäisestä yksiköstä. Tällä ehkäistäisiin sitä, että datan välityspalveluntarjoajat saisivat määräävän aseman datamarkkinoilla. Autonomisen liikenteen kaltaisessa kansainvälisessä sektorilla merkitystä olisi myös sillä, että datan välityspalvelun tarjoajien tulisi varmistaa, ettei data siirry sellaisiin EU:n ulkopuolisiin maihin, joissa ei taata riittävän suojan tasoa esimerkiksi immateriaalioikeuksille.

¹⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2016/679 luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus).

¹⁶ Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi yksityiselämän kunnioittamisesta ja henkilötietojen suojasta sähköisessä viestinnässä ja direktiivin 2002/58/EY kumoamisesta (sähköisen viestinnän tietosuoja-asetus) (COM/2017/010 final).

¹⁷ Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on European data governance (Data Governance Act) COM/2020/767 final.

Euroopan komissiossa on valmisteilla ehdotus EU:n datasääntelyksi. Siinä voisi olla sääntelyä muun muassa julkisen sektorin pääsystä tiettyyn yksityisen sektorin dataan sekä yritysten välisestä datan jakamisesta. Julkiselle sektorille voisi tulla oikeus saada sellaista yksityisen toimijan dataa, jota tarvitaan yleisen edun mukaisen tavoitteen toteuttamiseksi. Yksi tällainen tavoite voisi olla ympäristö- ja kaupunkisuunnittelukysymykset, johon voitaisiin hyödyntää myös liikenteestä syntyvää dataa. Yritysten datan jakamisen puolella yksi tavoite voisi olla tasata yritysten neuvotteluvoimaa. Tavoitteena voisi olla, että kaikilla datan luomiseen tai keräämiseen osallistuneilla tahoilla olisi oikeudenmukaisin ehdoin pääsy dataan. Yksi tarkemman sääntelyn kohde voisi olla esineiden internetistä syntyvä data.

Euroopan unionin tavoittelee yleissääntelyn lisäksi sektorikohtaisen data-avaruuksien luomista. Liikennesektori muodostaisi yhden tällaisen data-avaruuden. Komissio ei ole vielä julkaissut tarkempia suunnitelmiin esimerkiksi siitä, miten data-avaruustyö suhtautuu olemassa olevaan erityissääntelyyn. Tällaista on liikennesektorilla esimerkiksi älyliikennedirektiivi ja sen mukainen komission antama sääntely.

3.3 Fintraffic Oy:n rooli tiedonvaihdon edistäjänä

Suomessa tiedonjaon hallintamallissa on keskeisessä roolissa liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluita tekemään perustettu valtion omistama erityistehtäväyhtiö Fintraffic Oy, jolle tehtäviensä johdosta kertyy huomattava määrä erilaista liikenteeseen liittyvää tietoa. Samalla yhtiö voi myös tarpeellisessa määrin jakaa eri toimijoille niiden tarvitsemää tietoa, ja siten toimia tiedonjaon solmupisteenä Suomessa. Fintraffic Oy vastaa liikenteen palveluista annetun lain (320/2017) 154 §:n mukaisesti liikennetietoja koordinoivan koontitietokannan ylläpitotehtävästä. Fintraffic Oy vastaa myös ITS-direktiivin¹⁸ EU:n laajuisten multimodaalisten matkatietopalvelujen tarjoamista koskevan täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2017/1926 mukaisen liikkumispalvelukatalogin (National Access Point, NAP) ylläpidosta ja tuottamisesta.

Lisäksi Fintraffic Oy:n on tarkoitus toimia liikenteen tiedonjaon ekosysteemien tukijana. Tavoitteena on luoda liikenteen palveluntarjoajille yhtenäiset ja reilut toimintamallit uusien liikennevälinerajat ylittävien palveluiden kehittämisessä, mikä luo edellytykset liikenteen ja logistiikan uusien digitaalisten palveluiden syntymiselle. Datan ja teknisen alustan rakentamisen lisäksi tarvitaan yhteisiä rakenteita ja standardeja, yhteistyön sopimusrakenteita ja riittävää koordinaatiota, josta Fintraffic Oy:n on tarkoitus vastata.

¹⁸ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/40/EU tieliikenteen älykkäiden liikennejärjestelmien käyttöönoton sekä tieliikenteen ja muiden liikennemuotojen rajapintojen puitteista

3.4 Liikenteen automaation tarvitsema staattinen ja dynaaminen tieto

Staattisella tiedolla tarkoitetaan tietoa, joka pysyy muuttumattomana tai muuttuu vain hitaasti. Tyypillisesti staattinen tieto liittyy etenkin fyysiseen liikenneinfrastruktuuriin. Tähän saakka liikenneinfrastruktuuriin liittyvä tieto on syntynyt liikenneväylien suunnittelun ja kunnossapidon tarpeisiin. Jatkossa automaatio aiheuttaa omat tietotarpeensa, ja vieläpä tavalla, jossa tietoon todennäköisesti kohdistuu nykyistä korkeampia laatuvaatimuksia. Fyysisestä liikenneinfrastruktuurista olisi pystyttävä tuottamaan mahdollisimman reaaliaikaisesti päivittyvä malli automaation tarpeisiin. Lainsäädännössä¹⁹ väyliä koskevan tiedon ylläpitäminen on annettu Väyläviraston tehtäväksi väylänpitäjänä.

Dynaamisella tiedolla tarkoitetaan tietoja, jotka päivittyvät jatkuvasti. Kyse on usein liikennevälineiden sensoreiden keräämästä datasta, jotka kertovat esimerkiksi sää- ja olosuhdetiedoista tai liikenteen sujuvuudesta tietyillä väylillä. Myös liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajien tai viranomaisten hallinnassa olevat laitteet ja sensorit voivat tuottaa dynaamista dataa.

Suomessa on myös dynaamisen tiedon osalta otettu ensimmäisiä askelia sääntelyn saralla. Liikenteen palveluista annetun lain 16 luvussa säädetään liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan tiedonhallinnasta, ja sääntely koskee kaikkia liikennemuotoja. Lain 144 §:ssä annetaan viranomaisille oikeus luovuttaa myös salassapidettäviä tietoja liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden tarjoajille. Edelleen 145 §:ssä säädetään siitä, millaisia tietoja ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajalla on oikeus saada yksityisiltä toimijoilta. Sen mukaan liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajalla on oikeus saada tietoja:

- 1) väyläverkon huolto- ja kunnossapitotoimia sekä rakennustöitä tekevilta julkisilta tai yksityisiltä toimijoilta;
- 2) viestintäverkkojen ylläpitäjiltä viestintäverkon häiriöistä;
- 3) luotsauspalvelun tarjoajilta ja satamanpitäjiltä;
- 4) muilta liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden tarjoajilta;
- 5) junien, alusten ja ilma-alusten omistajilta, liikennöitsijöiltä tai niiden edustajilta;
- 6) erillisestä pyynnöstä muilta toimijoilta, joiden toiminta vaikuttaa liikenneturvallisuuteen tai liikenteen sujuvuuteen.

¹⁹ Liikennejärjestelmästä ja maanteistä annettu laki 503/2005, muutettu lailla 572/2018 sekä liikenteen palveluista annettu laki.

Tiedonsaantioikeus koskee tietoja, jotka ovat välttämättömiä liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan laissa säädettyjen tehtävien hoitamiseksi. Tiedonsaantioikeus koskee tietoja liikenteen ohjauslaitteista ja niiden toimivuudesta, liikenteen vaaratilanteista ja onnettomuuksista, liikenteen ja viestintäverkkojen häiriöistä, liikennevälineiden sijainnista, sää- ja olosuhdetietoja sekä muita liikenteen tilannekuvan muodostamiseen ja liikenteen turvallisuuteen ja sujuvuuteen liittyviä tietoja.

Lain 146 ja 147 § koskevat tietojen luovuttamista liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan toimesta. Mainitun 146 §:n mukaan liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan on avattava avoimen rajapinnan kautta koneluettavassa muodossa vapaasti käytettäväksi seuraavat ajantasaiset tiedot:

- 1) liikenteen säätiedot ja -ennusteet;
- 2) liikenteen olosuhdetiedot;
- 3) liikennemäärien mittaustiedot;
- 4) sujuvuus- ja matka-aikatiedot;
- 5) häiriö- ja poikkeustilannetiedot;
- 6) tiedot vaihtuvista nopeusrajoituksista sekä muista vaihtuvista liikennesäännöistä;
- 7) tiedot liikennevälineiden sijainnista, jos tiedot ovat olemassa;
- 8) muut julkisin varoin tuotetut viranomaisten toiminnan julkisuudesta annetussa laissa (621/1999) tarkoitetut julkiset tiedot, ellei tiedot luovuttanut viranomaisen kiellä niiden avaamista avoimena datana.

Avattavien tietojen on oltava sellaisessa muodossa, että tiedot eivät ole yhdistettävissä luonnolliseen henkilöön eikä liikesalaisuutta vaaranneta.

Lain 147 § taas koskee tietojen luovuttamista viranomaisille, ja se sisältää liikenteen palveluista annetulle laille tyypillisen säännöksen, jonka mukaan liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan on luovutettava viranomaisille sellaiset tiedot, jotka ovat välttämättömiä niiden laissa säädettyjen tehtävien hoitamiseksi.

Kaikki tietojen vaihtaminen tapahtuu liikenteen palveluista annetun lain mukaan rajapintojen avulla koneluettavassa muodossa.

3.5 Paikantaminen ja kartat

Turvallisen automaation ehdoton edellytys on, että liikennevälineen on voitava paikantaa sijaintinsa jatkuvasti. Tähän tarvitaan sekä absoluuttista että suhteellista paikantamista. Absoluuttinen paikantaminen tapahtuu pääsääntöisesti satelliittipai-

kannusjärjestelmiin (GNSS, global navigation satellite system) tukeutuen. Suhteellisessa paikantamisessa liikenneväline määrittää sijaintinsa väylällä suhteessa ympäristöön ja muihin liikenteessä liikkujiin. Suhteelliseen paikantamiseen liikenneväline käyttää omia sensoreitaan, erityisesti erilaisia tutkia ja kameroita.

Rautatieliikenteen osalta on erillistapauksena huomioitava, että rataverkolla on useita pidempiä maanalaisia osuuksia, joilla paikannuksessa ei voida käyttää jatkuvaa satelliittipaikannusta ja paikannus saattaa perustua kaluston sensorien lisäksi infrastruktuuriin rakennettuihin järjestelmiin.

Globaalisti kaikille käyttäjille saatavilla on neljä GNSS-järjestelmää: yhdysvaltalainen GPS, EU-jäsenmaiden hallinnoima Galileo, venäläinen GLONASS sekä kiinalainen BeiDou. Lisäksi EU:n alueella toimiva EGNOS-järjestelmä tuottaa GNSS-järjestelmiä varmentavaa korjaus- ja eheystietoa muun muassa lentoliikenteelle. EGNOS-järjestelmässä on rakenteilla erityispalvelut myös meri- ja raideliikenteen tarpeisiin. Satelliittinavigoinnissa on mahdollista, ja usein myös suositeltavaa, hyödyntää useampaa GNSS-järjestelmää samanaikaisesti. Tämä parantaa paikannustarkkuutta ja pienentää järjestelmähäiriöistä aiheutuvaa riskiä. Tyypillisesti uudet, markkinoille tulevat vastaanottimet hyödyntävät oletusarvoisesti useampaa kuin yhtä GNSS-järjestelmää.

Satelliittipaikantamisessa GPS-signaalin tarkkuudessa on aiemmin ollut haasteita pohjoisilla alueilla rajoittuneen satelliittinäkyvyyden ja ilmakehän ionosfäärin aktiivisuuden (esimerkiksi revontulia-alueet) vuoksi. Useamman GNSS-järjestelmän hyödyntäminen parantaa näkyvillä olevien satelliittien saatavuutta. Galileon käyttämä tekniikka lähettää satelliittisignaalin kahdella eri radiotaajuudella, mahdollistaa ionosfäärin aiheuttamien vääristymien kompensoinnin ja paikannustarkkuuden normalisoinnin.

Perinteisten sijainti- ja aikatietopalveluiden lisäksi eurooppalainen Galileo tarjoaa erityispalveluita, joilla voidaan parantaa paikannustarkkuutta sekä tunnistaa häiritä- ja harhautusyrityksiä: Galileon High Accuracy Service (HAS) tarjoaa noin 20 senttimetrin paikannustarkkuuden. HAS-palvelu on tulossa saataville vuoden 2022 kuluessa. Galileon autentikointipalvelut, kaikille avoin ja ilmainen OS-NMA sekä kaupallinen CAS-palvelu, tarjoavat mahdollisuuden varmentaa satelliittisignaalien eheys ja alkuperä. Autentikointipalvelut ovat käytettävissä vuoden 2022 jälkeen. Lisäksi Galileo tarjoaa EU-jäsenmaiden viranomaisten ja huoltovarmuuskriittisten toimijoiden käyttöön PRS-palvelun, jolle annetaan toimintalupaus myös poikkeusoloissa. Suomessa PRS-palvelu otetaan käyttöön vuoden 2024 kuluessa. Sitä hallinnoiva viranomainen on sijoitettu Liikenne- ja viestintävirastoon.

Lisäksi paikannustarkkuutta voidaan parantaa hyödyntämällä maanpäällisen kiintopiste-
teverkon RTK-signaalikorjausta (Real Time Kinematic). Maanmittauslaitoksen FinnPos-

paikannuspalvelu on maksuton ja perustuu Maanmittauslaitoksen ylläpitämään Finn-Ref-tukiasemien verkkoon. DGNSS-palvelua (Differential GNSS) voi käyttää verkkoyhteyden kautta reaaliajassa ja se on tarkoitettu noin puolen metrin tarkkuutta tarvitseville käyttäjille. Tarkin reaaliaikainen palvelu, RTK-palvelu on tällä hetkellä käytettävissä vain tutkimustarkoituksiin. RINEX-latauspalvelusta saatavaa FinnRef-tukiasemien havaintodataa voidaan käyttää jälkilaskennassa ja saavuttaa senttimetri -tarkkuus.

Tarkka paikannuspalvelu on erityisesti Suomen talviolosuhteissa yhdessä tarkkojen maastoa kuvaavien paikkatietojen kanssa välttämätön edellytys itseohjautuvien laitteiden toiminnalle. Niiden toiminta vaatii alle 10 cm:n luotettavaa paikannustarkkuutta. Tällä hetkellä yleinen arvio on, että nykyiset satelliittipaikannusratkaisut (GNSS-) kuten GPS, Galileo ja GLONASS tarvitsevat muita paikannus- ja korjauspalveluita tarkan paikannuksen saavuttamiseksi.²⁰

²⁰ Paikkatietopoliittinen selonteko, Maa- ja metsätalousministeriön julkaisu 4A/2018, s. 24, ehdotettu toimenpide ”Tarjotaan tarkka paikannus kaikkien käyttöön”.

4 Tieliikenne

4.1 Tieliikenteen automaation kehitys

Yleiskuva tieliikenteen automaation tilasta

Tällä hetkellä näyttää siltä, että tieliikenteessä automaatio ei ole edennyt niin nopeasti kuin muutama vuosi sitten ajateltiin. Kuvaan on astunut uudenlainen realismi, ja myös monet ajoneuvovalmistajat ovat muuttaneet arvioitaan varovaisemmiksi. Monet sellaiset kysymykset, joita esitettiin jo useita vuosia sitten, ovat sääntelytasolla yhä ratkaisematta.

Jo aikaisemmin oli nähtävissä, että kehityksessä tulee olemaan joitakin keihäänkärkiä, ja tämä näkymä on edelleen vahvistunut. Tieliikenteessä nopeinta kehitystä odotetaan hitailla nopeuksilla liikkuvissa etäohjatuissa ajoneuvoissa. Tällaiset ajoneuvot liikkuvat usein ennalta rajatuilla reiteillä tai alueilla.

Myös ajoneuvoissa automaation määrä lisääntyy. Tällä hetkellä käytössä on kuljettajaa avustavia tukijärjestelmiä, kuten esimerkiksi mukautuvat vakionopeudensäätimet, kaistavahdit, hätäjarrutusjärjestelmät, luistonestojärjestelmät ja pysäköintiavustimet (ns. ADAS-järjestelmät, Advanced Driver-Assistance Systems). Lähitulevaisuudessa markkinoille odotetaan tulevan ajoneuvoja, joiden automaattiset ajojärjestelmät (Automated Driving Systems, ADS)²¹ pystyvät hoitamaan itsenäisesti ajoneuvon kuljetamista moottoritieolosuhteissa. Automaattinen ajojärjestelmä käyttää sekä laitteistoja (hardware) että ohjelmistoja (software) hoitaakseen ajoneuvon dynaamista hallintaa (dynamic control) pitkäkestoisella tavalla.²²

Dynaaminen hallinta tarkoittaa puolestaan reaaliajassa toteutettua ajoneuvon kaikkien operationaalisten ja taktisten toimintojen hoitamista. Näihin kuuluvat pitkittäisen ja sivusuuntaisen liikkumisen hallinta, tieympäristön tarkkailu, liikenteessä tapahtuviin tapahtumiin vastaaminen, suunnittelu ja tulevista liikkeistä muulle liikenteelle annettavat signaalit. WP.29 käyttää työssään termiä ”dynaaminen ajotehtävä” (Dynamic Driving Task). Siinä sisältöjä on määritelty siten, että lateraalinen (sivusuuntainen) operointi tapahtuu ohjaamalla, pituussuuntainen operointi kiihdyttämällä ja jarruttamalla, ympäristön monitorointi kohteiden (objektien) ja tapahtumien havainnoinnilla, tunnistamisella, luokittelulla ja niihin vastaamiseen valmistautumalla, vastaamisen

²¹ Määritelmistä ks. myöhemmin kohta 9.1.4.

²² UNECE WP.1 Resolution on the deployment on highly and fully automated vehicles in road traffic. WP.29 määritelmä on lähes samanlainen.

toteuttamisella, toimintojen suunnittelulla ja valojen, signaalien ja muiden vastaavien merkkien antamisella.

Suomen vahvuudet ja heikkoudet tieliikenteen automaatiassa

KPMG on tuottanut vuodesta 2018 raportin²³, joka kuvaa valmiuksia tieliikenteen automaatiolle 30 maassa. Vuonna 2020 julkaistun raportin mukaan Suomi on sijalla viisi edellään Singapore, Hollanti, Norja ja Yhdysvallat. Indeksissä pisteitä sai muun muassa kokeilujen edistämisestä, sähköautojen latauspisteiden määrästä sekä teknologisten innovaatioiden edistämisestä. Suomen lainsäädäntöympäristö sai korkeimmat pisteet kaikkien maiden joukossa. Eryteisesti huomioitiin sääntelyn kyky vastata haastaviin tilanteisiin sekä se, että Suomen koko tieverkko on avattu testausmahdollisuuksille. Lisäksi Suomen vahvuutena mainittiin Helsingissä ja Espoossa automaattisilla, säänkestävillä pienlinja-autoilla (Sensible4) tapahtuva pilotointi sekä suomalaisten korkea digitaalisten taitojen ja digitaalisen infrastruktuurin taso.

KPMG:n raportissa todetaan, että maastamme puuttuu sellaista ajoneuvon valmistusta, joka voisi toimia kehityksen ajurina. Samalla kuitenkin pienemmille yrityksillä saattaa olla suurempi vapaus toimia. On huomattava, että Suomessa on muun muassa kyberturvallisuusosaamista sekä ajoneuvoissa käytettävien sensoreiden ja ohjelmistojen valmistusta. Raportissa mainitun lisäksi Suomen haasteena voidaan pitää ajoneuvojen varsin korkeaa käyttöikää, mikä hidastaa automaattisten ajoneuvojen tuloa teillemme. Suomessa on myös suuri määrä sorateitä, jotka ovat automaattiajamisen kannalta haastavia (muun muassa nouseva pöly, tiemerkitöjen puute). Lisäksi kylmän vuodenajan sääolosuhteet ovat suurella osalla tieverkkoa automaation kannalta ison osan vuodesta varsin haasteelliset. Samalla arktisia olosuhteita ja siihen liittyvää osaamista sekä testausmahdollisuuksia voidaan pitää Suomen vahvuutena.

Ajoneuvojen automaatiokehitys

Tieliikenteen automaatiotasojen kuvauksessa on käytetty tähän saakka usein yhdysvaltalaisen autoalan Society of Automotive Engineers (SAE) International -standardointijärjestön kuusiportaista luokittelua. Taso 0 tarkoittaa, että automaatiota ei ole. Viimeinen taso 5 on täyden automaation taso, joka kattaa kaikki dynaamisen ajotehtävän osa-alueet kaikissa tie- ja ympäristöolosuhteissa.

²³ Autonomous Vehicles Readiness Index. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2020/07/2020-autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>

Kuvio 2. Society of Automotive Engineers (SAE) International -standardointijärjestön kuusiportainen luokittelu



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You are driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You are not driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver's seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions
Example Features						

Viime aikoina on havaittu, että SAE-luokitus ei parhaalla mahdollisella tavalla tue sääntelytyötä. UNECE:ssä WP.1 ja WP.29 eivät käytä SAE-luokitusta omassa regulaatiotyössään. Siihen ei viitata myöskään EU:n säännöksissä.

UNECE:ssä WP.1 hyväksyi syyskuussa 2018 päätöslauselman kehittyneiden ja täysin automaattisten ajoneuvojen käytöstä tieliikenteessä (Resolution on the deployment of highly and fully automated vehicles in road traffic, jäljempänä WP.1 resoluutio). Sen mukaan kehittynyt automaattinen ajoneuvo on varustettu automaattisella ajojärjestelmällä, joka toimii tietyn suunnitellun toimintaympäristön (Operational District Domain, jäljempänä ODD) sisällä osan matkasta tai koko matkan ilman ihmisen puuttumista järjestelmän turvallisuuden varmistavana tekijänä. Täysin automaattinen ajoneuvo toimisi muutoin samoin, mutta ilman ODD-rajoitteita.

WP.1 resoluution mukaan ODD:llä tarkoitetaan ympäristöön, maantieteeseen, kellonaikaan, liikenteeseen, infrastruktuuriin, keliin ja muihin vastaaviin olosuhteisiin liittyviä edellytyksiä, joiden vallitessa automaattisen ajojärjestelmän on erityisesti suunniteltu toimivan.

WP.29 alaisen GRVA-työryhmän (Working Party on Automated/Autonomous and Connected Vehicles) alatyöryhmä FRAV (Functional Requirements for Automated and Autonomous Vehicles) on omassa työssään työstänyt varsin paljon ODD-kysymystä ja tullut siihen tulokseen, että niitä voi olla useampia. Alkuperäinen FRAV-määritelmä oli melko lähellä WP.1:n määritelmää, mutta tällä hetkellä FRAV liittyy ODD:n automaattisen ajojärjestelmän eri toimintoihin (features)²⁴. Ajoneuvolla voi täten olla useita ODD:tä. Tarkoituksena on edellyttää, että ajoneuvon valmistajan tulee kuvata kunkin automaattisen ajojärjestelmän toiminnon ODD.

ODD:n määrittely on siis WP.29 asiakirjojen mukaan ajoneuvon valmistajan tehtävä. ODD-kuvauksen on minimissään sisällettävä tietoja tietyypistä (esimerkiksi edellytetäänkö moottoritieolosuhteita tai tietoja kaistojen määrästä ja merkinnöistä), maantieteellinen alue, nopeustiedot, ympäristölliset ehdot (esimerkiksi sää, yöajan rajoitukset), riippuvuudet tietoliikenneyhteyksistä sekä muista seikoista, joita turvallinen operointi edellyttää.

Suomi on maa, joka on maantieteellisesti varsin laaja, ja jossa on 454 000 kilometriä tieverkostoa. Siitä noin 800 kilometriä on moottoriteitä ja 350 000 kilometriä yksityisteitä ja metsäautoteitä. On oletettavaa, että erittäin pitkälle nähtävissä olevaan tulevaisuuteen olemme tilanteessa, jossa ajettavan matkan varrella ajoneuvo on välillä ODD:den sisäpuolella, jolloin automaattinen ajojärjestelmä ADS hoitaa dynaamisia

²⁴ Document FRAV-03-05-Rev. 1: "Operational Design Domain (ODD)" means the operating conditions under which an ADS feature is specifically designed to function"

ajotehtäviä, ja välillä ODD loppuu, jolloin ihmisen on jälleen toimittava kuljettajana. Ajettavasta matkasta riippuen ajotehtävä voi siirtyä useaan otteeseen. Kysymys on tällöin hallitusta/suunnitellusta siirtymästä. Suomen kannalta tärkeä on varmistaa, että ihmiset voivat liikkua ketterästi lähtöpaikasta määränpään käytettävän automaation tasosta ja infrastruktuurista riippumatta.

4.2 Tieliikenteen automaatioon liittyvä sääntely ja sen kehitystarpeet

Automaattiajamiseen liittyvää sääntelyä tehdään monessa paikassa ja monelta eri tuloskummalta. Perinteisesti keskeinen merkitys on ollut UNECE:n sääntelyllä, jonka tekniset säännökset ovat tulleet osaksi Suomen sääntelykehikkoa EU:n kautta ja liikennesäännöt kansallisella voimaansaattamissääntelyllä. UNECE:ssä ei ole säännelty tietosuojakysymyksiä, joiden osalta EU:n yleinen tietosuoja-asetus²⁵ (jäljempänä GDPR) on EU-maissa keskeisessä roolissa. Tekoälyyn liittyvä sääntelykehikko, joka on EU:ssa valmisteilla, vaikuttaa myös tieliikenteen automaation sääntelyyn (ks. edellä kohta 1.2).

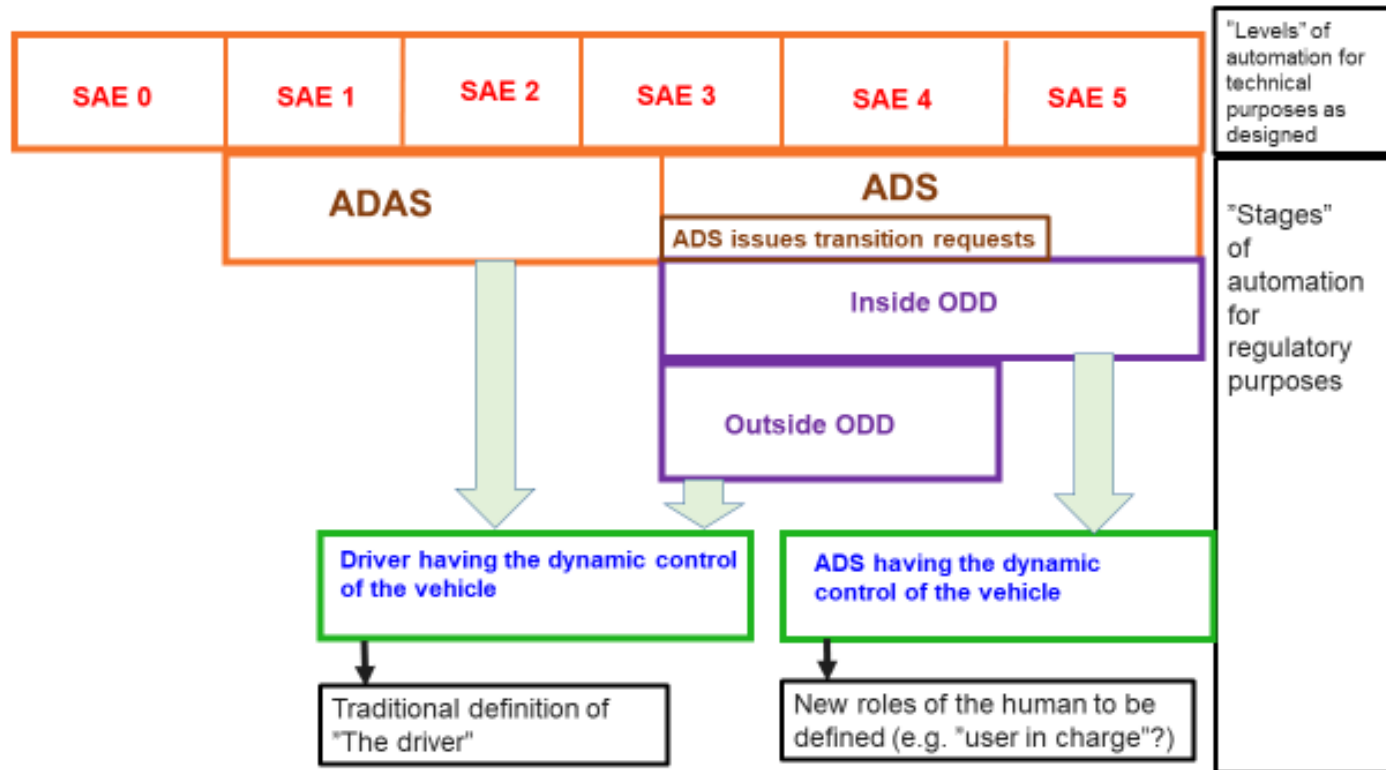
Kaiken kaikkiaan automatisoituvaan tieliikenteeseen liittyvä sääntely-ympäristö on muotoutumassa varsin monitahoiseksi, ja on olemassa vaara, että kokonaisuus on huonosti hallittavissa, ellei sitä pyritä tietoisesti yhteensovittamaan.

Sääntelyn näkökulmasta keskeinen on kysymys, kumpi hoitaa dynaamisia ajotehtäviä kullakin hetkellä, ihminen vai automaattinen ajojärjestelmä. Kyse on ”joko-tai”-tilanteessa, dynaaminen hallinta ei voi yhtä aikaa olla molemmilla. Vastaus liittyy samalla keskeisesti vastuukysymyksiin. Toinen olennainen kysymys on, generoiko ajojärjestelmä siirtopyyntöjä. Suomen lähtökohta on, että näin tulee tapahtumaan kauas näköpiirissä olevaan tulevaisuuteen, koska ODD:t ovat toistaiseksi rajallisia.

Sääntelyn näkökulmasta tilannetta voidaan hahmottaa seuraavasti:

²⁵ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2016/679 luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus)

Kuvio 3. Automaation "luokittelu" sääntelyn näkökulmasta



SAE-tasojen käytön lopettaminen sääntelykeskustelussa voi auttaa merkittävästi erityisesti SAE 3 -tasoon liitettyjen ongelmien ratkaisemissa. Hallinnan siirtoon erityisesti automaattiselta ajojärjestelmästä ihmiselle liittyy keskeisiä turvallisuuskäsitteitä. WP.1 työssä aletaan tunnustaa, että ihmisen ei voida kohtuudella olettaa voivan ottaa hallintaa äkillisissä tilanteissa turvallisesti, vaan ajojärjestelmän on pystyttävä turvallisuuden hallintaan. Tällöin ajatus siitä, että ihminen voisi toimia koneen valvojana ja varajärjestelmänä alkaa olla vaikeasti perusteltava. Hallinnan siirtoon ja ajonjärjestelmän ja ihmisen vuorovaikutukseen liitetään tekeillä olevassa WP.1:n uudessa resoluutiossa²⁶ seuraavat suositukset muotoillut seikat:

- Ihmisen ja koneen välisen rajapinnan (human-machine interface) on oltava ihmisen kannalta helppokäyttöinen ja tehokas,
- ajojärjestelmän on pystyttävä päättämään, onko ihminen valmiudessa ottamaan ajoneuvon hallinnan,
- siirtopyyntö on tehtävä siten, että ihmisellä on riittävä aika varautua hallinnan siirtoon,
- ajojärjestelmän on varmistettava, että ihminen on ottanut ajoneuvon hallinnan vastaan siirtopyynnön jälkeen ja toimittava siihen saakka, että varmistus on saatu,
- ajojärjestelmän on autettava ihmistä ottamaan hallinta turvallisesti (esimerkiksi kaistallapitojärjestelmän avulla),
- ajojärjestelmän on suoritettava minimiriskitoiminnot, mikäli ihminen ei ota hallintaa siirtopyynnön saatuaan.

Ajoneuvon valmistajien tehtävänä on varmistaa, että ajojärjestelmä vastaa näitä suosituksia.

WP.1:n alaisen epävirallisen IGEAD-työryhmän²⁷ on edellä mainitun resoluution jälkeen tarkoitus ryhtyä työstämään muun muassa ihmisen roolia muutoin kuin kuljettajana. Automaattisen ajojärjestelmän hoitaessa dynaamisia ajotehtäviä ihminen ei voi enää vastata kaikista niistä velvollisuuksista, jotka kansainvälisissä tieliikennesopimuksissa liitetään kuljettajan rooliin. Ihmiselle voi tulla muita tehtäviä, joissa hän toimii eri rooleissa. Kyse voi olla vaikkapa ”vastuussa olevan käyttäjän” (user in charge) -roolista,

²⁶ Global Forum for Road Traffic Safety (WP.1) draft resolution on safety considerations for activities other than driving undertaken by the driver when the automated driving system is exercising dynamic control. Resoluutio perustuu pitkälti kansainvälisen ihmisen ja koneen vuorovaikutusta tutkivan asiantuntijaryhmän Human Factors in International Regulations for Automated Driving Systems (HF-IRADS) työhön ja ryhmä WP.1:lle maaliskuun 2021 kokoukseen toimittamaan asiakirjaan (Informal document No. 11).

²⁷ Informal Group of Experts for Automated Driving

joka voi vastata esimerkiksi siitä, että lapset ovat kiinnitettyinä asianmukaisesti turvatuimiin ja turvavöihin. Ihminen voi myös toimia erilaisissa etäkuljettajan ja etävalvojan rooleissa.

UNECE:n WP.1 on käynnistämässä asiantuntijaryhmän työtä uuden nimenomaan tieliikenteen automaatiota koskevan kansainvälisen oikeudellisen instrumentin valmistelemiseksi. Työryhmän toimikausi on kaksivuotinen 1.7.2021 lähtien, mutta sitä voidaan pidentää. Toistaiseksi ei tiedetä, syntyykö työn tuloksena uusi kansainvälinen sopimus vai muutetaanko olemassa olevia sopimuksia. Uuden sääntelykehikon luomista voi perustella muun muassa se seikka, että myös perinteisiä ei-automaattisia ajoneuvoja on käytössä vielä varsin pitkään. Tällöin on edelleen tarvetta nyt voimassa olevalle sääntelyllekin. Asiantuntijaryhmän työn odotetaan joka tapauksessa vievän useita vuosia.

Kansallisella tasolla tapa, jolla kansainvälinen sääntely on saatettu Suomessa voimaan, on mahdollistanut muun muassa pitkällekin kehittyneiden automaattisten ajoneuvojen kokeilut yleisillä teillä etäohjaukseen perustuen. Uudessa tieliikennelaissa (729/2918) pyrittiin poistamaan siihen mennessä tunnistetut automaation esteet kansainvälisen kehityksen sallimissa rajoissa. Liikennesäännöt on kirjoitettu passiiviin, eikä kuljettajaa, joka on kansainvälisten sääntöjen mukaan tähän saakka ollut toistaiseksi ihminen, ole mainittu. Tienkäyttäjän määritelmää muutettiin siten, että ohjaaminen on mahdollista muualtakin kuin tieltä. Etäohjauksen tarkempia vaatimuksia ei ole ainakaan toistaiseksi määritetty, mutta lain mukaan ajoneuvon tulee olla hallinnassa ja kuljettajan tulee olla psyykkisiltä ja fyysisiltä ominaisuuksiltaan kelpoinen. Edelleen laki mahdollistaa auton teknisten laitteiden täysimääräisen hyödyntämisen ajoneuvon hallinnassa, kunhan niiden käyttö ei vaaranna eikä haittaa turvallisuutta. Viestintävälinettä ei kuitenkaan saa pitää kädessä ajon aikana kansainvälisiin säännöksiin perustuen.

[Etiikka tieliikenteen automaatiösääntelyn kehittämisen pohjana](#)

Yleisistä, kaikkia sektoreita koskevista eettisistä säännöistä voidaan johtaa sektori-kohtaisia eettisiä sääntöjä. Näiden voidaan puolestaan nähdä saavan konkreettisia muotoja käytännön sääntelytoimenpiteissä. Lisäksi niiden toteutumisen tueksi tarvitaan käytännön työkaluja, kuten esimerkiksi vaikutusten arviointikehikkoja, standardeja ja sertifiointijärjestelmiä. Ison kuvan hahmottamisen kannalta olisi tärkeää nähdä nämä sidokset asioiden välillä. EU:n asiantuntijaraportissa tehdäänkin ansiokkaasti kunkin suosituksen kohdalla selkeä kytkös yleisiin eettisiin periaatteisiin.

Kuvio 4. Tieliikenteen automaation sääntelyn eettinen kehittäminen

Tieliikenteen automaation sääntelyn eettinen kehittäminen (esimerkki)

Horisontaaliset eettiset periaatteet

- Ei saa aiheuttaa harmia –periaate (osana ihmis- ja perusoikeuksien kunnioittamista)

Sektorikohtaiset eettiset periaatteet (heijastelevat horisontaalisia periaatteita)

- Liikenneturvallisuus lähtökohtana
- Kyberturvallisuuden huomioiminen

Periaatteita toteuttavat sääntelytyökalut

- UNECE WP.29: järjestelmän turvallisuusvaatimukset, järjestelmän varoimenpiteet, ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus, hahmontunnistusjärjestelmät, arviointi- ja validointimenettelyt
- UNECE WP.1 ja kansallinen sääntely: liikennesäännöt

Periaatteita toteuttavat muut työkalut

- Yritysten vastuullisuuden kulttuurin luominen
- Standardit
- (Vapaaehtoiset) sertifikaatit
- Dokumentointi
- Virheiden korjausmekanismit

Tieliikenteen sääntelyn eettisten pelisääntöjen kehikkoa on jo pohdittu sektorikohtaisesti tieliikenteen automaatiossa vuodesta 2017 lähtien. Saksassa julkaistiin silloin eettisen komission raportti²⁸, joka sisälsi monia varsin huomionarvoisia havaintoja eettisistä periaatteista tieliikenteen automaatiossa. Syyskuussa 2020 EU:n komission asettama tekoälyjärjestelmien etiikkaa tieliikenteessä pohtinut riippumaton asiantuntijaryhmä julkaisi raporttinsa²⁹. Se sisältää 20 suositusta eettisen tekoälyn hyödyntämisen edistämiseksi. Lokakuussa 2020 Suomi järjesti neljännen ministeritason huippukokouksen EU-maiden välisessä epävirallisessa High Level Meeting on Connected and Automated Driving (HLM CAD) -prosessissa. Sen päätelmissä³⁰ kiinnitetään myös huomiota keskeisiin eettisen tekoälyn hyödyntämistä edistäviin seikkoihin. Päätelmiä tuki 27 Euroopan maata, 3 EU-komission pääosastoa ja 13 kansainvälistä järjestöä.

Tieliikenneturvallisuuden parantaminen

Kaikissa sekä yleisissä että tieliikenteeseen erityisesti kohdistuvissa eettisissä pohdinnoissa lähtökohtana on turvallisuuden korostaminen. Toisaalta huomioidaan se lähtökohta, että automaatiolla on huomattava potentiaali parantaa tieliikenteen turvallisuutta, ja tämän potentiaalin hyödyntäminen on myös asetettava selkeästi tavoitteeksi. Toisaalta automaattisten järjestelmien kehittämisen ja hyödyntämisen edellytetään tapahtuvan tavalla, jolla turvallisuus voidaan varmistaa.³¹ Esimerkiksi taloudellisten hyötyjen tavoittelu ei milloinkaan saa tapahtua yksilöiden suojelun kustannuksella. Turvallisuuden korostamisen voidaan todeta juontuvan yleisestä ”älä tee vahinkoa” (do no harm) -periaatteesta. Turvallisuuden parantamisen tavoite tähtää yleiseen ihmiskeskiseen lähtökohtaan yksilöiden ja yhteiskuntien hyvinvoinnin lisääntymisestä. Erityistä huomiota kiinnitetään usein niin sanotussa haavoittuvassa asemassa oleviin tienkäyttäjiiin, erityisesti jalankulkijoihin ja pyöräilijöihin.

Kohti käytännön sääntelyä mennään UNECE:n WP.1 ja WP.29 työssä. WP.1:n resoluutiossa lähtökohtana on, että kehittyneiden ja täysin automaattisten ajoneuvojen tulee asettaa tieliikenteen turvallisuus tärkeimmäksi lähtökohdaksi. Myös ennalta arvaamat-

²⁸ Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure. Ethics Commission: Automated and Connected Driving. June 2017. https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission-automated-and-connected-driving.pdf?__blob=publicationFile

²⁹ Ethics of Connected and Automated Vehicles. European Union, 2020. https://ec.europa.eu/info/news/new-recommendations-for-a-safe-and-ethical-transition-towards-driverless-mobility-2020-sep-18_en

³⁰ Conclusions from the Fourth High Level Meeting on Connected and Automated Driving, Helsinki 7 October 2020. <https://www.lvm.fi/en/-/high-level-meeting-on-connected-and-automated-driving-aims-at-strengthening-cooperation-1234725>

³¹ Ks. esim. Stockholm Declaration; Third Global Ministerial Conference on Road Safety: Achieving Global Goals 2030, Stockholm, 19–20 February 2020.

tomiin tilanteisiin on reagoitava siten, että ihmisille niin ajoneuvon sisällä kuin sen ulkopuolella aiheutuva vaara voidaan minimoida. WP.29 ns. puiteasiakirjassa (Framework Document)³² määritellään hieman tarkemmin, millaista turvallisuuden tasoa ajetaan takaan. Sen mukaan turvallisuuden takaamiseksi automaattinen ajoneuvo ei saa aiheuttaa sietämätöntä (non-tolerable) riskiä. Tällä tarkoitetaan sitä, että automaation hoitaessa dynaamisia ajotehtäviä ajoneuvo ei saa aiheuttaa kuolemaan tai loukkaantumiseen johtavia onnettomuuksia, jotka ovat kohtuudella (reasonably) ennalta havaittavissa ja es-tettävissä.

Eettisten sääntöjen avulla voidaan mahdollisesti myös ratkaista pitkään keskustelun kohteena olleita ongelmia. Kansainvälisessä keskustelussa on nostettu usein esille kysymys siitä, voidaanko koneen sallia tekevän esimerkiksi sen kaltaista päätöstä, säästääkö se valintatilanteessa lapsen vai iäkkään henkilön hengen. Saksan eettinen komissio toteaa raportissaan, että tilanteissa, joissa onnettomuus ei ole vältettävissä, minkäänlaista syrjintää ei saa tehdä henkilökohtaisten ominaisuuksien, kuten iän, sukupuolen, fyysisen tai psyykkisen olemuksen perusteella. EU:n riippumaton asiantuntijaryhmä puolestaan toteaa suosituksessaan numero 6, että automaattisen järjestelmän voidaan todeta toimivan eettisesti, mikäli se vastaavissa tilanteissa toimii jatkuvan tilastollisen riskinjaon perusteella, tavoitteena parantunut turvallisuus ja eri tienkäyttäjien välinen yhdenvertaisuus.

Turvallisuuden varmistaminen edellyttää UNECE:n molempien työryhmien näkemyksen mukaan sitä, että ajoneuvon on noudatettava liikennesääntöjä. Tämä on yksinkertainen peruslähtökohta: riippumatta siitä, ohjaako ajoneuvoa kone vai ihminen, sen kulun on voitava olla ennakoitavissa liikennesääntöjen mukaisesti. Erityisen tärkeää tämä on sekaliikenteessä, jossa kaikki ajoneuvot eivät ole automaattiajamisen ominaisuuksilla varustettuja, ja jossa liikkuu myös muita tienkäyttäjiä. EU:n asiantuntijaryhmä kuitenkin toteaa omassa raportissaan, että liikennesäännöt ovat viime kädessä väline, eivät itseisarvo.

Raportin suosituksen 4 mukaan olisi syytä pohtia, a) milloin liikennesääntöjä olisi muutettava, b) koneen ajaman auton olisi sallittava rikkoa liikennesääntöä, tai c) milloin koneen olisi siirrettävä ajotehtävä ihmiselle niin, että tämä voisi päättää mahdollisesta liikennesäännön noudattamatta jättämisestä. Usein käytetty esimerkki on hälytysajoneuvon väistäminen penkereelle esimerkiksi tilanteessa, jossa pysähtyminen ei muutoin olisi sallittua. On kuitenkin huomattava, että tällainen ja moni muu vastaava menettely tuskin missään muodostaa liikennesääntöjen rikkomuksen, vaan perustuu pääsäännöstä olevaan poikkeukseen.

³² ECE/TRANS/WP.29/2019/34/Rev.1, tarkistetaan ja päivitetään tarvittaessa työsuunnitelman mukaan vuosittain.

Haasteena lienee olemassa olevien, varsin monitahoisten liikennesääntöjen muuttaminen digitaaliseen muotoon, mikä automaattiliikennettä varten on kuitenkin välttämätön tehtävä. Lienee kuitenkin todennäköistä, että liikennesääntöjen tarkastelu on tarpeen myös tästä näkökulmasta: kuinka automaattiliikenne pystyy niitä (mahdollisine poikkeuksineen) noudattamaan. Tarvittaessa on selvitettävä mahdollisuutta tai tarvetta selkeyttää sääntöjä, kuten asiantuntijaryhmäkin toteaa.

Uudet toimijat tieliikenteessä; roolit ja niihin liittyvien velvollisuuksien ja oikeuksien määrittely

Helsingin HLM CAD -kokouksen päätelmissä jäsenvaltiot toteavat, että eri roolien sekä niihin liittyvien velvollisuuksien ja oikeuksien määrittely on olennaista ihmiskeskeisen automaation kehittämisessä. Myös EU:n riippumattoman asiantuntijaryhmän suosituksessa 16 korostetaan nimenomaan velvollisuuksien kohdistamisen tärkeyttä, koska toisinaan saattaa olla epäselvää, kenen tehtävä on varmistaa turvallisuuden toteutuminen.

Tarkemmin tieliikenteessä toimijoista on tunnistettavissa ainakin 1) automaattisia ajajärjestelmiä kehittäviä yrityksiä, 2) niitä hyödyntäviä yrityksiä eli ajoneuvonvalmistajia, 3) loppukäyttäjiä eli luonnollisia henkilöitä, jotka eivät toimi kuljettajan tehtävissä sekä 4) sääntelykehikosta vastuussa olevia kansainvälisiä järjestöjä (etenkin UNECE ja EU) ja kansallisia toimijoita (ministeriöt ja virastot). EU:n tekoälynsääntelyä koskeva luonnos jaottelee toimijat useampaan ryhmään (ks. kohta 1.2).

Ihminen on automaattisen ajajärjestelmän hoitaessa dynaamisia ajotehtäviä loppukäyttäjän roolissa, jossa hänellä on uudenlaisia velvollisuuksia ja oikeuksia. UNECE:n WP.1 on resoluutiossaan jo näiden uudenlaisten velvollisuuksien ja oikeuksien määrittelyä äärellä. Resoluution mukaan loppukäyttäjän tulisi muun muassa ennen matkaa olla tietoinen siitä, kuinka pitkälle kehittyneitä ja täysin automaattisia ajoneuvoja käytetään, pystyä kommunikoimaan ajoneuvon kanssa sekä ymmärtää, milloin hänen tulisi ottaa dynaaminen hallinta. EU:n riippumaton asiantuntijaryhmä on suositukseenaan 2 todennut, että turvalliseksi suunnitellun järjestelmän turvaton käyttö tulisi estää muun muassa huomioimalla normaalit tiedossa olevat loppukäyttäjien toimintamallit, kuten tahallinen tai tahaton väärinkäyttö, väsymys ja tarkkaamattomuus. UNECE:n WP.29 kehitteillä olevissa E-säännöissä lähdetään siitä, että järjestelmän on pystyttävä lähtökohtaisesti estämään turvaton käyttö. Automaattinen ajajärjestelmä ei esimerkiksi saa mennä päälle ODD:n ulkopuolella, vaikka ihminen yrittäisi kytkeä sitä päälle.

Uusien roolien määrittelyyn liittyy myös kysymyksiä esimerkiksi vaadittavasta osaamisesta ja sen varmistamisesta ajo-opetuksen avulla tai muutoin esimerkiksi ajoneuvon valmistajien tai maahantuojien järjestämän koulutuksen avulla. Erityisesti ihmisten valmiudet ja ymmärrys liittyen ajotehtävän siirtymiseen ja heidän velvollisuuksiinsa ja oikeuksiinsa tapahtuviin muutoksiin sekä kyky ottaa uudelleen ajoneuvon dynaaminen hallinta itselleen vaativat varmuudella opettamista ja opettelemista. Myös tämä kokonaisuus on pystyttävä käsittelemään sääntelytarpeita hahmotettaessa.

Vastuullisuuden painopisteen siirtyminen kuljettajalta ajoneuvonvalmistajalle

Tieliikenteessä kuljettaja on tähän saakka ollut keskeinen toimija. Wienin tieliikennettä koskevan yleissopimuksen määritelmien mukaan kuljettaja on henkilö (person). Sen on ymmärretty tarkoittavan luonnollista henkilöä, vaikka tätä lisäsanaa määritelmässä ei olekaan. Kuljettajan ei Suomessa voimassa olevassa oikeudessa ole edellytetty olevan ajoneuvon sisällä, vaan etäohjaus kuljettajan vastuun toteutuessa täysimääräisesti on mahdollista. Tilanne ei ole sama kaikissa sopimukseen liittyneissä maissa.

Parhaillaan käynnissä on erittäin merkittävä Wienin tieliikennesopimuksen muutos. Sen mukaan sopimuksessa asetetun vaatimuksen kuljettajasta täyttää myös automaattinen ajojärjestelmä, joka noudattaa kansallisia ja kansainvälisiä teknisiä vaatimuksia sekä kansallisia liikennesääntöjä.³³ Säännöksen odotetaan tulevan voimaan heinäkuussa 2022. Se tarkoittaa samaan aikaan edelläkävijämaille mahdollisuutta mennä eteenpäin automaatiokehityksessä, mutta saattaa huonoimmillaan johtaa merkittäviin kansallisiin eroihin sääntelyssä ja sitä kautta haitata yritysten mahdollisuuksia kehittää automaatiota. Siksi on tärkeää, että keskustelut sääntelytarpeista jatkuvat tiiviinä muun muassa UNECE:ssä, EU:ssa ja ITF:ssä (International Transport Forum). Suomelle tämä merkitsee selkeää mahdollisuutta olla edelläkävijänä turvallisuuden takaavan mutta edistyksellisen lainsäädäntöympäristön kehittäjänä. Suomi on aktiivisesti mukana kansainvälisissä keskusteluissa ja tuo aktiivisesti esille näkemyksiään muun muassa ison kuvan tarpeesta.

Ajoneuvonvalmistajilla on jo nykyään keskeinen rooli tieliikenteessä, mutta jatkossa niiden merkitys vain korostuu automaattisten ajojärjestelmien hyödyntäjinä, jolloin myös merkittävä osa uusista velvollisuuksista kohdistuu niihin. Ylipäätään tekoälyn

³³ ARTICLE 34 bis: Automated driving

The requirement that every moving vehicle or combination of vehicles shall have a driver is deemed to be satisfied while the vehicle is using an automated driving system which complies with: (a) domestic technical regulations, and any applicable international legal instrument, concerning wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles, and (b) domestic legislation governing operation.

The effect of this Article is limited to the territory of the Contracting Party where the relevant domestic technical regulations and legislation governing operation apply.

maailmassa yritysten rooli niin järjestelmien kehittäjinä kuin hyödyntäjinä on olennainen. Sekä Helsingin HLM CAD -kokouksen päätelmissä että EU:n riippumattoman asiantuntijaryhmänkin raportissa korostetaan siksi yritysten vastuullisuuden kulttuurin syntyminen merkitystä. Tällaisen kulttuurin synnyttäminen on myös tekoäly-yritysten omien etujen mukaista, koska sen avulla voidaan lisätä luottamusta näihin järjestelmiin, ja luottamuksen syntyminen puolestaan edistää niiden yleistä hyväksyttävyyttä ja laajamittaista käyttöönottoa.

Automaattisten ajoneuvojen teknisen sääntelyn ensimmäiset askeleet

UNECE:n WP.29 on hyväksynyt kiinnostavan E-säännön automaattisista kaistalapsymisjärjestelmistä (UN Regulation on Automated Lane Keeping Systems ALKS). Se tuli voimaan 22.1.2021 E-sääntönä numero 157. E-sääntöä on valmisteltu WP29:n alaisessa GRVA-työryhmässä ja sen alatyöryhmässä ACSF:ssä (Automatically Commanded Steering Function), jonka toimintamandaatti loppui keväeseen 2020.

Kyseessä on ensimmäinen todellisen automaattisesti tapahtuvan ohjauksen järjestelmän hyväksyntään keskittyvä E-sääntö. Aiemmat automaattiset järjestelmät, joita on E-säännöin säännelty, ovat olleet kaikki kuljettajaa avustavia järjestelmiä, jotka siis eivät ole suunniteltu toimimaan liikenteessä ilman kuljettajan aktiivista ohjausta. ALKS-järjestelmä kykenee rajatuin ehdoin tietyissä oloissa toimimaan itsenäisesti liikenteessä pitkiäkin aikoja, kunhan järjestelmän sisäiset (esimerkiksi sensorien havainnointikyky) ja ulkoiset kriteerit (esimerkiksi tieolosuhteet) täyttyvät ja ajoneuvon sisällä oleva ihminen, josta ALKS-E-sääntö käyttää edelleen termiä ”kuljettaja” on valppaassa tilassa, vaikkei osallistukaan ajamistoimintaan.

Lähtökohtaisesti valmistaja määrittelee ALKS-järjestelmän vaatimukset ODD:lle ja järjestelmän tilalle, jossa se voi toimia (sisäiset ehdot toiminnalle). Turvallisuuden varmistamiseksi hyväksyttävä ALKS-järjestelmä voi kuitenkin ainakin ennen E-säännön mahdollista jatkokehittämistä toimia vain hyvin rajatuissa oloissa: enintään 60 km/h nopeudessa, moottoritieoloissa (fyysisesti eriytyvät vastakkaissuunnan kaistat, vähintään 4 kaistaa), hyvissä oloissa ja niin, että kuljettajana toimiva henkilö on jatkuvasti valpas ja kohtuullisessa ajassa valmis ottamaan ohjauksen haltuunsa. Myöskään kaistanvaihtotoimintoa ei ALKS-järjestelmässä saa olla ainakaan vielä. Käytännössä kyseessä on siis ensimmäisessä vaiheessa moottoritieoloihin tarkoitettu ruuhka-avustin, joka sallii kuljettajan pitkäaikaisenkin puuttumattomuuden ohjaukseen.

ALKS-E-säännössä esitetään kriteerit, vaatimukset ja osoittamistavat sille, että ALKS-järjestelmän ohjaama auto toimii joka tilanteessa ilman kohtuutonta riskiä autossa olijoille ja muille tienkäyttäjille ja niin, ettei se aiheuta ennakoitavissa tai vältettävissä olevia onnettomuuksia. Vaatimukset on jaoteltu järjestelmän turvallisuuteen toiminnan

aikana ja vikatilanteissa (System Safety and Fail-safe Response), ihmisten ja järjestelmän väliseen rajapintaan/vuorovaikutukseen/statusinformaatioon ja hallintatietoihin (Human Machine Interface and Operator Information), järjestelmän havainnointi- ja reagoitukykyihin (Object and Event Detection and Response, OEDR), jatkuvaan datatallennukseen (Data Storage System for Automated Systems), kyberturvallisuuteen ja ohjelmistopäivityksiin, sekä muun muassa ajoneuvon muokkaamiseen ja hyväksynnän jatkamiseen.

ALKS-E-säännössä on osoittamistavoissa otettu askelia kohti itse ajotapahtuman kokonaisarviointia, valmistajan prosessien auditointia ja valmistajan omalla vastuulla olevaa turvallisuuden osoittamista (E-säännön liitteen 4 mukaisesti). E-säännössä on kuitenkin samanaikaisesti määritelty lukuisia tarkkaan testaamiseen ja raja-arvoihin perustuvia osoitustapoja (muun muassa liite 5). Kyseessä on siis jonkinlainen hybridimalli "vanhan" ja "uuden" osoittamistavan välillä. Molemmissa liitteissä olevat osoittamistavat vaativat tällä hetkellä vielä tarkennuksia, selitystä ja lisäkehitystä. Uutta ei-järjestelmäriippuvaista vaatimustenmukaisuuden osoittamistapaa automaattiajoneuvoille kokonaisuutena ovat valmistelemissa GRVA:n alatyöryhmät VMAD³⁴ ja FRAV.

GRVA:n kokouksessa 21.-25.9.2020 esitettiin jo lukuisia ehdotuksia ALKS-E-säännön muokkaamiseksi, oleellisimpina (valmistajan niin päättäessä) maksiminopeuden nosto 130 km/h:n ja kaistanvaihto-ominaisuuden lisääminen mahdollisuutena, sekä E-säännön soveltamisalan laajentaminen M ja N-luokan ajoneuvoihin. Ehdotuksia ei sellaisenaan hyväksytty muun muassa turvallisuuden varmistamiseen liittyvien epäilysten vuoksi, vaan ne vaativat lisävalmistelua yhteistyössä eri sopimusosapuolien ja sidosryhmien välillä. Lisäksi esitettiin epäilyksiä siitä, onko kannattavaa tehdä ALKS-säännön laajentamista, kun FRAV/VMAD-valmistelun tuloksena on aikataulun mukaan tulossa lähitulevaisuudessa uudet hyväksyntämenetelmät ja -vaatimukset, jotka kattaisivat myös ehdotetut ALKS-laajennukset. Pelkona on päällekkäisen työn lisäksi lukkiutuminen ALKS-säännön osin vanhanaikaisiin hyväksyntätapoihin. FRAV:n ja VMAD:n asialistalle ALKS:n jatkokehitys ei mahdu.

ALKS-E-sääntö käsittelee ainoastaan kaistalla pysymistä, eli siitä puuttuvat muut WP.1 määrittelemän dynaamisen hallinnan elementit. E-sääntö lähtee siitä lähtökohdasta, että aktivoitu kaistallapysymisjärjestelmä hoitaa dynaamiset ajotehtävät ja selviytyy kaikista tilanteista mukaan lukien vikatilanteet. Se myös edellyttää, että mikäli ihminen ei reagoi hallinnan siirtopyyntöön, järjestelmä pystyy itsenäisesti suorittamaan turvallisen hätätoimenpiteen (olkoonkin, että hyväksytty sääntö ei salli kaistalta poistumista, eli mahdollinen pysähtyminen tukkisi kaistan). Vaikka ihmisen oletetaan

³⁴ Validation Method for Automated Driving.

pysyttelevän valmiina ottamaan hallinnan vastaan, ei ihmisen kuitenkaan oleteta olevan lopullinen järjestelmän toiminnan turvallisuuden takaaja. Lisäksi E-sääntö tunnistaa eron ennalta suunnitellun ja suunnittelemtoman hallinnan siirtotarpeen välillä.

Algoritminen läpinäkyvyys ja yleisöläpinäkyvyys tieliikenteen automaatiassa

Vastuullisuuden kulttuurin keskeinen edistäjä on läpinäkyvyys. Euroopan valtiot kiinnittivät huomiota tarpeeseen kehittää algoritmista läpinäkyvyyttä Helsingin HLM CAD-päätelmissä. Kolmansien, riippumattomien toimijoiden on voitava arvioida järjestelmien toimintaa ja muun muassa niiden tietoturvan tasoa läpi koko järjestelmän elinkaaren. Myös komission asettama riippumaton asiantuntijaryhmä on raportissaan suositellut (suositus nro 12) työkalujen kehittämistä algoritmien auditointia varten. Osa auditointimenettelyjä voi syntyä osana uutta testaamiskehikkoa (ks. jäljempänä), mutta lisäksi tarvitaan myös standardeja ja (vapaaehtoisia) sertifiointimenettelyjä.

Automaation toimintaa koskevaa läpinäkyvyyttä on kehitettävä myös ihmisten suuntaan. Ajoneuvossa olevan ihmisen on selkeästi ymmärrettävä, mitä automaattinen ajojärjestelmä tekee ja mitä se ei tee, ja mitä häneltä eri rooleissaan ja erilaisilla automaatiojärjestelmillä varustettuja ajoneuvoja käyttäessään kullakin hetkellä edellytetään. Komission asettama riippumaton asiantuntijaryhmä kiinnitti asiaan huomiota suosituksessaan nro 14. Helsingin HLM CAD -kokous puolestaan asetti päätelmisensä työryhmän (Task Force) edistämään kuluttajalähtöistä tapaa kertoa ajoneuvon automaatio-ominaisuuksista. UNECE:n WP.29 on FRAV-työssään muun muassa todennut, että automaattisten ajoneuvojen kanssakäymisen ihmisen kanssa (Human-Machine Interface, HMI) on oltava riittävän yhdenmukaista, koska ihmiset eivät pysty ajoneuvoa vaihtaessaan jatkuvasti omaksumaan uudenlaisia menetelmiä. Lisäksi tekeillä oleva FRAV-E-sääntö edellyttäisi, että saatavilla on tietoa, joka selkeästi määrittelee ajoneuvon käyttäjän velvollisuudet. Ajoneuvon myös edellytetään kommunikoidan selkeästi käyttäjälle sekä kertovan niin ikään selkeästi, onko automaattinen ajojärjestelmä aktiivinen.

Edelleen on kehitettävä läpinäkyvyyttä ja kommunikointia muiden tienkäyttäjien suuntaan. Tätä edellytetään sekä WP.1:n resoluutiossa että tekeillä olevassa FRAV-E-säännössä.

Kyberturvallisuus ja ohjelmistopäivitykset

Liikenteen automaatio tuo mukanaan kyberturvallisuusriskejä, jotka altistavat ajoneuvot entistä enemmän ajoneuvojen turvallisuutta ja kuluttajien yksityisyyttä uhkaaville kyberuhkille. Kyberturvallisuusriskien torjumiseksi on annettu kyberturvallisuuden ja ohjelmistopäivityksien E-säännöt.

UN Regulation on Cyber Security and Cyber Security Management System (ns. kyberturvallisuuden E-sääntö) ja UN Regulation on Software Update and Software Updates Management System (ns. ohjelmistopäivityksien E-sääntö) hyväksyttiin UNECE:n WP.29-kokouksessa maaliskuussa 2020, ja ne tulivat voimaan 22.1.2021. Kyberturvallisuuden E-sääntö tuli voimaan E-sääntönä numero 155 ja ohjelmistopäivityksien E-sääntö E-sääntönä numero 156. Kyseessä ovat ensimmäiset kansainvälisesti yhdenmukaistetut ja sitovat normit tieliikenteen ajoneuvojen kyberturvallisuuden alueella.

Kyberturvallisuuden ja ohjelmistopäivityksien E-säännöt saatetaan EU:n lainsäädäntöön yleisen turvallisuusasetuksen 2019/2144 ja tyyppihyväksyntää koskevan puiteasetuksen 2018/858³⁵ kautta. Yleisen turvallisuusasetuksen resitaaleissa 26 ja 27 selostetaan, että kyberturvallisuuden ja ohjelmistopäivityksien E-sääntöjä olisi sovellettava pakollisena mahdollisimman pian niiden voimaantulon jälkeen. Puiteasetuksen 5 artiklassa annetaan komissiolle valtuus antaa delegoituja säädöksiä, joissa voidaan ottaa käyttöön viitteitä teknisiin säädöksiin. Työohjelman mukana kyberturvallisuuden E-säännön saattaminen EU:n lainsäädäntöön toteutetaan varmistaen johdonmukaisuus muun EU:n lainsäädännön kanssa (esimerkiksi päästöt, korjaus- ja huoltotiedot sekä kansallisen ja EU-tason horisontaalit kyberturvallisuuden säännöt). Kyberturvallisuuden regulaatio tulee EU:ssa yleisen turvallisuusasetuksen liitteen II mukaisesti pakolliseksi uusille ajoneuvotyypeille 07/2022 alkaen ja kaikille uusille ajoneuvoille 07/2024.

Kyberturvallisuuden E-sääntö asettaa ajoneuvovalmistajalle vaatimuksia tyyppihyväksyttävän ajoneuvon kyberturvallisuuteen ja kyberturvallisuuden hallintajärjestelmään (Cyber Security Management System, CSMS) liittyen sekä kyberturvallisuudesta raportointiin. E-sääntöä sovelletaan henkilöautoihin, pakettiautoihin, kuorma-autoihin ja linja-autoihin sekä tietyt edellytykset täytettäviin auton perävaunuihin, nelipyöriin, raskaisiin nelipyöriin ja kevyisiin nelipyöriin.

Ajoneuvon tyyppihyväksynnän myöntämisen edellytyksenä on, että ajoneuvovalmistajan kyberturvallisuuden hallintajärjestelmällä (CSMS) on voimassa oleva sertifikaatti ja että kyseinen sertifioitu CSMS on relevantti tyyppihyväksyttävälle ajoneuvolle. Ajoneuvovalmistajan tulee osoittaa, että sen CSMS kattaa kehitysvaiheen, tuotantovaiheen ja tuotannon jälkeisen vaiheen. Ajoneuvovalmistajan tulee osoittaa, että sen CSMS:n prosessit varmistavat, että turvallisuus on asianmukaisesti huomioitu. CSMS:n tulee sisältää prosessit kyberturvallisuuden hallintaan, riskienhallintaan, kyberturvallisuuden

35 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2018/858 moottoriajoneuvojen ja niiden perävaunujen sekä tällaisiin ajoneuvoihin tarkoitettujen järjestelmien, komponenttien ja erillisten teknisten yksiköiden hyväksynnästä ja markkinavalvonnasta, asetusten (EY) N:o 715/2007 ja (EY) N:o 595/2009 muuttamisesta sekä direktiivin 2007/46/EY kumoamisesta.

testaamiseen, kyberuhkien, haavoittuvuuksien ja kyberhyökkäyksien hallintaan, tarvittavan tiedon tuottamiseen kyberhyökkäysyritysten ja onnistuneiden kyberhyökkäyksien analyysin tukemiseksi sekä sopimustoimittajalta, palveluntarjoajilta ja valmistajan alihankkijoilta tulevien riippuvuuksien hallintaan.

Kyberturvallisuuden E-sääntö asettaa ajoneuvotyyppin tyyppihyväksynnälle sertifioidun CSMS:n lisäksi ajoneuvoon kohdistuvia kyberturvallisuusvaatimuksia liittyen ajoneuvotyyppin kriittisten elementtien yksilöimiseen, riskienhallintaan, suojaamiseen tunnistettuja riskejä vastaan, ajoneuvotyyppille yksilöityjen ympäristöjen suojaamiseen, toteutettujen turvallisuustoimenpiteiden testaukseen, kyberhyökkäyksien havainnointiin, ehkäisyyn ja analysointiin, kyberuhkien ja haavoittuvuuksien havainnointiin, salausmoduuleihin sekä raportointiin hyväksyntäviranomaiselle ja tutkimuslaitokselle.

Ohjelmistopäivityksien E-sääntö asettaa ajoneuvovalmistajalle vaatimuksia tyyppihyväksyttävän ajoneuvon ohjelmistopäivityksiin ja ohjelmistopäivityksien hallintajärjestelmään (Software Update Management System, SUMS) liittyen. E-sääntöä sovelletaan sellaisiin henkilöautoihin, pakettiautoihin, kuorma-autoihin, linja-autoihin, auton perävaunuihin, traktoreihin sekä traktoreiden perävaunuihin ja hinattaviin laitteisiin, joihin ohjelmistopäivityksiä on mahdollista tehdä.

Ajoneuvon tyyppihyväksynnän myöntämisen edellytyksenä on, että ajoneuvovalmistajalla on käytössä sertifioitu ohjelmistopäivityksien hallintajärjestelmä (SUMS) ja että kyseinen SUMS on sovellettavissa kyseiseen ajoneuvotyyppiin. Ajoneuvovalmistajan tulee osoittaa, että sen SUMS sisältää prosessit muun muassa ajoneuvotyyppille relevanttien laitteistojen ja ohjelmistojen versioiden tallentamiseen, ajoneuvotyyppille relevanttien ohjelmistojen yksilöintiin, ohjelmistokomponenttien varmistamiseen, riippuvuuksien yksilöintiin, ohjelmistopäivityksen kohdeajoneuvojen yksilöintiin ja niiden yhteensopivuuden varmistamiseen ohjelmistopäivityksen kanssa, ohjelmistopäivityksien vaikutusten arviointiin (vaikutukset tyyppihyväksyntään, ajoneuvon turvallisuuteen ja turvalliseen ajamiseen) ja omistajan informointiin päivityksistä. Ajoneuvovalmistajan tulee dokumentoida kaikki edellä mainitut.

Ohjelmistopäivityksien E-sääntö asettaa ajoneuvotyyppin tyyppihyväksynnälle sertifioidun SUMS:n lisäksi vaatimuksia mm. ohjelmistopäivityksien toimitusmekanismin suojaamiseen, ohjelmistopäivityksien eheyden ja aitouden varmistamiseen, ohjelmiston yksilöintinumeron suojaamiseen ja saatavuuteen. Lisäksi E-sääntö asettaa verkon kautta tapahtuville (Over-the-Air) ohjelmistopäivityksille vaatimuksia muun muassa edellisen version palautuksen, virran riittävyuden, päivityksen turvallisen toteutumisen ja ajoneuvon päivityskyvyn varmistamiseen sekä käyttäjien informointiin liittyen.

Tyyppihyväksyntä ja poikkeusmenettelyt

Automatisoitujen ajoneuvojen teknisten vaatimusten pääkohdat säädetään yleisen turvallisuusasetuksen (EU) 2019/2144 11 artiklassa. Sen mukaan komission tulee antaa täytäntöönpanosäädöksillä tarkemmat tekniset säännökset näistä aiheista:

- a. järjestelmät, jotka suorittavat ajoneuvon hallintatoimia kuljettajan puolesta, mukaan lukien merkinanto, ohjaus, kiihdytys ja jarrutus;
- b. järjestelmät, jotka antavat ajoneuville reaaliaikaista tietoa sen tilasta ja ympäristöstä;
- c. kuljettajan saatavilla olon seurantajärjestelmät;
- d. automatisoitujen ajoneuvojen onnettomuustietotallentimet;
- e. yhdenmukaistettu tietojenvaihdon muoto käytettäväksi esimerkiksi useiden erimerkkisten ajoneuvojen saattueajossa;
- f. järjestelmät, jotka antavat turvallisuustietoja muille tienkäyttäjille.

Yleisen turvallisuusasetuksen mukaan vaatimuksia tulee noudattaa autojen uusissa tyyppihyväksynnöissä 6.7.2022 alkaen ja autojen käyttöönotossa 7.7.2024 alkaen. Komission täytäntöönpanosäädöksissä on tarkoitus viitata aiheista valmisteltaviin E-sääntöihin. Edellä kerrotuin tavoin UNECE:n GRVA-työryhmä on päävastuussa automatisoitujen ajoneuvojen E-sääntöjen valmistelusta.

EU:ssa autojen tyyppihyväksynnän hallinnollisista menettelyistä säädetään tyyppihyväksynnän puiteasetuksessa (EU) 2018/858. Sen 39 artiklassa säädetään menettelyt, kuinka voidaan myöntää EU-tyyppihyväksyntöjä uusille tekniikoille tai uusille ratkaisuille, joille ei ole vielä voimassaolevia säännöksiä. Euroopan komissio on julkaissut ohjeen, kuinka 39 artiklaa sovelletaan automaattisiin ajoneuvoihin.³⁶ Ohje mahdollistaa myös automaattisten ajoneuvojen hyväksynnät kansallisen tapauskohtaisen turvallisuusharkinnan nojalla. Muut jäsenvaltiot tunnustavat hyväksynnän komission päätöksen kautta, minkä jälkeen hyväksytty ajoneuvo voidaan saattaa EU-markkinoille kuten mikä tahansa tyyppihyväksytty ajoneuvo. Jäsenvaltiot voivat myös antaa hyväksyntöjä, jotka ovat voimassa vain sen alueella, ja tehdä tästä ilmoituksen komissiolle. Nämä EU-menettelyt on tarkoitettu sarjatuotantoon tuleville ajoneuvoille. Prototyypit ja muut yksittäishyväksyntätapaukset tehdään muilla menettelyillä. Ohjeet sisältävät varsin ylätasolla olevia vaatimuksia, jotka koskevat automaatiojärjestelmän turvallista toimintaa, vuorovaikutusta ihmisen ja koneen välillä, ajotehtävien siirtopyyntöä, minimiriskitoimintaa, tapahtumien seurantaan tekevän laitteiston asennusta, kyberturvallisuutta, turvallisuuden arviointia ja testausta sekä automaatiotoiminnoista käyttäjille annettavia tietoja.

³⁶ https://ec.europa.eu/growth/content/guidelines-exemption-procedure-eu-approval-automated-vehicles_en

Tyyppihyväksynnän puiteasetuksen 45 artiklassa säädetään kansallisista yksittäishyväksynnöistä, joissa ajoneuvon tulee täyttää asiaankuuluvat vaihtoehtoiset vaatimukset. Ajoneuvolain (1090/2002) 27 §:n perusteella Liikenne- ja viestintävirasto voi myöntää yksittäiselle ajoneuville luvan poiketa ajoneuvon tekniikkaa koskevista säännöksistä ja määräyksistä. Yksittäishyväksyntöjä ja poikkeuslupia voidaan hyödyntää myös automaattisiin ajoneuvoihin.

Arviointi ja testaaminen

Tavoite-, suoristus- ja riskiperusteinen sääntelymalli tarvitsee parikseen keinoja osoittaa, että asetetut päämäärät on saavutettu. Myös algoritmisen läpinäkyvyys edellyttää uudenlaisia arviointi- ja testauskehikkoja. Samaan aikaan ja samaan suuntaan vaikuttaa myös se tosiasia, että kehittyvä teknologia muuttuu yhä monimutkaisemmaksi, jolloin aikaisempi varsin tarkkoihin raja-arvoihin perustunut arviointi- ja testauskehikko ei pysty tarjoamaan riittäviä työkaluja. Myös sektorikohtaisissa eettisiä lähtökohtia pohtivassa työssä on kiinnitetty huomiota tarpeeseen arvioida ja testata automaattisia ajojärjestelmiä. EU:n riippumaton asiantuntijaryhmä toteaa muun muassa suosituksessaan 12, että tarvitaan menetelmiä kenttätestien tekemiseen sekä pitkäaikaista työtä parhaiden käytänteiden ja standardien luomiseksi automaattisten ajoneuvojen suunnittelun, hyödyntämisen ja käytön tueksi.

UNECE:n WP.29 alatyöryhmän GRVA:n alainen epävirallinen työryhmä VMAD (Working Group on Validation Methods for Automated Driving) sai tehtäväkseen kehittää uudet arviointi- ja testimenetelmät (New Assessment/Test Method for Automated Driving, NATM) automaattisten järjestelmien turvallisuuden validointiin. Lähtökohtana on monipilarinen lähestymistapa, johon kuuluu auditointi, simulointi/virtuaalinen testaus, radalla tapahtuva testaus sekä todellisissa olosuhteissa eli liikenteessä testaaminen. Näiden testausmenetelmien työkaluna toimii skenaarioluettelo, joka koostuu joukosta relevantteja ja kriittisiä skenaarioita, jotka edustavat todellisia liikennetilanteita. Tavoitteena on toistettavissa oleva, objektiivinen ja näyttöön pohjautuva, teknologiavapaa menetelmä, joka on riittävän joustava autoteollisuuden jatkuvalla innovaatiolle. Työ on edennyt hitaammin kuin aluksi arvioitiin. VMAD:n työ tulee joka tapauksessa jatkumaan menetelmien sisällön tarkemmassa kehittämisessä.

Vahingonkorvausta koskeva vastuusääntely (liability) ja vakuutukset tieliikenteessä

Myös tieliikenteessä vastuusääntelyn kokonaisuus koostuu EU:n tuotevastuudirektiivistä ja kansallisesta harmonisoimattomasta korvaussääntelystä. Periaatteessa tieliikenteessä vahinkoa kärsinyt saattaa voida kohdistaa vaatimuksia kolmella tavalla:

- 1) tuottamuksesta riippumaton vastuu kohdistuu onnettomuuteen syyllisen ajoneuvon

omistajaan tai haltijaan, jolla on velvollisuus hankkia ajoneuvolle pakollinen liikennevakuutus (esimerkiksi ajoneuvon liikennesääntöjen vastainen kulku riittää korvausvastuun perusteeksi, vaikka tuottamusta ei olisikaan), 2) tuottamusperusteinen vastuu onnettomuuden aiheuttaneeseen kuljettajaan kohdistuen, ja 3) tuottamuksesta riippumaton tuoteturvallisuusvastuu kohdistuen ajoneuvon valmistajaan, mikäli tuotteessa on virhe. Selvää luonnollisesti on, että vahinkoa ei ole tarkoitus ylikompensoida.

Lähtökohtaisesti tieliikenteen vastuuregiimi on varsin toimiva, eikä ole syytä siihen, että sen keskeiset rakenteet eivät voisi toimia myös liikenteen automatisoituessa. Kuten edellä kappaleessa 6 on todettu, komissio tarkastelee parhaillaan, onko tuoteturvallisuusdirektiiviä tarpeen joiltakin osin selkeyttää, mutta ajoneuvon valmistajien tuotevastuu saattaa tulla jo nykyisellään katetuksi tulkinnan perusteella. Pakollisen liikennevakuutusjärjestelmän jatkuminen on tarpeellinen myös automaattisuuden lisääntyessä ajoneuvossa. Tällöin varmistetaan, että (todennäköisesti määrällisesti vähentyvien) onnettomuuksien aiheuttamat vahingot saadaan korvatuiksi vahinkoa kärsineille. Asia on tärkeä myös yleisen automaattisten ajoneuvojen hyväksyttävyyden kannalta. Nykyinen liikennevakuutuslaki mahdollistaa myös vakuutusyhtiön regressioikeuden valmistajaa kohtaan, mikä kytkee järjestelmään mukaan tuotevastuukysymykset.

Tuottamukseen perustuvan vastuun alan sen sijaan voidaan arvioida kaventuvan. On selvää, että silloin kun ihminen vastaa kuljettajan roolissa ajoneuvon dynaamisista ajotehtävistä, hänen tuottamukseen perustuva vastuunsa on samanlainen kuin nykyään. Mutta automaattisen ajojärjestelmän vastatessa dynaamisista ajotehtävistä tuottamukseen tai siihen syyllistyneen toimijan tunnistaminen ei useissa tilanteissa kenties ole mahdollista järjestelmän kokonaisuuden ja siihen osallistuvien toimijoiden moninaisuuden johdosta. Tästä saattaa seurata paineita tuotevastuun suuntaan, sillä ajoneuvon toiminnan turvallisuudessa mahdollisesti olevat puutteet voivat merkitä tuotteessa olevaa virhettä. Samalla myös säädöstyötä tekeviin toimijoihin kohdistuu paineita sen johdosta, että turvallisuusvaatimukset ja niiden noudattamisen osoittaminen korostuvat. Samalla tarve osoittaa sääntelyllä selkeästi toimijoiden rooleihin liittyvät velvollisuudet on merkittävä kysymys vastuullisuuskysymysten ratkaisemisen kannalta.

Rikosvastuu

Kuten todettua, automaattisen ajojärjestelmän mahdollisesti tekemien virheiden osalta jo tuottamusperusteisen vahingonkorvausvastuun kohdistaminen on hankalaa, joten vielä hankalampaa on sen osoittaminen, että joku henkilö olisi syyllistynyt johonkin (mihin?) rikokseen. Toisaalta on myös kysyttävä, miksi rikosvastuun ja siitä seuraavan rangaistuksen langettaminen olisi näissä tapauksissa usein edes tarpeen. Rikosvas-

tuun keskeinen tavoite on ennalta estävyys, ja tämän olemassa olo on tarpeen estämään liikennesääntöjen rikkomista ihmiskuskien toimesta. Sen sijaan kone ei esimerkiksi tahallisuudesta aja ylinopeutta, eikä se voi syyllistyä rattijuoppouteen. Ei kuitenkaan voida sulkea pois sitä mahdollisuutta, että automaattisten järjestelmien kehittämisessä ja hyödyntämisessä syyllistytään niin karkeisiin virheisiin tai jopa tahallisuuteen, jolloin yleinen oikeustaju vaatii rangaistusmahdollisuutta. Sen johdosta on syytä miettiä, minkä rikoksen tunnusmerkistö tällöin voisi täytyä, vai onko nykyisiä rikosnimikkeitä tarve tarkastella. Samoin rangaistusten mittaamista voi olla tarve selvittää. Edellä sanotun johdosta on kuitenkin oletettavaa, että myös rikosvastuun ala kapenee kuljettajan roolin kapenemisen myötä.

4.3 Tieliikenteen ohjaus ja hallinta

Tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden sääntely liikenteen palveluista annetussa laissa

Tieliikenteen ohjaus- ja hallinta eroaa muista liikennemuodoista siten, että perinteisessä tieliikenteessä ei ole ollut tarvetta tai mahdollisuutta hallita samalla tapaa liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta erityisesti sen johdosta, että ajoneuvojen ja liikenteen hallinnan välillä ei ole ollut viestintämahdollisuutta. Tieliikenteessä liikenteen ohjauksella on sen johdosta tarkoitettu liikenteen ohjaajaa, joka ohjaa käsimerkein liikennettä erityistapauksissa. Tämä tilanne on muuttumassa ajoneuvojen verkottumisen myötä. Tieliikenteessä ei aikaisemmin ollut myöskään liikenteen ohjaus- ja hallintapalveluita koskevaa sääntelyä, mutta sellainen lisättiin liikenteen palveluista annetun lain (320/2017) 15 lukuun. Sen 136 §:n mukaan valtion väyläverkolla näistä palveluista vastaa tienpitäjä eli Väylävirasto, mutta se voi hankkia palvelun yksityisiltä tai julkisilta palvelun tuottajilta. Käytännössä tieliikenteen hallinnasta Suomen maanteillä vastaa Fintraffic Tie.

Liikenteen palveluista annetun lain 137 §:n mukaan tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan tehtävänä on ylläpitää liikenneväylien liikennetilanteen seuranta (liikenteen tilannekuva) sekä onnettomuuksien, vaaratilanteiden ja liikenteen sujuvuuteen vaikuttavien tilanteiden ilmoitus- ja tiedotuspalvelua. Lisäksi tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoaja antaa liikenteeseen liittyviä sää- ja olosuhdetietoja sekä tietoja liikenteen sujuvuudesta ja vilkkaudesta, tienpitoa ja liikennettä palvelevien laitteiden kunnosta ja käytettävyydestä, muista liikenneturvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen vaikuttavista seikoista sekä muista liikennevälineen turvalliseen kuljettamiseen, ohjaamiseen tai hallintaan liittyvistä seikoista.

Lisäksi tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoaja hoitaa Liikenne- ja viestintäviraston antamien määräysten mukaisesti liikenteen järjestelyä, joka on välttämätöntä vaaratilanteiden ja onnettomuuksien estämiseksi ja liikenteen sujuvuuden varmistamiseksi. Liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoaja voi, enintään yhden vuorokauden ajaksi:

1. sulkea tunnelin ja antaa tietoa vaihtoehtoisesta reitistä;
2. osoittaa korvaavan reitin tien tai tunnelin ollessa suljettuna, tai kun tie ei muutoin tilapäisesti ole liikennöitävässä kunnossa;
3. osoittaa kohtaamispaikan;
4. osoittaa ohittamispaikan ja antaa ohittamiskiellon;
5. osoittaa pysähtymispaikan tai antaa pysähtymiskiellon;
6. jaksottaa liikennettä ajan tai matkan suhteen;
7. osoittaa reitin vaarallisia aineita kuljettaville liikennevälineille ja erikoiskuljetuksille;
8. tehdä muita välttämättömiä toimenpiteitä liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden varmistamiseksi.

Liikenteen ohjauksen ja hallinnan nähdään olevan keskeinen tiedonvaihdon solmupiste digitalisoituvan liikenteen kehityksessä. Siksi liikenteen palveluista annetun lain 16 lukuun sisällytettiin säännökset tiedonhallinnasta näissä palveluissa. Toisin kuin 15 luvun säännökset, 16 luku koskee kaikkia liikennemuotoja. Edellä kappaleessa 3.4 kerrottu sääntely koskee siis myös tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalveluiden tarjontaa. Toistaiseksi näyttää siltä, että lähitulevaisuudessa suurin merkitys on edelleen tieliikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan toimiminen tiedonvaihdon solmupisteenä.

4.4 Tieliikenteen automaation edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri³⁷

Maanteiden tietoliikenneyhteydet voidaan jakaa tienkäyttäjien tarvitsemiin tietoliikenneyhteyksiin ja liikenteen ohjauksen tarvitsemiin tietoliikenneyhteyksiin. Näihin hyödynnetään nykyisin kiinteitä yhteyksiä ja mobiiliyhteyksiä.

³⁷ Luvussa hyödynnetty Väyläviraston julkaisua 52/2019 ”5 G Väyläviraston toiminnassa”.

Kiinteät valokuituyhteydet ja sähköverkot tieverkolla

Operaattoreiden arvion mukaan tietoliikenteen runkoyhteyksien tilanne pääväylien varressa on keskimäärin hyvä, joten merkittävää väyläalueille kohdistuvaa tietoliikenneyhteyksien rakentamista ei tarvita pohjoisen alueita lukuun ottamatta, jossa tarvittavia runkoyhteyksiä ei välttämättä ole. Maantieliikenteessä kiinteitä yhteyksiä hyödynnetään pääosin liikenteen ohjauksen turvallisuuskriittisiin toimintoihin, kuten tunnelivalvontaan ja -ohjaukseen sekä muuttuviin nopeusrajoituksiin.

Mobiilitukiasemat tarvitsevat jatkuvaa sähkönsyöttöä ja hyödyntävät paikallisia ja valtakunnallisia sähköverkkoja. Laajamittainen uusien piensolutukiasemien rakentaminen edellyttää todennäköisesti uusien liittymien ja sähkökeskusten rakentamista nykyisestä. Etenkin tulee varautua sähköverkon kapasiteetissa, sillä yhden 5G tukiaseman on arvioitu tarvitsevan 1-3 kW tehon, mikä on merkittävästi enemmän kuin tievalaisimet, joiden kulutus on noin 100-500 W.

Jatkon kannalta on tärkeää, että sähkönsyöttöä kehitetään etenkin pääväylien varsilla niin, että muun muassa kehittyneen tietoliikenneverkon sähköntarpeisiin ja sähköisesti toimivien liikennevälineiden tarpeisiin voidaan vastata. Asiaan liittyy vielä niin paljon epävarmuuksia, että liikkeelle on syytä lähteä selvittämällä tarkoituksenmukaisimpia toimenpiteitä ja kartoittamalla nykytila tarkasti.

Maantienympäristön haasteena on, että telekaapeleiden ja sähköverkkojen tarkasta sijainnista ja niiden omistajuudesta ei ole aina tarkkaa yhteistä tietoa. Maanteillä kaapelit saatetaan sijoitetaan eri paikkaan kun sovittu. Myöskään sijoituksen jälkeistä dokumentointia ei ole systemaattisesti tehty. Liikenne- ja viestintävirasto on jo kuitenkin ryhtynyt kehittämään tietojen laatua ja kattavuutta sekä tietoa tarjolla olevan tietoliikenneverkon kapasiteetista. On tärkeää, että kehitystyötä tehdään tavalla, joka palvelee myös liikenteen automaatiota. Jatkossa myös valvontaa on tehostettava, jotta kaapelit myös sijoitetaan lupien edellyttämällä tavalla, ja jotta niitä koskeva digitaalinen tieto on käyttökelpoista.

Tietoliikenneerakentamisen edistämiseksi etenkin erityiskohteiden varautumisella voidaan pienentää rakentamisen kustannuksia. On tärkeää huomioida esimerkiksi sillat, väylien alitukset, pohjavesialueet ja maaperän laatu, jotta kustannuksia osataan ennakoida riittävästi tai niitä pystytään jo etukäteen varautumalla pienentämään merkittävästi. Suojaputkitus on kustannustehokas keino pienentää kustannuksia. Mikäli esimerkiksi tieliittymän alle on rakennettu valmis tien alitusputkitus, jota voidaan hyödyntää, säästetään merkittävästi kuluissa, asennustyössä sekä rakentamisajassa. Väylillä pituussuuntaisia yhteyksiä varten tehtävällä suojaputkituksella ei kuitenkaan ole niin tärkeää roolia kuin kaupungeissa. Maanteiden pääväylät sijaitsevat pääosin alueella,

joilla ei ole asutusta ja tiivistä rakentamista aivan väyläalueen välittömässä läheisyydessä, joten kaapeleita ei kannata sijoittaa tien alle vaan tien sivuun. Tämä tekee tietoliikenteen rakentamisesta nopeampaa ja edullisempaa, koska tierakennetta ei tarvitse rikkoa ja kattaa päällysteen uusimisen kustannuksia.

Jatkossa Väyläviraston, ELY-keskusten ja kaupunkien on tehtävä yhteistyötä keskenään ja teleoperaattoreiden kanssa, jotta tarpeet erityiskohteiden passiivirakenteiden huomioiseksi saadaan kartoitettua riittävän ajoissa ja huomioitua jo suunnitteluprosesseissa. Menettelyjä kehitetään muun muassa rajatuilla alueilla tehtävien pilottien ja kokeilujen avulla.

Mobiilit tietoliikenneyhteydet tieverkolla

Sitowise on laatinut Liikenne- ja viestintäviraston toimeksiannosta selvityksen³⁸ viestintäyhteyksien tarpeista väylästä automaationäkökulmasta. Teoriassa monet käyttötapaukset ovat tiedonsiirtokapasiteetin osalta toteutettavissa jo 4G-tekniikan avulla, mutta palveluita tarvitsevien ajoneuvomäärien ja palveluiden tiedonvaatimusten kasvaessa tulee 5G-tekniikan tarve vastaan varsin nopeasti. Viivekriittiset ratkaisut vaativat lähes poikkeuksetta taas 5G-tekniikan käyttöä ja osa käyttötapauksista on lähettämisen tiedonsiirtotarpeen osalta toteutettava 5G-tekniikan avulla, varsinkin kun useita vastaavia sovelluksia halutaan käyttää samanaikaisesti samantukiaseman tai solun alueella.

Tunnistettujen tulevaisuuden käyttötapauksien perusteella ajoneuvojen tiedonsiirron latauksen kapasiteettitarpeet ovat maltillisia, mutta lähettämisen kapasiteettitarpeet voivat nousta hyvinkin korkeiksi. Yhteenlasketut kapasiteettitarpeet näyttäisivät toisaalta kuvaavan enemmän ajoneuvojen tarvitsemaa huippukapasiteettia, jos kaikki käyttötapaukset tulisivat käyttöön samanaikaisesti. Suurin osa käyttötapauksista ei näyttäisi vaativan jatkuvaa tiedonsiirtokapasiteettia koko väylän pituudelta. Tunnistetut käyttötapaukset saattavat vaatia jatkuvaa tiedonsiirtokapasiteettia tietyssä osassa väylää esimerkiksi liittymäalueella, tai jatkuvan tiedonsiirron vaatimus näyttäisi liittyvän enemmän tiettyyn yksittäiseen tilanteeseen (event triggered).

Yksittäisten ajoneuvojen automaattiajamiseen liittyvät koko väylän matkalla aidosti jatkuvat käyttötapaukset tarvitsevat pääsääntöisesti vain vähän tiedonsiirtokapasiteettia. Koska ajoneuvoja on kuitenkin määrällisesti paljon, yhden tieosuuden kokonaistiedonsiirtokapasiteettitarve nousee helposti hyvin korkeaksi. Käytännössä yhden ajoneuvon

³⁸ Sitowisen Liikenne- ja viestintävirastolle tekemä konsulttityö ”Viestintäverkkojen kustannus selvitys” (11/2020)

kokonaiskapasiteettitarve on huomattavasti suurempi kuin pelkkä edellä mainittu ajoneuvon liikkumiseen liittyvä kapasiteettitarve. Henkilöliikenteessä ajoneuvojen kapasiteettitarpeiden lisäksi matkustajat tulevat jatkossa hyödyntämään kasvavissa määrin viihdepalveluita. Joukkoliikenteessä yhdessä linja-autossa voi olla samanaikaisesti useita kymmeniä matkustajia, jolloin myös matkustajien tarpeet ovat moninkertaisia henkilöliikenteeseen nähden. Tavaraliikenteessä kaluston seurannan, ajotavan tehostamisen sekä reittien optimoinnin palvelut yleistyvät, mutta ainakin toistaiseksi näiden palveluiden tiedonsiirtovaatimukset ovat olleet maltillisia.

Käytännössä lähetykskapasiteettitarpeisiin pääseminen tulee olemaan teknisesti hankalaa 5G-verkoillakin etenkin vilkkaasti liikennöidyillä väylän osilla. Maissa, joissa liikennemäärät ovat moninkertaisia tämä voi olla jopa teknisesti mahdotonta tai vaatia vähintään 6G-verkoja. On siis oletettavaa, että käyttötapauksen lähetystarpeiden on pystyttävä laskemaan palveluiden kehittymisen myötä.

Tiedonsiirron latauksen näkökulmasta eniten tiedonsiirtokapasiteettia vaativat HD-kartat, ODD-päivitykset sekä ajoneuvojen ohjelmistopäivitykset. Käyttötapaukset ovat kuitenkin todennäköisesti enemmän kertaluonteisia kuin jatkuvaa tiedonsiirtokapasiteettia vaativia. Tietynlaisena erikoistapauksena on ajoneuvojen etätuki liikenteen häiriötilanteessa, jossa ajoneuvo tarvitsee jatkuvaa tukea esim. valvomosta. Vaikka tiedonsiirtokapasiteetin tarve ei kohdistu jatkuvana koko väylälle, tiedonsiirtokapasiteetin näkökulmasta tilanteen tekee haastavaksi se, että vastaavaa etätukea tarvitsevat samanaikaisesti todennäköisesti myös muut samalla alueella olevat ajoneuvot. Samanaikainen kysyntä aiheuttaa tiedonsiirron kokonaiskapasiteettiin selkeän piikin, johon on etukäteen vaikea varautua, ellei koko tieverkon tiedonsiirtokapasiteettia olisi merkittävästi yllimitoitu tavanomaiseen käyttötarpeeseen nähden. Toisaalta ongelmatilanne on ratkaistavissa myös autojen välisen koordinaatiopalvelun kehittämällä (vrt. letka-ajo), jolloin tiedonsiirtokapasiteetti ei kuormittuisi.

Lähettämisen tiedonsiirtokapasiteetin näkökulmasta tunnistetut käyttötapaukset eivät myöskään vaadi merkittävää jatkuvaa tiedonsiirtokapasiteettia, vaan suurin osa käyttötapauksista on vastaavalla tavalla kertaluonteisia. Suurinta lähetykskapasiteettia vaativat palvelut, joissa videokuvaa tai muuta tietorikasta sisältöä ladataan verkkoon. Tällaisia palveluita ovat esimerkiksi etäoperoitu ajaminen tai yksittäisiä erikoisajoneuvoja koskevat tarpeet, kuten ambulanssissa olevan potilaan etämonitorointi sairaalasta tai HD-kartta-aineistoa tuottava mitta-auto. Näidenkään käyttötapauksien tiedonsiirtotarpeet eivät välttämättä ole täysin jatkuvia, vaan ne voivat tapahtua tietyin tasaisin väliajoin.

Pelkän viiveen näkökulmasta suurin osa käyttötapauksista ei ole viivekriittisiä tavalla, joka edellyttäisi 5G-teknologiaa. Osassa käyttötapauksia viiveen sieto on niin matala, että sitä ei pysty tuottamaan 4G-teknologian avulla, jolloin 5G-verkolta edellytetään kattavuutta.

Suoraan ajoneuvoihin liittyvien käyttötapauksien lisäksi selvityksessä tunnistettiin käyttötapauksia, jotka tarvitsevat suurta lähettämisen tiedonsiirtokapasiteettia. Näistä useat käyttötapaukset liittyivät vähintään epäsuorasti liikenteen hallintaan ja ohjaukseen. Tällaisia tapauksia olivat muun muassa risteuksen videovalvonta, jota voitaisiin hyödyntää esim. onnettomuustapauksessa, jolloin ajoneuvoille voidaan antaa täydentävää tilannekuvaa mahdollisista esteistä ja poikkeusreiteistä. Tällöin kamerasta voidaan tuottaa esimerkiksi jatkuvaa videokuvaa verkkoon, josta se voidaan jakaa pakattuina viesteinä ajoneuvoihin. Kiinteiden kameroiden ja muiden infran laitteiden osalta tiedonsiirto on mahdollista toteuttaa kiintein yhteyksin, jolloin ne eivät kuormita mobiili-verkkoja.³⁹

Viestintäverkkojen nykytila ja kehitysnäkymät

Nykyisellään taajamien läheisyydessä kulkevat pääväylien osuudet ovat kattavasti 4G-verkon piirissä.⁴⁰ Teleoperaattoreiden 4G-verkot eivät vielä kuitenkaan täysin kata tieverkostoa Pohjois- ja Itä-Suomessa, minkä lisäksi taajamien välisillä osuuksilla löytyy katvealueita jopa keskeisiltä pääväyliltä. 4G-verkkojen toimilupaehdoissa on edellytetty, että verkko on rakennettava siten, että se kattaa kaikki Manner-Suomen valtatie, kantatiet, seututiet ja yhdystiet sekä koko Suomen valtion omistaman rataverkon helmikuuhun 2020 mennessä. Toimilupaehdoissa käsitellään kuitenkin ainoastaan yhteyksien saatavuutta, mutta ei oteta kantaa toteutuviin tiedonsiirtonopeuksiin.

Useissa nykyisissä tukiasemissa on jo 5G-valmius, joka voidaan ottaa käyttöön ohjelmistojen päivityksellä sekä lisäämällä tiettyjä fyysisiä osia (tukiasemaradiot ja -antennit). Laajan, niin kutsutun 5G-peruspeiton odotetaan toteutuvan 700 MHz -taajuusalueen avulla, eikä sen oleteta vaativan ainakaan paljon uusia tukiasemia. Suuremman kapasiteetin 5G-verkkoja eli 3,5 GHz ja 26 GHz taajuusalueilla toimivat verkot tarvitsevat tiheimmän tukiasemaverkon taajuuksien lyhyemmän kantavuuden vuoksi. Näille

³⁹ Edellä oleva perustuu Sitowisen Liikenne- ja viestintävirastolle tekemään konsulttityöhön ”Viestintäverkkojen kustannusselvitys” (11/2020).

⁴⁰ Sitowisen selvityksen mukaan nykyinen peruspeitto kattaa lähes kokonaan Suomen valtatie. Ruuhkattomassa verkossa ja hyvissä olosuhteissa 30 Mbit/s tiedonsiirtonopeus kattaa 95,9 % ja 100 Mbit/s tiedonsiirtonopeus 54,4 % valtateistä. Kantateiden osalta peruspeitto kattaa lähes 100 % teistä ja 30 Mbit/s on saatavilla 93,5 prosentilla kantateistä. 100 Mbit/s teoreettisen tiedonsiirtonopeuden peitto kantateillä on 42,6 %.

verkoille ei siten ole mahdollista saada laajoja maankattavia yhtenäisiä peittoalueita nykyisillä tukiasemapaikoilla.

Tieliikenteen automaatioissa tarvetta suuremmalle kapasiteetille voi jatkossa olla erityisesti pääväylillä. Kaupallisin ehdoin tapahtuvan suurikapasiteettisten 5G-verkkojen rakentamisen voidaan olettaa alkavan sellaisten pääväylien läheisyydessä, joissa samoilla tai osittain samoilla tukiasemilla voidaan palvella myös taajamien tarpeita. 26 GHz -taajuusalueita hyödyntävä verkko tulee tarvitsemaan hyvinkin tiheää tukiasemaverkkoa, ja esillä on ollut esimerkiksi ajatus tukiasemien sijoittamisesta valopylväisiin. Tällainen verkko voi rakentua kohtiin, joissa käyttäjämäärät ovat erityisen runsaita (mahdollisesti esimerkiksi vilkasliikenteiset asemat, pääkaupunkiseudun kehäteiden osat, isot ramppi-liittymäkohdat).

Pääväylien tietoliikenneyhteydet ja niiden kehittyminen tulisi jatkossa kytkeä tiiviimmin osaksi väylien palvelutasotavoitteita sekä väylien kehittämistoimenpiteitä. Liikenteen tarpeet tietoliikenneyhteyksille riippuvat väylän liikennemäärästä sekä väylän käyttäjiä hyödyttävistä palveluista, mikä tarkoittaa tulevaisuudessa, että eri väylillä ja jopa saman väylän eri osissa liikenteen tarpeet tietoliikenneyhteyksille voivat olla hyvin erilaisia. Väyläkohtaisissa palvelutasotavoitteissa tulisi nykyistä paremmin huomioida liikenne- ja käyttäjämäärien kehitys sekä liikennettä palvelevien tietoliikenneyhteyksien todelliset tarpeet. Pääväylien palvelusajoajattelua olisi siten hyvä laajentaa liikenteen ohjauksen lisäksi kattamaan myös liikenteen käyttäjien ja liikenteen automaation tarpeet tietoliikenneyhteyksille.

Palvelutasotavoitteiden asettamisen ohella myös tietoliikenneyhteyksien todellista tilaa, riittävyttä sekä liikenteen palveluiden kehityspolkuja tulisi seurata eri väylän käyttäjien näkökulmasta. Tietoliikenneyhteyksien palvelutaso pääväylillä ja keskeisissä liikenteen solmupisteissä tulee määrittää yhteistyössä väyläviranomaisten, kaupunkien ja operaattoreiden kesken. Varautumistoimenpiteitä on syytä kohdentaa erityisesti kohtiin, jotka ovat liikenteen tarvitsemien tietoliikenneyhteyksien näkökulmasta merkityksellisimpiä, kuten kaupunkirakenteen sisäisillä sisääntuloväylillä ja kehäteillä.

Lisäksi viranomaisten ja operaattoreiden välinen yhteistyö on systematisoitava, jotta saadaan koottua ajankohtainen tieto väylien varsilla olevien tietoliikenneyhteyksien laadusta. Yhteistyön avulla on edistettävä myös erilaisia yhteisrakentamishankkeita ja yhteisrakentamisen muotojen kehittymistä.

4.5 Tiedon hyödyntäminen ja tieliikenteen automaation tarvitsema tiedonjakoinfrastruktuuuri

Staattiset tiedot

Tieliikenteen automaation kannalta olennaisia staattisia tietoja, jotka on saatava digitaalisessa muodossa, ovat ainakin seuraavat:

- 1) päällystetyyppi,
- 2) kaistojen leveydet,
- 3) siltojen alituskorkeudet ja painorajoitukset,
- 4) kaista- ja ajoratamerkinnot (kaista-, keski- ja sulkuviivat),
- 5) pakottavat liikenteen ohjauslaitteet ja -merkit (liikennemerkkit ja liikennevalot) sekä
- 6) Kaupunkiympäristössä raitioteiden ajolankojen sijoituskorkeus.

Nykytilassa staattiset tiedot sisältyvät Tieräkisteriin ja Digiroadiin, jotka ovat Väyläviraston ylläpitämiä. Niitä ei ole suunniteltu palvelemaan automaation tarpeita, vaan väylänpidon sekä navigoinnin ja reitinsuunnittelun tarpeisiin, joten niissä olevat tiedot ovat uusiin käyttötarpeisiin osittain puutteellisia, osittain automaation kannalta vääränlaisia. Väylävirastossa on käynnissä Velho-projekti, joka sisältää jatkossa uudistettuna tieräkisterin tiedot. Lisäksi tavoitteena on tuoda siihen myös tie-, rata- ja vesiväyliä koskeva suunnittelu- ja toteumatieto. Pidemmän aikavälin tavoitteena on luoda tiestön ominaisuuksia ja tilaa kuvaava mahdollisimman reaaliaikaisesti päivittyvä digitaalinen malli, jonka on tarkoitus palvella erityisesti omaisuudenhallinnan tarpeita.

Valtion maanteiden sekä kuntien ja yksityisteiden infrastruktuuritiedot kokoavan Digiroad-palvelun kehittämistä paremmin automaattiliikenteen tarpeita palvelevaksi selvitetään. Digiroad-aineisto jaetaan avoimena datana ja sitä voidaan hyödyntää erilaisten jatkojalosteiden (muun muassa HD-kartat) tuottamisessa. Tieliikenteen automaation tarvitseman digitaalisen tiedon olemassa olon ja saatavuuden kehittämiseksi ja varmistamiseksi onkin tärkeää, että Väylävirasto kehittää hallituskauden kuluessa maanteiden fyysistä infrastruktuuria kuvaavaa, mahdollisimman reaaliaikaisesti päivittyvää digitaalista mallia (VELHO) sekä Digiroad-palvelua automaattiliikenteen vaatimukset huomioon ottaen.

Fyysistä liikenneinfrastruktuuria koskeva digitaalinen tieto on puutteellista kaupunkien ja kuntien katuverkoston osalta. Osana valtion ja kaupunkien viranomaisten aikaisempaa tiiviimpää yhteistyötä on keskeistä, että kuntien ja kaupunkien väyläverkkoja koskevaa staattista tietoa kehitetään suurimmista kaupungeista aloittaen. Väyläviraston ja kuntien on tehtävä yhteistyötä, jotta valtion ja kuntien infrastruktuureja koskevat tiedot ovat yhteismitallisia ja yhteentoimivia.

Dynaamiset tiedot

Tieliikenteen automaation kannalta olennaisia dynaamisia tietoja ovat:

1. Ajoneuvon OEM-järjestelmän keräämät tiedot jarrutuksista, luistonestosta, pyyhkimien käytöstä, tuulilasin lämmittimen toiminnasta sekä poikkeavista nopeuksista,
2. Ajoneuvon sijaintitieto,
3. Tieinfrastruktuurin huolto- ja kunnossapitotiedot (päälysteen kunto, lumenauraus- ja liukkaudenpoistotoimet sekä tietyöt),
4. Liikennetiedot (vika- ja häiriötiedot, sujuvuustiedot, (matka-aika), onnettomuustiedot, kapasiteettitiedot,
5. Olosuhdetiedot (säättiedot, liukkaustiedot, ennusteet) ja
6. Raitiovaunujen sijaintitiedot.

Ajoneuvon keräämät tiedot kertyvät pääsääntöisesti autonvalmistajille (kohdat 1-2). Jo ajoneuvon omistajan/haltijan mahdollisuus hallita ajoneuvonsa keräämiä tietoja on toistaiseksi järjestämättä. Lisäksi suuri kysymys on, kuinka ajoneuvojen keräämiä tietoja voitaisiin saada paremmin jaettua liikenteen ja jatkossa automaattiliikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden lisäämiseksi (ks. tarkemmin seuraava kappale). Joka tapauksessa dynaamisten tietojen niiden kertymisen ja jakamisen solmupisteenä on ajateltu toimivan liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoaja Fintraffic Oy. Onkin keskeistä, että Fintraffic Oy jatkaa toimintansa ja palveluidensa kehittämistä niin, että se voi mahdollisimman nopeasti tuottaa lisäarvoa liikenteen ekosysteemeille toimimalla liikenteen automaatioon liittyvän tiedon välitysalustana. Ytimessä on dynaaminen liikenne- ja olosuhdetieto, mutta Fintraffic Oy voi toimia myös monipuolisemmin tiedonjakokoosysteemien edistäjänä.

Lisäksi tietoja kertyy Väylävirastolle, Ilmatieteen laitokselle, Hätäkeskuslaitokselle ja huolto- ja korjaustöitä koskevia tietoja ylläpitäville. Liikenteen palveluista annettu laki sisältää säännöksiä, joissa säädetään tiettyjen tietojen jakamisesta etenkin näiden toimijoiden ja Fintraffic Oy:n välillä. Tarvetta tarkistaa ja tarkentaa näitä säännöksiä on seurattava jatkuvasti. Tällä hetkellä välitöntä tarvetta ryhtyä muutoksiin sääntelyssä ei ole.

Tällä hetkellä yleisimmät liikenteen palvelut liittyvät pääosin keliolosuhteisiin ja liikenteen sujuvuus- ja häiriötietoihin, joita pystytään käyttämään jo 3G- ja 4G-verkoissa. Tieliikenteessä on ryhdytty ottamaan käyttöön turvallisuuteen liittyviä ja kuljettajaa tukevia palveluja, joilla kuljettajaa pystytään informoimaan edessä olevista liikenneolosuhteista. Seuraavaksi tieliikenteessä tulevat yleistymään niin sanotut C-ITS-palvelut. C-ITS -palveluilla tarkoitetaan yhteistoiminnallista ajamista auttavia palveluja eli käytännössä tieto- ja viestintäteknologioiden soveltamista liikenteeseen. Euroopan Komission ajamat palvelut toteutuvat todennäköisesti laajasti lähivuosina, mutta todennäköisesti paljon laajemmin matkaviestinverkkoihin tukeutuvina kuin yhteistoiminnallisen ajamisen suunnitelmissa on alun perin ajateltu. C-ITS palvelut jaetaan kahteen luokkaan; ensimmäiseksi toteutettavat standardoidut palvelut (ns. Day 1 -palvelut) ja seuraavaksi standardoitavat ja toteutettavat palvelut (Day 1.5 -palvelut).⁴¹

Day 1-palveluita ovat:

- Hitaan ajoneuvon ja edessä olevan liikenteen varoitus (Slow or stationary vehicles & Traffic ahead warning)
- Tietyövaroitus (Road works warning)
- Sääolosuhdevaroitus (Weather conditions)
- Hätajarrutusvaroitus (Emergency brake light)
- Vastaantulevan hälytysajoneuvon varoitus (Emergency vehicle approaching)
- Varoitus muusta vaarasta (Other hazardous notifications)
- Opastus ajoneuvoon (In-vehicle signage)
- Nopeusrajoitus ajoneuvoon (In-vehicle speed limits)
- Opasterikkomus / risteyksen turvallisuus (Signal violation / Intersection Safety)
- Liikennevaloetuisuuden pyyntö (Traffic signal priority request by designated vehicles)
- Vihreä aalto (Green Light Optimal Speed Advisory - GLOSA)
- Anturiajoneuvodata (Probe vehicle data)
- Nopeussuositus (Shockwave Damping)

Day 1.5 -palveluita ovat:

- Informaatio vaihtoehtoisten käyttövoimien tankkauspaikoista (Information on fuelling & charging stations for alternative fuel vehicles)
- Haavoittuvien tienkäyttäjien suojelu (Vulnerable Road user protection)

⁴¹ Sitowisen Liikenne- ja viestintävirastolle tekemä konsulttityö ”Viestintäverkkojen kustannusselvitys” (11/2020).

- Tienvarsipysäköinnin opastus
(On street parking management & information)
- Tienvarsien ulkopuolisen pysäköinnin opastus
(Off street parking information)
- Liittymäliikennetieto (Park & Ride information)
- Yhteistoiminnallinen navigointipalvelu kaupunkiin/kaupungista
(Connected & Cooperative)
- navigation into and out of the city (1st and lastmile, parking, route advice, coordinated traffic lights)
- Liikennetieto ja älykäs reititys (Traffic information & Smart routing).

Kuten voidaan havaita, monet C-ITS -tiedot ovat myös liikenteen automaation näkökulmasta tärkeitä. Siksi onkin huomionarvoista, että yhteistyö näiden tietojen vaihtamisen tehostamiseksi on jo käynnissä.

Tietosuoja

Suuri osa tieliikenteen dynaamisista tiedoista muodostuu ajoneuvojen sensoreiden keräämästä datasta. Jo varsin vakiintuneen käsityksen mukaan lähes kaikki ajoneuvojen keräämä data on yhdistettävissä johonkin henkilöön, jolloin se on henkilötietoa.⁴² Tällöin EU:n yleisen tietosuoja-asetuksen⁴³ sääntely koskee näiden tietojen käsittelyä huolimatta siitä, että liikenteen automaation tarpeita toteutettaessa ei useinkaan olisi erityistä tarvetta kytkeä tietoa tiettyyn henkilöön. Esimerkiksi ajoneuvon luistonestojärjestelmän tai tuulilasinyyhinten tuottama data kertoo liikenneolosuhteista, ja tähän käyttötarkoitukseen kytkentä henkilöön on tarpeeton. Kuitenkin myös datan anonymisointi on sen käsittelyä henkilötietosääntelyn mukaan, ja tehokkaan anonymisoinnin toteuttaminen on varsin haastavaa siten, että takaisin kytkentä ei nyky menetelmin olisi mahdollista⁴⁴.

⁴² Ks. esim. Euroopan tietosuojalautakunnan (European Data Protection Board) Guidelines 1/2020 on processing personal data in the context of connected vehicles and mobility related applications.

⁴³ Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus (EU) 2016/679 luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus)

⁴⁴ Ks. esim. Article 29 Data Protection Working Party: Opinion 05/2014 on Anonymisation Techniques

Käsittelyperusteen olemassaolon arviointi on rekisterinpitäjän tehtävä. Henkilötietojen käsittely on yleisen tietosuoja-asetuksen 6 artiklan mukaan sallittua vain seuraavilla perusteilla:

- a) rekisteröity on antanut suostumuksensa henkilötietojensa käsittelyyn yhtä tai useampaa erityistä tarkoitusta varten;
- b) käsittely on tarpeen sellaisen sopimuksen täytäntöön panemiseksi, jossa rekisteröity on osapuolena, tai sopimuksen tekemistä edeltävien toimenpiteiden toteuttamiseksi rekisteröidyn pyynnöstä;
- c) käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän lakisääteisen velvoitteen noudattamiseksi;
- d) käsittely on tarpeen rekisteröidyn tai toisen luonnollisen henkilön elintärkeiden etujen suojaamiseksi;
- e) käsittely on tarpeen yleistä etua koskevan tehtävän suorittamiseksi tai rekisterinpitäjälle kuuluvan julkisen vallan käyttämiseksi;
- f) käsittely on tarpeen rekisterinpitäjän tai kolmannen osapuolen oikeutettujen etujen toteuttamiseksi, paitsi milloin henkilötietojen suoja edellyttävät rekisteröidyn edut tai perusoikeudet ja -vapaudet syrjäyttävät tällaiset edut, erityisesti jos rekisteröity on lapsi.

EU:ssa tieliikenteen eettisiä kysymyksiä pohtinut riippumaton asiantuntijaryhmä on kiinnittänyt suosituksissaan varsin paljon huomiota tietosuoja-asioihin, sillä peräti neljä sen antamista suosituksista koskee tietosuojaa (suositukset 7-10). Niissä muun muassa korostetaan perustellun (informed) suostumuksen merkitystä sekä muiden tienkäyttäjien oikeutta saada läpinäkyvää tietoa henkilötietojensa käsittelystä.

Palveluissa usein käytetty suostumusperuste on kuitenkin Suomessa havaittu haastavaksi muun muassa NordicWay 2–ohjelmassa tehtyjen kokeilujen yhteydessä. Tämä johtuu erityisesti siitä, että ajoneuvolla saattaa olla omistajan ja haltijan lisäksi useita muitakin käyttäjiä, ja on vaikea tietää, kenen suostumus tulisi saada kuhunkin tietoon liittyen. Yhtenä mahdollisuutena käsittelyperusteelle nostettiin tässä yhteydessä esiin kohdassa f mainittu rekisterinpitäjän tai kolmannen osapuolen oikeutettu etu. Tällöin kuitenkin tarvitaan etujen punnintaan liittyvä tasapainotesti ja sen dokumentoiminen⁴⁵.

Tieliikenteen automaatioissa tietosuojahaasteita on tunnistettu myös tarvittavien kameroiden suhteen. Kameroiden avulla voidaan muun muassa toteuttaa turvallisuuden kannalta tärkeää hahmontunnistusta. Edelleen kameroita saattaa olla perusteltua käyttää muun muassa pienlinja-autojen sisätilojen turvallisuuden valvomisessa. UNECE:n WP.29:n puiteasiakirjassa edellytetään teknisten sääntöjen antamista kohteiden ja tapahtumien tunnistusjärjestelmistä (Object Event Detection and Response, OEDR), ja ALKS E-sääntö sisältääkin jo tällaisia säännöksiä. Vaikka järjestelmän

⁴⁵ Tasapainotestin tekemisestä ks. esim. <https://tietosuoja.fi/rekisterinpitajan-oikeutettu-etu>

tarkoituksena ei ole tunnistaa sitä, kuka ihmisyksilö kulloinkin on kyseessä, saattaisi käytetty teknologia pystyä jopa kasvontunnistukseen, jota tekoälyn eettisiä puitejärjestelmiä kehitettäessä on pidetty erityisen kriittisenä sovelluksena.

Henkilötietojen hyvä suoja on keskeinen eettinen lähtökohta, ja Suomi on sen suhteen menestyksellisesti edistänyt henkilöiden omien tietojen hallintaan tähtäävää omadata-ajattelua (MyData). Kuitenkin tieliikenteen automaatiassa edellä kerrotut tietojen hyödyntämiseen liittyvät tarpeet kumpuavat nimenomaan keskeisestä turvallisuuden parantamisen välttämättömyydestä. Tällöin kyse on kahden perustavaa laatua olevan arvon törmäämisestä tavalla, joka tulisi pystyä ratkaisemaan. HLM CAD -valmistelun yhteydessä tultiin siihen tulokseen, että tämän kollision ratkaisussa saatetaan tarvita sääntelyä. Tällöin sääntelyn olisi oltava riittävän tarkkaa, esimerkiksi kohdistua tiettyihin tunnistettuihin palveluihin tai käyttötarkoituksiin (per service -tarkastelu). Esimerkiksi Data Task Forcen⁴⁶ työssä osapuolet lienevät usein tulkinneet EU:n turvatoimien (ITS-direktiivin täytäntöönpanoasetuksista ns. SRTI-asetus, ks. tarkemmin jäljempänä) muodostavan tarvittavan sääntelyperustan niin sanotun Day 1 - turvallisuustiedon jakamiselle. Samoin OEDR-järjestelmien edellyttäminen sääntelyssä saattaa muodostaa tällaisen sääntelyperustan. Tämän näkemyksen johdosta käynnissä oleva ja alla tarkemmin selostettava muiden ITS-direktiivin tietojen käsittelyyn liittyvien asetusten muutoshankkeet ovat erityisen mielenkiintoisia. Ehdotusten saatua muotonsa on syytä arvioida, onko vielä tarvetta muuhun palvelukohtaiseen sääntelyn arviointiin tietosuojalähtökohdista.

ITS-direktiivi ja sen täytäntöönpanoasetukset

ITS-direktiivin ensisijaisena tavoitteena on vauhdittaa älykkäiden liikennejärjestelmien koordinoitua käyttöönottoa ja käyttöä tieliikenteessä kaikkialla Euroopassa. ITS-direktiivissä on määritetty neljä ensisijaista toimialaa (I-IV), joiden puitteissa toteutettavilla toimilla pyritään varmistamaan älykkäiden liikennejärjestelmien koordinoitu ja johdonmukainen käyttöönotto ja käyttö koko unionin alueella. Nämä ensisijaiset alat ovat

- I tie-, liikenne- ja matkadatan optimaalinen käyttö;
- II liikenteen ja rahtitoimintojen hallintaan liittyvien ITS-palvelujen jatkuvuus;
- III tieliikenteen turvallisuuteen ja turvaamiseen liittyvät ITS-sovellukset;
- IV ajoneuvon yhdistäminen liikenneinfrastruktuuriin.

⁴⁶ Data Task Force (DTF) oli HLM CAD prosessissa perustettu yksityisen ja julkisen sektorin toimijoiden välinen epämuodollinen yhteistyöhanke, joka tähtäsi tiedonvaihdon tehostamiseen. Helsingin HLM CAD -kokouksen päätelmissä todetun mukaisesti DTF on toistaiseksi suorittanut sille annetun mandaatin mukaiset tehtävät, ja tietojenvaihtoyhteistyö jatkuu tuotantovaiheessa ”Safety Related Traffic Information Ecosystem” -nimikkeen alla. Suomesta tähän tietojenvaihtoa edistävään yhteistyöhön osallistuu FINTRAFFIC OYG.

Direktiivissä on lisäksi määritetty kuusi yksityiskohtaisempaa, ensisijaisiin aloihin liittyvää ensisijaista toimea, joiden osalta EU:n tulee unionissa laatia yhteiset määräykset, sekä asian niin vaatiessa, tarvittavat standardit, jotka ovat tarpeen ITS-järjestelmien käyttöönoton ja operatiivisen käytön yhteensopivuuden, yhteen toimivuuden ja jatkuvuuden varmistamiseksi koko EU:n alueelle. Nämä kuusi ensisijaista toimea ovat

- a) EU:n laajuisten multimodaalisten matkatietopalvelujen tarjoaminen;
- b) EU:n laajuisten tosiaikaisten liikennetietopalvelujen tarjoaminen;
- c) datat ja menettelyt, joilla mahdollisuuksien mukaan tarjotaan liikenneturvallisuuteen liittyvät yleiset vähimmäisliikennetiedot ilmaiseksi käyttäjille;
- d) yhteentoimivan EU:n laajuisen hätäpuhelukäytön järjestelmän (eCall) yhtenäinen tarjoaminen;
- e) turvallisia pysäköintialueita koskevien tietopalvelujen tarjoaminen kuorma-autoille ja hyötyajoneuvoille; ja
- f) turvallisia pysäköintialueita koskevien varauspalvelujen tarjoaminen kuorma-autoille ja hyötyajoneuvoille.

Lokakuun alussa 2020 komissio käynnisti virallisesti prosessin, joka tähtää ITS-direktiivin uudelleentarkasteluun. Uudelleentarkastelu tullaan toteuttamaan komission laatiman tiekartan (Inception impact assessment) mukaisesti. EU:n liikennesektorin tulevaisuuden kehityksen näkökulmasta komissio on identifioinut kolme keskeisintä toimintakokonaisuutta, joilla EU:n tulisi pyrkiä kehittämään toimintaansa alan kehityksen, kilpailukykyyn ja kestäväen kehityksen turvaamiseksi ja vauhdittamiseksi. Ensimmäisenä prioriteettina on digitaalisen yhteentoimivuuden parantaminen sekä järjestelmätasolla että palveluissa. Toinen komission esittämä prioriteetti ITS-direktiivin uudelleentarkastelun osalta liittyy EU-tason yhteistyön tiivistämiseen. Kolmas prioriteetti liittyy liikenteen uusien palvelujen kehitystä tukevien tietovarantojen saatavuuden ja hyödyntämisen lisäämiseen. Komissio haluaa vahvistaa ITS-palveluntarjoajien oikeuksia ja velvollisuuksia koskevia säännöksiä, joilla mahdollisesta tasapuolisista, oikeudenmukaisista ja syrjimättömistä edellytyksistä ITS-palveluiden tarjoamiseen (esim. MaaS-palveluissa).

ITS-direktiivin nojalla EU:n jäsenvaltiot ovat siirtäneet Euroopan komissiolle säädösvaltaa antaa delegoituja säädöksiä direktiivissä määritettyjen ensisijaisten alojen ja ensisijaisten toimien osalta. Komissio on syksyyn 2020 mennessä hyväksynyt seuraavat määräykset ja antanut näitä koskevat delegoidut säädökset:

- a) EU:n laajuisten multimodaalisten matkatietopalvelujen tarjoamista koskeva delegoitu asetus (EU) 2017/1926 (jäljempänä MMTI-asetus);
- b) EU:n laajuisten tosiaikaisten liikennetietopalvelujen tarjoamista koskeva delegoitu asetus (EU) N:o 962/2015 (RTTI-asetus);

- c) Käyttäjille ilmaiseksi tarjottavia liikenneturvallisuuteen liittyviä yleisiä vähimmäisliikennetietoja koskeva delegoitu asetus (EU) N:o 886/2013 (SRTI-asetus);
- d) eCall-hätäpuhelujärjestelmän yhtenäistä tarjontaa koskeva delegoitu asetus (EU) N:o 305/2013;
- e) Kuorma-autojen ja hyötyajoneuvojen turvallisiin ja valvottuihin pysäköinti- paikkoihin liittyvien tietopalvelujen tarjoamista koskeva delegoitu asetus (EU) N:o 885/2013.

Komissio käynnisti asetusten uudelleentarkasteluun liittyvän valmistelutyön keväällä 2020. Tiedon hyödyntämisen kannalta erityisen mielenkiintoinen on RTTI-asetuksen muuttaminen. Asetuksessa säädetään tarvittavat määräykset sen varmistamiseksi, että tie- ja liikennedata on tiedonhaltijoiden, tieliikenneviranomaisten, tienpitäjien ja palveluntarjoajien saatavissa, jaettavissa, uudelleenkäytettävissä sekä päivitettävissä ajantasaisen ja tarkkojen liikennetietopalvelujen tarjoamiseksi EU:n laajuisesti. Tavoitteena tässä työssä on sisällyttää uusia tietolajeja asetuksen soveltamisalaan, laajentaa asetuksen maantieteellistä kattavuutta sekä parantaa asetuksen nojalla kerättävien tietojen ja niiden pohjalta tuotettavien tietopalvelujen laatua. Asetukseen tehtävillä muutoksilla komissio haluaa erityisesti lisätä tie- ja liikennetietojen hyödyntämismahdollisuuksia kestävän, turvallisen ja sujuvan liikkumisen varmistamiseksi sekä edesauttaa tieliikenteen automaatiokehitystä ja erityisesti autonomisten ajoneuvojen käyttöönottoa tieliikenteessä.

Asetuksen soveltamisalaan sisällytetään joukko uusia tietolajeja. Tällaisia tietoja olisivat ajoneuvojen pääsyn alueellista rajoittamista koskevat tiedot (alueellinen geofencing), liikennesäännöt, määräykset ja rajoitukset sekä kiertotiet, vaihtoehtoisten polttoaineiden hintatiedot sekä lataus- ja tankkauspisteiden sijainti- ja saatavuustiedot, eräät liikenteen historiatiedot sekä liikenteenohjaus- ja hallintatehtävien tueksi kerättävät liikenneverkon tilaa ja liikennetilannetta koskevat tiedot, jotka on jalostettu ajoneuvojen tuottamasta raakadatasta. Vaihtoehtoisten polttoaineiden hintatietoja sekä lataus- ja tankkauspisteiden sijainti- ja saatavuustietoja koskevista avaamis- ja jakamisvelvoitteista on tarkoitus säätää vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta annetulla direktiivillä 2014/94/EU, jolloin RTTI-asetuksessa vain annettaisiin tarvittavat tekniset määräykset, joilla varmistettaisiin, että tiedot ovat yhdenmukaisesti saatavilla ja hyödynnettävissä koko EU:n laajuisesti.

Asetuksessa on myös muutoksia, joiden toivotaan parantavan asetuksen mukaisten tietojen ja tietopalvelujen tarkkuutta, ajantasaisuutta ja laatua. Toimijoiden tulee jatkokssa kiinnittää nykyistä enemmän huomiota tietojen ja palvelujen sisällön ajantasaisuuden varmistamiseen ja lisäksi käyttäjille tulee tarjota nk. palautekanava, jossa käyttäjät voivat ilmoittaa tiedoissa tai palveluissa ilmenneistä virheistä ja epätarkkuuksista. Lisäksi palveluntarjoajat veloitetaan sisällyttämään omaan palveluunsa eräitä

tieviranomaisten ja tienpitäjien tuottamia tietoja, jotta tienkäyttäjät olisivat paremmin tietoisia esim. viranomaisten ja tienpitäjien määrittämistä liikenerajoituksista sekä kiertotiemääräyksistä.⁴⁷

HD-kartat

Absoluuttiseen paikannukseen käytetään tieliikenteessä pääsääntöisesti satelliittipohjaista paikannusta. Sen ongelmana on toistaiseksi ollut signaalin tarkkuus etenkin Pohjois-Suomessa. Tieinfrastruktuurin varustelua älylaittein testattiin VT 21:llä Aurora-hankkeen aikana. Osana kokeilua tehostettiin myös Maanmittauslaitoksen paikannuspalvelua siten, että paikannussignaalin tarkkuudeksi saatiin alle 10 cm.

Viranomaisen toimesta tieverkolta laserkeilausmenetelmin tuotettuja pistepilviaineistoja käytetään muun muassa tiesuunnitelmien ja tietomallien lähtöaineistoina sekä rakentamisen aikaisen laadunvalvonnan apuna. Pistepilvistä jalostetaan esimerkiksi mitatarkkoja 3D-malleja, joita voidaan edelleen hyödyntää erilaisissa visuaalisissa tarkasteluissa sekä koneellisissa analyyseissä. Tyypillistä tällaisille tiheille pistepilviaineistoille on se, että ne on tuotettu maantieteellisesti rajatuilta alueilta ja niitä ei luonteensa vuoksi juurikaan päivitetä.

Kansainväliset karttayritykset tuottavat tieverkon laserkeilausaineistoja myös omiin tarpeisiinsa, esimerkiksi HD (High Definition) -karttojen valmistusta varten. Suhteellista paikantamista liikenneväline tekee HD-karttojen avulla vertaamalla omien sensoreidensa avulla saatuja tietoja karttaan. Pistepilviaineistoihin perustuvien HD-karttojen tekeminen on varsin kallista. Kustannuksia aiheuttaa erityisesti karttojen jatkuva päivitystarve. Karttoja tarvitaan eri tarkoituksiin, eri alueista, erilaisilla päivitystiheyksillä ja erilaisiin tarpeisiin. Karttojen tuottaminen on yksityisten toimijoiden vastuulla. Niiden on voitava karttoja tehdessään hyödyntää viranomaisten aineistoja, kuten Väyläviraston Digiroadia ja sitä kehitettäessä syntyviä automaatiota palvelevia tietoja tai viranomaisen toiminnassa syntyneitä pistepilviaineistoja. Suomessa viranomaisten tiedon avaaminen avoimena datana on jo edistynyt erittäin pitkälle, mutta tätä politiikkaa on syytä jatkaa ja muun muassa jatkuvasti kehittää saatavilla olevan tietoaineiston laatua. Lisäksi on syytä selvittää, miten eri viranomaisen tarkoituksiin syntyviä pistepilviaineistoja voitaisiin hyödyntää liikenteen automaatiossa ja olisiko syytä avata aineistot avoimena datana.

⁴⁷ Marraskuussa 2021 RTTI-asetuksen uudistaminen on loppusuoralla.

HD-karttojen tuottajat keräävät karttatietoja monista eri lähteistä. Tämänhetkisen käsityksen mukaan viranomaisen roolina on tuottaa riittävän laadukas perustietopohja tieinfrastruktuurin sijainnista ja ominaisuuksista sekä tarjota mahdollisimman tarkka ja reaaliaikainen tieto näihin liittyvistä muutoksista (muutostieto).

4.6 Tieliikenteen automaation tarvitsema fyysinen infrastruktuuri

Liikenteen automaation etenemiseen liittyy toistaiseksi paljon epävarmuuksia. Lisäksi automaattisten ajoneuvojen tuleminen mukaan liikenteeseen on ollut aikaisemmin arvioitua hitaampaa, kuten edellä on todettu. Olisi loogista olettaa, että fyysistä liikenneinfrastruktuuria kehittämällä voitaisiin tukea automaation etenemistä ja mahdollisesti kompensoida esimerkiksi haastavien keliolosuhteiden automaattiajoneuvoille aiheuttamia hankaluuksia. Autonvalmistajat ovat kuitenkin toistaiseksi esittäneet hyvin vähän tai ei lainkaan vaatimuksia, jotka kohdistuvat fyysiseen infrastruktuuriin.⁴⁸ Keskustelu fyysisen infrastruktuurin luokittelemisesta automaation edellytysten näkökulmasta on kansainvälisesti käynnistynyt, mutta on kuitenkin vasta alkuvaiheissaan.

On kuitenkin selvää, että tien päällysteen on oltava kunnossa, jotta automaattinen ajoneuvo voi liikkua sillä. Päällysteessä ei siten voi olla merkittävässä määrin kuoppia eikä uria, joihin vesi voi kertyä. Pientareiden sekä muiden minimiriskimanööverien (MRM) tekemiseen soveltuvien alueiden leveyteen ja kuntoon tulee todennäköisesti kohdistumaan vaatimuksia erityisesti automaattisten ajoneuvojen häiriötilanteisiin liittyen. Lisäksi tiedämme, että ajoratamerkintöjen (keski-, reuna-, ja sulkuviiva) ja liikennemerkkien on oltava näkyvissä, tunnistettavissa ja helposti kameroilla luettavassa kunnossa. Myös riista-aitojen kattavuuteen ja kuntoon pitää todennäköisesti kiinnittää entistä enemmän huomiota.

Muiden investointien tekeminen ei näytä välittömästi ajankohtaiselta. Mahdollista voisi olla asentaa esimerkiksi heijastavia reunapaaluja, jotka auttavat ajoneuvoa navigoinnissa. Nämä voivat olla kustannuksiltaan kohtuullisia. Niiden käyttöä on kokeiltu muun muassa Aurora-hankkeessa, ja niiden on todettu auttavan navigoinnissa. Toistaiseksi emme kuitenkaan tiedä, pitävätkö autonvalmistajat niitä hyödyllisinä, ja millaisia niiden

⁴⁸ Asiaa on kuitenkin jo selvitetty muun muassa MANTRA (Making full use of Automation for National Transport and Road Authorities) -projektissa, ks. <https://www.mantra-research.eu/>

tulisi laajassa mittakaavassa käytettyinä olla. Myös muiden mahdollisten paikantamista hyödyttävien menettelyjen, kuten heijastavien maalausten tai teräskaapeleiden käyttöä, on seurattava.

Lisäksi pidemmällä aikavälillä myös muut investoinnit fyysiseen liikenneinfrastruktuuriin saattavat olla tarpeellisia. Esimerkiksi moottoriteillä saatetaan tarvita väistöiloja häiriötilanteissa. Vanhojen moottoriteiden leveät pientareet todennäköisesti vastaavat tähän tarpeeseen tien oikealla puolella.

Lisäksi omien kaistojen varaaminen automaattisille ajoneuvoille saattaa lisätä turvallisuutta etenkin sekaliikenteessä. Taajamissa etäohjatuille ajoneuvoille saattaa olla tarve osoittaa reitit tai toiminta-alueet.

Koska fyysiseen liikenneinfrastruktuuriin tehtävät toimenpiteet ovat pääsääntöisesti kustannuksiltaan varsin suuria ja koska tieliikenteen automaation fyysiseen infrastruktuuriin kohdistamiin vaatimuksiin liittyy edelleen suuria epävarmuuksia, voidaan tieliikenteen automaation kehitykseen valmistautua fyysisen infrastruktuurin osalta lähinnä erilaisten selvitysten, testien ja pilottien avulla sekä vaikuttamalla aktiivisesti kansainvälisessä työssä. Valmistautumiseen on syytä panostaa huomioiden erityisesti myös EU-hankkeisiin osallistuminen ja valmistelu. Tavoitteita on kuitenkin terävöitettävä ja tilannekuvan yhteisen tilannekuvan luominen ja ylläpitäminen vaativat varsin paljon työtä. Valtion ja kuntien viranomaisten sekä yritysten yhteistyöhön on muodostettava pysyvät rakenteet, jotta automaation tulon voidaan varautua suunnittelun avulla.

Teiden kunnossapito

Tietoa ja digitaalisia työkaluja hyödyntämällä voidaan ennakoida fyysisen liikenneinfrastruktuurin kulumista ja vaurioiden syntyä/kehittymistä huomattavasti nykyistä paremmin. Lisäksi voidaan myös saada näkymää infran rakenteisiin, jolloin on mahdollista korjata vaurioiden syy niiden seurausten asemesta. Näistä toimenpiteistä aiheutuu kertaluontoisesti enemmän kustannuksia tai ne vaativat jonkin verran investointeja, mutta pidemmällä aikavälillä väylänpidossa syntyy säästöjä nykytilaan verrattuna, ja infrastruktuurin hyvä kunto tukee myös liikenteen turvallisuuden ja sujuvuuden varmistamista (jatkossa vähemmällä enemmän).

Tieverkon omaisuudenhallintaa ollaan kehittämässä määrätietoisesti. Käytössä on jo kunnossapitotoimenpiteiden reaaliaikainen seuranta ja raportointi sekä tienkäyttäjien havaintoja tiestöstä ja sen kunnossapitotarpeista keräävä palauteväylä. Tieomaisuuden ja sen tilan seurannan ja ennustamisen uudet työkalut valmistuvat lähivuosina. Kaikki kerätty tieto julkaistaan avoimena datana, ellei sen julkaisemista rajoita lainsäädäntö tai liikesalaisuudet.

Myös kunnossapidon ja sääolosuhteiden vaikutus automaatioon ja toisaalta automaation vaatimuksiin suhteessa kunnossapitoon liittyy jatkoselvitettävää, esimerkkinä teiden suolauksen vaikutukset automaattiajoneuvojen käyttöön. Selvityksissä ja mahdollisissa kokeiluissa on syytä käyttää hyväksi jo olemassa olevaa tietämystä, kuten muun muassa Ilmatieteen laitoksen datamalleja. Tulevaisuutta kunnossapidon suhteen hahmotettaessa on myös syytä huomioida, että automaattiliikenne voi kohdistaa tieinfraan uudenlaista rasitetta, kun ajoneuvot ajavat lähes samassa kohti kaistaa.

Tulevaisuuden älykäs väylien luokittelu ja palvelutasojen määrittely

Nykyisin tieverkolle on määritelty tieviranomaisen toimesta palvelutasot perinteisen liikenteen näkökulmasta. Automaation lisääntyessä palvelutasojattelu tulee kuitenkin laajentaa ja luokitella tieverkkoa jatkossa myös sen mukaan millaista tukea se pystyy tarjoamaan automaattiselle liikenteelle fyysisen ja digitaalisen infrastruktuurin sekä palveluiden avulla. Tällaisen palvelutasomäärittelyn pohjana olisivat nykyiset palvelutasokuvaukset mutta niiden rinnalle voitaisiin liittää tietoa muun muassa tieverkolla saatavilla olevista:

- Paikannusmenetelmistä ja -palveluista sekä niiden kattavuudesta ja laadusta
- Mobiilitietoliikenneyhteyksistä ja niiden kapasiteetista
- Fyysisen infran sijainnin ja ominaisuuksien staattisesta ja dynaamisesta tiedosta
- Reaaliaikaisista liikennetiedoista

Lisäksi voitaisiin liittää tietoa:

- Tyypillisistä, automaattiajamiseen vaikuttavista sää- ja keliolosuhteista
- Käytettävissä olevista automaattiajamisen kannalta olennaisista liikenteen ja liikkujan palveluista
- Kunnossapitotoimenpiteistä

Luokittelu on mahdollista tehdä monella perusteella ottaen lähtökohdaksi autojen ODD-vaatimukset fyysiselle, digitaaliselle ja paikannus- sekä palveluinfrastruktuurille erilaisissa tilanteissa ja olosuhteissa. Nämä vaatimukset voivat poiketa automallista ja automaattiajosovelluksesta riippuen. Mahdollisia lähtökohtia voivat olla esimerkiksi autojen vaatima paikannustuki, tarve kauko-ohjaukseen, toiminta erilaisissa valaistus-, sää- ja kelioloissa ja autojen MRM-ratkaisut (Minimum Risk Manoeuvre).

Edellä mainitut lähtökohdat huomioon ottaen voidaan hahmotella palvelutasoluokkia, joissa infrastruktuurin ja tukevien palveluiden taso kasvaa edettäessä perustasolta korkeammille tasoille. Tämän tyyppistä luokitusta on kehitetty kansainvälisellä tasolla (esim. ISAD, euroRAP), mutta Suomessa on kuitenkin todettu, että käytännössä tarvitaan laajempaa ja toisaalta myös tarkemmalle tasolle menevää luokittelua. Tutkimus- ja kehitystyö tällaisen luokittelumallin tuottamiseksi on aloitettu⁴⁹.

Luokittelun tarkoituksena on osoittaa automaattiauton omistajille ja kuljettajille, autonvalmistajille sekä automaattiajojärjestelmien kehittäjille tieverkon nykyiset valmiudet automaattisen liikenteen tukemiseen.

4.7 Kokeilut ja testaaminen tieliikenteessä

Kotimaassa ja EU:ssa käynnissä olevat kokeilut

Suomessa automaattiajamisen kokeiluja tavallisen liikenteen joukossa on tehty vuodesta 2016 alkaen. Kokeiluja varten Liikenne- ja viestintävirasto on myöntänyt toistaiseksi noin 20 koenumerotodistusta noin 15 eri organisaatiolle. Kokeiluja on tehty niin uudennlaisilla automaattipiipenbusseilla kuin erikseen tarkoitusta varten varustelluilla henkilöautoilla. Uudennlaisia tavarankuljettimia kokeillaan myös erilaisissa ympäristöissä.

Suomessa on kokeiltu muun muassa automaattiseen henkilökuljetukseen soveltuvia ajoneuvoja Pasilassa osana EU-rahoitteista FABULOS-hanketta⁵⁰ sekä Tampereen Hiedanrannassa⁵¹ osana Tampereen kaupungin kestävän liikkumisen kehittämishanketta. Uudennlaisia tavarankuljettimia on kokeiltu ja kokeillaan ainakin Otaniemessä ja muualla pääkaupunkiseudulla LMAD-hankkeessa⁵².

Kytkeytyneiden ajoneuvojen kokeilu toteutettiin Suomessa osana CEF-rahoitteista NordicWay2-hanketta. Sen tavoitteena oli edistää olemassa olevien C-ITS-palveluiden ja C-ITS-palvelutuottajien välistä teknistä ja organisatorista yhteensopivuutta. Kehittämällä uusia tapoja välittää tietoa toimijoiden välillä pyrittiin saamaan kuljettajille enemmän ja laadukkaampaa tietoa liikenteestä, joka tukisi liikenneturvallisuutta ja

⁴⁹ Väylävirastossa käynnissä oleva selvitys "Automated Driving on Motorways (AUTOMOTO)", julkaistaan loppuvuodesta 2021.

⁵⁰ <https://forumvirium.fi/ensimmainen-fabulos-pilotti-kaynnistyi-helsingissa/>

⁵¹ https://www.tampere.fi/tampereen-kaupunki/ajankohtaista/tiedotteet/2020/09/23092020_2.html

⁵² <https://www.eitdigital.eu/newsroom/news/article/lmad-operates-last-mile-autonomous-delivery-robot-at-aalto-campus-in-finland/>

parantaisi liikenteen sujuvuutta. Kokeilussa rakennetun tiedonvaihtoratkaisun teknistä toimivuutta arvioitiin kokeilun aikana ja sen todettiin toimivan hyvin. Lisäksi arvioitiin ekosysteemien toimivuutta ja kerättiin ajatuksia siitä, miten toimintaa voisi jatkossa tehdä. Kokeilun aikana opittiin paljon myös tietosuojasta ja -turvasta ja siitä miten ne tulisi huomioida tulevaisuuden kokeiluissa.

Euroopassa suurin käynnissä oleva automaattiajamisen kokeiluhanke L3Pilot⁵³ testaa SAE:n automaatiotasojen 3 ja 4 toimintoja eri valmistajien henkilöautoissa 10 eri Euroopan maassa. Yksi hankkeen keskeisiä tavoitteita eri toimintojen testaamisen lisäksi on kehittää yhteisiä testaamiskäytäntöjä ja työkaluja vertailtavien testien helpottamiseksi tulevaisuudessa. Hankkeessa selvitetään myös ihmisten suhtautumista ajoneuvoautomaatioon ja pyritään tunnistamaan keinoja lisäämään teknologian hyväksyttävyyttä.

Kaikissa EU-maissa käynnissä olevista kokeiluista kootaan ajantasaista tietoa yhteiselle nettiportaaliin osoitteessa <https://knowledge-base.connectedautomateddriving.eu/>.

CCAM Platform ja Partnership

CCAM Platform on komission pääosastojen (DG MOVE, DG GROW, DG RTD) yhdessä kokoon kutsuma yhteistyöfoorumi, joka aloitti toimintansa vuoden 2019 kesällä ja joka jatkaa työtään toistaiseksi. Platformin ja sen työryhmien tavoitteena on tarjota Euroopan komissiolle neuvoja ja ohjeita siitä, miten automaattiajamisen testaamista ja laajempaa käyttöä edeltäviä kokeiluja voitaisiin paremmin koordinoida ja edistää. Työryhmien työssä on keskitytty muiden muassa kehittämään ratkaisuja testien tulosten näkyvyyden ja vertailtavuuden parantamiseksi sekä tunnistamaan keinoja testausmenetelmien ja -vaatimusten yhdenmukaistamiseksi.

Osana CCAM Platformin työtä laadittiin myös EU:n yhteinen kytkeytyneen ja automaattisen ajamisen tutkimus- ja innovaatioagenda (SRIA). Tämä agenda tukee vahvasti komission suunnittelua ja päätöksiä automaattiajamisen aihealueisiin kohdennettavalla tutkimus- ja innovaatorahoitukselle osana vuosina 2021-2027 toteutettavaa Horizon Europe -puiteohjelmaa. Vuoden 2020 lopulla perustetun CCAM Partnership -yhdistyksen päätehtävä on jatkaa tämän agendan päivittämistä ja sitä kautta komission tutkimus- ja innovaatorahoituksen kohdentamista automaattiajamiselle keskeisiin aiheisiin. Se on yksi merkittävä vaikuttamiskanava kokeilurahoituksen kohdentumiseen. Suomi osallistuu CCAM -yhteistyöhön varsin kattavasti.

⁵³ <https://l3pilot.eu/>

4.7.1 Testaamisen sääntely ja muutostarpeet

Yleisessä liikenteessä testaamisen nykytila

Voimassa oleva ajoneuvolaki (82/2021) mahdollistaa ajoneuvon väliaikaisen käytön koenumerotodistuksella. Laissa on mahdollistettu tyyppihyvaksymättömien ajoneuvojen testaaminen koenumerotodistuksella. Koenumerotodistus tarvitaan myös silloin kuin ajoneuvo on rekisteröity liikenneasioiden rekisteriin, mutta siihen on lisätty uuden teknologian mukaisia ajoneuvojärjestelmiä, jotka eivät vielä ole tyyppihyväksytyjä.

Testaamisessa käytettäviä ajoneuvoja ei rekisteröidä liikenneasioiden rekisteriin, jolloin esimerkiksi niiden teknisiä tietoja ei ole saatavilla. Tällöin rekisterissä ei myöskään ole tietoa ajoneuvon käyttötarkoituksesta, mikä vaaditaan silloin, kuin ajoneuvoa käytetään luvanvaraiseen liikenteeseen.

Automaattiajamisen testaaminen ei ole pelkästään ajoneuvojen teknisen toimivuuden selvittämistä. Testaamisessa voidaan tutkia myös automaattiajamisen soveltuvuutta osana julkista liikennettä tai muuta liiketoimintaa. Automaattiajamisen testaaminen ei yleensä ole vastikkeellista toimintaa. Testeissä voidaan kuljettaa henkilöitä, mutta kuljetustoiminnasta ei peritä vastikkeita. Toiminta ei tällöin ole luvanvaraista. Tilanne on toinen, jos kokeilu on osa julkista liikennettä ja kun kokeilun yhtenä osana on tutkia automaattiajamisen soveltuvuutta luvanvaraisessa liikenteessä ja kuljettamisesta peritään vastiketta. Tällöin toiminta on luvanvaraista ja ajoneuvo pitää nykytilanteessa merkitä liikenneasioiden rekisteriin luvanvaraiseksi ajoneuvon käyttötarkoituksen osalta.

Testaamisen edellytyksenä on vielä toistaiseksi, että ajoneuvolla on kuljettaja, joko ajoneuvon sisällä tai sen ulkopuolella. Kuljettajalla tulee olla testattavan ajoneuvon luokkaa vastaava ajo-oikeus.

Automaattiajamisen testaamisen sääntelyn muutostarpeet

Koenumerotodistuksen käyttöön automaattiajamisen testaamiseen liittyen on tunnistettu sääntelyn muutostarpeita. Automaattiajamisen testaamiseen annettavan koenumerotodistuksen perusteita ja vaatimuksia tulisi myös tarkentaa. Tavoitetilanne on, että korkean automaatiotason kokeiluja pitäisi mahdollistaa yleisessä liikenteessä eri ympäristöissä ja myös osana vastikkeellista julkista liikennettä.

Ajoneuvolaissa on tarkat vaatimukset ajoneuvojen turvallisuudesta. Kehitysvaiheessa olevat automaattiajoneuvot eivät välttämättä täytä kaikkia lain edellytyksiä, ja onkin

tarpeellista lisätä lakiin poikkeus, joka mahdollistaisi myös tällaisten automaattiajoneuvojen kokeilut.

Koenumeroluvan saamiseen vaadittavia ajoneuvoteknisiä vaatimuksia tulee tarkentaa. Samalla tulee myös huomioida, että lupaan voidaan sisällyttää käyttöön liittyviä ehtoja.

Kuten aiemmin todettiin, on laissa liikenteen palveluista annetussa laissa säädetty vaatimus merkitä ajoneuvo rekisteriin luvanvaraiseksi. Vaikka testaamista suorittavalla yrityksellä olisi laissa vaadittu liikennelupa, ei rekisterimerkintää ajoneuvon käyttötarkoituksen luvanvaraisuudesta voi tehdä, koska kokeiluissa käytettäviä ajoneuvoja ei voida rekisteröidä, koska niillä ei ole ajoneuvojen rekisteröintiin tarvittavaa tyyppihyväksyntää. Tämän vuoksi laissa liikenteen palveluista säädettyä vaatimusta käyttötarkoituksen merkitsemisestä ei pitäisi vaatia automaattiajamisen testaamiseen käytettäviltä ajoneuvoilta.

Voimassa olevassa ajoneuvolaissa ei ole vaatimusta siitä, että koenumerotodistuksen haltijan olisi raportoitava testien kulusta viranomaisille. Vaatimus raportoinnin pakollisuudesta kannustaisi vastuulliseen testaamiseen ja edistäisi laajempaa tietoisuutta automaattiajamisen kehityksestä. Raportointivelvollisuus pitäisi ulottaa myös kaikkiin testeihin liittyviin muutoksiin kuten esimerkiksi testattavan ajoneuvon teknisiin ominaisuuksiin tai ohjelmistoihin tehtyihin muutoksiin.

Yleensä testattavan laitteen ajoneuvoluokka on selvillä ja ajoneuvon voi selvästi käyttää koekilvillä. Tilanne on kuitenkin erilainen, jos ajoneuvo ei kuulu mihinkään laissa säädettyyn ajoneuvoluokkaan. Tällöin koenumeroilpiä ei voida myöntää.

Ajoneuvolaissa on säädetty poikkeuksia ajoneuvojen rekisteröintivelvollisuudesta. Esimerkiksi tienpitoon rakennettua tai varustettua moottoriyökonetta ei tarvitse rekisteröidä. Tällaisten automaattisten työkoneiden testaaminen on siis mahdollista ilman rekisteröintiä tai koenumeroilpiä.

Automaattiset tavarankuljettimet sen sijaan eivät voi olla työkoneita, joten niiden testaaminen julkisessa liikenteessä ei vielä ole mahdollista koekilvillä eikä niiden rekisteröintivelvollisuudesta ole säädetty poikkeusta.

Automaattisten tavarankuljettimien testaamiselle on kuitenkin tarve, ja siksi ajoneuvolakiin tulisi lisätä niiden kohdalle poikkeus rekisteröintivelvollisuudesta. Samassa yhteydessä pitäisi ratkaista myös niiden ajoneuvoluokitus, mahdollinen vaatimus kuljettajasta sekä laitteiden käyttöalue.

Etäohjaamisen osalta (kuljettaja ajoneuvon ulkopuolella, tyypillisesti etävalvomossa) tavoitetilana on, että yksi etäohjaaja voisi jatkossa vastata useamman ajoneuvon kuljetamisesta tilanteessa, jossa ajoneuvot liikkuvat pääosin automaattisesti, mutta pyytävät ongelmatilanteissa ohjeita ja ohjausta valvomosta. Nykyinen kuljettajakoulutus ei tällaisessa tilanteessa välttämättä ole riittävä vaatimus etäohjaajalle, vaan on tarkemmin mietittävä millaisia vaatimuksia etäohjaajan toimintaa kohtaan tulisi asettaa.

5 Vesiliikenne

5.1 Yleiskatsaus vesiliikenteen automaation tilaan

Merenkulussa automaatiota tukevia ratkaisuja on käytössä ja teknologinen kehitys on jo niin pitkällä, että se mahdollistaa pitkälle menevän autonomisen merenkulun. Aluksilla on useita teknisiä apuvälineitä, jotka tukevat päätöksentekoa konesillalla. Tällaisia ovat esimerkiksi ARPA eli alusten automaattinen tutkaseuranta, ECDIS eli elektroninen merikartta, AIS eli alusten tunnistus- ja paikannusjärjestelmä sekä kallistuksen vakausjärjestelmä. Joillain varustamoilla on huollon etätuki aluksille maa-asemilla. Konehuoneet ovat pääsääntöisesti miehittämättömiä yöaikaan.

Merkittävimpiä merenkulun automaation ja tekoälyn sovellusalueita ovat algoritmit ja järjestelmät, joilla pyritään yhteentörmäyksen estämiseen, aluksen käsittelyyn sekä tilannekuvan luomiseen esimerkiksi konenäöllä ja sensorien kokoamien tietojen yhdistämisellä (sensor fusion). Tilannekuvaa luovan sovelluksen avulla saadaan tarkempi kuva aluksen asemasta ja liikkeistä satamissa ja meriväylien kapeikoissa sekä mahdollisista vaikeasti tunnistettavista kohteista ja piilossa olevista esteistä. Kokeiluissa on havaittu kamerateknologian ja konenäön olevan tärkeä apuväline esimerkiksi ihmisen näköaistille. Aluksen käsittelyä avustavat järjestelmät automatisoivat aluksen ohjailua esim. laituriin saapuessa tai lähdettäessä. Pitkään merenkulussa hyödynnetystä DP-järjestelmästä (dynamic positioning), joiden avulla alukset voivat määrittää sijainnin ja pitää alusta paikallaan täsmälleen halutussa paikassa, on kehitetty yhä älykkäämpiä ja monipuolisempia järjestelmiä.

Etäohjausratkaisuja ja kokonaan autonomisia ratkaisuja ei ole toistaiseksi käytössä Suomessa. Haastavia kokeiluja on tehty Suomessa niin kuin muissakin edelläkävijämaissa, kuten Isossa-Britanniassa, Norjassa, Tanskassa, Japanissa, Kiinassa, Singaporessa, Hollannissa, Yhdysvalloissa ja Venäjällä. Myös kansainvälisiä kokeiluja on tehty. Kokeiluissa on hyödynnetty autonomista ja etäohjausteknologiaa, mutta niissä on ollut miehistöä kannella varmistamassa turvallisuuden.

Suomi on painottanut IMO:ssa, että alukset voivat navigoida autonomisesti turvallisesti erityisesti vähäliikenteiseen aikaan ja yksinkertaisella vakioreitillä ja yksinkertaisessa ympäristössä kuten avomerellä osan matkaa. Autonomiaa tarvitaan myös mahdollisten yhteyshäiriöiden aikana. Vuorovaikutusta tarvitaan muiden alusten, älykkään

väyläinfrastruktuurin, VTS:n, etäohjauksen ja -luotsauksen kanssa.⁵⁴ Sekaliikenne asettaa oman haasteensa vuorovaikutukselle.

Joissain maissa, kuten USA:ssa, Norjassa, Japanissa, Etelä-Koreassa ja Venäjällä on suunnitelmia siirtää kansallisella vesialueella autonomiseen liikenteeseen. Kansallista lainsäädäntöä on kehitetty, mutta kansainvälistä lainsäädäntöä pitkälle menevää autonomiaa hyödyntäville sovelluksille ei vielä ole. Myös suorituskykystandardit puuttuvat eikä ratkaisuja ole vielä todennettu kaikilta osin turvallisiksi. Lisäksi alusteknologian standardoinnissa on puutteita, vaikka erityisesti suuret yritykset hakevat yhteisymmärrystä standardoinnista ja standardointityötä tehdään kansainvälisissä järjestöissä.

Vesiliikenteen autonomia kehittyi vaihteittain. Alusten automaatiotasoa voidaan nostaa alustyyppistä riippumatta. Kustannus-hyöty -analyysit ovat tarpeen sopivan tason määrittämiseksi kullekin eri alustyyppille ja liiketoimintamallille. Pisimmälle meneviä toteuttamismahdollisuuksia on tällä hetkellä erityisesti veneiden, pienten alusten ja erikoisalusten osalta. Autonomia otetaan todennäköisesti ensin käyttöön lähimerenkulkuun ja sisävesille sekä satamiin. Monet yritykset kokeilevat parhaillaan autonomisia hinaajia.⁵⁵ Autonomia etenee hitaammin pidemmällä, kansainvälisillä reiteillä. Syynä on suurten kauppa-alusten hinta ja pitkä elinkaari, tarve uusiin liiketoimintamalleihin sekä kansainvälisen lainsäädännön muutosten hitaus. Autonomian vaiheittaisen etenemisen vuoksi sekaliikenteen järjestäminen on haasteena vielä pitkän aikaa.

Alusten automaatiotason kehitys saattaa luoda uusia merenkulun turvallisuusuhkia, mikä on huomioitava alusten turvallisuusvaatimuksissa. Alus on tarpeen nähdä yhtenäisenä systeeminä, jonka järjestelmien tulee toimia turvallisesti yhteen.

Suomen asema kansainvälisessä kehityksessä

Suomen lähtökohdat menestyä vesiliikenteen automaation osalta ovat hyvät. Suomen meriteollisuus on yksi edelläkävijöitä merenkulun automaatiossa ja ICT-toimiala puolestaan on edelläkävijä esimerkiksi 5G:n, tekoälyn ja sensorifuusion hyödyntämisessä. Suomessa on kansainvälistä osaamista ja liiketoimintamahdollisuuksia erityisesti digitaalisen aluksen, digitaalisen sataman, talvimerenkulun automaation ja lähimerenkulun alueilla. Lisäksi Suomi on edelläkävijä automaattisen kanavasulkuteknologian alalla. Korkean tason osaamista on myös ympäristö- ja energiatoimialalla sekä säätiedoista ja niihin liittyvistä laitteistoista.

⁵⁴ MSC 102/INF.17 Finland Strategic themes in MASS perspective.

⁵⁵ One Sea Autonomous Maritime Ecosystem. Autonomous ships and safety at sea. White paper. 2021. s. 5

Suomalaiset ekosysteemit toimijat ovat aktiivisia myös merenkulussa. DIMECC (Digital, Internet, Materials & Engineering Co-Creation) Oy:n johtama OneSea -ekosysteemi yhdistys kokoaa yhteen varustamoja, teknologian kehittäjiä ja mahdollistajia, autonomia-asiantuntijoita, satelliittipalvelujen tarjoajia ja IT-asiantuntijoita. Ekosysteemi tukee siten erinomaisesti luottamuksen syntymistä ja yhteistyötä Suomessa ja kansainvälisesti. VTT:n (Teknologian tutkimuskeskus) johtama RAAS (Research Alliance of Autonomous Systems) on kaikkien liikennemuotojen automaation tutkimuksen ja kehityksen ekosysteemi.

Tutkimuksen ja testausten osalta edelläkävijyyttä tukevat mm. VTT:llä käytössä oleva tutkimussimulaattori, jota voitaisiin hyödyntää suorituskyvyn kriteerien testaukseen ja sovellusten ja tuotteiden verifiointiin. Satakunnan ammattikorkeakoulussa (SAMK) on puolestaan käytössä tutkimussimulaattori, jota hyödynnetään mm. etäluotsauksen simulointiin ja testaukseen. Novia-ammattikorkeakoulun Aboe Mare -merenkulun koulutusyksiköllä on virtuaaliodellisuutta hyödyntävä koulutussimulaattori. Myös joillain yrityksillä on käytössä simulaattoreita omien tuotteidensa testaukseen ja käytön koulutukseen. Lisäksi Suomessa on maailman ensimmäinen kaikille avoin testausalue Jaakonmerellä.

Suomessa on vahvaa osaamista älykkästä satamasta. Vahvuuksia ovat mm. laadukas fyysinen ja virtuaalinen infrastruktuuri, hyvät tietoliikenneyhteydet ja liitettävyyden, sekä tiedon hallinta, lastin ja matkustajien automaattinen ja tarkka paikannus sekä energia- ja ympäristösovellukset.

Viranomaistoiminta sekä lainsäädäntö tukevat vesiliikenteen automaatiokehitystä ja -kokeiluja. Viranomaiset ovat mm. avanneet hyödynnettävää dataa laajasti. Esimerkiksi vuonna 2019 perustettu liikenteen ohjausyhtiö Traffic Management Finland, johon VTS Finland kuuluu, välittää avointa dataa liikennepalvelulain perusteella. Liikenteen ohjauksen lainsäädäntö ja uusi organisointi tukevat automaatiota edistämällä tiedon jakamista ja mahdollistamalla alusliikennepalveluille VTS:lle uuden roolin. Lisäksi Suomi on ollut aloitteellinen IMO:ssa ja EU:ssa automaation edistämiseksi, esimerkiksi tarvittavan lainsäädännön viitekehityksen, koalueohjeistusten sekä teknologisesti kehittyneiden ratkaisujen aikaansaamiseksi.

Suomi on siis selvästi yksi edelläkävijöistä merenkulun ja satamien automaatioissa.⁵⁶ Vahvuuksien hyödyntämiseksi myös jatkossa on kuitenkin tarpeen tehostaa kansallisen ja EU-rahoituksen hyödyntämistä. Myös kansallisen vesiliikenteen kehittämisohjelman perustamista tulisi selvittää. Ohjelma tukisi kaksoissiirtymää digitalisaatioon ja

⁵⁶ Smart ports and maritime logistics from Finland, Business Finland. 2020. [bf_smartportsfromfinland_lores_010720.pdf](https://www.businessfinland.fi/bf_smartportsfromfinland_lores_010720.pdf) (corealis.eu)

automaatioon sekä päästöjen vähentämiseen. Tämä tarkoittaa muun muassa digitalisaatiota, automaatiota ja kestävästä kehitystä edistävien teknisten ratkaisujen sekä tiedon hyödyntämistä edistävien toimintamallien käyttöönottoa.

5.2 Vesiliikenteen sääntely

Tarve sääntelyn viitekehyselle

On tarpeen luoda etenevän automaation tueksi lainsäädännön viitekehys ja tekoälyn etiikan viitekehys, jotta nämä kysymykset tulevat ratkaistua kokonaisvaltaisesti. Tässä luvussa on tarkasteltu seuraavia viitekehukseen sisältyviä kysymyksiä:

- Kansainvälinen lainsäädäntö (erityisesti kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO), alueellinen EU-lainsäädäntö ja kansallinen lainsäädäntö
- Merenkulun tekoälyn viitekehys ja sen soveltaminen huomioiden tekoälyjärjestelmien päätöksenteon läpinäkyvyys: selitettävyys ja jäljitettävyys
- Määritelmät ja automaatiotasot
- Uudet ja vanhat toimijat ja näitä koskevat roolit ja vastuut
- Yhtenäisten suorituskykykriteerien asettaminen tavoitepohjaiselle lainsäädännölle
- Kolmannen osapuolen validointi, verifiointi ja sertifiointi, yritysten itsesääntely ja turvallisuuskulttuuri, viranomaishyväksyntä ja valvonta sekä riskien hallinta

Liikenne- ja viestintäministeriö teetti viitekehysten tueksi selvityksen, jonka toteutti Centrum Balticum. Selvityksessä kuvattiin merenkulkua koskevan lainsäädännön moninaisuutta kansainvälisen, EU:n, Pohjoismaisen merilain ja Suomen kansallisen lainsäädännön näkökulmasta ja toisaalta lainkäyttövaltaa koskevien sääntöjen, teknisen sääntelyn ja standardien, yksityisoikeudellisten kysymysten ja muun sääntelyn näkökulmasta:

Taulukko 1. Merenkulkua koskevan sääntelyn tasot.⁵⁷

	Lainkäyttövaltaa koskevat säännöt (kohdistuvat valtioihin)	Tekninen sääntely ja standardit (kohdistuvat lippuvaltioihin)	Yksityisoikeudelliset kysymykset (kohdistuvat laivaisäntiin ja kaupallisiin yhteistyökumppaneihin)	Muu sääntely (rikos-, sosiaali-, kauppaja julkisoikeus yms.)
Kansainvälinen (YK)	UNCLOS			
Kansainvälinen (IMO, ILO)		SOLAS, MARPOL, STCW, COLREGS, MLC		
Kansainvälinen (IMO, UNCITRAL, CMI, yms.)			Esimerkiksi yksityisoikeudelliset sopimukset koskien vastuita, rajoituksia, pidätystä, tavarankuljetusta, meripelastusta jne.	
EU		Aluksen turvallisuutta koskevat asetukset ja direktiivit Poikkeuksia koskevat rajoitukset	Tuotevastuuta koskevat säännöt, vakuutusvaatimukset Toimivaltaista lainkäyttövaltaa ja sovellettavaa lakia koskevat säännöt	Useat EU:n perustamis-sopimuksen ja lain-säädännön kattamat asiat
Pohjoismaat			Pohjoismaiset merilait, pohjoismaiset merivakuutusehdot	
Suomen kansallinen lainsäädäntö		Kansallinen täytäntöönpano-lainsäädäntö, lippuvaltion hallinnon harkintavalta (Liikenne- ja viestintävirasto)	Merilaki 674/1994, muut vastuuta, vakuutusta yms. koskevat lait	Koko lainsäädäntöä sovelletaan sen lipun alla purjehtiviin aluksiin

⁵⁷ Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments, 2020. Lyhenteet: IMO (Kansainvälinen merenkulkujärjestö), SOLAS (Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä), COLREGS (Kansainvälinen yleissopimus säännöistä yhteen törmäämisen ehkäisemiseksi merellä), MARPOL (Meren pilaatumisen ehkäisyn yleissopimus), STCW (Merenkulun koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskeva kansainvälinen yleissopimus), UNCLOS (Yhdistyneiden kansakuntien merioikeusyleissopimus), MLC (YK:n työjärjestön ILO:n merityötä koskeva yleissopimus)

Liikenne- ja viestintävirasto on tehnyt yhteenvetoa⁵⁸ siitä, mitä tutkimuksissa ja muussa kirjallisuudessa todetaan sellaisesta voimassa olevasta merenkulun lainsäädännöstä, jolla voi olla vaikutusta laiva-automaation ja digitalisaation muotoutumiseen. Liikenne- ja viestintäviraston mukaan lähdeaineistossa lähtökohtana on, että asiaa koskevia sääntelyongelmia on vaikea arvioida, sillä laiva-automaation kehityksen yksityiskohdat eivät ole vielä tiedossa ja osa keskeisistä käsitteistä on määrittelemättä. Alustavia huomioita voidaan kuitenkin tehdä.

Määritelmät ja automaatiotasot

Keskeinen kysymys on se, milloin kyseessä on autonominen alus (MASS, Maritime Autonomous Surface Ships). Säädöskartoituksessa käytetty määritelmä on alus, joka voi vaihtelevissa määrin toimia itsenäisesti ilman ihmisen vuorovaikutusta. Määritelmä ei ole riittävä vaan on tarkennettava sitä, milloin kyseessä on kehittyneen automaation käyttöön ottamiseksi tarvittavan uuden lainsäädäntöinstrumentin mukainen MASS-alus.

Merenkulun automaatioon liittyvistä määritelmistä on keskusteltu IMO:ssa erityisesti sen meriturvallisuuskomiteassa 2019 Ranskan laatiman ja Suomen tukeman dokumentin⁵⁹ pohjalta. Dokumentissa suositellaan esimerkiksi älykäs laiva -termin käyttämistä kaikista aluksista, joilla on käytössään vaihtelevan tasoista automaatiota, termin autonominen alus käyttöä vain aluksesta, joka pystyy tekemään päätöksiä itsenäisesti sekä termin miehittämätön alus käytön välttämistä. Kansainvälinen standardisointijärjestö ISO^{60 61} on tuottanut meriturvallisuuskomiteaan kaksi dokumenttia, jossa ehdotetaan teollisuuden näkökulmasta seuraavia määritelmiä: automaatio, autonomia, autonominen laivajärjestelmä, etäohjauskeskus (RCC), maaohjauskeskus (RCC), miehittämätön (unattended) ja miehittämätön laiva (crewless ship). Suomalainen OneSea -ekosysteemi osallistui määrittelyjen laatimiseen.

Merenkulun automaation osalta ei ole olemassa yhtä, kaikkien hyväksymää automaatiotasojen määrittelyä, vaan jäsenyyksiä on laadittu erikseen esimerkiksi lainsäädännön ja liiketoiminnan tarkoituksiin. Tämä on jatkossakin hyvä lähtökohta. Luokituksia voidaan tarkastella seuraavista näkökulmista:

⁵⁸ Meriliikenteen automaation kehitys. Liikenne- ja viestintäviraston julkaisu 122/2019

⁵⁹ MSC101/5/4 Proposal for terms to be avoided, recommended terms and draft of glossary

⁶⁰ MSC 102/5/18 ISO. Proposed terminology for MASS

⁶¹ MSC 103/5/3 ISO. comments on document MSC 102/5/18

- Ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus erityisesti hallinnan ja sen siirtymisen näkökulmasta.
- Automaatio ihmisen päätöksenteon tukena, ihmisellä mahdollisuus päättää ottaa hallinta koneelta (valvottu autonomia), kone siirtää hallinnan ihmiselle tietyissä määritellyissä olosuhteissa (rajattu autonomia), koneella täysi autonomia, jolloin ihmisellä ei ole mahdollisuutta ottaa hallintaa (täysi autonomia). On tarpeen säätää siitä, milloin autonominen järjestelmä voi navigoida itsenäisesti ilman ihmisen valvontaa.
- Osaaminen, turvallinen miehistön määrä ja ihmisten välinen vuorovaikutus,
- Miehistö: 1. täysi miehistö, 2. miehistön määrää rajattu, 3. ajoittain miehittämätön konesilta/konehuone, 4 täysin miehittämätön alus.
- Ihmisen suorittama toiminto, muun muassa navigointi ja/tai huolto tapahtuvat 1. alukselta tai 2. aluksen ulkopuolelta (etäoperointi).
- Aluksen tyyppi, koko ja käyttötarkoitus: Esimerkiksi autonomisen maantielautan ja hinaajan riskit ovat todennäköisesti pienemmät kuin autonomisen, öljyä kuljettavan tankkerin. Henkilöliikenne on rahtiliikennettä haasteellisempi automatisoida lainsäädännön näkökulmasta.
- Minkä tasoista teknologiaa ja digitaalista dataa aluksella on käytössä erityisesti navigointiin ja tilannekuvaan sekä propulsioteknologioihin liittyen. (Mm. tekoäly, koneäly, sensorit ja tutkat/ ulkoiset tiedonlähteet, tutkateknologia, propulsioteknologia. Lainsäädännön näkökulmasta minimivaatimukset esimerkiksi konenäön toiminnalle, jotta siihen voi luottaa).
- Liiketoimintamallit: liiketoimintamalli voi perustua esimerkiksi siihen, että aluksella tarvitaan vähemmän tai yksinkertaisempia tiloja ja palveluita. Lainsäädännön näkökulmastakin tarvitaan tietoa kehittyvistä, realistisista liiketoimintamalleista.
- Automaatiotasot tulevat myös vaihtelevaan aluksen matkan eri vaiheissa ja poikkeustilanteissa. Tämä vastaa myös nykyisiä käytäntöjä, joissa aluksen satamaohjaus (manööveeraus) hoidetaan manuaalisesti ja navigointiosuudet aluksen eri automaatiotasojä hyödynnäen. Millaisessa toiminnallisessa ympäristössä (avomeri, rannikko, satama, liikenteen vilkkaus, sekaliikenne) alus kulloinkin toimii ja millaiset minimivaatimukset siellä tarvitaan tiedolle, digitaaliselle infrastruktuurille ja fyysiselle infrastruktuurille?
- Minkä tahon vastuulla olevalla alueella operointi tapahtuu? Esimerkiksi sisävesillä ja rannikkovaltion alueella on vain yksi vastuutaho ja kansallisen lainsäädännön rooli on suurempi.
- Lainsäädäntöön vaikuttaa myös se, onko kyseessä kokeilu vai liiketoiminta/palvelu.

IMO:n säädösteiden kartoitukseen käytetty autonomian tasojen luokittelu perustuu toisaalta siihen, onko kannella miehistöä ja toisaalta siihen, tapahtuuko aluksen ohjaus kannelta, etänä vai kokonaan autonomisen järjestelmän toimesta. Säädöskartoituksen tuloksena päädyttiin siihen, että luokitus tarvitsee uudelleentarkastelua, jotta se tukisi lainsäädännön kehittämistä. Lainsäädännön näkökulmasta luokituksen tulisi tukea esimerkiksi ihmisen ja koneen vuorovaikutusta, vaatimuksia minimimiehitykselle, navigaatio toiminnolle, tiedon jakamiselle ja teknisiksi standardeiksi. Siksi on tarpeen tarkastella myös muita ulottuvuuksia automaatiotasolle.⁶²

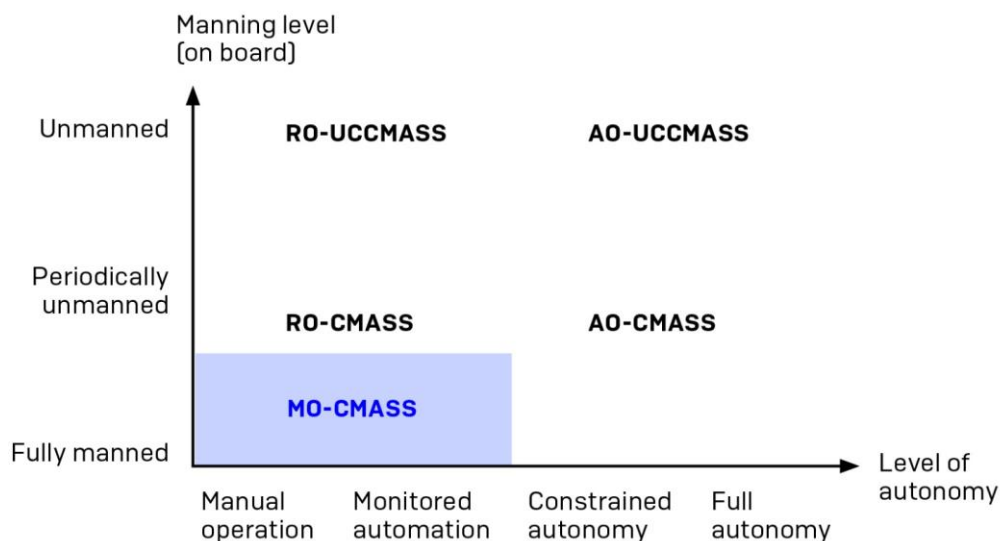
Kuvio 5. Automaation tasot ja tarkasteltavat tekijät

TASOT	VASTUUN JAKO	
1 Automatisoiduilla prosesseilla ja päätöksenteon tuella varustettu laiva	<ul style="list-style-type: none"> Miehistö laivalla hoitamassa järjestelmiä ja toimintoja. Osin automaattiset toiminnot, miehistö valmiina ottamaan kontrollin. 	<ul style="list-style-type: none"> Toiminnallinen ympäristö ja poikkeustilanteet: minimivaatimukset tiedolle, digitaaliselle ja fyysiselle infralle Päätöksenteon tuki, valvottu, rajattu, täysautonomia – Miten kontrolli siirtyy? Teknologia ja liiketoimintamallit Kokeilu, liiketoiminta, palvelu Aluksen tyyppi, koko, käyttötarkoitus
2 Maista käsin etäohjattu miehitetty alus	<ul style="list-style-type: none"> Alusta valvotaan ja ohjataan maista käsin. Miehistö kannella valmiudessa ottamaan kontrollin. 	
3 Etäohjattu alus ilman miehistöä	<ul style="list-style-type: none"> Alusta valvotaan ja ohjataan maista käsin. Kannella ei ole miehistöä. 	
4 Täysin autonominen alus	<ul style="list-style-type: none"> Aluksen järjestelmä pystyy tekemään päätöksiä itsenäisesti. 	

⁶² Näitä ulottuvuuksia on kuvattu esimerkiksi seuraavissa tutkimuksissa ja selvityksissä:

- IMO:n automaation esteiden säädöskartoituksen automaatiotasoluokittelu;
- Porathe, T., Hoem, Å. S., Rødseth, Ø. J., Fjørtoft, K. E., & Johnsen, S. O. (2018). At least as safe as manned shipping? Autonomous shipping, safety and "human error". (Safety and Reliability-Safe Societies in a Changing World. Proceedings of ESREL 2018, June 17-21, 2018, Trondheim, Norway.
- Henrik Ringbom (2019) Regulating Autonomous Ships – Concepts, Challenges and Precedents, Ocean Development & International Law, 50:2-3;
- Meriliikenteen automaation kehitys. Merenkulun automaation ja digitalisaation tutkimusohjelma, Traficom julkaisuja 122/2019;
- Oskar Levander Kongsberg Maritime. Tulevaisuuden laivat: Autonomiset laivat -koulutusaineisto. 2019
- Automaatiosuunnitelman laatimisen sidosryhmäkeskustelut OneSea-ekosysteemin, yritysten, tutkijoiden, viranomaisten ja järjestöjen kanssa 2020-2021;
- Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 2020.

Kuvio 6. Koska autonomian taso voi vaihdella matkan aikana, on olennaisinta tarkastella sitä, tekeekö päätöksen kone vai ihminen. Suurimmat haasteet lainsäädännölle tuo päätöksenteon siirtyminen autonomisen järjestelmän ja ihmisen välillä.⁶³



Toiminnot, toimijat ja vastuut

Alusta on perinteisesti tarkasteltu kokonaisuutena esimerkiksi suunnittelun aikana. Autonomisen aluksen suunnittelu ja toiminta ovat kuitenkin monimutkaisia. Siksi automaatiota tulisi tarkastella tehtävien ja järjestelmän toimintojen tasolla siten että tähän sisältyy ihmisen ja koneen vuorovaikutusta tukevien määritelmien ja mallien tarkastelu. Tämä lähtökohta sopisi paremmin määrittelemään autonomisen järjestelmän ja operaattoreiden rooleista ja vastuista toimintojen suorittamisessa.⁶⁴

Toimintojen tasolla on tarpeen tarkastella sitä mitä toimintoja tai niiden osatoimintoja voidaan hoitaa joko osittain tai kokonaan autonomisilla järjestelmillä kuten algoritmeilla ja sensoreilla tai näitä yhdistämällä. On myös tarpeen tarkastella, miten näihin toimintoihin liittyvät tehtävät ja vastuut järjestetään. Esimerkkejä toiminnoista ovat etähallinta ja valvonta, viestintä, tähytys, navigointi ja manöveeraus, paloturvallisuudesta huolehtiminen ja lastin käsittely.

⁶³ Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots and Commercial Deployments. Henrik Ringbom et al. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 2020.

⁶⁴ SAFEMASS Study of the risks and regulatory issues of specific cases of MASS – Summary. EMSA. 2020.

Liikenteen automaation eteneminen tuo tullessaan uusia toimijoita kuten etäohjauskeskukset ja voi muuttaa olemassaolevien toimijoiden kuten luotsauslaitoksen tai aluspalvelujen rooleja ja vastuita. Digitalisaatio mahdollistaa uudella tavalla resurssien kustannustehokkaan hyödyntämisen ja yhteistyön. Kansainvälinen keskustelu yhteinäisten, laadukkaiden ja ennakoitavien toimintatapojen saavuttamiseksi on tarpeen. Esimerkiksi VTS:n osalta tätä keskustelua käydään sekä IMO:ssa että EU:ssa korostaen kansainvälisen määritelmän tarpeellisuutta.

Merenkulkijoiden näkökulmasta on oleellista, että tehtävät muuttuisivat uuden teknologian ja automaation myötä entistä turvallisemmiksi ja mielekkäämmiksi sekä mahdollistaisivat lepoajat entistä paremmin. Osaamisvaatimukset laajenevat ja muuttuvat.

5.2.1 Kansainvälinen vesiliikenteen sääntely

YK:n merioikeusyleissopimus UNCLOS ja automaatiokehitys

YK:n merioikeusyleissopimus (UNCLOS, SopS 50/1996) sisältää eräitä määräyksiä, jotka on tarpeen huomioida automaatiotyössä, vaikkakaan yleissopimus ei kuulu IMO:n toimivaltaan. Merioikeusyleissopimus on kuitenkin vahvasti liitännäinen IMO:n yleissopimukseen, sillä merioikeusyleissopimuksessa toistuvasti viitataan toimivaltaiseen kansainväliseen organisaatioon ja sen puitteissa laadittuun sääntelyyn merioikeusyleissopimusta tarkentavana. Merioikeusyleissopimusta pidetään yleisesti ”merten perustuslakina” ja se on yleisesti tunnustettu puitesopimukseksi, jonka artiklat tarkentuvat muiden aihepesifien kansainvälisten sopimusten kautta. Merioikeusyleissopimuksessa tehtävät viittaukset ”toimivaltaiseen kansainväliseen organisaatioon” tai ”soveltuviin kansainvälisiin säännöstöihin ja standardeihin” luovat merioikeusyleissopimuksen osapuolille velvollisuuden soveltaa ja saattaa voimaan myös IMO:n säännöstöjä ja standardeja.

Erityisesti merioikeusyleissopimuksen 94(3) artiklan mukaan lippuvaltion tulee varmistaa kaikin tarpeellisin toimin turvallisuus merellä. Nämä toimet koskevat mm. aluksen navigointia, merikelpoisuutta, miehitystä sekä aluksen rakennetta ja varusteita. Artiklan seuraava kohta 94(4) tarkentaa miehitystä koskevaa vaatimusta siten, että kyseisillä toimilla tulee muun muassa varmistaa, että jokainen alus on sellaisen päällikön ja päällystön valvonnassa, jolla on asianmukainen pätevyys varsinkin merimiestaidoissa, merenkulussa, viestiyhteyksien hoidossa ja koneenkäytössä ja että miehistön pätevyys ja lukumäärä vastaavat aluksen tyyppiä, kokoa, koneita ja varusteita.

Merioikeusyleissopimus ei sanamuotonsa puolesta suoraan estä automaatiota vaan sen voi tulkita hyväksyvän tässä mielessä uusien teknologioiden hyödyntämisen, jos kansainväliset säännöt ja standardit (erityisesti IMO) niitä tukevat.⁶⁵ Yleissopimuksen 94(5) artiklan mukaan ryhtyessään 3 ja 4 kappaleen edellyttämiin toimiin jokaisen valtion tulee noudattaa yleisesti hyväksytyjä kansainvälisiä määräyksiä, menettelyjä ja käytäntöä sekä varmistaa, että ne otetaan huomioon.

Sääntely Kansainvälisessä merenkulkujärjestö IMO:ssa

IMO:n meriturvallisuuskomitea (Marine Safety Committee, MSC), oikeudellinen komitea (Legal Committee, LEG) ja merenkulun sujuvoittamiskomitea (Facilitation Committee, FAL) ovat laatineet sopimuksia koskevan kartoituksen automaation esteistä. Meriturvallisuuskomitea ja oikeudellinen komitea saivat säädöskartoituksen osaltaan päätökseen. Myös merenkulun sujuvoittamiskomitean säädöskartoitus viimeisteltiin lokakuussa 2021 päätettäväksi vuoden 2022 komiteakokouksessa. Vastaavaa kartoitusta ei ole meriympäristönsuojelukomiteassa (Marine Environment Protection Committee, MEPC) aloitettu, eikä sitä tällä hetkellä ole komitean työohjelmassa.

Säädöskartoituksen tarkoituksena oli selvittää voimassaolevan sääntelyn puutteet ja mahdolliset automaation esteet eri automaatiotasoilla. Useita sääntelyn aukkoja on tunnistettu ja säädöskartoituksen tarkoituksena oli löytää ratkaisu siihen, tuleeko sääntelyä näiden aukkojen johdosta muuttaa vai voidaanko aukot korjata esimerkiksi tulkinnalla. Tarkoituksena ei ollut vielä tässä vaiheessa ratkaista sitä, millaista uutta sääntelyä näiden havaittujen aukkojen osalta tarvitaan. Myös IMO:n toimivaltaan kuulumattomat instrumentit ovat relevantteja, eritoten ILO:n alainen merityötä koskeva yleissopimus (MLC) sekä YK:n alainen merioikeusyleissopimus (UNCLOS). Joidenkin havaittujen esteiden osalta IMO:n toimivaltakysymys on haaste. Lähtökohtaisesti IMO:n toimivalta koskee vain toimintaa aluksella. Näin ollen esimerkiksi etäohjauskeskusten osalta voi syntyä kysymyksiä toimivallan osalta.

Säädöskartoituksessa käytetään termiä merenkulun autonomiset pinta-alukset (Maritime Autonomous Surface Ships), joka määriteltiin säädöskartoitusta varten alukseksi, joka voi vaihtelevilla tasoilla toimia ilman vuorovaikutusta ihmisen kanssa. Meriturvallisuuskomitean säädöskartoituksen (MSC 103/WP.8) päätulos⁶⁶ oli, että tarvitaan uusi, tavoitepohjainen MASS-instrumentti ja muutoksia soveltuviin instrumentteihin, jotta

⁶⁵ Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments (Draft). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 2020

⁶⁶ IMO MSC 103. Regulatory Scoping Exercise for the Use of Maritime Autonomous Surface Ships. Report of the working group. 13 May 2021. MSC.1/Circ.1638

lainsäädäntö ei hajaannu liikaa ja muutoksista tulee velvoittavia. Lisäksi pidettiin tärkeänä, että määrittelyjen osalta päästäisiin yksimielisyyteen. Korkean prioriteetin aukkoina ja teemoina nähtiin päällikön määritelmä, miehistö ja vastuullinen henkilö, etäohjauskeskus sekä etäohjaaja merenkulkijana. Myös instrumentti (ohjeistus), jonka hyödyntäminen on vapaaehtoista, voi tukea automaation hyödyntämistä esimerkiksi järjestelmän käyttöönottoa koskien. Korkean prioriteetin aukkoja ei kuitenkaan ole pidetty kattavana esityksenä tulevaisuuden kannalta keskeisistä teemoista. Suomi on pitänyt esillä erityisesti tekoälyyn ja datan käyttöön, läpinäkyvyyteen ja vastuisiin liittyviä teemoja.

Suomi on osallistunut uuden työohjelmaehdotuksen valmisteluun yhteistyössä muiden edelläkävijämaiden kanssa⁶⁷ Ehdotus sisältää kuvauksen prosessista, jolla kehitetään uusi tavoitepohjainen ja kokonaisvaltainen MASS-koodi ja mahdolliset muutokset SOLAS-⁶⁸, STCW-⁶⁹- COLREGS-⁷⁰ ja muihin keskeisiin sopimuksiin. Ehdotus painottaa MASS-alusten vuorovaikutusta toistensa ja tavanomaisten alusten sekä maissa sijaitsevien toimijoiden kanssa IMO:n lainsäädännön kehityksessä. Tarkoituksena on tarjota sekä yrityksille että viranomaisille yhtenäinen ja selkeä lainsäädännön viitekehys, joka antaa yrityksille mahdollisuuden todistaa ja viranomaisille varmistaa yhteensovituksen IMO säädöskehukseen ja kohtelee yrityksiä tasapuolisesti globaaleilla minimivaatimuksilla. Koska teknologiat kehittyvät nopeasti, tarkoitus ei ole asettaa prosessissa tarkkoja teknisiä vaatimuksia. Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, millaisia operaattoreita ja pätevyksiä tarvitaan tulevaisuudessa aluksilla ja maissa.

Turvallisuuskomitea päätti lokakuussa 2021 kompromissina saatuihin työohjelmaesityksiin tavoitepohjaista merenkulun autonomisten pinta-alusten (MASS) instrumenttia koskevasta työohjelmasta. Lopullisena tavoitteena olisi sitova lainsäädäntö, mutta instrumentilla tarkoitettaisiin myös ohjeistuksia. Ohjelman tavoiteaikataulu on vuosi 2025, mutta työ jatkuu vielä tämän jälkeenkin. Mahdollisesti tarvittavat COLREGS-muutokset koskevat esimerkiksi tähystystä (sääntö 5) ja törmäyksen estämistä (sääntö 8). SOLAS-sopimuksen osalta kyseessä on esimerkiksi aluksen ja maatoimijoiden välisen vuorovaikutuksen, verkottumisen, turvallisen navigoinnin (nykyinen

⁶⁷ IMO MSC 104. Proposal for a new output of development of international provisions for autonomous surface ships (MASS). Submitted by Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, Germany, Marshall Islands, Norway, Singapore, United States, BIMCO and IMCA

⁶⁸ Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä, SopS 11/1981)

⁶⁹ Merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskeva vuoden 1978 yleissopimus, SopS 22/1984

⁷⁰ Vuonna 1972 tehty kansainvälinen yleissopimus säännöistä yhteen törmäämisen ehkäisemiseksi merellä, SopS 30/1977

kappale 5) ja tilannekuvan mahdollistaminen. Sopimuksista STCWn on arvioitu olevan haasteellisin automaation mahdollistamisen vaatimien muutosten kannalta, sillä se olettaa että ihminen suorittaa tähytyksen kaikissa tilanteissa.

Oikeudellisen komitean säädöskartoituksen tulosten mukaan MASS voidaan yleisesti ottaen sovittaa komitean vastuulle kuuluvien sopimusten viitekehukseen ilman suuria muutoksia. Keskeisiksi teemoiksi nähtiin päällikön ja etäohjaajan rooli ja vastuut, vastuukysymykset (liability), terminologia ja määritelmät sekä sertifikaatit. UNCLOS ja MLC⁷¹ edellyttävät keskustelua jatkotyössä. Sekä oikeudellisessa että meriturvallisuuskomiteassa painotettiin komiteoiden yhteistyön tarvetta poikkileikkaavissa kysymyksissä sekä tarvetta siihen että meriturvallisuuskomitea edelleen johtaa MASS-työtä. Suomi on esittänyt⁷² keskeisiksi lainsäädännön aukoiksi ja kehitettäviksi ylätason teemoiksi, jotka komiteoiden tulee ratkaista yhteistyössä IMO:ssa erityisesti seuraavia:

- teknologianeutraalin, tehokkaan ja luotettavan digitaalisen infrastruktuurin sekä verkottuneisuuden tarve
- hajautettu avoimiin ohjelmistorajapintoihin perustuva tiedonvaihtoarkkitehtuuri, joka mahdollistaa dokumenttien asemasta digitaalisen datan jakamisen, mikä puolestaan mahdollistaa tehokkaan datan hyödyntämisen aluksella, etäohjaus- ja luotsauskeskuksessa sekä aluspalveluissa.
- automaation kannalta välttämättömän ja uusien palvelujen ja tekoälyn kannalta tärkeän tiedon saatavuuden, laadun ja dynaamisuuden kehittäminen
- vastuiden ja tilivelvollisuuden sekä läpinäkyvyyden, erityisesti jäljitettävyyden kehittäminen silloin kun tekoäly toimii ihmisen puolesta
- mahdollinen tarve siirtää päällikön vastuita osaaville organisaatioille tai muille henkilöille

Tekoälyn etiikka ja läpinäkyvyys

Keskeisin eettinen kysymys liittyy autonomisen navigoinnin turvallisuuden varmistamiseen. Siksi sääntelyssä tulisi keskittyä ensi sijassa varmistamaan, että laivoilla on riittävän navigointikyky ja tilannetietoisuus, jotta merenkulku olisi turvallista.

Läpinäkyvyyden osalta kauppamerenkulussa ovat keskeisiä haasteita erityisesti algoritmien selitettävyyden sertifiointia suorittaville kolmansille osapuolille ja viranomaisille liikesalaisuuksia paljastamatta sekä jäljitettävyyden onnettomuuden sattuessa. Teollisuus painottaa erityisesti metodien verifiointia läpinäkyvyyden varmistamiseksi.

⁷¹ Kansainvälisen työjärjestö ILO:n työtä koskeva yleissopimus 2006

⁷² IMO FAL 44/INF.5 ja IMO MSC 102/INF.17) Strategic themes in MASS perspective.

Myös skenaariotyö nähdään yhtenä mahdollisuutena edistää asiaa. Sekä IMO:n että EU:n kokeiluohjeistuksissa painotetaan kokeilujen tulosten jakamisen tärkeyttä läpinäkyvyyden näkökulmasta. IMO:ssa on ollut esillä tulosten jakaminen järjestön GISIS-järjestelmän kautta.

Yksi algoritmien etiikkaan liittyvä haaste saattaa olla algoritmi, joka ei toimi lainsäädännön mukaisesti ja kuten on tarkoitettu. Myös algoritmien hyödyntämisestä tai niiden kouluttamiseen käytetystä virheellisestä tai puutteellisesta tiedosta voi seurata erityisesti kauppamerenkulussa suuria inhimillisiä, taloudellisia tai esimerkiksi ympäristön saastumista aiheuttavia vakavia seuraamuksia. Haasteisiin vastaamiseksi voidaan käyttää useita keinoja kuten lainsäädäntöä, kokeiluja ja julkisissa hankkeissa koottuja tietoaineistoja. Näitä keinoja voidaan hyödyntää myös suorituskriteerien määrittelemisessä.

Koneoppimiskomponentteja sisältävien autonomisten navigointijärjestelmien toiminnan varmistamisen tulisi perustua kehitysprosessistandardien, tilastollisten mallien ja algoritmien testiyhdistelmään, jossa käytetään tallennettuja anturitietoja, vaikeiden navigointiskenaarioiden testaamiseen keskittyviä järjestelmäsimulaatioita sekä kenttäkokeita.⁷³ Virtuaalimallinnusten kehittäminen on toimiva keino lisätä läpinäkyvyyttä.

Aluksen päällikkö

Päällikön roolia ja vastuita koskeva kysymys on kaikkia IMO:n komiteoita läpileikkaava kysymys, joka on ratkaistava yhteistyössä. Kysymys ei rajoitu pelkästään IMO:n toimivaltaan, vaan on huomioitava myös muu kansainvälinen sääntely sekä vakiintuneisiin sopimuksiin perustuvat yksityisoikeudelliset velvoitteet. Päällikön roolilla ja vastuulla on pitkät perinteet merenkulun historiassa.

Selkeimmiksi haasteiksi säädöskartoituksessa on nostettu se, mitä päälliköllä tarkoitetaan ja kenellä voi olla päällikön oikeudet ja velvollisuudet. Toinen olennainen kysymys on, voiko etäohjaajan katsoa olevan päällikkö ja voiko hänellä siten olla samat oikeudet ja velvollisuudet. Etäohjaajaa ja hänen terveydentilaansa koskevat vaatimukset on tarpeen määritellä samoin kuin muukin etäohjauksen vaatima lisäsääntely. Näitä voivat olla mm. toimintoja, suunnittelua, näkyvyyttä, miehitystä, koulutusta ja tiedonvälitystä koskevat vaatimukset.

⁷³ Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments (Draft). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 2020.

Miehistöä vaativat toiminnot tai toimenpiteet

Sopimukset sisältävät myös vaatimuksia sille, että tietyissä tilanteissa aluksella on oltava vastuullinen henkilö, ”responsible person” eli henkilö, jonka vastuulle kuuluu esimerkiksi lastinkäsittely ja -valvonta tai paloturvallisuudesta huolehtiminen. Miehistämättömien alusten osalta on arvioitava milloin kyseiselle henkilölle on tarvetta sekä määriteltävä, kuka tällainen vastuuhenkilö on. Aluksella tarvitaan mahdollisesti jatkosakin kyseinen henkilö, vaikka muutoin alus kykenisi toimimaan täysin autonomisesti.

Useat sopimuksen kohdat sisältävät vaatimuksia siitä, että miehistön on tehtävä joi-tain toimenpiteitä aluksella manuaalisesti, kuten tietyt huollot matkan aikana tai häly-tyksiä koskevat toimet. Tällaisten vaatimusten tarpeellisuus on käytävä läpi automaattisia aluksia ajatellen, jotta ne eivät säädöstasoisina estäisi miehistämättömien alusten kehitystä ja käyttöönottoa.

Hätä- ja evakuointitilanteissa on tarvetta miehistölle, joten on pohdittava ovatko mat-kustajakuljetukset täysin miehistämättömillä aluksilla tästä näkökulmasta mahdollisia. Autonomisten alusten roolia ihmisten etsintä- ja pelastustoimissa tulee pohtia, sillä kaikilla aluksilla tulee olla velvollisuus osallistua pelastustoimiin.

Todistuskirjat ja muut dokumentit aluksella

Useimmat sopimukset sisältävät vaatimuksen, jonka mukaan todistuskirjojen on ol-tava aluksella (on board). Tämän vaatimuksen on katsottu edellyttävän yhteistä tulkin-taa siitä, että on board -vaatimus on toteutettavissa myös digitaalisesti. Sopimuksia ei ole tässä yhteydessä muutettu, sillä vaikutukset olisivat huomattavat oikeudellisen komitean puolella, jonka alaisissa sopimuksissa on vaatimus siitä, että vakuutustodis-tuksen on oltava aluksella. Tämä vaatimus on myös sellainen, joka koskee useampia komiteoita.

IMO päätti vuonna 2014, että sähköisiä sertifikaatteja tulisi kohdella samalla tavoin kuin paperisia todistuskirjoja ja että tietokoneella luettavat sähköiset sertifikaatit täyttä-vät aluksella olevan asiakirjan vaatimukset. Asiasta on olemassa kiertokirjetasoinen ohjeistus (FAL5/Circ.39/REv.2./2016), jonka mukaan edellytyksenä on, että sertifikaatit ja niiden alustana toimiva internetsivusto ovat IMO-ohjeistuksen mukaisia ja aluk-sella on varmenneohjeistus. Siksi on katsottu, että eri komiteoiden sopimuksia ei ole tarve muuttaa.

Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n meriturvallisuuskomitean (MSC) alaisia sopimuksia koskevat havainnot

Monessa IMO:n sopimuksessa on käytetty hyvin ihmislähtöistä kieltä, kuten ”hyvä merimiestaito” ja ”tähytys näkö- ja kuuloaistein”. Näiden termien osalta on harkittava, kuinka ne ovat sovellettavissa korkeamman autonomiatason aluksiin tai määriteltävä ne eri tavoin. Toinen, esimerkiksi COLREGs-yleissopimuksesta esille nouseva kysymys on se, miten MASS-alus tulkitsee muiden alusten valo- ja äänimerkit ja millaiset valomerkit MASS-aluksella tulisi olla. MASS:n erillisten valomerkkien tarve riippuu kyseessä olevan aluksen autonomiatasosta.

Autonomisten alusten tulee noudattaa samoja liikennesääntöjä kuin perinteisten alustenkin. Tästä näkökulmasta liikennesääntöjä koskeva COLREGs-sopimus lienee sovellettavissa lähes sellaisenaan, mutta se voi tarvita lisäyksiä esimerkiksi tilannekuvan sekä visuaalisten elementtien osalta. Myös uusia liikennesääntöjä saatetaan tarvita. Navigoinnin apuvälineet ja tulevaisuuden turvalaitteet ovat keskeinen kysymys lainsäädännön näkökulmasta. Tästä näkökulmasta kansainvälisen turvalaite- ja majakkaliiton IALAn ohjeistus- ja kehitystyö on tärkeää.

Muita sopimuksista esiin tulleita havaintoja olivat mm. miten määritellään komentosillan käsite (voidaanko esim. etäohjauskeskus, joka ei ole aluksella katsoa komentosillaksi) sekä etäohjauskeskuksiin liittyvät kysymykset (etäohjauskeskusten oikeudet ja velvollisuudet, henkilöstön pätevyys ym.). STCW-sopimus soveltuu ainoastaan tilanteisiin, joissa on merenkulkijoita aluksella. Sopimuksessa ei ole vaatimuksia koskien etäohjaajan pätevyyttä, vastuita tai velvollisuuksia.

Lisäksi on havaittu, että STCW-sopimusta rikotaan heti kun tähyttäjä poistuu komentosillalta (osa 8). Toisaalta monet säännöt vaativat miehistöä suorittamaan tehtäviä aluksen kannella. Sopimusta noudatetaan ainakin teoriassa, jos aluksella on ainakin yksi henkilö. Yksi tapa välttää juridisia esteitä voisi olla vähentää miehistöä ja automatisoida aluksen toimintaa jonkin verran, mutta ei poistaa koko miehistöä alukselta. Yksikin merikapteenin pätevyden saanut henkilö aluksella voisi ratkaista monet kaikkein hankalimmat juridiset ongelmat. Toinen tapa ohittaa osa juridisista ongelmista on operoida autonomisia aluksia kokeiluna, ei pysyvänä toimintana.

Kokeilujaksojen aikana voidaan hyödyntää tiettyjä mukautettuja säädöksiä, jotka tarjoavat kyseisille viranomaisille enemmän mahdollisuuksia joustavuuteen. Toisaalta tarvitaan ratkaisuja myös pidemmällä tähtäimellä. SOLAS-sopimukseen lisättävä uusi, erityisesti autonomisille aluksille omistettu luku, jota täydennettäisiin sen alaisella säännöstöllä voisi muodostaa pohjan tälle sääntelykehykselle. Uusi luku tarvitaan monille täysin uusille asioille, jotka eivät ole aiemmin olleet sääntelyn piirissä. Kehyksen tulee keskittyä varmistamaan turvallisen merenkulun kannalta riittävä navigointikyky.

Tärkeä turvallisuusseikka on, että säännöissä pitäisi kieltää ”itseoppivat” autonomiset alukset. Itseoppimisen sijaan autonomisten alusten ohjelmistokomponentit on testattava ennen hyväksyntää ja niiden on oltava vakaita käytön aikana. Sääntöjen on käsiteltävä erikseen tilannekuva- ja navigointisuunnittelujärjestelmiä, sillä järjestelmien tekniset rakenteet ovat keskenään erilaiset.⁷⁴

Sopimuksissa on havaittu olevan aukkoja tiettyjen automaatiokehitykselle keskeisten aiheiden osalta. Näitä ovat muun muassa liitettävyyden, kyberturvallisuuden, tiedonvaihto, automaation hyödyntäminen navigoinnissa sekä digitaalinen vahdinpito.

[Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMon oikeudellisen komitean \(LEG\) alaiset sopimukset, oikeudelliset vastuut ja ankan vastuun käsite merenkulussa](#)

IMon oikeudellisen komitean alaiset yleissopimukset koskevat siviilioikeudellisia vastuu- ja vahingonkorvauskysymyksiä (liability ja compensation). Peruseriaatteena yleissopimuksissa on omistajan ankara vastuu aluksen aiheuttamasta vahingosta. Omistaja vastaa aiheutuneesta vahingosta tahallisuudesta tai tuottamuksesta riippumatta.

Säädöskartoituksen tulosten⁷⁵ mukaan vastuu- ja vahingonkorvauskysymyksiin liittyviä määrittelykysymyksiä ovat sopimusten termin ”alus” soveltuminen MASS-termiin sekä etäohjaaja-termi suhteessa eräisiin termeihin (mm. manager, operator). Myös ”vika”, ”huolimattomuus” ja ”tarkoituksellisuus” vaatii tarkastelua kun autonominen teknologia on aiheuttanut ongelmia. Säädöskartoituksen tuloksena päädyttiin siihen että määrittelykysymykset eivät estä kuitenkaan autonomista liikennettä.

Keskeisiä kysymyksiä ovat voiko etäohjaajalla olla päällikön oikeudet ja velvollisuudet, mikä on tehtävänjako etäohjaajan ja laivanisännän välillä tilanteessa, jossa kumpikin toimii maista käsin ja voisiko etäohjaaja olla laivanisäntä (”operator”), servant tai (agent) asioiden hoitaja. Päällikön tehtäviä koskien on tarpeen pohtia, tuleeko päällikön tehtäviä tai vastuita siirtää osittain aluksen omistajalle tai laivanisännälle. Joissain tapauksissa päällikön vastuu saattaa olla jo nyt rinnakkainen aluksen omistajan kanssa, kuten esimerkiksi meripelastusyleissopimuksessa. Lisäksi on selvitettävä, pitäisikö vastuita, jotka normaalisti kuuluvat päällikölle siirtää niille, jotka ovat aluksella, silloin kun miehistöä on rajattu tai voisiko niitä hoitaa henkilöstö, joka on muualla kuin aluksella.

Merenkulussa vastuita koskeva lainsäädäntö perustuu oletukseen ihmisen virheestä onnettomuuteen johtaneessa tapahtumaketjussa. Autonomisuuden myötä voi syntyä

⁷⁴ Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments (Draft). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 2020.

⁷⁵ Report on the LEG Working group on MASS. LEG 108/WP.7 2021

vastuuaukkoja, koska tuottamus- ja syyllisyysperusteisten vastuumuotojen rakenne on autonomiakonteksteissa ongelmallinen. Siksi jotkut tutkijat suosittelevat⁷⁶, että autonomisten laivojen rekisteröidyille omistajille säädettäisiin yleinen ankara vastuu kaikista omistamiensa autonomisten laivojen aiheuttamista vahingoista. Sen varaan osapuolet voisivat järjestää vastuut sopimuksin. Alan toimijat jakavat vastuuta keskenään sopimusteitse jo nyt. Alan tuleva rakenne autonomisten alusten suhteen on vielä epäselvä, joten optimaalisen korvausvastuumallin esittäminen on haasteellista.

Säädöskartoituksen lopputulemana korostettiin, että omistajan ankara vastuu tulisi edelleen säilyttää yleisenä periaatteena, mutta vastuun jako tulevaisuudessa uusien toimijoiden (esim. etäohjauskeskukset ja -ohjaajat, teknologia-, verkko- ja järjestelmien toimittajat) ja teknologioiden osalta voi vaatia poliittisia päätöksiä⁷⁷.

Jatkossa pohdittavia kysymyksiä ovat omistajan mahdollisuus vapautua vastuusta, vastuun kanavointi ja takautumisvaateet suhteessa muihin toimijoihin. Useissa vastuuleissopimuksissa on säännökset siitä, että omistaja voi vapautua vastuusta erilaisissa poikkeusolosuhteissa, kuten sota, ylivoimaiset luonnonilmiöt, tai kolmannen osapuolen aiheuttama tahallinen vahinko. Nämä säännökset voivat vaatia muutoksia tai ainakin keskustelua siitä, voidaanko omistaja vapauttaa vastuusta sillä perusteella, että tietokoneyhteydet eivät toimi, tekoälyssä on vikaa tai muut tekniset järjestelmät aiheuttavat onnettomuuden. Suomi ei ole nähnyt sopimusten vastuuvapautusartikloiden muuttamista toistaiseksi tarpeellisenä.

Kyberturvallisuuden näkökulmasta voidaan nähdä, että poikkeukset vapauttavat omistajan vastuusta kyberhyökkäysten osalta, mutta eivät siinä tapauksessa, että autonomisen järjestelmän tekninen virhe aiheuttaa onnettomuuden. Toisaalta tulisi arvioida sitä onko omistaja varautunut kyberhyökkäyksiin asianmukaisesti.

Vastuuleissopimukset edellyttävät, että aluksen omistajan on otettava ja pidettävä voimassa vakuutus tai asetettava vakuus, joka kattaa aluksen omistajalle aiheutuvan vastuun. Käytännössä autonomisten alusten vakuutusten osalta haasteina ja kehittämiskohteina ovat muun muassa, että vakuutusten ehdot ovat puutteellisia tilanteessa, jossa kyberriskit aiheuttavat vahinkoa aluksen rungolle ja laitteistoille. Lisäksi haasteita on lastiin, miehistöön, kolmannen osapuolen omaisuuteen liittyen. Keskeinen kysymys on mitä riskit ovat ja kuinka niitä voidaan hallita ja pienentää. Riskejä liittyy esimerkiksi lastaukseen ja lastin valvontaan matkan aikana, pätevyyksiin, riskien havaitsemiseen

⁷⁶ Charting Regulatory Frameworks for Autonomous Surface Ships testing, piloting and Commercial Deployments. Henrik Ringbom et al. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 2020.

⁷⁷ Report on the LEG Working group on MASS. LEG 108/WP.7 2021

ja arviointiin etäohjauskeskuksessa sekä tämän turvallisuuteen mukaan lukien kyber-turvallisuus.⁷⁸ Lisäksi on huomattava, että IMO:n sopimukset eivät kata rikosoikeudellista vastuuta vaan siihen sovelletaan kansallista lainsäädäntöä.

Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO:n merenkulun sujuvoittamiskomitean (FAL) alaisia sopimuksia koskevat havainnot

Komiteassa käsiteltävistä asioista tietojen toimittamiseen liittyvä kokonaisuus tulisi miettiä kokonaisuudessaan automaation näkökulmasta. Lisäksi mereltä pelastettuihin ihmisiin, salamatkustajiin ja pakolaisiin liittyvät tilanteet sellaisilla automaatiotasolla, joissa ei ole miehistöä kannella, tulisi ratkaista. Salamatkustajien kohtelua koskevat tietyt vaatimukset, jotka voivat olla käytännössä hankala toteuttaa miehittämättömillä aluksilla. Edelleen etäohjatuilla aluksilla saatetaan tarvita uutta sertifikaattia ja keinoja päällikön identifioimiseksi.

FAL-komiteassa on päivitetty FAL-sopimuksen liite koskien sähköisen tiedon vaihtoa ja siihen liittyvää autentikointia. Suomi esitti IMO FAL-säädöskartoituksessa, että sopimuksen liitteessä saattaa olla edelleen puutteita liittyen hajautetun, koneluettavan tiedon jakamiseen kaikille valtuutetuille ja relevanteille tahoille automaattisten prosessien mahdollistamiseksi. Tiedonvaihto nähtiinkin yhtenä priorisoitavana teemana säädöskartoituksen viimeistelyssä.

Suorituskykyvaatimukset, verifiointi, validointi ja sertifiointi

Alusten kolmannen osapuolen validointia ja sertifiointia hoitavat luokituslaitokset globaalisti SOLAS-yleissopimuksen perusteella. EU-alueella toimivat tietyt EU:n hyväksymät luokituslaitokset, joita Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA auditoi. EU-maissa puolestaan toimivat tietyt niihin etabloituneet luokituslaitokset.

Autonomisten alusten luotettavuuden ja hyväksynnän kannalta on olennaista ratkaista se, miten suorituskykyvaatimusten kriteerit asetetaan yhtenäisesti suhteessa tavoitepohjaiseen lainsäädäntöön. Lainsäädännössä ei ole tarkasti määritelty ihmiseltä vaadittavan suoriutumisen tasoa. Samoin algoritmilta tai sensorilta vaadittavan suoritustason raja-arvojen määrittely on haastavaa. Suorituskykyvaatimusten ja validoinnin kriteerien kehittäminen yksityisen ja julkisen sektorin yhteistyönä edesauttaisi yhtenäisten kriteerien määrittelyä.

⁷⁸ One Sea Autonomous Maritime Ecosystem. Autonomous ships and safety at sea. White paper 2021.

On tärkeää, että standardointia kehitetään algoritmien ja sensorien validoinnin ja sertifiointin näkökulmasta teknologianeutraalisti ja kriteerejä yhtenäistään. Vastuuketjujen osoittaminen tulee kuitenkin yhä haasteellisemmaksi automaatiotason edetessä. Merenkulussa on tarpeen kehittää menetelmiä, joilla todennetaan jo suunnittelun aikana se, että järjestelmä rakennetaan eettisesti. Lisäksi tulee kehittää kolmannen osapuolen validointia ja sertifiointia, viranomaishyväksyntää ja luokituslaitosten valvontaa, sekä riskien hallintaa. Myös itsesääntelyn mahdollisuudet tulisi huomioida. On olennaista taata päätöksenteon luotettavuus, puolueettomuus, osaaminen ja ratkaisuilta vaadittava yhteentoimivuus sekä kyberturvallisuus. Myös ohjelmistopäivitykset tulee huomioida, sillä nämä muuttavat käytännössä ohjelmistoa siten että hyväksyntä tulisi tehdä uudelleen.

Konsulttiselvityksessä⁷⁹ on esitetty, että autonomisten navigointijärjestelmien sääntelyjärjestelmän tulisi koostua suorituskykyvaatimuksista ja teknologisista vaatimuksista. Suorituskykyvaatimusten toteutuminen olisi todennettava yhdistelmänä simulaatioperusteista ja kenttäkokeille perustuvaa testausta ja validointia. Riippumattoman kolmannen tahon tulisi hallinnoida simulaatioperusteista validointijärjestelmää. Autonominen laiva tulisi voida ottaa kaupalliseen käyttöön vasta, kun sen navigaatiojärjestelmä on 1) läpäissyt asianmukaisen simulaatioperusteisen validointimenettelyn, 2) järjestelmästä on kertynyt turvallisuusnäyttöä ja 3) järjestelmä täyttää asetetut teknologiavaatimukset. On syytä painottaa sitä että vaatimusten tulee olla teknologianeutraaleja.

Siten on oleellista rakentaa mekanismeja, joilla rakennetaan turvallisuutta suunnittelusta asti (security by design) tuotantoon. Luokituslaitokset ovat kehittäneet etäohjauksille ja autonomisille aluksille muun muassa suunnittelumetodeja, teknisiä vaatimuksia ja hyväksynnän kriteerejä sekä simulointiohjeistuksia.⁸⁰ Esimerkiksi DNGVL-luokituslaitoksen ohjeistus sisältää prosessiohjeen ja teknologiaohjeen navigointiin, aluksen toteutukseen, etäohjauskeskukseen ja viestintään. Ohjeistuksen mukaan suunnitteluperiaatteita ovat turvallisen tilan ja toiminnan ylläpito, redundanssi ja vaihtoehtoiset hallintamenettelyt.

Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA kehittää puolestaan riskienhallinnan työkalua autonomisille aluksille ns. RBAT-hankkeessa. Työkaluun sisältyy viisi vaihetta: automaation käytön määrittely, virheanalyysi, virheestä toipumisen analyysi, seurausanalyysi ja riskien hallinta. Tarkoitus on laatia automaatiokeskenarioita, arvioida, miten ratkaisut voivat epäonnistua ja mitkä ovat mahdolliset seuraukset.

⁷⁹ Charting Regulatory Frameworks for Autonomous Surface Ships testing, piloting and Commercial Deployments. Henrik Ringbom et al. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 2020.

⁸⁰ Esimerkiksi DNVGL Autonomously operated ships: class guideline. 2018.

Algoritmien suunnittelussa tulee huomioida myös mahdolliset yllätykset ja järjestelmän resilienssi niihin varautumiseksi. Muita tärkeitä seikkoja autonomisten alusten suunnittelussa ovat kehittyneet laitteistojen tallennetoiminnot, käyttäjänäkökulman huomioiminen laitteiden suunnittelussa ja äänisensorien käyttö visuaalisensorien ohella riittävän tilanne- ja automaatiotietoisuuden varmistamiseksi. Automaatiotason kasvaessa vaatimukset järjestelmien toimintavarmuudesta kiristyvät, mikä lisää merkittävästi kustannuksia.

Alukseen toimittavat laitteita ja ohjelmistoja lukuisat toimittajat ja niiden yhteentoimivuus pitäisi pystyä varmistamaan selkeillä vastuilla ja standardoinnilla. Autonomisten alusten tietojärjestelmiin ja järjestelmien validointiin liittyy useita epävarmuustekijöitä, joilla saattaa olla merkittäviä negatiivisia turvallisuusvaikutuksia. Niitä voidaan kuitenkin vähentää keräämällä ja analysoimalla dataa järjestelmien toimivuudesta. Turvallisuuden ja riskien arvioimiseksi tullaan tarvitsemaan uusia menetelmiä arvioida muun muassa järjestelmiä, yhteyksiä ja ohjauskeskuksia ja niitä operoivia organisaatioita kokonaisuutena. Tämän systeemisen tason lisäksi on oleellista tarkastella toimintojen tasolla turvallista toimintaa.

Kyberturvallisuusvaatimukset ja sertifiointi sekä turvallisuuskulttuuri

Meriliikenteen ekosysteemi on laaja ja monimutkainen järjestelmien järjestelmä, jossa toimijat ovat voimakkaasti keskinäisriippuvaisia toisistaan ja jossa kyberturvallisuustapahtumat voivat muuttaa tilannetta hyvinkin nopeasti. Ekosysteemissä on käytössä laaja kirjo järjestelmiä ja ohjelmistoja, mutta toisaalta myös samoja tai samankaltaisia operatiivisia järjestelmiä ja ohjelmistoja sekä samanlaisia tarpeita menetelmille ja henkilöstön koulutukselle ja kokemukselle. Samoihin vaatimuksiin ja standardeihin perustuva kyberturvallisuustyö varmistaa kokonaisvaltaisen ja yhdenmukaisen ekosysteemin kyberturvallisuuden. Tämä tukee myös eri toimijoiden välistä luottamusta. Meriliikenteen automaatiossa kyberturvallisuus tulisi sisällyttää olemassa olevaan turvallisuustyöhön, operatiiviseen toimintaan, vaatimuksiin ja suosituksiin kokonaisvaltaisesti.

Kyberturvallisuusriskien hallinnan tulee perustua hyviin käytäntöihin ja sisältyä jo olemassa olevaan riskienhallintaan. Kyberturvallisuusriskien hallinnan tulee olla koordinoitua ja läpinäkyvää ja sen tulee olla jatkuvaa läpi koko elinkaaren ajan toteutuksien konseptoinnista käytöstä poistoon saakka. Jokaisen toimijan (varustamot, huoltoyhtiö, maahantuonti, luokituslaitokset, viranomaiset jne.) tulee toteuttaa riskienarviota ja osallistua osaltaan tilannekuvan luomiseen. Toimijoiden yhteistyö tulisi varmistaa ja mahdollistaa, jotta ekosysteemiin ei jää katveita jaettujen riskien osalta. Riskienhallintaa tulee tehdä kaikilla tasoilla (operatiivinen, taktinen ja strateginen).

Kyberturvallisuusriskien hallinnassa tulee huomioida kunkin järjestelmän ja niissä käsiteltävän tiedon kriittisyys ja käyttötarve sekä järjestelmän ulkopuolisten yhteyksien tarve. Suojausmekanismit, kuten tietoverkkojen eriyttäminen, tulee toteuttaa nämä huomioiden. Kyberturvallisuusriskien hallinnassa tulee tunnistaa olemassa olevat kyberturvallisuusuhkat sekä automaation, digitalisaation ja tietojen hyödyntämisen kehittymisen mukanaan tuomat uudet kyberturvallisuusuhkat ja hyökkäyspinta-alan laajentuminen (kokonaan uudet järjestelmät/ratkaisut ja vanhojen järjestelmien integroiminen). Uhkamallinnuksessa tulee arvioida koko kokonaisuus eli myös toimitusketjuja, palvelutuotantoa, automaation hallintaa ja operointia sekä kolmansia osapuolia.

Merenkulussa päätöksenteko on vahvasti kytköksissä ihmisen ja koneen väliseen kommunikaatioon, joten koneen tuottama tieto päätöksenteon tueksi tulee olla riittävästi selvästi indikoitu, priorisoitu sekä standardoitu.

Meriliikenteen automaation kyberturvallisuuden varmistamiseksi tulee luoda yhteiset kyberturvallisuuden vaatimukset ja viitekehykset. Koordinoidusti on määriteltävä roolit ja vastuut mm. valvovalle viranomaiselle ja merenkulun viranomaiselle sekä ratkaistava useita kysymyksiä, kuten se, mikä taho tulee hyväksymään kyberturvallisuussertifiointeja suorittavat arviointilaitokset. Tälläkin hetkellä luokituslaitokset toteuttavat kyberturvallisuuden tarkastuksia ja myöntävät aluksille omissa nimissään kyberturvallisuuden sertifikaatteja ja tietoturvallisuuteen erikoistuneet akkreditoituneet toimijat toteuttavat varustamoille tietoturvallisuusstandardien mukaisia sertifiointeja.

Tulevaisuudessa sekä luokituslaitokset että tietoturvallisuuteen erikoistuneet toimijat voisivat hakea akkreditointia toteuttamaan meriliikenteeseen kehitettävien yhteisten kyberturvallisuuden vaatimusten ja viitekehysten mukaisia sertifiointeja. Alusten yksittäisten komponenttien (esim. navigointilaitteet, sensorit) kyberturvallisuuden hyväksynnässä voitaisiin tulla hyödyntämään EU:n kyberturvallisuusasetuksen (ENISA) mukaisesti kehitettäviä eurooppalaisia kyberturvallisuuden sertifiointijärjestelmiä. Luokituslaitosten tuleva rooli merenkulun automaation kyberturvallisuudessa riippuu kansainvälisen sääntelyn ja ohjeistuksen kehityksestä, lippuvaltion kansallisten vaatimusten tasosta sekä luokituslaitoksien tahtotilasta osallistua kyberturvallisuuden hallintaan ja kehitykseen.

EU:n kyberturvallisuusasetus (ns. ENISA-asetus) sisältää kehyksen eurooppalaisten kyberturvallisuuden sertifiointijärjestelmien perustamiselle. Ne koskevat ICT-tuotteita, -palveluita ja -prosesseja. Asetuksen mukaisen sertifiointijärjestelmän noudattaminen on vapaaehtoista, ellei erikseen jossakin EU-tason tai kansallisessa lainsäädännössä ole erikseen pakolliseksi säädetty. Tiedossa ei ole, että meriliikenteeseen oltaisiin kehitettävässä omaa sektorispesifistä sertifiointijärjestelmää. Todennäköisempi kehityskulku voi olla, että meriliikenteessä käytettävät ICT-laitteet, -palvelut ja -prosessit (esim. alusten navigointilaitteet, älyväylän sensorit) tultaisiin kyberturvallisuuden

osalta hyväksymään kehitteillä olevan ensimmäisen EU:n kyberturvallisuusasetuksen mukaisen, horisontaalisen EUCC-sertifiointijärjestelmän (Common Criteria based European candidate cybersecurity certification scheme) tai muun kehitettävän, ei-sektorispesifisen, eurooppalaisen kyberturvallisuuden sertifiointijärjestelmän mukaisesti.

IMO:n kyberturvallisuuspäätöslauselman (MSC.428(98) Maritime Cyber Risk Management Systems -suositus) mukaan hallintojen, varustamojen ja luokituslaitoksien tulee huomioida kyberriskienhallinta yhtenä osana turvallisuusjohtamisjärjestelmän (ISM) riskienhallintaa. Kaikki luokituslaitokset edellyttävät, että varustamot ottavat kyseisen kiertokirjeen huomioon ISM-manuaalissaan 1.1.2021. Kyberturvallisuuteen liittyvän kansallisen ymmärryksen ja luotujen käytäntöjen kehittyessä tulisi tarkastella tarvetta vaikuttaa merenkulun kyberturvallisuussäätelyyn IMO:ssa ja EU:ssa.

Viime aikoina varustamojen kuljetusketjuihin on kohdistunut kyberhyökkäyksiä, joilla on keskeytetty niiden toiminta. Se on osoittanut toiminnan haavoittuvuuden ja tarpeen konkreettisille toimille kyberhyökkäysten estämiseksi, niihin vastaamiseksi ja niistä palautumiseksi.

Riskien hallinta ja turvallisten toiminnallisten olosuhteiden määrittely merenkulussa

Euroopan meriturvallisuusviraston SAFEMASS -selvityksessä⁸¹ on tarkasteltu riskien hallinnan mahdollisuuksia ja toimia. Nämä toimet voidaan jakaa neljään kategoriaan:

1. Navigointitoimintojen turvallisuuden varmistaminen
2. Operaattoreiden mahdollisuudet estää törmäyksiä sellaisissa tilanteissa, joissa autonominen alus tekee virheitä
3. Riskien hallinnasta huolehtiminen ja MASS-alusten valvonnan varmistaminen
4. Autonomisten alusten mahdollisuudet toimia milloin tahansa yllättävässä tilanteessa siten että törmäys estyy (Minimum Risk Condition)

On myös keskusteltu siitä, miten määriteltäisiin olosuhteet, joissa alusautomaatio toimii turvallisesti (ODD, Operational Design Domain). Tällainen tilanne on erityisesti avomerellä hyvissä sääolosuhteissa ja päivällä. Myös viestintäyhteyksien taso vaikuttaa näihin olosuhteisiin. On esitetty, että tilanteessa, jossa alus ei pysty turvallisesti operoimaan autonomisesti, se siirtäisi operoinnin ihmiselle.

⁸¹ SAFEMASS Study of the risks and regulatory issues of specific cases of MASS – Summary. EMSA. 2020.

Japani on toimittanut IMO:n säädöskartoitusta varten dokumentin⁸², jonka mukaan on tarpeen määritelmät automaatiotason alentamiselle tai etäohjaukselle ja toiminnallisille olosuhteille, joissa järjestelmän odotetaan toimivan kunnolla.

Näitä ovat:

- meri- ja sääolosuhteet, yö, päivä
- reitti- ja liikenneolosuhteet
- muut (geofence eli virtuaalinen raja todellisen maailman maantieteelliselle alueelle, erityisreitteihin liittyvät toiminnot)
- nopeusrajoitukset
- turvallisuushenkilöstön tarve
- toisten järjestelmien kunto (mm. propulsio, moottorijärjestelmät)

On esitetty, että sääntelykehystä voidaan vahvistaa infrastruktuurikerroksella, joka pyrkii tekemään autonomisten alusten toimintaympäristöstä paremmin autonomisille aluksille sopivaa. Infrastruktuuritoimenpiteet voivat vaihdella AIS-transponderien ja tutkaheijastimien käyttöpakon laajentamisesta ja uusien autonomisten alusten kanssa yhteensopivien tietoliikennevälineiden pakollisesta käytöstä VTS-palvelujen tarjoamisen uudistamiseen.⁸³

Suomen lisäksi digitaalisen infrastruktuurin määrittelyn tarpeen on nostanut esiin IMO:ssa International Mobile Satellite Organisation IMSO, joka esittää viestintäratkaisujen vähimmäistason määrittelyä autonomisille aluksille lainsäädännössä ja siitä sopimista, miten nämä järjestelmät tunnustettaisiin.⁸⁴

5.2.2 EU-lainsäädännön nykytila ja kehittämistarpeet

EU-sääntely perustuu vahvasti kansainväliseen sääntelyyn. Näin ollen on tärkeintä, että ensin saadaan kansainvälisellä tasolla sovittua yhteiset suuntaviivat ja periaatteet. EU:n komissio osallistuu IMO:n automaatiotyöhön tarkkailijajäsenenä. Automaation säädöskartoituksen ei ole nähty kuuluvan EU:n yksinomaiseen toimivaltaan, koska säädöskartoitus ei itsessään vaikuta EU-sääntelyn kehittämiseen. Jatkossa muutokset IMO-sääntelyyn heijastuvat myös EU-sääntelyyn. Suomi on hyödyntänyt

⁸² MSC 102/5/27 Japan's perspective on further work after completion of the RSE

⁸³ Henrik Ringbom, Mika Viljanen, Jussi Poikonen, Saara Ilvessalo: Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments (Draft). Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 2020.

⁸⁴ MSC 102/5/28 Comments on document MSC 102/5/1 – Potential gaps and themes regarding connectivity, cybersecurity and the implication of MASS on search and rescue

EU-yhteistyötä ja komission työryhmiä sekä kansainvälisiä työpajoja edistyksellisen säädösviitekehityksen aikaansaamiseksi IMO:ssa.

Alustavan arvion mukaan esimerkiksi matkustaja-alusten turvallisuussäännöistä ja määräyksistä annettu direktiivi 2009/45/EY (non-SOLAS-direktiivi) ja direktiivi satamavaltioiden suorittamasta valvonnasta 2009/16/EY (PSC-direktiivi) sisältävät säännöksiä, joita tulee muuttaa automaatiokehityksen johdosta. Kuitenkin molemmat direktiivit pohjautuvat kansainväliseen sääntelyyn, minkä johdosta on ensin odotettava päätöksiä kansainvälisellä tasolla. Kun teknologia ja IMO:n lainsäädäntö kehittyy, myös merenkulun laitteistoja (2014/90) ja merenkulkijoiden koulutusta (2008/106) koskevat direktiivit ovat todennäköisesti tärkeitä instrumentteja.

IMO:n merenkulun sujuvoittamisen FAL-yleissopimus kuuluu EU:n toimivaltaan. Se koskee merenkulun yhteistä palveluikkunaa (eMSW) ja ilmoitusmuodollisuuksia. Osittain IMO FAL-sopimuksen pohjalta annetun merenkulun yhteistä palveluikkunaa koskevan eurooppalaisen merenkulkualan yhdenmukaisen palveluympäristön perustamisesta ja direktiivin 2010/65/EU kumoamisesta annetun asetuksen (EMSW-asetus, (EU) 2019/1239) tavoitteena on vahvistaa yhdenmukaistetut säännöt satamakäyntejä varten vaadittujen tietojen tarjoamiselle. Kokonaisuudessaan kansallisten meriliikenteen tiedonhallintajärjestelmien on oltava EMSW-yhteensopivia 15.8.2025 mennessä. Keskeinen toimintaperiaate on, että tietojen ilmoittaja voi tehdä ilmoituksen samoilla rajapinnoilla kaikkialla EU-alueella ja hyödyntää aiempia ilmoitustietoja seuraavissa ilmoituksissa sekä asioida kaikki meriliikenteen ilmoitukset EMSWe-rajapinnassa.

Kansallisessa lainsäädäntöhankkeessa toteutetaan EMSW-asetuksen vaatimat muutokset. Asetuksen toimeenpano tukee myös tietopohjaisen toimintaympäristön syntymistä. Liikenne- ja viestintävirasto toimii kansallisena vastuuviranomaisena asetuksen toimeenpanossa.

Suomi on aloittanut toteuttamistyön kokonaan uudelle merenkulun tietojärjestelmälle, joka perustuu EMSW-asetukseen. Uusi järjestelmä ei vain korvaa edellistä kansallista Portnet-järjestelmää, vaan sen on tarkoitus helpottaa logistiikkaoperaattorien laajempaa ekosysteemistä tiedonvaihtoa satamissa. Tavoitteena on varmistaa, että EMSW-projekti sopii hyvin muuhun satamayhteisöissä harjoitettavaan tiedonvaihtoon. Tästä syystä osana hanketta kartoitetaan laajemman satamayhteisön tiedonvaihtoekosysteemiarkkitehtuurin nykytila ja määritellään yhdessä sidosryhmien edustajien kanssa tuleva tavoitetila. Tarkoitus on tarjota lisäksi lisäarvopalveluja, jotka tukevat myös automaatiota. Esimerkiksi tekoälyä hyödynnettäisiin ennakoitujen saapumisaikojen määrittämisessä. Lisäarvopalvelualusta mahdollistaa kolmannen osapuolen palveluiden tarjoamisen markkinaehtoisesti. Viranomaisen keräämät liikennetiedot voidaan tiedon omistajan päätöksellä valtuuttaa lisäarvopalvelussa käytettäväksi. Lisäarvopalvelualustan kautta tiedon tuottaja voi valtuuttaa tietonsa haluamiensa toimijoiden käyttöön.

Sijainti- ja ilmoitustietojen välittämisestä EU-tasolla on säädetty alusliikennettä koskevan yhteisön seuranta- ja tietojärjestelmän perustamisesta sekä neuvoston asetuksen 93/75/ETY kumoamisesta annetun ns. VTMISS-direktiivin (2002/59/EY) nojalla. Seurantadirektiivissä on säädetty muun muassa IMO:n hyväksymien alusliikenteen pakollisten ilmoitusjärjestelmien (MRS), esim. Suomenlahden raportointijärjestelmän (GOFREP), alusliikennepalvelu VTS:n, alusten automaattisen tunnistusjärjestelmän (AIS) ja alusten kaukovalvontailmoitusjärjestelmän (LRIT) käytöstä. Näistä AIS on automaation kannalta keskeisin, sillä muihin järjestelmiin tiedot kirjautuvat tuntien viiveellä. VTMISS-direktiivi on toimeenpantu Suomessa alusliikennepalvelulla. Suomi on mukana kehittämässä VTMISS-direktiiviä EU-tasolla.

Tällä hetkellä alusten sijaintitiedot (T-AIS, maatumiasemaverkoston pohjautuva AIS) lähetetään 6 minuutin välein Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA:n meriliikenteen tiedonhallintajärjestelmään (Safeseanet SSN). Muutama jäsenmaa, mukaan lukien Suomi, on avannut omat AIS-tiedot avoimen datan rajapintaan. Fintraffic Oyj tarjoaa lain liikenteen palveluista mukaisesti avoimena datana keräämiään alusten lähes ajantasaisia AIS:n perustuvia sijaintitietoja. Osalla viestejä suoritetaan suodatusta ja alustyyppin muunnosta. Komissio on tulkinnut VTMISS-direktiiviä (2002/59/EY) siten, että EMSA voi jakaa näitä tietoja jäsenmaiden SAFESEANETiin toimittamien tietojen osalta tarkkaan määritellyille merenkulkuun liittyville unionin lainsäädännön mukaisille toimijoille, kuten varustamoille, agenteille, laivaajille ja alusten päälliköille.

Seurantadirektiiviä saattaa olla tarpeen muuttaa esimerkiksi automaation vaatimien reittitietojen ja niiden rajapintojen osalta määrittelemällä niiden jakaminen pakolliseksi, mutta olisi tärkeää päättää tästäkin ensin kansainvälisellä tasolla, jotta Euroopan unionia ei koskisi muita tiukempi sääntely. AIS-tiedon osalta tultaneen myös lisäämään uusi tietoelementti autonomista alusta osoittamaan.

Komission työohjelma sisältää kolme tulevaa säädösaloitetta koskien lippuvalvontaa ja satamavaltiovalvonnan päivittämistä sekä merenkulun onnettomuustutkin-
nan päivytystä pysyvällä valvontaelimellä. Uudistukset sisältävät esimerkiksi sähköisen tiedon vaihdon ja sähköisten sertifikaattien kehittämistä sekä osaamisen kehittämistä, joten on huomioitava mahdollisuudet myös automaation edistämiseen merenkulun globaali luonne huomioiden.

5.2.3 Kansallisen lainsäädännön tarkastelu vesiliikenteessä

Kansalliset säädökset, jotka edellyttävät tarkastelua automaation näkökulmasta, ovat varsin yhteneviä vastaavien kansainvälisten säädösten ja EU-sääntelyn kanssa. Näiden kansallisten säädösten taustalla onkin usein kansainväliset velvoitteet. Kuten IMO:n säädöskartoituksessakin on jo alustavasti tunnistettu päällikköä koskeva sääntely yhdeksi jatkotyössä huomioitavaksi seikaksi, samoin useissa kansallisissa säännöksissä on päällikölle kuuluvia tehtäviä tai velvollisuuksia, jotka on ratkaistava etäohjatun tai autonomisen aluksen mahdollistamiseksi.

Keskeinen päällikölle kuuluva velvollisuus on erityisesti alukselta poistumiskielto, josta säädetään merilain 6 luvun 6 §:ssä. Merilaissa on myös päällikköä koskevia rangaistussäännöksiä. Lisäksi on huomioitava, että merenkulkua koskevan sääntelyn lisäksi on olemassa myös työaikaa ja työsopimusta koskevia säännöksiä, joissa oletettavasti on muutostarpeita automaation edetessä.

Päällikön aseman voi nähdä mosaiikkisena kokonaisuutena sääntelyn kannalta. Päällikköä koskeva säädöskokonaisuus on merkittävä automaation esteiden näkökulmasta ja vaatii jatkotyössä tarkempaa tarkastelua vastuiden ja tehtävien näkökulmasta. Kootusti voidaan todeta, että päällikköä koskevaa sääntelyä sisältyy ainakin seuraaviin lakeihin:

- Merilaki (15.7.1994/674)
- Laki merenkulun ympäristönsuojelusta (29.12.2009/1672)
- Pelastuslaki (29.4.2011/379)
- Alusliikennepalvelulaki (5.8.2005/623)
- Laki aluksen teknisestä turvallisuudesta ja turvallisesta käytöstä (29.12.2009/1686)
- Laki laiva-apteekista (8.5.2015/584)
- Laki matkustaja-aluksen henkilöluetteloista (11.12.2009/1038)
- Laki työajasta kotimaanliikenteen aluksissa (26.3.1982/248)
- Merityöaikalaki (9.4.1976/296)
- Alusrekisterilaki (11.6.1993/512)
- Merityösopimuslaki (17.6.2011/756)
- Laki alusturvallisuuden valvonnasta (17.3.1995/370)
- Luotsauslaki (21.11.2003/940)

Uusi vesiliikennelaki (782/2019) tuli voimaan 1.6.2020. Lain mukaan päällikkö on henkilö, joka tosiasiallisesti ohjailee tai hallitsee vesikulkuneuvoa. Jos on epäselvää, kuka on päällikkö, päällikön vastuu on viime sijassa liikenneasioiden rekisteriin merkityllä vesikulkuneuvon omistajalla tai haltijalla, joka tosiasiallisesti on voinut ohjailla tai hallita

vesikulkuneuvoa. Uusi päällikkösäätely mahdollistaa automaation hyödyntämisen huviveneissä ja muissa vapaa-ajan vesikulkuneuvoissa.

Ammattimaiseen vuokravenetoimintaan lukeutuu lain voimaantulon jälkeen vain miehitetyt vuokraveneet eli esimerkiksi taksiveneet. Ammattimaiseen vuokravenetoimintaan sovelletaan merilain mukaisen kauppamerenkulun tiukempaa päällikkösäätelyä: laissa säädetään muun muassa päällikön alukselta poistumiskiellosta, mikä estää automaation soveltamisen ammattimaisessa vuokravenetoiminnassa. Kauppamerenkulkuna pidetään yleisesti kaikkea ansiotarkoituksessa tai muutoin vastiketta vastaan aluksella suoritettua toimintaa, joista tyypillisintä on lastin ja matkustajien kuljettaminen. Jotta ammattimaisessa käytössä olevaa venettä voisi etäohjata, tämä edellyttää merilain muuttamista.

Lainsäädännössä edellytetään aluksella olevan riittävä miehitys. Myös vahdinpidon edellytetään tapahtuvan aluksella. Vahdinpito ja tähystyksen järjestäminen joko etänä tai automaattisesti vaatinevat täsmennystä, ja asia liittyy IMO-lainsäädäntöön. Laivaväestä ja aluksen turvallisuusjohtamisesta annetussa laissa (29.12.2009/1687) säädetään aluksen turvallisesta miehityksestä ja vahdinpitojärjestelyistä. Laki kuitenkin mahdollistaa kokeilut aluksen miehitykseen ja vahdinpitoon liittyviksi uusiksi teknisiksi ratkaisuksi. Pätevyysvaatimuksissa tulisi huomioida myös etäohjauskeskuksessa työskentelevä miehistö. Laivaväen pätevyyksistä säädetään liikenteen palveluista annetussa laissa (24.5.2017/320).

Useissa säännöksissä edellytetään erilaisten todistus-, pätevyys- ja vakuutuskirjojen säilyttämistä aluksella. Muun muassa merilaissa, liikenteen palveluista annetussa laissa sekä alusrekisterilaissa käsitellään asiakirjojen ja todistusten säilytystä aluksella. Näiden osalta onkin tärkeää tarkastella, miltä osin lainsäädännössä olisi huomioitava paremmin sähköisten asiakirjojen ja niiden sisältämän datan hyödyntämisen mahdollisuus. Pandemia on jo vauhdittanut lainsäädäntömuutoksia. Liikenteen turvallisuusvirasto on aloittanut sähköisten todistus- ja turvakirjojen myöntämisen Suomen lipun alla seilaaville aluksille 25.10.2021 alkaen.

Laissa vesiliikennelain muuttamisesta (543/2021) on sisällytetty virtuaaliset turvalaitteet turvalaitteiden määritelmään. Virtuaalisia turvalaitteita käytetään lähinnä tilapäisesti alueilla, joilla on vaikea ylläpitää fyysistä turvalaitetta. Näin voi olla esimerkiksi silloin, kun alueella vallitsevat vaikeat jääolosuhteet. Virtuaaliset turvalaitteet edistävät myös automaatioon kokonaan tai osittain tukeutuvien alusten turvallista liikkumista.

Luotsi työskentelee aluksen komentosillalla yhteistyössä päällystön ja muun miehistön kanssa. Luotsauslaissa (940/2003) säädetään edellytyksistä, joiden vallitessa alusten tulee käyttää luotsia. Luotsauksella tarkoitetaan laissa alusten ohjailuun liittyvää toi-

mintaa, jossa luotsi toimii aluksen päällikön neuvonantajana sekä vesialueen ja merenkulun asiantuntijana. Satama-alueella vastaavaa toimintaa voi harjoittaa myös satamahallinnon edustaja. Laissa mahdollistetaan etäluotsaus, mikä edellyttää Liikenne- ja viestintäviraston myöntämää lupaa. Lisäksi saatetaan tarvita lainsäädäntöä esimerkiksi siihen mitä etäluotsaus on, millaisella koulutuksella aluksessa etäluotsausta voisi vastaanottaa, mitä etäluotsaajalta edellytetään ja milloin etäluotsausta ei välttämättä tarvita.

Esimerkiksi Norjan lainsäädännössä (Satama- ja väylälaki 2019 Luku 25) on luotu käsite autonominen rannikkonavigointi rannikolla. Autonominen rannikkonavigointi voi saada poikkeuksen luotsausvaatimuksesta rannikkoviranomaisilta saadulla luvalla. Laki painottaa varustamon vastuuta laajasti.

Sääntelyn kannalta kiinnostava kokonaisuus on saaristoliikenne. Saaristoliikenne koostuu yhteysalusliikenteestä, maantielautoista ja -losseista sekä yksityistielosseista ja -lautoista. Suomessa on tehty etäohjatun ja autonomisen lautan osalta haastavia kokeiluja jo vuonna 2018 Turussa (Kongsberg, ent. Rolls Royce) ja Helsingissä (ABB). Autonomian mahdollisuuksia selvitetään sensoriteknologiaan pohjautuen joen ylityksessä kaupunkialueella (Turun ns. Älyföri-hanke) ja niitä on jo hyödynnetty ohjausköyden korvaavaan digitaaliseen ohjausköyteen pohjautuen lossiliikenteessä. Lautta-aluksiin verrattuna lossit ovat lisäksi pienempiä ja koneteholtaan vähäisempiä. Lossiväylät ovat puolestaan selkeitä ja suoraviivaisia verrattuna lautta-alusten käyttömiin väyliin, jotka käsittävät osittain myös yleisiä meriväyliä.

Autonomian mahdollistamiseksi liikennejärjestelmästä ja maanteistä annetun lain (23.6.2005/503) 6 §:ään on tehtävä muutoksia, sillä se koskee vain tilapäistä liikennettä. Pykälän 1 momentin mukaan lautta voi olla ohjausköyden tai sitä korvaavan Liikenne- ja viestintäviraston hyväksymän muun laitteiston ohjaama lautta (lossi) taikka vapaasti ohjaittava lautta (lautta-alus). Lainsäädännössä on tarkennettava myös Liikenne- ja viestintäviraston hyväksyntävaltuuksia, toiminnallisen ympäristön vaatimuksia, liikennevälineen määritelmää, miehitys- ja osaamisvaatimuksia sekä oikeuksia ja velvollisuuksia.

Pykälän 2 momentin mukaan lauttaliikenteen palvelujen tuottaja vastaa siitä, että lossin kuljettaja on 18 vuotta täyttänyt ja tehtävään kykenevä. Muiltakin osin kirjaus olettaa kuljettajan olevan ihminen, mikä edellyttää uudelleentarkastelua automaation mahdollistamiseksi.

Aluksen vähimmäismiehitysvaatimuksista ja vahdinpidosta voidaan jatkossa poiketa määräaikaaisesti uusien teknisten innovaatioiden kokeilujen edistämiseksi. Laki laivaväestä ja aluksen turvallisuusjohtamisesta tuli voimaan 1.7.2018. Kokeilut ovat mahdollisia erikseen määritellyillä alueilla tai reiteillä ja tarkoittavat sitä, että automaatiota

koskevilla kokeiluissa alusten miehitystä voidaan vähentää. Kokeilulupa myönnetään jokaiseen kokeiluun erikseen enintään kahdeksi vuodeksi. Kotimaan liikenteen liikennealueella I ja II liikennöivät bruttovetoisuudeltaan alle 500 olevat, muut kuin säiliöalukset vapautettiin siitä, että niille vahvistetaan miehitystodistus. Todistus korvattiin yleisillä vähimmäismiehitysvaatimuksilla.

Yllämainituista kansallisista laista luotsaus perustuu kansalliseen lainsäädäntöön. Näin ollen kansallisen lainsäädännön muuttamisen osalta voisi edetä lähinnä laajempien kokeilujen mahdollistamiseksi, kunnes kansainvälisellä tasolla on saatu yhteisymmärrys. Tällöinkään kansallinen lainsäädäntö ei saisi olla ristiriidassa kansainvälisten velvoitteiden kanssa.

Kyberturvallisuus kansallisessa sääntelyssä

Kyberturvallisuuden kansallista sääntelyä tulisi kehittää velvoittavampaan suuntaan huomioiden, ettei merenkulkuun rakenneta kansainvälistä sääntelyä tiukempaa sääntelyä. Tässä yhteydessä tulisi luoda riskiperusteisesti realistiset tavoitteet siitä, mitkä olisivat merenkulun kyberturvallisuuden minimitasot eri osa-alueilla (alukset, varustamot, satamat, rahdinantajat ym.). Selvityksessä tulisi ottaa huomioon soveltuvuus ja ymmärrettävyys suhteessa velvoitteisiin siten, että sääntelyn tarkoitus ja tavoite olisi istutettavissa kunkin toimijan järjestelyihin mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Selvitykseen tulisi sisältyä vaikutustenarviointi ja ehdotukset siitä, miten järjestelyiden hyväksynät tehdään.

EU:n verkko- ja tietoturvadirektiivi (ns. NIS-direktiivi) on toimeenpantu Suomessa merenkulun osalta alusliikennepalvelulain ja ISPS-lain säädöksillä, jotka velvoittavat huolehtimaan viestintäverkkoihin ja tietojärjestelmiin kohdistuvien riskien hallinnasta ja ilmoittamaan viestintäverkkoihin ja tietojärjestelmiin kohdistuvasta merkittävästä tietoturvaluuteen liittyvästä häiriöstä. Säädökset velvoittavat keskeisiksi palveluntarjoajiksi määritellyjä toimijoita, joita ovat tällä hetkellä VTS Finland Oy ja ns. TEN-T-satamat Helsinki, HaminaKotka, Turku ja Naantali. EU:n NIS-direktiivin kansallisen toimeenpanon laajentamista myös muihin meriliikenteen automaation kannalta merkittäviin satamiin sekä varustamoihin tulisi selvittää.

Etäluotsaus

Etäluotsauksen käyttömahdollisuuksien selvittäminen sisältyy pääministeri Marinin hallitusohjelmaan. Luotsauslain muutoksella (2019/15) sallitaan Finnpilotille etäluotsaus Suomen vesialueella ja Saimaan kanavan vuokra-alueella luotsattaviksi väliksi määritellyillä yleisillä kulkuväylillä Liikenne- ja viestintäviraston myöntämällä määräaikaisella luvalla.

Etäluotsauksen edellytyksiä määrittelyineen valmistellaan useassa kehittämishankkeessa. DIMECC:n koordinoiman Sea4Value-hankkeen tulokset, joihin sisältyy systeemimallinnusta, datan keruuta, etäluotsauskokeita ja -demonstraatioita valmistuvat vuonna 2021. Satakunnan ammattikorkeakoulun IST-lab -hankkeen älykkään merenkulun yhteiskäyttölaboratorio tukee etäluotsaussimulointia. Se liittyy yhdeksi kokonaisuudeksi SAMK:n navigointisimulaattorin, Liikenneviraston Rauman syväväylän syvyysmallin, älypöijun ja virtausmittauksen, Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen navigointijärjestelmätutkimuksen ja Ilmatieteenlaitoksen Merentutkimuksen aalto- ja jääolosuhdetietojen mittauksen.

Etäluotsaus soveltuu erityisesti sellaiselle varustamolle, jolla on käytössä nykyaikaista alusteknologiaa, päällystöllä vahvaa nykyaikaista osaamista ja käytännössä linjaluotsauskirja. Suurimmat kustannushyödyt etäluotsauksesta on tunnistettu silloin kun navigoidaan satamaan asti ja luotsattavia aluksia on riittävästi tietyllä reitillä.

Luotsaus on neuvoo antavaa toimintaa navigoinnin kannalta haastavissa paikoissa. Siksi tietojen on oltava tarkkoja. Esimerkiksi satamaan saavuttaessa voidaan vaatia <0,1 metriä suhteellinen tarkkuus. Etäluotsaus edellyttää digitaalisen tiedon jakamista rajapintojen kautta. Esimerkiksi reittitiedot ja tarkat säätiedot ovat oleellisia. Tarvittavan tiedon osalta haasteena on etenkin se, miten seurataan aluksen dynaamista tilaa. Etäluotsaajalla tulisi olla sama kuva liiketilan hallinnasta kuin laivan komentosillalla. Etäluotsaus on tunnistettu haasteeksi tiedon siirron kannalta, sillä se vaatii mm. videokuvan siirtoa. Etäluotsauksella olisi myönteinen vaikutus luotsaajan työn turvallisuuteen.

Etäluotsauksen mahdollisuuksia selvittänyt tutkimusraportti ⁸⁵ esittelee etäluotsauksen uuden kokonaisuuden älykkäällä väylällä ja toteaa etäluotsauksen turvalliseksi vaihtoehdoksi valvotuissa olosuhteissa. Testaus suoritettiin Rauman 12-m väylällä staattisissa ympäristöolosuhteissa saman aluksen, miehistön ja ohjaajan kanssa.

Turvallinen navigointi vaatii yhteistyötä ja tiedon vaihtoa päällikön ja miehistön, luotsin, hinaajan, jäänmurtaajan, sataman ja alusliikennepalveluiden kanssa sekä navigoinnin apuvälineiden hyödyntämistä. Etäluotsausprosessin mallinnustyö on käynnissä samanaikaisesti monilla eri tahoilla. Älykkäässä meriväylärakenteessa tapahtuva etäluotsaus vaatii paitsi toiminnan operatiivista uudelleen järjestämistä, myös viestinnän, kyberturvallisuuden, säädösten ja ihmisten toimenkuvien muutoksen ymmärrystä ja niihin liittyvää riskienhallintaa.

⁸⁵ Remote piloting in an intelligent fairway – A paradigm for future pilotage. Lahtinen et al, 2020.

Siirryttäessä etäluotsaukseen selvitettäviä kysymyksiä on etäluotsauskeskuksen määritelmä ja kustannukset, sekä suhde muihin toimijoihin kuten laivan päällikköön ja miehistöön, etäohjauskeskukseen, VTS:ään sekä lainsäädännön mahdolliset muutostarpeet. Laivateknologioiden kehittyminen vaikuttaa tulevaisuudessa etäluotsauksen tarpeeseen ja mahdollisuuksiin.

Etäluotsauksen vision tulisi olla kansainvälinen ja uusien teknologioiden ja tiedon hyödyntämiseen perustuva. Tähän visioon vaikutetaan luotsausorganisaatioiden pohjoismaisessa yhteistyössä sekä kansainvälisessä yhteistyössä esimerkiksi MASSPorts-verkoston kautta. Myös erilliselle etäluotsausfoorumille on nähty tarvetta.

5.3 Meriliikenteen ohjaus

Fintraffic meriliikenteen ohjaus hoitaa liikenteen hallintaa ja ohjausta viranomaisen toimeksiannosta alusliikennepalvelulaissa annetuilla toimivaltuuksilla. Sen tehtävänä on parantaa alusliikenteen turvallisuutta ja tehokkuutta sekä ehkäistä alusliikenteestä ympäristölle aiheutuvia haittoja ja ylläpitää turvallisuusradiotoimintaa. Alusliikennepalvelusta vastaavat kolme VTS-keskusta, joiden valvonta-alueet kattavat kaikki rannikon kauppamerenkulun väylät sekä Saimaan. Suomenlahden meriliikennekeskuksessa toimiva Helsinki Traffic valvoo Suomenlahden kansainvälistä merialuetta yhdessä Venäjän ja Viron kanssa. Yhteistyössä perustettu alusliikenteen ilmoittautumisjärjestelmä GOFREP kattaa koko Suomenlahden kansallisia VTS-alueita lukuun ottamatta. VTS antaa tarvittaessa avustusta viranomaisille ja valvoo luotsauslain noudattamista.

Älykkään liikenteen hallinnan ja tiedon saatavuuden tarve korostuu automaation edetessä. Liikenteen ohjaus kehittyy älykkääksi, eli se kerää, käsittelee, hyödyntää ja jakaa ajantasaista ja luotettavaa digitaalista tilannekuvatietoa, joka koostuu yhä usemmasta eri lähteestä. Siten liikenteen ohjaus pystyy ennakoimaan häiriötilanteita, vaikuttamaan niissä sekä ohjaamaan ja hallitsemaan liikennevirtoja entistä tehokkaammin ja turvallisemmin. Edellytyksenä on saumaton, pääosin digitaalinen vuoro-vaikutus sekä tavanomaisten että korkean tason automaatiota hyödyntävien alusten, sekä vanhojen että uusien toimijoiden kuten etäluotsauksen ja etäohjauksen kanssa.

Älykäs liikenteen hallinta siis edellyttää koneluettavaa, kansainvälisesti yhteentoimivaa tiedonvaihtoa. Suomen lainsäädäntö edellyttää jo nyt Fintraffic meriliikenteen ohjaukselta toiminnassaan kokoamiensa tietojen välitystä viranomaisille sekä osittain myös tietojen avaamista vapaasti käytettäväksi avoimien rajapintojen kautta. Automaatiosuunnitelmien valmistelun yhteydessä on toivottu digitaalisesti jaettaviksi tiedot

liikenteen ohjaamisesta, rajoittamisesta sekä kieltämisestä. Lisäksi toivottiin jaettavaksi tietoja talvimeren vaatimuksista, rajoituksista alueille sekä tietoja avun tarpeessa olevan aluksen suojaan ohjaamisesta.

Fintraffic kehittää uusia palvelumalleja esimerkiksi alusten etäohjaukseen ja etäluotsauksen tukeen sekä edistää osaltaan liikenteen ekosysteemien kehittymistä. Fintraffic meriliikenteen ohjauksen eVäylä-hankkeessa on suunniteltu, että vuosina 2021-25 kehitetään tekniset palvelut, rajapinnat, infrastruktuuri sekä muita palveluja, joilla mahdollistetaan ja toteutetaan etäohjauksen, etäluotsauksen sekä autonomisen meriliikenteen operoijalle tuotettavat tilannekuva ja digitaalinen tiedonvaihto. Hanke tukee tämän automaatio suunnitelman tavoitteissa kuvatun älykkään vesiväylän konseptin suunnittelua ja toteutusta. eVäylä-hankkeessa huomioidaan että Fintraffic meriliikenteen ohjauksen keräämää tietoa, kuten tutkatietoa rajatuilta alueilta sekä reittitietoa olisi mahdollista jakaa entistä laajempaan käyttöön, vähintään kokeilujen ajaksi. Jakaminen voisi toteutua rajapintojen kautta hyödyntäen järjestelmäneutraaleja ratkaisuja.

Yhteistyötä on tarpeen tiivistää VTS:n ja satamien välillä, jotta tiedonvaihto ei katkea satama-alueella. Tällä hetkellä satamien ja VTS:n välillä on solmittu sopimuksia, jotka koskevat alusliikennepalvelulain mukaista palvelua sataman hallinnassa olevilla vesialueilla. Ne käsittävät operatiivisen liikenteen ohjauksen eli pääosin tiedonantopalvelun ja liikenteen järjestelypalvelun tarjoamisen satamien vesialueilla. Ekosysteemipohjaista yhteistyötä on tehty esimerkiksi Rauman satamassa EU:n Efficient flow -hankkeen puitteissa satamatietojärjestelmähankkeessa, jossa on tuotettu skaalattava satamatietosovellus. VTS:n rooli ja vastuut tulevaisuudessa muuttunevat suhteessa etäohjaukseen ja -luotsaukseen sekä satamien toimintaan. Siksi satamien ja liikenteen ohjauksen vastuita ja yhteistyötä saattaa olla tarpeen kehittää mahdollisesti jopa lainsäädännöllä.

Alusliikennepalveluja koskeva IMO:n päätöslauselma (Res. A857(20)) muuttaa erilliset alusliikennepalvelut (tiedotus, navigointiapu ja alusliikenteen järjestely) VTS:n tehtäviksi sekä pyrkii yhtenäisiin menettelytapoihin. Rannikkovaltioiden yhteistyö tulee entisestään korostumaan automaation myötä mahdollisesti yhteisinä VTS-palveluina, mikä tulee edellyttämään harmonisoitua tiedonvaihtoa ja automaattisia raportointimenettelyjä. VTS-palvelujen sisältö vaihtelee maittain ja edistykselliset maat kehittävät nimenomaan digitaalisen tiedon vaihtoon liittyviä palveluja.

Merenkulun turvalaite- ja majakkajärjestö IALA

Merenkulun turvalaite- ja majakkajärjestö IALA:ssa on käynnistynyt tulevaisuuden VTS-palvelujen globaalin skenaarion valmistelun, mihin Suomi vaikuttaa aktiivisesti. Tavoitteena on, että VTS pystyisi hoitamaan tehtäviään entistä ennakoivammin, toimimaan digitaalisen tiedon vaihdon solmukohtana sekä tarjoamaan uusia palveluja ja käytäntöjä parantaakseen navigoinnin turvallisuutta ja tehokkuutta sekä suojelemaan ympäristöä estämällä häiriötilanteen synnyn.

Tarkoituksena on myös parantaa globaalia yhteentoimivuutta tarkastelemalla IALA:n standardeja ja ohjeistuksia automaation näkökulmasta vastaavalla tavalla kuin IMO:n säädöskartoitus on tehty ja tarvittaessa uudistaa näitä ennakoivasti. Kiina on esittänyt selvityksen⁸⁶ MASS-alusten vaikutuksista IALA:n VTS-ohjeistukseen. Sen mukaan tarvitaan uusi tiedonvaihtotapa täydentämään puheeseen pohjautuvaa VHF-tiedonvaihtoa sekä huomioimaan laajat datan vaihdon tarpeet ja verkkoturvallisuusvaatimukset. Lisäksi tarvitaan VTS-henkilöstön työtehtävien kehittämistä. Selvityksessä on todettu lainsäädännön puutteita esimerkiksi COLREG-sopimuksessa ja VTS-keskuk-sia koskevasa paikallisessa sääntelyssä. Autonomisten alusten osalta Kiina näkee haasteena VTS:n ja MASS-alusten vuorovaikutuksen ja liikenteen ohjauksen järjestämisen hätätilanteissa.

Rotterdamin satama on esittänyt IALA:ssa käytävän keskustelun pohjaksi dokumentin seuraavan sukupolven VTS:stä, joka mahdollistaa toimimisen MASS-alusten kanssa. Esitys on hyvin linjassa Suomessa tehdyn strategiatyön ja hankkeiden kanssa. Asia-kirjan mukaan VTS on tiedon vaihtoa eikä enää turvallisuusviestien lähettämistä. VTS:illä on oltava välineistö, jolla voidaan antaa tukipalveluja ja informaatiota riippu-matta aluksen teknisestä tasosta. Tulevaisuuden VTS sisältää täysin digitaalisen tilan-ekuvan. On tarpeen määritellä digitaalisen tilannekuvan minimitaso sekä tilanneku- van elementit. Alusten tulee kyetä kommunikoimaan digitaalisesti keskenään ja VTS:n kanssa. Tarvitaan näkemys siitä, mitä tietoa digitaalisesti jaetaan, jotta voidaan enna- koida tulevat tilanteet ja muodostaa riittävä tilannetieto päätöksentekoa varten. VTS:n tulee saada alusten tuottama tieto, erityisesti reittitiedot, alueellaan käyttöönsä. VTS:n päätöksenteko perustuisi osin kolmannen osapuolen tuottamaan digitaaliseen tietoon, joten tiedon luotettavuuden ja eheyden varmistaminen ovat keskeisiä.⁸⁷

⁸⁶ China Maritime Safety Administration: VTS49-8.2.4 (VTS48-8.2.6) Scoping exercise on the implications of MASS on VTS documents

⁸⁷ Harmen van Dorsser: Future of VTS. 2020

5.4 Meriliikenteen automaation edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri

Meriliikenteen automaation laajentuminen kasvattaa viestintäyhteyksien merkitystä merialueilla. Autonomisen merenkulun ja navigoinnin edellytykset vaihtelevat riippuen siitä, liikkuko alus avomerellä, meriväylillä, rannikolla vai satamassa. Näissä jokaisessa on omat tarpeensa viestintäyhteyksille ja tarkoituksenmukaiset ratkaisut vaihtelevat.

Avomerialueilla perinteisten maanpäällisten verkkojen kantama ei mahdollista yhteyksien tarjoamista, vaan satelliittijärjestelmät ovat keskeisin tapa tarjota yhteyksiä näillä alueilla. Satelliittiyhteydet ovat kuitenkin vielä kalliita ja tiedonsiirtokapasiteetiltaan rajoittuneita. Meriväylillä lähestyttäessä rannikkoa tiedonsiirto voi perustua satelliittijärjestelmiin ja mahdollisesti maanpäällisiin verkkoihin, mikäli niiden saatavuus ja alueellinen suorituskyky ovat riittäviä. Tulevaisuudessa meriväylille ollaan mahdollisesti kehittämässä uudenlaisia tapoja toteuttaa peitto. Satama-alueilla maanpäälliset verkot tarjoavat yhteydet alusten ja satamatoimintojen tarpeisiin.

Dynaamisen tiedonvaihdon määrä lisääntyy satamia lähestyttäessä ja verkkoyhteyksien parantuessa. Mitä kauemmas avomerelle mennään, sitä vähemmän tietoa on saatavissa ulkoisista lähteistä ja sitä staattisempaa käytettävissä oleva tieto on. Tietoliikenteen katkokset asettavat haasteita toimintavarmuudelle ja siten tiedon luotettavalla saatavuudelle. Siksi jatkuvuus varmistetaan tarjoamalla vaihtoehtoisia yhteyksiä esimerkiksi säilyttämällä vanha järjestelmä varajärjestelmänä ja mahdollistamalla joustavuus yhteyden valinnassa.

Merenkulun radioviestintäjärjestelmien nykytila

Aluksilla on edelleen 1990-luvulla käyttöön otettua, tosin vaatimukseen perustuvaa viestilaitteistoa, joista joidenkin käyttöliittymät ovat nykyaikaistuneet. Alukset on varustettava radiomerialueensa mukaisella kansainvälisen hätä- ja turvallisuusjärjestelmän (Global Maritime Distress and Safety System, GMDSS) radiovarustuksella, jonka pää tarkoitus on hätäviestien lähettäminen ja vastaanottaminen, eli hätä- ja turvallisuusradioviestintä. GMDSS on pakollinen SOLAS-yleissopimukseen kuuluvissa kansainvälisen liikenteen aluksissa. Kotimaan liikenteessä käytetään tästä mukailtuja kansallisia määräyksiä.

GMDSS-järjestelmä koostuu merellä liikkuvista aluksista ja maissa olevista meripelastuskeskuksista, jotka kansainvälisellä sopimuksella pitävät yllä jatkuvaa turvallisuuteen liittyvää radiopäivystystä. GMDSS-järjestelmä koostuu VHF-, MF- ja HF-taajuusalueilla toimivista radioista ja radioiden digitaaliselektiivikutsu (DSC) ominaisuudesta sekä GMDSS-järjestelmään hyväksytyjen palveluntarjoajien satelliittiterminaaleista. Satelliittipohjaista hätä- ja turvallisuusviestintää käytetään muun muassa alueilla, joilla ei ole VHF- tai MF-radiopaittoa. Kaikki alusten GMDSS-radiolaitteet sekä satelliittiterminaalit, joilla voidaan lähettää hätähälytys, on kytkettävä paikkatietoa tuottavaan laitteeseen (esimerkiksi satelliittipaikannuslaite, GNSS) tai siinä tulee olla sisäinen paikannäärityslaite. Inmarsat ja Iridium ovat IMO:n hyväksymiä satelliittipalveluiden tarjoajia GMDSS-järjestelmässä, joka tarjoaa globaalisti hätä- ja turvallisuusliikennepalveluja aluksille.

Satelliittiterminaaleja käytetään myös aluksen paikkatiedon lähetykseen alusten kaukotunnistus- ja seurantajärjestelmässä (LRIT) sekä turvahälytyksen (SSAS) lähettämiseen. Satelliittiterminaaleja voidaan käyttää aluksen muuhunkin viestintään, kuten matkaan ja aikatauluihin liittyvään viestintään varustamon tai sataman kanssa. Lisäksi aluksella tulee olla riittävät radiolaitteet alusten väliseen viestintään sekä viestintään alusliikennepalvelun (VTS) kanssa.

Automatic Identification System (AIS) avulla välitetään muun muassa aluksen tunnus-, sijainti- ja liiketietoja. Alueilla, missä liikennemäärät ovat suuria, AIS-kanavat ovat varsin ruuhkautuneita. Järjestelmän turvallisuuden kannalta sekä ilmailussa että merenkulussa on havaittu valitettava trendi, jossa maa-asemien kautta järjestelmiin syötetään häiriötietoja, joka tukkii koko järjestelmän toiminnan.

Automaation kannalta on oleellista, että nykyisin VHF-puhekanavien kautta välitettävät tiedot olisi saatavilla sähköisessä muodossa. Vielä osittain kehityksen alla oleva VHF Data Exchange (VDES) -järjestelmä pystyy välittämään digitaalista dataa jonkin verran nopeammin kuin AIS-kanavat. VDES-järjestelmän satelliittikomponentti tekee siitä myös avomerillä toimivan järjestelmän.

4G- ja 5G-teknologioiden mahdollisuudet merenkulun ja satamien kannalta

Alusten etäohjaus, -operointi, -kunnossapito ja -luotsaus sekä näiden järjestelmien testaus vaativat riittäviä tietoliikenneyhteyksiä. Myös perinteiset alukset tulevat sisältämään yhä enemmän uutta tekniikkaa, esimerkiksi sensoreita, mikä lisää tiedonsiirtotarpeita. Vastaavasti satamien uudet toiminnot, esimerkiksi automaatio ja etävalvonta edellyttävät uusia ratkaisuja ja ominaisuuksia viestintäverkoilta. Nykyiset viestintäyhteydet eivät vielä yllä liikenteen ja viestinnän tulevaisuuden ratkaisujen edellyttämälle tasolle.

Avomerellä viestintäyhteydet ovat hitaammat, eivätkä ne riitä suurten tietomäärien siirtoon. Sen sijaan osin rannikolla ja satama-alueella 4G- ja tulevaisuudessa 5G-verkot voivat mahdollistaa jo suurempien tietomäärien siirron.

Tulevaisuuden satamatoimintojen ja vesiliikenteen automaation tarpeet eivät ole kattavasti vielä tiedossa. Niitä tutkitaan monessa hankkeessa ja tulee tutkia edelleen. Osana valtakunnallista liikennejärjestelmätyötä on myös selvitetty tulevaisuuden tarpeita ja viestintäverkkojen saatavuutta liikenteen palvelutarpeisiin.

Matkaviestinverkot, kuten 4G ja 5G, suunnitellaan esisijaisesti palvelemaan alueita, joilla ihmiset asuvat ja liikkuvat. Verkot suunnitellaan pääsääntöisesti palvelemaan maa-alueita, eikä niitä optimoida vesialueilla liikkuvia varten. 4G-verkot palvelevat jo hyvin satamassa liikkuvia matkustajia. Useat satamat ovat kuitenkin rakentaneet omia satamatoimintojaan varten yksityisiä 4G-verkkoja, koska kaupalliset verkot eivät ole riittäviä palvelemaan satamatoimintoja.

5G-verkkotoiminta ja tukiasemat palvelevat erityisesti kaupunkien keskustoja ja näiden läheisyydessä olevia asuinalueita. Tästä syystä satamien ja vesiväylien 5G-saatavuus on vielä vähäistä. Tutkimusta ja kokeiluja varten on rakennettu 5G-tukiasemia esimerkiksi Oulun satamaan, mutta peittoalueet ovat satamatoimintoja ajatellen vielä rajalliset.

Matkaviestinverkkojen laajakaistapeitto (30 & 100 Mbit/s) ulottuu laivaväylille rannikon välittömässä läheisyydessä ja peruspeitto (~<2 Mbit/s) ulottuu huomattavasti laajemmalle. Peittoaluearviot perustuvat kuitenkin vastaanottoon maa-alueilla, joten niissä ei ole otettu huomioon merialueiden erilaisia etenemisolosuhteita tai käyttötapauksia, kuten antennikorkeuksia. Todellisissa peittoalueissa signaalin tasossa voi olla paikallisesti ja ajallisesti nopeita vaihteluita. Myös häiriötasot voivat merialueilla olla korkeammat, jolloin todellinen siirtonopeus voi olla pienempi kuin maa-alueilla. Lisäksi verkon kuormitus vaikuttaa palvelun saatavuuteen.

Teleoperaattoreille ei ole toimiluvissa asetettu peittoaluevelvoitteita merialueiden osalta. Lähitulevaisuudessakaan merialueiden peittoon ei ole odotettavissa merkittävää parannusta, mikäli verkkoja kehitetään ainoastaan kaupallisesta näkökulmasta.

Liikenne- ja viestintäviraston, Väyläviraston ja Ilmatieteen laitoksen yhteistyöllä tuetaan 5G kokeiluja kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Yhdessä kartoitetaan myös käyttötapauksia muun muassa merenkulun ja satamien osalta sekä tutkitaan, miten 5G-tekнологia voisi vastata merenkulun automaation, vesiliikenteen älyväylän sekä satamien tarpeisiin monitoimijaympäristössä logistiikan ja automaation osalta. Meriliikenteen tulevaisuuden tietoliikennetarkastelun näkökulmasta tarkastelun kohteena on tarvittava

peitto, palvelun laatu ja toimintavarmuus, sekä toteutusmahdollisuudet maanpäällisen verkon ja satelliittiyhteyksien osalta.

Nykyisten 4G-verkkojen tarjoamasta peitosta ja palvelun laadusta merialueilla ja meriliikenteen tarpeisiin ei ole läheskään niin kattavaa käsitystä kuin 4G-verkkojen saataavuudesta maa-alueilla. Mittauksin voisi selvittää miten nykyiset 4G-verkot vastaavat merenkulun viestintätarpeisiin ja mitkä ovat tarpeet 5G verkoille tulevaisuudessa. Erilaisten merenkulun kokeiluiden ja tutkimushankkeiden toteuttamismahdollisuuksia edistetään.

Automaation 5G-tarpeita voidaan arvioida kehittämishankkeiden pohjalta kuten Intelligent Sea (Naantali), Sea4Value-hanke (Turku-Tukholma), Helsingin sataman digitalisaatiohanke, IstLab (Rauma), Helsingin, Oulun ja Hangon sataman digitalisaatiohankkeet ja NaviSaimaa (Saimaan alue).

Satelliittipaikantaminen merenkulussa

Satelliittipaikantaminen on merenkulussa paikantamisen perusmenetelmä. Maailman laajuisen kattavuuden tarjoavilla GNSS-järjestelmillä on kasvava merkitys merenkulun automaatiolle, sillä tarkalla paikanmäärityksellä on keskeinen rooli autonomisten järjestelmien päätöksenteossa. Yhdysvaltalaisen GPS-järjestelmän lisäksi on saatavilla eurooppalainen Galileo, venäläinen GLONASS sekä kiinalainen Beidou, jotka kaikki tarjoavat globaalisti kattavan kaikille avoimen sijaintitietopalvelun. Vastaanottimet voivat hyödyntää samanaikaisesti useampaa eri järjestelmää. Parhaan avoimen palvelun paikannustarkkuuden yksittäisistä GNSS-järjestelmistä tarjoaa Galileo, mutta monikonstellaattoriatkaisua hyödyntämällä voidaan tarkkuutta edelleen parantaa noin 1,5 metriin saakka. Galileon HAS-tarkkuuspalvelu tuo noin 20 senttimetrin paikannustarkkuuden. HAS-palvelu on tulossa saataville vuonna 2023.

Tiedon luotettavuuden varmistamiseksi tarvitaan myös tieto paikannussignaalin alkuperästä. Joillakin alueilla koetaan riskiksi paikantamisen häirintään tai harhautukseen perustuva merirosvous ja mahdollisesti siitä johtuvat onnettomuudet. GPS:n ja muiden GNSS-järjestelmien tarjoamien avoimien palveluiden haaste on niiden herkkyys häiriöille ja harhauttamiselle. Galileo tuo ainoana GNSS-järjestelmänä kaikkien käyttäjien saataville autentikointipalvelun satelliittisignaalin eheyden ja alkuperän varmistamiseksi. Galileon maksuton OS-NMA- ja kaupallinen CAS-autentikointipalvelu ovat saatavilla vuoden 2022 jälkeen. Lisäksi Galileo tarjoaa EU-jäsenmaiden viranomaisten ja huoltovarmuuskriittisten toimijoiden käyttöön PRS-palvelun, jolle annetaan palvelulupaus myös poikkeusoloissa. PRS-palvelu otetaan Suomessa kansallisesti käyttöön vuonna 2024 ja sitä hallinnoiva viranomainen on sijoitettu Liikenne- ja viestintävirastoon.

Satelliittipaikannusjärjestelmien tukena käytetään lisäksi usein avustejärjestelmiä, jotka parantavat paikannustiedon tarkkuutta ja luotettavuutta. Avustejärjestelmät lähettävät erillisen tiedonsiirtokanavan kautta GNSS-järjestelmiä täydentävää tietoa. Merenkulussa laajimmin käytössä olevia järjestelmiä ovat satelliittipohjaiset avustejärjestelmät, kuten EGNOS- ja differentiaali-GPS-järjestelmä. Satelliittinavigoinnilla tuotettua paikannus- ja navigointitietoa varmennetaan aluksilla tutkatiedon ja muiden aluksen omien sensoreiden tuottaman tiedon avulla sekä ylläpitäen perinteistä visuaalista navigointia. Fintraffic meriliikenteenohjaus ylläpitää Suomessa GPS-satelliittipaikannusjärjestelmälle differentiaalikorjausjärjestelmää (DGPS). Sitä on ylläpidetty korjaamaan ilmakehästä johtuvia signaalipoikkeamia paikannuksen tarkkuuden parantamiseksi. Järjestelmä ei kykene korjaamaan esim. tahallista häirinnästä aiheutuvia paikallisia virheitä. Kaikkien ammattimerenkulussa käytettävien alusten navigointilaitteiden pitää olla IMO:n hyväksymiä. Esimerkiksi monitaajuusvastaanottimella voi käyttää hyväkseen useita erilaisia ja eri periaatteella toimivia navigointijärjestelmiä erilaisissa kokoonpanoissa.

Satelliittipohjaisten GNSS-järjestelmien tukena sijaintitiedon tuottamisessa ja tarkentamisessa voidaan käyttää myös muita menetelmiä, kuten erilaisia tutka- ja sensorijärjestelmiä. Maailmalla on myös olemassa kaupallisia korjausjärjestelmiä (esim. GPS RTK, joka ei kata Suomen aluetta).

Merenkulun viestintäjärjestelmien ja navigoinnin kehitys

Globaali ja teknologianeutraaliuden mahdollistava standardisointi on tärkeää merenkulun viestintäjärjestelmien ja navigoinnin apuvälineiden yhteentoimivuuden kannalta. Merenkulun digitalisaatiossa haetaan globaalia verkottumista, joka poikkeaa aikaisemmasta tilanteesta siinä mielessä, että vaatimuksena on yhteneväisen radiorajapinnan lisäksi myös maa-asemaverkkojen linkittäminen globaalisti keskenään. Globaalin harmonisoidun ratkaisun voisivat tarjota esimerkiksi 5G, VDES ja matalan kiertoradan LEO-satelliitit, jotka mahdollistaisivat nopeat, langattomat 5G-yhteydet keskenään integroitujen maanpäällisten ja satelliittiverkkojen kanssa.

Merenkulun automaation lisääntyminen, etäohjattavien ja autonomisten laivojen tuleminen vaatii tulevaisuudessa erityistä luotettavuutta tiedonsiirtojärjestelmiltä. Laivojen ja satamien laitteet verkottuvat osana yleistä IOT-kehitystä, mikä edellyttää lisäkapasiteettia tiedonsiirtojärjestelmiin ja varautumista kyberturvallisuushkiin. Tiedonsiirtojärjestelmät välittävät pitkälle automaatiota ohjauksessa hyödyntävien sekä etäohjauksessa olevien laivojen paikka-, olosuhde- ja reittitietoja sekä välittävät maalta laivoihin niiden hallintaan ja ohjaukseen tarvittavia signaaleja. Etäohjattavien alusten tiedonsiir-

tojärjestelmien luotettavuus, kapasiteetin riittävyys, alueellinen kattavuus sekä kyberturvallisuus tulevat olemaan keskeisessä osassa tulevaisuudessa meriliikenteen riskien hallinnassa.

Satelliittinavigointiin kohdistuvat kyberturvallisuushkat voidaan jakaa radiotaajuiseen häirintään (jamming), jolla pyritään peittämään satelliitista vastaanotettava signaali tätä voimakkaammalla häiriösignaalilla, ja harhautukseen, jossa todellisen paikannus-signaalin sijaan vastaanottimelle syötetään väärää sijaintitietoa. Erityisesti eurooppalaisen Galileo-satelliittipaikannusjärjestelmän tuottamiin palveluihin ollaan tuomassa sekä harhautussignaalin käyttöä ehkäiseviä autentikointiominaisuuksia (OS-NMA, Open Service Message Authentication) että signaalin häirintää merkittävästi vaikeuttavia (PRS, Public Regulated Service) ratkaisuja. Molemmilla tekniikoilla voidaan ennakoida olevan merkittävä vaikutus merenkulun paikantamisvarmuuden lisäämisessä tulevaisuudessa.

Satelliittinavigointijärjestelmien tueksi pystyttäisiin nykyteknologialla tuottamaan ns. vaihehavaintokorjauksia, jotka mahdollistavat reaaliaikaisen 3D-sijaintitiedon laskennan alusvastaanottimissa jopa desimetritarkkuudella, sisältäen siis myös aluksen tarkan sijaintitiedon korkeussunnassa. Aluksen tarkka 3D-sijaintitieto yhdistettynä tarkkaan tietoon väylän syvyysprofiilista taas mahdollistaisi aluksen kulkusyvyyksen reaaliaikaisen tarkastelun, kuljetettavan lastin maksimoinnin sekä sopivien reittivaihtoehtojen käytön polttoainesäästöjen saavuttamiseksi. Palvelun haaste ja jatkokehitystä vaativa osa-alue on kuitenkin kapasiteetiltaan ja kattavuudeltaan riittävän, luotettavan, keskeytymättömän ja standardoidun tiedonsiirtoyhteyden järjestäminen alukselle.

Tällä vuosikymmenellä satelliittiala on nosteessa ja uudet toimijat pyrkivät mukaan satelliittitietoliikenteeseen uusilla konsepteilla. Satelliittitietoliikenteestä ja varsinkin satelliitti-5G:stä visioidaan rakennettavan jopa tuhansien satelliittien konstellaatioita (parvia) tarjoamaan maailmanlaajuisia internetyhteyttä. Täysimittaisesti toteutuessaan nämä konstellaatiot pystyisivät tarjoamaan internetyhteyden huomattavasti nykyisiä satelliittiyhteyksiä edullisemmin.

Alusten kanssa tulisi pystyä kommunikoimaan ja niille toimittamaan tietoa saumattomasti useiden eri taajuuksien ja tiedonsiirtoteknologioiden kautta siten, että käytössä on aina tilanteeseen parhaiten soveltuva teknologia, ottaen huomioon tarvittava tiedonsiirtokapasiteetti ja järjestelmien toiminta-alue. Parhaassa tapauksessa tiedonsiirtojärjestelmän valinta tapahtuisi aluksella automaattisesti ja käytössä olisi aina tarpeisiin juuri sillä hetkellä parhaiten optimoitu järjestelmä. Järjestelmän valintakriteereinä voisivat toimia esimerkiksi reaaliaikaisen tiedon tarve, tiedon siirron kustannukset ja tarvittava tiedonsiirron kapasiteetti.

5G voisi olla käytössä siellä missä sen kuuluvuutta voidaan kohtuudella saada ylläpidettyä ja kauempana tyydyttäisiin joko hitaampiin maanpäällisiin järjestelmiin tai tarvittaessa satelliittiyhteyksiin. Avomerellä viestintäyhteydet suurten tietomäärien siirtoon edellyttävät satelliittiyhteyttä, jotka ovat edelleen hintavia. Sen sijaan osin rannikolla ja satama-alueella 4G- ja tulevaisuudessa 5G-verkot voivat mahdollistaa jo riittävän suurien tietomäärien siirron.

Merenkulun automaation tarpeisiin olisi syytä laatia digitaalisen infrastruktuurin kehittämissuunnitelma. Siinä selvitettäisiin olemassa olevan digitaalisen infrastruktuurin tila (muun muassa merenkulun radiojärjestelmät, matkaviestintäverkot, satelliittitietoliikenne) laatimalla kartta nykytilasta. Kehittämissuunnitelma koskisi avomerta, väyliä, rannikkoa ja satamia ja sisältäisi muun muassa tukiasemien sijainnin ja verkon palvelutason. Tarvekartoituksella selvitettäisiin käyttäjien tarpeet digitaaliselle infrastruktuurille ja digitaalisen infrastruktuurin toteuttamis- ja rahoitusmahdollisuudet. Lisäksi testattaisiin käyttötapauksia. Suunnitelman toteutumisen edellytyksenä on elinkeinoelämän mielenkiinto ja rahoituksen järjestäminen kokeiluille. Lisäksi on tarpeen selvittää mahdollisuudet parantaa verkkojen kattavuutta ja palvelutasoa meriliikenteen tarpeisiin, mukaan lukien yritysten ja viranomaisten vastuut ja rahoitusmahdollisuudet.

On tarpeen selvittää mitä vaatimuksia etäohjaus ja muut automaatoratkaisut asettavat 4G:n ja 5G:n hyödyntämiseen ja minne 5G-tukiasemia tulisi sijoittaa. Lisäksi on tarpeen selvittää markkinaehtoisilla käyttötapauksilla uudenlaisia toteutustapoja.

5.5 Tiedon jakaminen ja sen edellytykset meriliikenteen automaation näkökulmasta

Tässä suunnitelmassa tiedot on jaettu laivojen omaa käyttöään varten keräämiin, viranomaisille lainsäädännön pohjalta toimitettaviin tietoihin, merenmittaukseen perustuviin ja viranomaisen ylläpitämiin merikartan tietoihin, logistiikkatietoihin sekä sää- ja olosuhdetietoihin. Tilannekuvan osalta on tarkasteltu sekä viranomaisten tilannekuvaa että yhteistä tilannekuvaa. Yhteistä tilannekuvaa on jaettava esimerkiksi merialueella liikkuvien välillä sekä liikenteen ohjauksen sekä etäohjaajan tai -luotsaajan ja aluksen välillä. Automatisoituva meriliikenne tarvitsee luotettavan staattisen tiedon lisäksi yhä dynaamisempaa ja ennakoivaa tietoa muun muassa aluksen sijainnista, reitistä, toiminnasta, liiketilasta ja käyttäytymisestä sekä sää-, olosuhde- ja reittitietoa.

Nykyiset tiedonvaihtoratkaisut ovat nopeasti kehittymässä, mutta ne eivät vielä riitä tulevaisuuden automaatiotarpeisiin. Tarpeetkaan eivät vielä ole kaikilta osin tiedossa.

Merikartta

Alusten reitin ja matkan suunnittelussa ja reaaliaikaisessa navigoinnissa tarvitsema tieto navigointiympäristöstä esitetään ja jaetaan merenkululle merikartan sekä navigointia tukevien julkaisujen avulla. Elektroninen merikartta sisältää muun muassa seuraavat tiedot, joita myös automaatio tarvitsee:

- vedenpäällisestä maastosta (mukaan lukien merenkululle oleelliset rantarakenteet, satama- ja laiturirakenteet)
- vesisyvyyksistä (muun muassa syvyysalueet, matalikkojen syvyydet, reittien minimisyvyydet, väyliä sekä satama-aitaiden varmistetut syvyydet)
- reititysjärjestelmistä (muun muassa suositellut reitit, liikennejako-alueet, deep water -alueet)
- vesiväylistä ja niihin liittyvistä turvalaitteista (muun muassa navigointilinjat, väyläalueet, kelluvat ja kiinteät turvalaitteet sekä niiden valotunnukset sekä muut navigointitekniset tiedot) sekä muut merenkulun turvalaitteet (muun muassa majakat, tutkamerkit)
- aluevesien ja talousvyöhykkeiden rajoista
- ankkurointi- ja rajoitusalueista (muun muassa luonnonsuojelualueet, ampuma-alueet)
- vedenalaisista putkista ja kaapeleista

Merenpohjan syvyydet on yleistetty ja yksityiskohtaiset tiedot on saatavilla aluevesiltä maanpuolustukseen liittyvistä syistä ainoastaan kauppamerenkulun väyliä osalta. Ne osoittavat liikkumiselle turvallisen alueen. Tätä suunnitelmaa valmisteltaessa nousi esiin tarve kehittää merenkulun turvalaitteita ja väylän syvyyttä koskevien tietojen tarkkuutta ja saatavuutta aluksilla sekä sisällyttää siihen dynaamisia tietoja. Elektronisen merikartan ja ECDIS⁸⁸:n käyttö on pakollista kaikissa SOLAS⁸⁹-sopimuksen mukaisissa aluksissa. Elektronisen merikartan ja ECDIS:n käyttö ei ole pakollista muissa aluksissa, mikä rajoittaa niiden käyttöä. Elektroninen merikartta on saatavilla lähes kaikilta kansainvälisen kauppamerenkulun käyttäjiltä reiteiltä ja alueilta kattaen lähes kaikki meri- ja valtamerialueet. Kartta on saatavissa koneluetavassa ja kansainvälisesti standardoidussa muodossa.

Suomessa merikartoitustoiminnasta ja merikarttatietojen ja -tuotteiden julkaisusta vastaa Liikenne- ja viestintävirasto. Väylätietoja ylläpidetään Väyläviraston rekistereissä, josta ne välitetään aluksille ja muille tiedon tarvijöille Liikenne- ja viestintäviraston julkaisemilla merikartoilla. Elektroniset merikartat päivitystietoineen jaetaan aluksille ja

⁸⁸ Electronic Chart Display and Information System

⁸⁹ Kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä, International Convention for the Safety of Life at Sea

muille meriliikenteessä toimiville tahoille kansainvälisen palvelun kautta 24/7 periaatteella, mutta keskimäärin karttapäivitysten vastaanottoon kuuluu muutama päivä valtameri- ja muiden avomerialueiden heikoista tietoliikenneyhteyksistä johtuen. Kriittisimmät muutokset navigointiympäristössä voidaan kuitenkin viestiä aluksille merivaroituksina muun muassa Navtex- sekä turvallisuusradiopalvelun kautta.

Reaaliaikaiset tiedot vallitsevista meri- ja sääolosuhteista ovat tulossa navigointijärjestelmiin. Tietojärjestelmiä maissa on tarpeen kehittää muun muassa liikenteen ohjauksen näkökulmasta, jotta ne pystyvät hyödyntämään tiedonvaihdon rajapintoja.

Syvyysmallien käyttöönotto alusten navigointijärjestelmissä edellyttää syvyysmallien tuottamisen ja jakelun järjestämistä ja alueellisen (esimerkiksi Itämeren valtiot) palvelujen harmonisointia sekä laitevalmistajilta niiden huomiointia ECDIS-laitteissa. Lisäksi käyttöönotto on hyväksyttävä IMO:ssa, jotta näitä uusia tietotuotteita ja palveluja voidaan hyödyntää SOLAS-määräysten alaisilla aluksilla niiden ensisijaisissa navigointijärjestelmissä.

Rauman, Pietarsaaren, Uusikaupungin, Sköldvikin ja Saimaan kanavan osalta on olemassa syvyystietomallit. Merikartan dynaamisuuden kehittämistä on kokeiltu yhdistämällä elektroniseen merikarttaan (ENC) syvyysmalli ja tieto reaaliaikaisesta vedenkorkeudesta. Kokeilulla simuloitiin tilanteita jossa vedenkorkeuden muuttuessa myös aluksen käytettävissä olevat turvavesirajat muuttuvat.

Syvyystietoon pohjautuen on pitkälle rakennettu valmiudet tuottaa väylätilaa ja syvyys-suhteita kuvaava kolmiulotteinen tarkka maastomalli. Näitä syvyysmalleja hyödynnetään jo merenkulun simulaattoreissa ja lähitulevaisuudessa etäluotsauskokeiluissa ja myös luotsien omissa järjestelmissä.

Liikenne- ja viestintäviraston, Väyläviraston, Ilmatieteen laitoksen käynnissä olevassa ns. "N2000 väylä- ja merikarttauudistuksessa" syvyys- ja väylätiedot saatetaan Suomen ja myös Itämeren yhtenäiseen korkeusjärjestelmään asteittain kaikilla Suomen meri- ja sisävesialueilla vuoteen 2026 mennessä. Tämä luo osaltaan pohjaa eri navigointitietojen ja -tietotuotteiden yhteiskäytölle alusten navigointijärjestelmissä esim. merikarttatiedon yhdistämisen reaaliaikaiseen olosuhdetietoon.

Reaaliaikaisesti muuttuvan dynaamisen merikartan toteuttaminen mahdollistaisi olosuhdetiedot huomioivan vesialueen hyödyntämisen eli dynaamisen väylän. Haasteita ovat toteutuksen ja ylläpidon organisointi, kustannustekijät sekä se, miten reaaliaikaiset olosuhdetiedot saadaan käytännössä siirrettyä laivalle. Lisäksi toteutus edellyttäisi myös laivoilta olosuhdetietojen jakamista.

Käytännössä tiedon siirtoa helpottaisi datapakettien pieni koko. Avomerellä ratkaisuna voisivat olla tiedonsiirtolinkit (hotspot), joiden kautta tieto latautuisi laivalle. Reunalaskennan avulla dataa voidaan puolestaan käsitellä ja varastoida lähempänä paikkaa, jossa sitä käytetään. Tämä lyhentää käsittelyn viiveitä ja pienentää verkon yli siirrettäviä datamääriä. Reunalaskenta on hyödyllistä myös muissa viiveen kannalta kriittisissä toiminnoissa, kuten etävalvonnassa ja -ohjauksessa.

Logistiset tiedot

Automaation kannalta keskeisiä logistisia tietoja ovat:

- alusten tarkat, reaaliaikaiset ja ennakoitavat lähtö- ja saapumisaajat erityisesti yhdistettynä operatiiviseen tietoon, kuten tarkkaan paikkatietoon satamainfrastruktuurista (erityisesti tarkka laiturin paikkatieto ja vapautumisaika alusten ohjauksen ja hinauksen käyttöön)
- aikataulut ja reitit sekä niiden muutokset
- lastauksen ja purun tila
- tieto lastista, sen sijainnista, kunnosta ja tilasta aluksen ruumassa
- palvelujen saatavuustieto satamassa

Laivan antureilla voidaan tuottaa myös tietoa komentosillalle tai suoraan satamaan lastin tilasta ja kunnosta ruumassa ja konteissa. Tämä on tärkeää tietoa, sillä liikkuvassa aluksessa ei voi tarkistaa lastin kuntoa ruumassa kesken matkan. Käytännössä kontinomistajat määrittelevät sen, mitä sensoreita konttiin tulee. Satama-automaation kannalta tarvitaan tarkempi tieto lastista ja siitä, missä järjestyksessä se tulee satamaan.

Laivojen keräämät tiedot

Laivojen anturit keräävät tilannekuvatietoa. Anturit keräävät 1) tietoa tehokkuuteen liittyvistä päivittäisistä toiminnoista (kuten koneistotietoa), 2) olosuhdetietoa ja 3) paikkatietoa eli tietoa matkasta sekä 4) alusten tunnistamiseen ja vuorovaikutukseen liittyvää tietoa, jota toimitetaan pakollisiin merenkulun tietojärjestelmiin sekä 5) alusten turvallisuustietoa. Osa antureista on pakollisia, säädöksiin pohjautuvia ja osa uutta teknologiaa, jonka käyttö perustuu muuhun havaittuun tarpeeseen. Osa laivojen antureiden keräämistä tiedoista ei ole saatavilla ainakaan dynaamisina tietoina mistään muualta ja niitä voitaisiin hyödyntää nykyistä käyttötarkoitusta laajemmin.

Pakollisten antureiden osalta on tunnistettu tarve selvittää mahdollisuudet laajentaa seuraavien tietojen hyödyntämistä: tehokkuuteen (muun muassa ohjailu, konetehto, koneen toiminta) liittyvät toiminnot, 2) sää- ja olosuhdetiedot (muun muassa tuulen suunta ja nopeus) ja 3) tiedot aluksesta ja sen sijainnista (muun muassa aluksen

sijainti, nopeus ja keulasuunta, aluksen liikkeisiin vaikuttavat hydrostaattiset voimat, syvyysluotaimen sensoritieto).

Tilannekuvan parantamiseksi tulisi edistää alusten välistä tiedon jakamista. Ennakkotieto reitistä ja dynaamiset, ajantasaisesti matkan varrella muuttuvat reittitiedot (muun muassa reitti- ja käännöspisteet, kompassisuunnat, välimatkat, sallittu poikkeama, veden syvyys) ovat hyvä esimerkki kaikkien toimijoiden, kuten laivojen, etäohjauksen ja -luotsauksen sekä VTS:n tarvitsemista tiedoista. Tiedon tarkkuusvaatimukset vaihtelevat ja tarkkaa tietoa tarvitaan erityisesti ahtailla kulkuväylillä ja laiturialueella. Saaristoalueilla vaaditaan erityisen tarkkaa paikannusta.

Tiedot voidaan saada käyttöön kehittämällä tiedon jakamista tukevia toimintatapoja, standardointia ja toimijoiden rooleja. Lisäksi on tärkeää tukea teknologiakojeiluja ja pilotteja, joilla kehitetyt rajapinnat saadaan alusten käyttöön, sekä liikenteen ohjauksen, etäohjauksen ja -luotsauksen hyödynnettäväksi.

Alusliikennepalveluille ja viranomaisille tulisi jakaa digitaalisesti tiedot aluksen suunnitellusta reitistä sekä aluksen etäältä tapahtuvaan ohjaukseen, autonomiseen liikkumiseen tai etäluotsaukseen käytettävästä aluksen tarkasta paikasta ja liikkeestä. Tieto informaation luotettavuudesta, tarkkuudesta ja tuottamistavasta on tällöin olennainen. VTS-palvelun tarjoajalle. Aluksille ja etäluotsaukselle tulisi puolestaan välittää tiedot digitaalisesti autonomisen aluksen, etäohjauksen tai etäluotsauksen häiriötilanteista, väylästäöllä havaituista turvallisuuspoikkeamista sekä digitaalisen väylämerkinnän häiriöistä. Ajantasainen, visuaalinen laivan liiketilatieto (liike, suunta, nopeus, vastatuuli, aallokko, kallistuskulma) on tarpeen erityisesti etäohjauksen ja -luotsauksen tarpeisiin ja muille lähellä oleville aluksille.

EU-rahoituksella toteutetuissa Meriliikenteen hallinnan (Sea Traffic Management, STM) validointi -projektissa ja MONALISA-projektissa on kehitetty ja testattu teknologiaa reittisuunnitelman vaihtoon alusten välillä sekä alusten ja maa-asemien, mukaan lukien VTS-keskukset, välillä. Reittitiedon standardointia on valmisteltu kansainvälisen standardointiorganisaation IEC/TC80 (International Electrotechnical Commission) teknisessä komiteassa. ECDIS:een on kehitetty rajapinta, jonka kautta tietoa voidaan jakaa sieltä eteenpäin. Joillakin laitevalmistajilla on jo toiminnot reittisuunnitelman jakoon omissa ECDIS-järjestelmissään. Reittitiedon jakamisen mahdollistaminen ECDIS-järjestelmien kautta on käsiteltävänä IMO:ssa.

VDR (Voyage Data Recorder)

SOLAS-yleissopimus edellyttää matkatietojen tallentimen (VDR) asentamista kaikkiin kansainvälisen liikenteen matkustaja-aluksiin sekä kaikkiin lastialuksiin, jotka ovat vähintään 3000Gt ja rakennettu 1.7.2002 jälkeen. VDR-laitteen ensisijainen tarkoitus on tallentaa aluksen matkatietoja mahdollisen onnettomuuden tutkintaa varten. VDR tallentaa myös komentosillalla käytyä puhetta, ja tästä syystä tallenteiden käyttö on tarkoin rajattua. VDR-laite tallentaa IMO:n minimivaatimusten mukaisesti muun muassa aikaan, sijaintiin, nopeuteen, syvyyteen ja komentoihin liittyviä tietoja. Kallistuskulma on tärkeä parametri aluksen liiketilan mallintamisen kannalta. IMO:n päätöksen mukaisesti uusissa VDR-laitteissa tulee olla mahdollisuus nauhoittaa tätä tietoa. Edellä mainittu listaus kertoo, mitä tietoa on saatavilla aluksella digitaalisessa muodossa ja sitä voitaisiin huomioiden yksilön tietosuojaa hyödyntää myös muihin tarkoituksiin.

Lisäksi tulee tallentaa sähköisen laivapäiväkirjan tiedot, jos sellainen on asennettu. Sähköisen laivapäiväkirjan, joka sisältää muun muassa olosuhdetietoja ja laivalla tehtyjä toimenpiteitä, tulee olla hallinnon hyväksymiä. Sähköisten laivapäiväkirjojen tietosisällöstä on päätetty IMO:ssa vasta ympäristötietojen osalta. Siksi kerätyt tiedot voivat vaihdella lippuvaltiosta toiseen. Radiopäiväkirjaan tulee merkitä muun muassa tietoja radiotoimintaan liittyvistä tapahtumista ja kokeiluista ja toimintakunnosta sekä hätä-, pika- ja varoitusliikenteestä.

Aluksissa, jossa tekniikka on rajoitetumpi, on mahdollistettu myös S-VDR, jonka tietojen keruuvaatimukset ovat rajoitetumpia. Uudet VDR-laitteet mahdollistavat VDR-tiedon keruun ja analysoinnin. Tällaisia kaupallisia palveluja on tarjolla, mutta laivanisäntä voi päättää, hyödyntääkö palvelua.

Yhtenä mahdollisena esimerkkinä etäohjauskeskuksen tulee pystyä valvomaan esimerkiksi konetehon käytettävyyttä ja säätämään sitä, jotta aluksen ohjailun yksi keskeinen elementti on käytettävissä. VDR:stä ei ole tästä saatavilla riittävän tarkkaa tietoa. Tätä tietoa keräävät kaupalliset koneoptimointijärjestelmät ja tietoa on mahdollista siirtää maihin.

AIS (Automatic Identifications System)

SOLAS-yleissopimus edellyttää kaikkien kansainvälisen liikenteen matkustaja-alusten sekä lastialusten, jotka ovat vähintään 300GT sekä kotimaan liikenteessä alusten, jotka ovat vähintään 500GT varustelua automaattisella tunnistusjärjestelmällä (Automatic Identifications System – AIS). Järjestelmän tarkoitus on lähettää ja vastaanottaa tietoa aluksesta, sen tyypistä, paikasta, nopeudesta, tilasta sekä muusta turvallisuuteen liittyvästä tiedosta. Se on pidettävä toiminnassa, ellei muu ole tarpeen

aluksen turvallisuuden (security) varmistamiseksi. Aluksen päälliköllä on oikeus sulkea AIS-järjestelmä, mikäli turvallisuus (security) sitä edellyttää. Tyypillinen tilanne on merirosvous.

AIS-laitteen asennus edellyttää tiettyjen aluksen aikaa, tilaa ja paikkaa koskevien staattisten tietojen ohjelmoimista laitteeseen aluksen tunnistamista varten ja turhan VHF-radioliikenteen vähentämiseksi alusten ja rannikkoasemien välillä. AIS-laite tuottaa lisäksi joukon muuttuvia tietoja, joiden avulla on mahdollista mm. arvioida aluksen liiketilaa, lastia, määränpäättä, syväystä jne.

AIS-järjestelmää on IMO:n COLREG-sopimuksen mukaan tarkoitus käyttää ensisijaisesti tähytysapukeinona ja yhteentörmäysriskin määrittämiseen. Laitetta ei voi käyttää yhteentörmäyksen välttämiseen, koska tiedot kerätään aluksen laitteista ja/tai ne lisätään manuaalisesti ja voivat siksi olla virheellisiä. Alle 300 NT aluksia ei ole myöskään varustettu AIS:llä.

Täysin reaaliaikaiset AIS-tiedot pohjautuvat viranomaisen oman AIS-tukiasemaverkon keräämiin strategisesti tärkeisiin alusten liiketietoihin, joita käytetään lähtökohtaisesti vain operatiiviseen liikenteenohjaukseen ja merivalvontaan. AIS-tiedot ovat saatavilla kaupallisten yritysten kokoamana tietona lähes reaaliaikaisena ja maailmanlaajuisena internetistä, kuten osoitteesta Marinetraffic.com. Kattavuus ei välttämättä ole sama kuin viranomaisten keräämässä tiedossa ja ajantasaisuus vaihtelee sen mukaan, onko tieto maksullista vai ei.

Koska AIS-viestit lähetetään aluksilta VHF-taajuuksilla, tiedon ajantasaisuus riippuu alueen AIS-viestien määrästä. Niillä alueilla, missä alusliikennettä (lähettäviä laitteita) on paljon, voi AIS-tieto olla useita minuuttejakin vanhaa, mutta esimerkiksi Suomenlahdella AIS-tiedon viive ei normaalioloissa aiheuta ongelmia aluksille eikä alusliikennepalvelulle. Internetpohjaisten AIS-palveluiden maalitiedon viive riippuu palveluntarjoajasta ja yleensä se on minuuttien luokkaa. Näitä palveluita ei ole tarkoitettu merenkulun turvallisuuden apuvälineiksi. Alusten keräämä tieto ei ole välttämättä ehdottomasti luotettavaa. Siksi on tarpeen ratkaista se, miten sijaintitieto saadaan riittävän ajantasaisena ja luotettavana autonomisten alusten käyttöön. Eri sensorilähteillä, muun muassa tutkatiedolla voidaan verifioida paikkatieto ja varmistaa siten tiedon paikkansapitävyys.

AIS:iin on suunnitteilla MASS-tietokentän lisäys, joka viestii sekaliikenteessä ja muun muassa liikenteen ohjaukseen, että kyseessä on autonominen alus. Tämä edellyttää standardointia IALAssa ja Kansainvälisessä televiestintäliitto ITUssa sekä kyberturvallisuushaasteiden ratkaisemista.

Olosuhdetiedot

Sään ja meren olosuhdetiedot (METOCEAN) ovat kriittisiä merenkulun automaation turvallisuudelle. Sekä säähavainnot että olosuhde-ennusteet ovat tärkeitä autonomiselle liikenteelle. Ilmatieteen laitos tarjoaa meren tilaan liittyviä ja paikallisia sää- ja merihavaintopalveluja, ilmakehän ennustemalleja, SAR-satelliittituotteita (meripelastukseen) sekä meteorologisia ja METOCEAN -konsultointipalveluja. Suomalaisilla yrityksillä on säähän ja sen mittaamiseen liittyvää osaamista, jolla on myös vahvaa vientipotentiaalia.

Haasteeksi on koettu se, että säätiedot eivät ole vielä alueelliselta ja paikalliselta tarkkuudeltaan riittäviä tai tarpeeksi kattavia, sillä automaation kannalta kriittiset sään muutokset voivat olla äkillisiä. Tilannetta voitaisiin mahdollisesti parantaa Ilmatieteen laitoksen sääasemien sijoittelulla sekä satamien ja alusten tuottamien tietojen jakamisella. Sekä viranomaisen että alusten (muun muassa aallokko, jäätilanne, sumu, näkyvyys) kokoamien tietojen entistä avoimempaa jakamista sekä selkeitä vastuita jaetusta tiedosta ja tiedon laatua on tarpeen edistää.

Tieto tuulesta, jäätämisestä, aallokosta, meriveden korkeudesta ja jäätilanteesta ovat perustavaa laatua olevia olosuhdetietoja merenkulussa. Sensorien tuottama tieto säästä tai meren tilasta alukselta ja/tai satamasta asettaa tietyt vaatimukset tietoliikenneyhteyksien nopeudelle ja vasteajalle aluksella tai aluksen ja sataman välillä.

Merialueilla tarkkuusvaatimukset eivät ole yhtä suuret kuin tieliikenteessä, mutta sitä vastoin sää aiheuttaa haasteita sekä tarkkuuteen että toimintavarmuuteen. Merenkulussa lisäksi paikanmäärityksen tukeminen on hankalampaa epävarmojen tiedonsiirtoyhteyksien vuoksi.

Alusten tarvitsema tieto ei aina ole standardoitua tietoa vaan tietoa jollakin rajatulla alueella, jossa sää- ja tuuliolosuhteet ovat poikkeavat johtuen maa-alueiden ja rakennusten muodostamista poikkeavista ympäristötekijöistä. Tyypillisiä tällaisia tilanteita ovat satama-altaat, joissa alus kääntyy taikka pitkissä vuorten ympäröimissä kapeikoissa, joissa virta ja tuulen suunta voivat olla merkittävästikin poikkeavia. Laskenta-algoritmeja hyödyntämällä voidaan elimoida aluksen omien liikkeiden vaikutusta.

Onkin tarpeen selvittää, miten paikallista, reaaliaikaista säähavaintodataa esimerkiksi satamista olisi mahdollista saada WMO:n (Maailman ilmatieteen järjestö, World Meteorological Organisation) standardien mukaisena meriliikenteen tarpeisiin. Esimerkiksi lentokentiltä vastaavaa dataa saadaan jo ilmailun edellytyksiin. Havaintodatan puuttuminen sään tai meren tilasta voidaan osittain korvata mallilaskelmilla, mutta tämä kasvattaa entisestään tietoliikenneyhteyksien kapasiteettivaatimuksia. Joillain aluksilla on

WMO:n olosuhdetietoja kokoava laitteisto, joka mahdollistaa standardoidun tiedon jakamisen, mutta laite ei ole pakollinen. Olosuhteista on mahdollista kerätä tietoa myös sellaisin menetelmin, joita ei ole perinteisesti käytetty sää- ja merihavaintoverkoissa, esimerkiksi kameroilla ja älykkäillä turvalaitteilla.

Viranomaisten tilannekuva

Viranomaiset jakavat tilannekuvaa varten kokoamaansa tietoa keskenään liikenteen ohjaus- ja valvontatarkoituksiin METO-viranomaisyhteistyössä. VTS-valvontajärjestelmän tiedot ovat tilannekuvan kannalta varsin kattavia, sillä merivalvontatutkilla kateetaan tärkeimmät kauppamerenkulun väylät ja avomerialueet koko rannikolla ja AIS-tiedot täydentävät tutkatietoa. Myös Euroopan meriturvallisuusvirasto EMSA on kehittämässä järjestelmiä automaattiseen käyttäytymisen seurantaan koskien esimerkiksi aluetta aluksen ympärillä ja reittitietoseurantaan.

Tämän suunnitelman valmistelun yhteydessä on toivottu, että viranomaiset jakaisivat isoa tilannekuvaa varten keräämiään tietoja ainakin rajatulla alueella kokeilujen ja autonomisten alusten käyttöön, silloin kun se on turvallisuusnäkökulmat huomioiden mahdollista. Tällaisia tietoja ovat muun muassa ajantasaiset AIS- ja tutkatiedot.

Merenkulun tiedonjaon infrastruktuurin kehittäminen

Merenkulun tiedonjaon infrastruktuurin kehittämistä tehdään monella taholla ja tasolla. Keskeisimpiä kehittämiskohteita tiedon vaihdon parantamiseksi ovat muun muassa tiedonvaihdon ja tiedon harmonisointi, tiedonvaihdon vaatimukset laivojen ja ympäröivän infrastruktuurin välillä sekä dynaamisen tiedon kehittäminen.

IMO:ssa on hyväksytty merenkulun palvelujen tiedonvaihtoa koskeva resoluutio ⁹⁰. Resoluution sisältämiä palveluita ovat muun muassa alusliikennepalvelut, merenkulun turvallisuustieto, luotsaus, hinaus, aluksen ja rantavaltion välinen raportointi, satamatie, merikarttatieto, jäissä navigointi, sää- ja ympäristötiedot, etsintä- ja pelastuspalvelut sekä muut mahdollisesti tulevaisuudessa kehitettävät palvelut.

Yhteistyö Merenkulun turvalaite- ja majakkaviranomaisten järjestössä (IALA), Merikarttoitusjärjestössä (IHO) ja Maailman ilmatieteen järjestössä (WMO) on oleellista toimivan tiedonjaon infrastruktuurin etenemiseksi. Sekä IALAssa että IHOssa on käynnistetty selvitystyö palveluiden kehitystarpeiden ja niiden vastuulla olevien standardien, suositusten ja ohjeiden kehittämiseen etenevän automaation näkökulmasta.

⁹⁰ (MSC.467(101) 14.6.2019)

Standardoitua liitettävyysalustaa on kehitetty World Wide Web -konsortion tyyppisessä globaalissa MCP-konsortiossa. The Maritime Connectivity Platform (MCP) sisältää palvelurekisterin teknisille e-navigointipalveluille. Palvelurekisteri tarjoaa käyttäjille luotettavaa dataa, turvallista tiedon vaihtoa sekä varmistaa tiedonlähteen luotettavuuden. Rekisterin peruskomponentit ovat identiteettirekisteri, palvelurekisteri ja viestipalvelu. Suomessa palvelua hyödynnetään jo Fintraffic VTSn eVäylähankkeessa sekä eMSW-hankkeessa.

Suomi vaikuttaa EUssa, esimerkiksi komission digitaalisten palvelujen ja tietojärjestelmien ohjausryhmässä ja sen MASS-asiantuntijaryhmässä sekä IMO:n EU-koordinaatiossa tiedon vaihdon edistämiseen lainsäädännön ja ohjeistusten keinoin. Keskeistä on, että sääntely ja ohjeistus ovat linjassa globaalien kehityksen kanssa ja tukevat kunnianhimoisesti hajautetun tiedon vaihtoa sekä algoritmien kaupallistamista, eivätkä tuota tarpeetonta hallinnollista taakkaa.

Kehitteillä on parhaillaan tiedonvaihtoa parantavia alustoja ja ratkaisuja. Yhteinen tiedonvaihtoympäristö CISE on eurooppalainen vapaaehtoinen rajapintojen kautta tapahtuvaan tiedonvaihtoon tarkoitettu tiedonvaihdonalusta, jonka tavoite jakaa tietoja olemassa olevien valvontajärjestelmien ja -verkostojen kesken. Sen tavoitteena on tarjota viranomaisille merialueiden valvonnassa tarvittavat tiedot. CISE-alustaa kehitetään EU:n komission rahoittamassa EUCISE2020-hankkeessa ja EMSA:n johtamassa kehittämishankkeessa testialustan määrittelemiseksi, rakentamiseksi ja testaamiseksi. Hankkeessa tutkitaan myös kyberturvallisuustiedon vaihtoa. EU-hankkeeseen kytkeytyvää kansallista hanketta johtaa Rajavartiolaitos. Hankkeen ulkopuolelle jäävät VTS:n reittitiedot ja paikalliset tutkatiedot sekä aluspalvelun ja aluksen välinen tiedonvaihto.

On tarpeen selvittää miten alusten keräämää tietoa (mm. tilanne-, sijainti- reitti- ja ympäristötieto), jaettaisiin toimijoiden kesken kaikkia hyödyttävällä tavalla reiluin käyttöehdoin. Markkinavuoropuhelu ja yhteiset sopimusmallit mahdollistavat vapaaehtoista tietojen jakamista ekosysteemissä.

Tietoa käsittelevät ja niiden perusteella päätöksentekoa avustavat algoritmit ja ohjelmit ovat kehittyneitä. Niiden käyttöä voidaan edistää kaupallistamisella ja vaikuttamalla niiden hyväksyntään esimerkiksi IMO:ssa.

On tarpeen selvittää esteet, kannusteet ja insentiivit tiedon jakamiseen merenkulun automaatiota edistävälle yksityisten toimijoiden hallussa olevalle tiedolle niin että huomioidaan vastuukysymykset, liikesalaisuudet sekä tiedon keruun ja käsittelyn kustannukset. Tällaisia insentiivejä voisivat olla esimerkiksi vaikutukset erilaisiin maksuihin tai palveluihin, tiedon jakamisesta saatava korvaus tai vastavuoroisesti saatava tieto. Kyseeseen voisivat tulla valtion perimät väylä- ja jäänmurtomaksut tai toimintaa ohjaavat verot. Insentiivit edellyttävät useissa tapauksissa lainsäädännön

muutoksia. Tiedon luovuttamisen lisäksi on mahdollista edellyttää teknologiaa, joka mahdollistaa tiedon keräyksen ja siirron. Palveluja voisivat olla esimerkiksi Fintrafficin lisäarvopalvelut.

Vaikutusta voisi olla myös satamien perimiin yksityisoikeudellisiin maksuihin tai lainsäädännössä määriteltyyn oikeuteen kerätä luotsausmaksuja. Maksun perijä voisi saada enemmän nettohyötyä esimerkiksi toiminnan tehokkuutta parantavista digitaalisista tiedoista kuin perityistä maksuista. Esimerkiksi reitti- ja aikatieto, ympäristö- ja terveysturvallisuustieto ovat sidosryhmäyhteistyössä esiin tulleita esimerkkejä tällaisista tietolajeista. Suurimmat vaikutukset tulisivat yhdistämällä insentiiveihin ympäristöystävällinen energiateknologia ja ympäristötiedon luovutus.

Silloin kun tieto on automaation turvallisuuden tai kestävyuden kannalta välttämätöntä, saattaa olla tarpeen luoda lainsäädännölliset edellytykset olennaisen tiedon jakamiselle esimerkiksi viranomaisille tai muille alueen käyttäjille. Tässä olisi kuitenkin keskeistä huomioida muun muassa yhteentoimivuus, tiedon laatu sekä tiedon tuottajien, ylläpitäjien, välittäjien ja hyödyntäjien vastuut ja roolit.

Tämän suunnitelman valmistelussa ilmeni, ettei varustamoilla aina ole mahdollisuutta hyödyntää monipuolisesti aluksen keräämiä tietoja ja jakaa niitä edelleen kolmansille osapuolille. Erityisesti päästötiedot ja laivan moottorin toimintaan liittyvät tiedot mainittiin. Siksi on tarpeen selvittää, miten varustamoille olisi mahdollista hyödyntää ja jakaa edelleen käytettäviksi näitä tietoja (organisaation datasuvereniteetti). Käytännön haasteina nähtiin nykyiset sopimukset, rajapintojen puuttuminen ja osaamisen keskittymisen laitevalmistajille.

Tiedon vaihtoa kehitettäessä on tarpeen huomioida:

- tiedonvaihdon ja tiedon harmonisointi ja standardointi (tietomallit, tiedonsiirto, tietotuotteet)
- tiedonvaihdon vaatimukset laivojen ja ympäröivän infrastruktuurin välillä ja laivojen välillä
- keräämisen, ylläpidon, validoinnin ja jakamisen vastuut ja organisointi sekä käyttöoikeudet (ml. avoin data).
- mahdollisuudet toteuttaa ja ylläpitää dynaaminen merikartta ja sen tietojen jakaminen laivoille.
- mahdollisuudet hyödyntää tekoälyä ja algoritmejä
- tiedonvälityksen standardointi, validointi sekä vaihtoehtoiset paikannustavat eli tarvittavat ja mahdollisesti myöhemmin vaadittavat laitteet ja referenssipisteet, jotka mahdollistavat riittävän tarkan ja luotettavan paikannuksen ja varajärjestelmän
- tiedon oikeellisuuden ja eheyden varmistaminen sekä tietojen yhdistelyn asettamat haasteet salassapitoon ja kyberturvallisuuteen

5.6 Meriliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri

Nykytila

Väylä on päätepisteittensä välille turvallista merenkulkua varten maastoon ja merikartalle merkitty yhtenäinen kulkureitti vesialueella. Merenkulun turvalaitteiden pääasiallinen tehtävä on merkitä väylä ja osoittaa sen sijainti, jotta alukset voivat navigoida sillä turvallisesti visuaalisin keinoin. Fyysiset turvalaitteet jaotellaan kiinteisiin ja kelluviin turvalaitteisiin, joiden toimintaperiaate perustuu ensisijaisesti visuaaliseen havainnointiin. Digitaalisuuden myötä havainnointi on myös muuttumassa koneiden väliseksi (virtuaalinen turvalaite). Virtuaalinen turvalaite nykytilassa on AIS-järjestelmän kautta lähetettävä tieto turvalaitteesta (AIS AtoN).

Väyliä tehokkuutta pyritään parantamaan merenkulun turvalaitteisiin lisättävällä älykkyydellä, jolla tarkoitetaan turvalaitteiden kaukovalvontaa ja -hallintaa sekä olosuhde- ja tilannekuvatietojen keräämistä ja välittämistä. Merenkulun turvalaitteita on Suomessa nykypäivänä kaikilla väylillä yhteensä lähes 36 000 kpl. Väyläviraston hallinnoimilla vesiväylillä on yli 25 000 merenkulun turvalaitetta, joista kaukovalvonnassa on noin 1600 kpl ja kaukohallinnassa 83 kpl.

Kaukovalvottu turvalaite lähettää toiminnastaan matkapuhelinverkon välityksellä päivittäisen tilareportin, jossa on tietoa mm. pariston tai akun jännitteestä, valon paloaajoista, lämpötilasta, aurinkoenergian tuotosta, sijainnista jne. Vikaviesti lähetetään heti kun turvalaitteen toiminnassa havaitaan häiriö, esim. valo vikaantuu tai kelluva turvalaite siirtyy pois paikaltaan. Kaukovalvonnan ansiosta vikaantumisiin voidaan reagoida nopeasti. Laitteiden vikaantumista voidaan myös ennakoida, jolloin huolto voidaan tehdä ennakoivasti ja välttää käyttökätkot. Tämä lisää turvallisuutta ja kustannustehokkuutta. Tilatietoja voidaan käyttää suunnittelun ja mitoituksen apuna.

Tällä hetkellä ohjaus tapahtuu manuaalisesti, eli esim. VTS-keskuksesta lähetetään ohjauskäskyt kaukohallinnan web-käyttöliittymän kautta käyttäjien toiveiden mukaisesti. Valojen ohjausta olisi mahdollista myös automatisoida niin, että kirkkaus vaihtelisi automaattisesti sääolosuhteiden mukaan tai kytkemällä harvaliikenteisen väylän valot päälle vain silloin, kun liikennettä havaitaan (esim. AIS-tietoon perustuen). Näin olisi mahdollista säästää energiaa ja saada samalla parempi palvelutaso.

Kaukohallinnalla tarkoitetaan turvalaitteiden valojen etäohjausta. Kaukohallittavia turvalaitteita on tällä hetkellä asennettuna rannikolla 48 turvalaitteella, Färjsundin väylällä 11 kp ja Rauman eteläisellä väylällä 37 kpl. Saimaalla kaukohallittavaa turvalaitetta on asennettuna 35 kpl, Haponlahti-Joensuu väylällä. Kaukohallintaa on suunnitella Saaristomeren, Selkämeren ja Ahvenanmaan väyläalueille, Pohjanlahdelle Kokkolaan, Tornioon ja Vaasaan, Suomenlahdella Kotkan ja Helsingin alueelle, Etelä- ja Pohjois-Saimaalle.

Pääosin satamien, yritysten ym. toimijoiden toteuttamissa kokeiluissa turvalaitteisiin on asennettu olosuhdetietoa mittaavia (mm. virtaus, aallon- ja vedenpinnankorkeus), vedenlaatua (mm. lämpötila, sameus) ja ilmanlaatua (mm. SO₂-päästörajoituksia mittaava ”sniffer-poiju”) antureita. Näitä ei ole kuitenkaan toistaiseksi laajemmassa käytössä.

Väylävirasto on kokeillut valopoijujen poiJulyhdysssä olevien kiihtyvyyssantureiden käyttöä poiJun liikkeiden ja sitä kautta aallokon voimakkuuden arviointiin (ns. meritilannekuva)⁹¹. Suuntaa antavaa tietoa saadaan kustannustehokkaasti, ympärivuotisesti ja väylän varrelta. Laajentamalla mittausverkostoa ja kehittämällä algoritmeja voitaisiin tarkkuutta todennäköisesti parantaa.

Elektronisten merikarttojen käyttöönoton myötä aluksen paikanmääritys suhteessa kartan esittämään virtuaaliseen väylätilaan suoritetaan yleensä automaattisesti elektronisten paikannusjärjestelmien avulla (nykyisin GNSS- ja alueelliset ja paikalliset avustejärjestelmät), jotka tässä tarkoituksessa toimivat turvallisuuden varmistavina järjestelminä. Elektroniset paikannusjärjestelmät ja fyysiset turvalaitteet varmistavat yhdessä aluksen turvallisen paikanmäärityksen.

Turvalaitteiden toteutuksissa noudatetaan kansainvälisiä IALA:n (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities) antamia ohjeita. IALA on antanut ohjeistuksen myös virtuaalisista turvalaitteista, jota se tulee tarkastelemaan uudelleen automaation näkökulmasta. Virtuaaliset turvalaitteet ovat navigoinnin apuvälineitä fyysisten turvalaitteiden lisäksi. Autonomiset alukset voivat tulevaisuudessa havainnoida konenään avulla fyysisiä turvalaitteita, mutta esimerkiksi haastavista sääolosuhteista johtuen tarvitaan virtuaalisia turvalaitteita.

⁹¹ Kts. lisää: <http://geojson.io/#data=data:text/x-url>, <https://meri.digitraffic.fi/api/v1/sse/latest>

Merenkulun fyysisen infrastruktuurin energiaratkaisut

Merenkulun turvalaitteiden käyttötarkoitus ohjaa niissä käytettävää energiaratkaisua. Osa turvalaitteista on kytkettyä valtakunnalliseen sähkönjakeluverkkoon, mutta valtaosa turvalaitteista on pienen virrantarpeen vuoksi varustettu muilla kustannustehokkailla ratkaisuilla. Nykyinen energiakulutus on niin pieni, että käytännössä kaikki kiinteät turvalaitteet on mahdollista toteuttaa aurinkoenergialla, joka on osoittautunut luotettavaksi energialähteeksi. Sen sijaan kelluvissa turvalaitteissa käytetään vaihdettavia paristoja.

Verkkosähkö on käytössä lähinnä paikoissa, jossa se on helposti saatavilla. Merenkulun turvalaitteita on Suomessa nykypäivänä lähes 35 000 kpl joista valtakunnallisessa verkossa ainoastaan 455 kpl.

Maasähkö tulisi saada satamissa alusten saataville. IMO:ssa vaikutetaan maasähkön käytön yleistymiseen satamissa. Maasähkön syöttö on asennettava ensisijaisesti TEN-T-ydinverkon satamiin ja muihin satamiin viimeistään 31. päivänä joulukuuta 2025, paitsi jos kysyntää ei ole tai kustannukset ovat suhteettomia hyötyihin nähden, ympäristöhyödyt mukaan luettuina. Kansallisesti kannustetaan satamien, teollisuuden ja varustamojen yhteistyötä ja yhteisrakentamista maasähkön saamiseksi laivojen käyttöön.

Fyysisten turvalaitteiden kehitys

Liikenneverkkojen kuntokehityksessä on kuljetusten kustannustehokkuuden kannalta merkityksellisintä se, että kauppamerenkulun väylien ja niiden turvalaitteiden kunto pysyy hyvänä. Älyväyläkehityksen myötä väylänpitäjän saavuttamana hyötynä nähdään päivittäisen kunnossapidon ja toiminnan tehostuminen. Turvalaitteiden älykkyydellä parannetaan infrastruktuurin ylläpidon ennakoitavuutta, ylläpidon laatua sekä kustannustehokkuutta.

Liikenteen automaatiotason noustessa turvalaitteiden merkitys muuttuu ja monikäyttöisyys korostuu. Koneellisen paikanmäärityksen luotettavuus ja suositellun kulkureitin osoittaminen korostuvat tulevaisuudessa. Paikannuksessa tulee korostumaan useamman vaihtoehdoisen paikannusmenetelmän hyödyntäminen ja mahdollisten ensisijaisen navigaatiojärjestelmien häiriötilanteisiin varautuminen. Huomioitavana on, että automaatiotason noustessa turvalaitteiden tulee samanaikaisesti täyttää myös alemman automaatiotason olevien väylänkäyttäjien tarpeet ja vaatimukset.

Turvalaitteisiin liitetään lisätoiminnallisuuksia tukemaan digitaalisia väyläratkaisuja, ns. älykkäitä turvalaitteita. Turvalaitteita hyödynnetään esimerkiksi olosuhdetiedon

keräämiseen ja tiedonsiirtoratkaisuihin. Kelluvien turvalaitteiden osalta automaation tarpeet on huomioitava jo valmistusvaiheissa. Jälkiasenteiset ratkaisut ovat vaikeita tai lähes mahdottomia ja energiaratkaisut rajatut. Mitä laajempi älykkäiden turvalaitteiden verkosto on, sitä tarkempaa olosuhdetilannekuvaa tai kattavampaa tiedonsiirtoverkkoa on mahdollista muodostaa. Älykkäät turvalaitteet ovat perinteisiä turvalaitteita huomattavasti kalliimpia, minkä vuoksi automaation tarpeet tulee olla selvillä.

Fyysisen infrastruktuurin kehitykseen liittyvät epävarmuustekijät

Kehitystyön suuntaaminen väylänkäyttäjän tulevien tarpeiden kannalta keskeisempiin kohteisiin edellyttää, että kyetään selvittämään automaation kehityksen edellyttämät tarpeet, esimerkiksi turvalaitteiden havainnointivaatimukset. Esimerkiksi Väyläviraston selvityksen⁹² mukaan nykyisiin turvalaitteisiin ei tällä hetkellä tarvita muutoksia laserkeilainkäyttöä varten. Selvityksessä on lisäksi esitetty parannusehdotuksia, joilla kelluvien turvalaitteiden näkyvyyttä voitaisiin parantaa.

Merenkulun turvalaitteiden asettamat rajoitteet, kuten virtalähteen riittävyys ja tietoliikenneverkkojen toimivuus, tulee huomioida myös kehitystyössä. Turvalaitteiden nykytoiminnallisuuksien osalta digitaalisuutta lisättäneen paikannuksessa hyödynnettävien digitaalisten signaalien muodossa. Tällainen voisi olla esimerkiksi jonkinasteinen digitaalinen linjataulu tai majakka.

Tarvitaan aktiivista keskustelua viranomaisten ja teollisuuden välillä fyysisen infrastruktuurin kehityksen tarpeista ja tavoitteista. Tarpeisiin liittyviä muutoksia on käsiteltävä kansainvälisellä tasolla, koska nämä voivat edellyttää standardoinnin muutoksia.

Talviolosuhteet haasteena ja mahdollisuutena

Kauppa-alusten selviäminen jääolosuhteissa vaatii aluksen liiketilan ja sen ohjailuominaisuuksien tarkkaa mallintamista. Mitä vaikeammat jääolosuhteet, sitä monimutkaisempi yhtälö on ratkaistavana. IMO:n koneistotehosäännöt (EEDI) rajoittavat konetehtäön käyttöä jääolosuhteissa. Jäänmurtajalaivaston uudistaminen on käynnissä. Murtajien suunnittelun lähtökohtana on operointiominaisuuksiltaan mahdollisimman tehokas ja ympäristöystävällinen lopputulos. Uusissa murtajissa huomioidaan tehokkuus ja

⁹² Malkamäki, Tuomo; Khatun, Afroza; Kaasalainen, Sanna. Research report on lidar detection performance of maritime navigation aids equipped with auxiliary reflectors. Väyläviraston julkaisu 2021.

kestävyys. Automaatio viedään korkealle tasolle, mutta murtajia operoi edelleen aluksilla oleva henkilöstö.

Avustettavien alusten jäissäkulkukyvyn heikentyessä kiristyvien ympäristömääräysten seurauksena, sekä samanaikaisesti aluskoon kasvaessa avustusmatkat pitenevät ja mahdollisesti saattueavustaminen (convoy) vähenee. Kehityskulku hidastaa avustusoperaatioita ja lisää hinausten tarvetta kohtuullisen palvelutason ylläpitämiseksi. Uusien kauppalaivojen runkojen muotoilu estää jo nyt joidenkin alusten hinaamisen samoin kuin keulapakkojen järjestelyt ja ankkureiden sijoittelut. Muun muassa nämä asiat tulisi huomioida, mikäli alusta suunnitellaan käytettäväksi talviolosuhteissa. Erityisiä haasteita ovat avustettavan aluksen kyky seurata jäänmurtajaa lähietäisyydellä sekä hinausoperaation käynnistämiseen liittyvä hinausvaijereiden kiinnittäminen avustettavaan alukseen, jos aluksella ei ole miehistöä.

Jäänmurtoavustukset voisivat olla tulevaisuudessa mahdollisuus tukea korkean tason automaation alusten yleistymistä, kunhan turvallisuutta koskevat erityishaasteet on ensin ratkaistu. Kokeilutoimintaa voisi mahdollisesti harjoittaa Jaakonmerellä siten, että kokeiluihin osallistuisi myös jäänmurtaja. Ratkaisuihin liittyvän kokeilutoiminnan tulisi tapahtua muualla kuin avustusrajotusten piirissä olevien satamien väylillä, jottei toiminta häiritse muuta laivaliikennettä ja jäänmurtajien operointia.

Merenkulun turvalaitteiden osalta talviolosuhteet sisältävät monia haasteita. Jään aiheuttamat kuormat on huomioitava laitteiden valinnassa ja kiinnityksessä. Pohjaan perustetuissa kiinteissä turvalaitteissa, kuten reuna- ja tutkamerkeissä, voi esiintyä jään liikkeen aiheuttamaa voimakasta värinää. Herkät laitteet vaativat turvalaitteissa vaimentavia kiinnitysratkaisuja. Kelluvat turvalaitteet, kuten poijut ja viitat, voivat painua jääkentän alle jonka vuoksi näihin olosuhteisiin asennetuissa kohteissa ei voida käyttää ulkonevia lisälaitteita, kuten antennejä tms. ratkaisuja. Turvalaitteiden vaatima energian riittävyys on talviolosuhteissa huomioitava haaste erityisesti aurinkoenergian osalta.

5.7 Satamat

Satamaekosysteemi, toimijoiden roolit ja tiedonvaihdon merkitys automaatiolle

Satamat ovat solmukohtia liikennemuotojen väliselle logistiikalle. Satamissa toimii lukuisia palveluja tarjoavia yrityksiä, kuten satamaoperaattorit, huolitsijat, laivanselvitäjät ja varustamot. Muita toimijoita ovat muun muassa liikenteen ohjauksen (VTS) sekä luotsaus- ja jäänmurtopalvelun tarjoajat. Viranomaisista Liikenne- ja viestintävirasto suorittaa tarkastuksia ja valvontaa aluksille ja Väylävirasto vastaa väylistä ja

niiden kunnossapidosta. Rajavartiosto, poliisi ja ympäristöviranomaiset valvovat satamassa tapahtuvan toiminnan laillisuutta ja mahdollista rikollista toimintaa. Tulli kerää varustamoilta väylämaksuja ja lastimaksua sekä kerää tilastotietoa tavaravirroista. Kuntien omistamat ja yksityiset satamalaitokset hallinnoivat satamaa. Ne vastaavat infrastruktuurista (fyysinen satama-alue, kentät ja laiturit, sataman osuus meriväylästä, maantiestä ja rautatiestä, rakennukset, kuten varastot ja terminaalit ja laitteet esim. nosturit). Satamalaitos perii satamassa toimijoilta useita erityyppisiä maksuja, kuten satamamaksuja, matkustajamaksuja, tavaramaksuja, alusten irrotus- ja kiinnitysmaksuja, vesimaksuja ja jätevesimaksuja, satamaluotsausmaksuja, varastointimaksuja ja vuokria.

Satamatoimijat muodostavat satamaekosysteemin, jossa erilaisten toimijoiden yhteistyön merkitys tiedon vaihdossa on suuri. Automaation näkökulmasta on erityisen tärkeää varmistaa yhteistyö ja tiedon vaihdon yhteentoimivuus aluksen ja satamien välillä sekä sataman, VTS:n, viranomaisten sekä mahdollisten etäohjauskeskusten välillä.

Haasteena on, että väyliltä tuotettua digitaalista dataa on olemassa ja saatavissa, mutta satamiin tultaessa digitaaliset tietovirrat katkeavat ja satamatoimijoiden tietojärjestelmät eivät toimi yhteen. Satamaan saapuvan autonomisen aluksen tulisi saada esimerkiksi tarkka ja luotettava tieto navigointiin vaikuttavista seikoista erityisesti paikallisista ja ajantasaisista sääolosuhteista sekä sataman väyläosuudesta, etäluotsauspalvelusta, laituri paikasta ja laitteista, joilla on vaikutusta aluksen kiinnittymiseen ja lastin käsittelyyn. Suunnitelman valmistelun aikana sidosryhmät ovat kiinnittäneet huomiota erityisesti siihen, että säätiedot satamissa eivät ole alueelliselta ja paikalliselta tarkkuudeltaan riittäviä, sillä kriittiset sään muutokset voivat olla äkillisiä.

Suomessa satamat ovat pieniä ja tavaravirroiltaan erikoistumattomia ja niissä toimivat yritykset ovat usein pieniä tai keskisuuria. Suuntaus tosin on, että satamien koko on kasvamassa ja älykäs satama on ottanut viime aikoina Suomessa suuria edistysaskeleita esimerkiksi älykkäiden turvalaitteiden, digitaalisen kaksosen kehittämisen, viestintäyhteyksien, satama-automaation ja ekosysteemikehityksen osalta.

Satamien digitaalinen infrastruktuuri

Sataman radioyhteydet tukevat merenkulun turvallisuusradioviestintää ja navigointia sekä sataman operointiin ja logistiikkaan liittyviä toimintoja. Turvallisuusradioviestintä perustuu kansainvälisiin sopimuksiin ja koostuu tänä päivänä seuraavista järjestelmistä: puhe- ja dataviestintään käytettävä meri-VHF-radio, alusten ja VTS-keskuksen välisessä viestinnässä alusten tunnistamiseen ja sijainnin määrittämiseen käytettävästä AIS-järjestelmä (Automatic Identification System), alusten hätälähtemistä sekä

aluksilla ja maissa olevista tutkajärjestelmistä. Navigoinnissa käytetään näiden tutkajärjestelmien lisäksi satelliittipaikannusta (GNSS = Global Navigation Satellite System), jota voidaan tukea maissa olevilla tarkkuutta lisäävillä järjestelmillä, kuten GNSS toistimilla tai D-GPS-lähettimillä. Sataman operointia ja logistiikkaa tukeviin radiojärjestelmiin kuuluvat lisäksi kaupalliset tai sataman omat 4G/5G-matkaviestinverkot, sataman WLAN-verkot tai erilliset paikalliset, valtakunnalliset tai jopa globaalit IoT-verkot.

Aikatieto

Aikatieto on keskeinen eri liikennemuotoja yhdistävien logistiikkaketjujen tehostaja. Luotettavan ja laadukkaan aikatiedon tuottaminen ja jakaminen satamissa vaatii monen toimijan yhteistoimintaa, hajautettua tiedon jakamista ja yhteisiä toimintaperiaatteita ja -prosesseja sekä sitoutumista. Satamatoimintojen ennakoitavuus ja optimointi tarjoavat merkittävän kehityspotentiaalin. Suomalaisessa osaamisessa on alettu hyödyntää erityisesti koneoppimismalleja kuljetusten tehostamisessa ajantasaisilla ennakkotiedoilla.

Liikenne- ja viestintäviraston aikatietoryhmän ⁹³tavoitteena oli, että ajantasaisesti tarkentuva laivan saapumis- ja lähtöaikatieto olisi kaikilla sitä tarvitsevilla helposti saatavilla. Noin 30 toimijan yhteistyössä oli mukana agenttien lisäksi satamia, operaattoreita, viranomaisia sekä teknologiatoimittajia. Työryhmä kehitti satamakäyntiennusteiden oikea-aikaisen ja tarkan arvioinnin kokoamis- ja jakamismahdollisuuksia Suomessa kansainvälisen kehityksen mukaisesti. Se kartoitti myös toimitusketjun prosessia ja siinä mukana olevia tiedon tarvitsijoita, aikamääritelmiin liittyviä standardeja ja talviliikenteen erityispiirteitä aikatiedon suhteen. Aikatiedon tuottamista ja jakamista pilotoitiin Hangon satamassa osana VTS Finlandin eVäylä-hanketta. Keskeinen tulos oli, että tulevaisuudessa on tärkeää tunnistaa, mitkä tehtävät ovat tulevaisuudessa sellaisia, että niissä on tarpeen hyödyntää merenkulun ammattilaisen hiljaista tietoa ja mitä tehtäviä taas voidaan helposti suoraviivaistaa, automatisoida tai ratkaista muulla tavoin uusinta teknologiaa hyödyntäen. Satamaekosysteemin reaaliaikaista tiedon vaihtoa on kokeiltu muun muassa EU:n Efficient flow -hankkeessa, jonka tuloksena on syntynyt Rauman satamaan myös muihin satamiin monistettavissa oleva satamatietojärjestelmä.

⁹³ Aikatieto-työryhmän työskentely ja rahtilaivojen aikatiedonjaon pilotointi 2019–2020 Aikatiedon työryhmä ja rahtilaivojen aikatiedon jakamisen pilotointi raportti. Traficom julkaisu 31/2021

Euroopan Unionin komissio ehdottaa sisävesiliikenteen ja automaation suunnitelman laatimista osana tiedonantiaan Tulevaisuuden kestävä eurooppalaisen sisävesiliikenteen tukemista (NAIADES III)⁹⁴. CEF-rahoituksella kehitetään tiiviimpää julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyötä sisävesiliikenteessä ja helpotetaan tällaisen vision toteuttamista kaikilla liikennöntikelpoisilla EU:n vesistöalueilla. Komissio aikoo myös tukea kokonaisvaltaisten, älykkäiden ja automatisoitujen laivaliikennekonseptien kehittämistä, demonstrointia ja käyttöönottoa Horisontti Eurooppa -puiteohjelman ja Verkkojen Eurooppa -välineen kautta. EU:ssa on pyritty yhtenäistämään myös jokitietojärjestelmiä (RIS). Suomessa on parhaillaan suunnitteilla Meritaidon koordinoimana järvitietojärjestelmä (LIS) Saimaan alueelle, jonka olisi tarkoitus vastata pääpiirteissään RIS-järjestelmää. Tärkeää olisi myös yhteentoimivuus merenkulun Single Window EMSW:n kanssa, sillä Saimaan liikenne on yhteydessä meriliikenteeseen.

Vaikuttaminen kansainvälisessä yhteistyössä satamien automaatiokehitykseen

Sähköisen tiedonvaihdon hyväksyminen ja kehittäminen sekä tietoelementtien ja dataelementtien harmonisointi etenevät Kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n merenkulun sujuvoittamisen FAL-komitean sopimuksen osalta. Sopimuksen tietojen yhdenmukaistamista käsittelevä asiantuntijaryhmä (EGDH) ylläpitää IMO-kokoelmaa (Compendium) sekä valmistelee tietojoukkojen ja tietomallin laajentamista edelleen ilmoitusmuodollisuuksia koskevan FAL-yleissopimuksen ulkopuolisille alueille mukaan lukien logistiikan ja operatiiviset satama- ja laivaustiedot sekä navigointitiedot.

Esimerkiksi aikatielementtien määritelmää muutettiin siten, että aikatietoon lisättiin myös paikkatielementti. EGDH-ryhmässä käsitellään myös muita sataman aikatielementtejä, kuten just in time -käsitteen satamalogistiikan operatiivinen data. Lisäksi valmistellaan sähköisen tunnistamisen sekä harmonisoidun viestinnän ja satamakäynteihin liittyen operatiivisen datan vaihdon ohjeistusta.

Älykäs satama ja standardointi

Älykäs satama on kehittymässä nopeasti kansainvälisesti. Teollisuus, varustamot ja suuret satamat (esim. Rotterdam, Singapore) ovat kehittäneet voimakkaasti alustoja ja standardeja, jotka edistävät älykkäiden satamien⁹⁵ käyttöönottoa. Tuorein valmistettu standardi on valmistunut konttivarustamojen yhteistyössä⁹⁶ koskien satamakäyn-

⁹⁴ Tulevaisuudenkestävän eurooppalaisen sisävesiliikenteen tukeminen. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. COM(2021)324 Final.

⁹⁵ STM – Sea Traffic Management <https://www.seatrafficmanagement.info>

⁹⁶ DCSA.org

tejä ja anturitietoa (esim. paikkatieto, lämpötila, konttien lämpötila, aikataulutus ja satamakäynnit). Myös Ruotsin merenkulkulaitoksen vetämässä Sea Traffic Management (STM) -hankkeessa, johon myös Suomi on osallistunut, on kehitetty ja pilotoitu satamatiedon vaihdon standardointia.

On tärkeää huolehtia siitä, että tiedonjakoalustat ovat hyödynnettävissä eri kokoisille ja tyyppisille toimijoille eikä mikään toimija saa määräävää markkina-asemaa alustan tai standardoinnin kautta. Välitysalustojen rakentamisessa tulisi pyrkiä siihen, että ne voisivat tukea useampaa rajapintastandardia. Geneerinen tulkkaukerros mahdollistaa liittymisen usealla protokollalla ja tekoälyä voidaan hyödyntää tiedon käsittelyssä. Suomalaisilla IT-yrityksillä on vahvaa osaamista alustojen ja tekoälysovellusten kehittäisessä ja käyttöönotossa. Tietomallien selkeää määrittelyä ja tietojen harmonisointia kuitenkin tarvitaan. Satamatietojen standardoinnin yhteensovittamista on tehty vapaaehtoisuuteen pohjautuen MASSPorts-hankkeessa ja STM-hankkeessa. On tärkeää huolehtia viime kädessä vakiintuneella yhteistyöllä kansainvälisissä organisaatioissa kuten IMOssa, IALAssa ja IAPHssa (International Association of Ports and Harbours) siitä, että standardit on mahdollista yhteensovittaa riittävällä tasolla.

MASSPorts-edelläkävijäverkosto: vaikuttaminen edellytyksiin ja pilotteihin

Suomi, Tanska, Norja, Alankomaat, Japani, Kiina, Etelä-Korea ja Singapore ovat käynnistäneet autonomisten alusten ja satamatoimintojen yhdistämistä kehittävän MASSPorts-yhteistyöverkoston. Tavoitteena on yhteentoimivuuden ja tiedonvaihdon edellytysten kehittäminen sekä satamien välisten kokeilujen edistäminen sekä vaikuttaminen kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n päätöksiin. Yhteinen kansainvälinen vaikuttaminen on tärkeää, jottei eri puolilla maailmaa tai kansallisesti synny erilaista lainsäädäntöä ja standardeja.

Suomen tavoitteena yhteistyössä on erityisesti korostaa pieniä satamia pilottien alustana sekä autonomista alusta tukevaa älyväylää ja sujuvia logistisia ketjuja kuljetuskäytävillä. Suomalaiset satamat ovat pieniä ja erikoistumattomia, mikä haastaa automaation liiketoimintamahdollisuudet. Toisaalta liikennemäärät ovat turvallisten kokeilujen kannalta pieniä ja satamien digitalisaatio ja viestintäratkaisut ovat kehittyneitä. On tärkeää testata sitä, miten automaatiovaatimukset toteutuvat pienissä satamissa, joissa ei välttämättä ole edes laiturirakenteita. Myös standardointityössä on huomioitava pienten satamien edellytykset vastaanottaa autonomisia aluksia.

Satamissa on tarpeen kehittää ja testata digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin vaihdon vaatimuksia, edellytyksiä ja yhteentoimivuutta. Satamien välisiä kansainvälisiä pilotteja tehdään lähialueilla ja kansainvälisesti. Yhteinen tilannekuva, kyberturvallisuus

sekä automaation vaatimat tiedot esimerkiksi sääolosuhteista ovat oleellisia pilotoinnin kohteena. Erityisesti nähdään tarpeelliseksi pilotit, jotka kohdistuvat pienten satamien edellytyksiin vaihtaa tietoa alusten kanssa sekä autonomista alusta tukevaan älykkääseen vesiväylään ja logististen ketjujen sujuvoittamiseen automaation avulla kuljetuskäytävillä. Hankkeet tukevat myös koealuekonseptin toteuttamista ja hyödyntämistä sekä vaikuttamista kansainväliseen lainsäädäntöön ja standardointiin kansainvälisissä organisaatioissa ja teollisuusyhteistyössä sekä välitysalustojen syntymistä.

5.8 Kokeilut ja pilotointi vesiliikenteessä

Skaalattava kokeilualustakonsepti ja sen toteuttaminen (Itämeren testialue)

Itämerellä on hyvät edellytykset toimia laajana autonomisen meriliikenteen testialueena. Itämeri soveltuu erityisen hyvin koealueeksi sillä siellä ei ole kauttakulkuliikennettä. Valtiot, jotka haluavat toteuttaa kokeiluja, voivat tehdä niin omien aluevesiensä (sisäiset aluevedet ja aluemerit) puitteissa. Ne voivat myös järjestää MASS-toimintoja näillä alueilla silloin kun se ei estä muiden alusten viatonta kauttakulkua. Tämän lisäksi valtion yksinomaisella talousvyöhykkeellä (EEZ), joka koostuu valtion aluevesistä sekä sen ulkopuolella kansainvälisillä vesillä sijaitsevasta alueesta, jonka hallintaan maalla on yksinoikeus, lähtökohtana on, että lippuvaltio noudattaa kansainvälistä lainsäädäntöä. Valtiolla on oikeus sisävesillään ja satamissa kieltää muiden maiden MASS-alukset.⁹⁷

Itämeren testialueen avulla voidaan kehittää muuallakin hyödynnettävää kokeilualustakonseptia, eli alustaa kansainväliselle testaukselle ja pilotoinnille. Kyseessä ei välttämättä ole pysyvä koealue vaan sen rakenteita voidaan hyödyntää myöhemmin myös liiketoiminnassa ja skaalata kansainväliseksi esimerkiksi MASSPorts-yhteistyön kautta. Itämerellä alusta toteutettaisiin liikenteen automaatiosuunnitelman lisäksi osana Suomen meripolitiikan linjauksia ja toimenpideohjelmia sekä tukemaan EU:n Itämerestrategiaa. Myös itämeren alueen valtioiden väliset sopimukset tukisivat koealueen kehittymistä.

Koealuekonseptin kehittämistä tukee myös, että IMO:n väliaikaisessa koealueohjeituksessa ei ole vaatimusta määritellä koealue maantieteellisesti. Konseptia voidaan soveltaa eri alueilla. Se on alusta tehokkaan, turvallisen ja kestävästi merenkulun kehittämiseen ja testaamiseen ja mahdollistaa myös haastavat pilotit liikennejärjestelmätasolla kuljetusketjuissa. Tarkoitus on luoda edellytyksiä alueille, joilla korkean tason

⁹⁷ Centrum Balticum. Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ships Testing, Pilots and Commercial Deployments. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 2020.

automaatiota ja autonomisia aluksia voidaan kokeilla ja pilotoida normaalin liikenteen seassa. Testausalueet tarjoavat yrityksille laajemmat mahdollisuudet pilotointiin ja referensseihin, sekä ponnahduslaudan maailmalle, jolloin ne ovat kilpailukykyisempiä globaaleilla markkinoilla.

Koealuekonsepti palvelisi esimerkiksi älykkään vesiväylän tarpeiden määrittelyä ja testausta sekä digitaalisen ja fyysinen infrastruktuurin tarpeiden määrittelyä, testausta ja yhteentoimivuutta. Lisäksi konseptista olisi hyötyä yhteisen tilannekuvan kehittämisessä, uusien toimintamallien ja toimijoiden roolien, vastuiden ja yhteistyön määrittelyssä, käyttötapausten testauksessa sekaliikenteessä, regulaation ja suorituskykystandardien valmistelussa ja ratkaisujen verifiointissa. Maailmalla on yleistymässä tämänkaltaiset merenkulun automaation ja tekoälyn kokeilualustat, joita kutsutaan säädöshiekkalaatikoiksi (regulatory sandbox). Julkisen ja yksityisen sektorin sekä ekosysteemisellä yhteistyöllä on niiden hyödyntämisessä suuri merkitys.

Kokeiluohjeistukset IMO:ssa ja EU:ssa

IMOn vuoden 2019 meriturvallisuuskomitea valmisteli väliaikaisen kokeiluohjeistuksen kansainvälisiä kokeiluja varten⁹⁸. Ohjeistus tukee kokeiluja ja pilotointeja sekä niistä saatujen kokemusten jakamista, ja sitä kautta myös lainsäädännön tarpeiden määrittelyä.

Ohjeistuksen tavoitteena on tukea viranomaisia ja sidosryhmiä sen varmistamisessa, että autonomiseen merenkulkuun liittyviä järjestelmiä ja infrastruktuuria kokeillaan turvallisesti ja ympäristöä suojellen. Ohjeistus käsittelee muun muassa riskien hallintaa, henkilöstön osaamista ja riittävyyttä, ihmiskeskeistä suunnittelua ja automaatiota sekä toimivaa infrastruktuuria. Lisäksi ohjeistus koskee riittävää tietoa automaattisten järjestelmien toiminnasta ja päätöksenteon perusteista, viestintää kolmansille osapuolille, kokeilun tulosten raportointivaatimuksia ja tiedon vaihtoa kokeilun aikana, kokeilun alan ja tavoitteiden määrittelyä sekä kyberriskien hallintaa.

Ohjeistuksen ajatuksena on, että kun kokeilu täyttää lainsäädännön tarkoituksen, se voidaan sallia. Ohjeistus on sitä hyödyntäneiden valtioiden mukaan tukenut maita sopimaan kokeiluista. Kokeilun aikainen tiedonvaihto, joka tuli ohjeistukseen Suomen esityksestä on saanut kiitosta. Ohjeistus on tiivis ja selkeä, mutta se perustuu ainoastaan meriturvallisuuskomitean vastuulla olevien IMO-lainsäädäntöinstrumenttien tulkintaan. Siksi ohjeistuksen ulkopuolelle jää joitain oleellisia kysymyksiä

⁹⁸ IMO Interim Guidelines, MSC.1/Circ 1604, 14 June 2016

kuten vakuuttaminen. Se ei myöskään ota kantaa viattoman kauttakulun periaatteen vaan tästä näkemykset vaihtelevat lippuvaltioissa.⁹⁹

EUn komissio on laatinut korkean tason tietojärjestelmien ja tiedon vaihdon ohjausryhmän alaisen MASS- työryhmän ja EMSAn tuella toiminnallisen kokeiluohteisuuden. Ohjeistus tukee yhteistyötä kokeiluissa, riskien hallintaa ja alusliikennepalvelujen roolia kokeilutoiminnassa erityisesti sekaliikenteen vaiheessa. Komission ohjeistus suosittaa hyödyntämään EMSAn järjestelmiä esimerkiksi turvallisen koealueen määrittelymiseen. EMSAn järjestelmäpalveluita ovat integroidut merenkulun palvelut sekä uudet kehityksessä olevat palvelut, kuten liikenteen tiheyskartat ja automaattiset käyttäytymisen monitorointipalvelut, joiden hyödyntämistä ei ole velvoitettu lainsäädännöllä.

EU:n jäsenmaat ovat korostaneet valmistelun aikana sitä että ohjeistus ei ole jäsenmaita velvoittava. EU:n ohjeistuksen mukaan viranomaiset tarvitsevat kokeiluista välttämättömät tiedot, jotta kokeilulupa voidaan myöntää. Joissain kokeiluissa saattaa olla tarpeen kolmannen osapuolen validointi hyödyntäen yhdessä sovittua kolmatta osapuolta. Automaation etenemisen kannalta onkin tärkeää, että viranomaiset saavat kokeilujen tuloksista riittävät tiedot, jotta teknologioiden käyttöönottoa voidaan edistää tarkoituksenmukaisella lainsäädännöllä ja hyväksymällä niitä hyödyntävät järjestelmät käyttöön.

Suomi hyödyntää ohjeistusta soveltuvin osin. Suomen kantana on ollut, ettei ohjeistuksesta saa koitua kokeiluihin osallistujille turhaa hallinnollista taakkaa, liiketalousasiat eivät saa paljastua ja tiedon vaihdossa on hyödynnettävä erityisesti sellaisia teknologianeutraaleja ratkaisuja, jotka mahdollistavat automaation vaatiman digitaalisen datan jakamisen.

Kyberturvallisuus ja tietosuojatulee huomioida kokeiluissa ja pilotoinnissa koko kehityksen elinkaaren ajan turvallisuuden varmistamiseksi ja tuloksien hyödyntämisen mahdollistamiseksi. Siksi ohjeistusten ja kokeiluluvan ehtojen tulee sisältää vaatimus noudattaa security by design ja privacy by design -periaatteita mukaan lukien kehitysprosessin aikana tehtävät riskiarviot, arkkitehtuurikatselmoinnit, tietoturvatarkastuksen ja tietosuojan vaikutustenarvioinnit.

Koneoppimiskomponentteja sisältävien autonomisten navigointijärjestelmien toiminnan varmistamisen tulisi perustua kehitysprosessistandardien, tilastollisten mallien ja algoritmien testiyhdistelmään. Yhdistelmässä tulisi käyttää tallennettuja anturitietoja, vaikeiden navigointiskenaarioiden testaamiseen keskittyviä järjestelmäsimulaatioita sekä kenttäkokeita, jotka ovat tärkeitä riittävien aineistojen keräämisessä antureiden

⁹⁹ Raportoinnista IMO on antanut oman erillisen ohjeen vuonna 2014 IMO MSC.1/Circ.1494 Guidelines on harmonization of testbed reporting.

ja koneoppimismallien suorituskyvyn arviointiin. Julkista rahoitusta saaneiden hankkeiden tulosten jakamisesta on hyötyä yhteisten suorituskyvyvaatimusten ja standardien kehittämisessä autonomisille navigointijärjestelmille.¹⁰⁰

Suomalaisia kokeiluhankkeita

Alla on mainittu joitain keskeisiä suomalaisia yhteishankkeita, joilla on merkitystä vesiliikenteen automaation edellytysten kehittämisessä ja testauksessa.

Sea4Value (2020-2024) on Business Finlandin ja teollisuuden rahoittama, DIMECC Oyn OneSea -ekosysteemin muutosohjelma, jonka tavoitteena on tarjota tutkimuksiin perustuvia suosituksia sääntelystä, liiketoiminnasta, tiedon käytöstä ja jakamisesta sekä standardoinnista. Ohjelma kohdistuu 1. vaiheessa erityisesti tulevaisuuden väyläpalvelujen kehittämiseen, älykkäisiin väylänavigointikokeisiin sekä etäluotsauksen edellytysten määrittelyyn ja -kokeisiin. Hankkeessa on mukana Turun, Helsingin ja Rauman satamat, Finnpiilot, useita yrityksiä, viranomaisia ja tutkimuslaitoksia/korkeakouluja. Ohjelman toisessa vaiheessa testataan optimointia satamissa digitaalista tiedonvaihtoa hyödyntäen.

ISTLAB-hankkeen (2019-2021) tavoite oli luoda älykkään merenkulun yhteiskäyttölaboratorio, joka liittyy yhdeksi kokonaisuudeksi SAMK:n navigointisimulaattorin, Väyläviraston Rauman syväväylän syvyysmallin, älypöijun ja virtausmittauksen, Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen navigointijärjestelmätutkimuksen ja Ilmatieteenlaitoksen Merentutkimuksen aalto- ja jääolosuhdetietojen mittauksen. Testiympäristöä kehitettiin etäluotsauksen käyttötapauksen pohjalta.

Älykäs meri (Intelligent Sea) on kolmivuotinen (2019-2022) CEF-rahoitteinen hanke, joka luo älykkäitä digitalisaatioratkaisuja merelle, satamiin sekä väyliä käyttäjille. Hankkeessa kehitetään älypöijujen ja merenkulun turvalaitteiden digitaalinen verkosto, testataan pöijujen vaihtoehtoisia energianlähteitä ja rikkipäästöjen monitoroinnin uusia ratkaisuja laivojen päästöille. Hankkeessa ovat mukana Meritaidon (nykyisin Arctia) projektipartnereina Naantalın satama ja Tukholman satama. Projektin liitännäispartnerina ovat Väylävirasto ja Ruotsin merenkulkulaitos Sjöfartsverket.

NaviSaimaa oli EU-rahoitteinen hanke, jonka tarkoituksena oli parantaa Saimaan vesiliikenteen edellytyksiä ja edistää siirtymistä vähähiilisiin kuljetusratkaisuihin Saimaan alueella. Siinä selvitettiin liikenteen kuvaa ja päästövaikutuksia, tiedonsiirtokapasiteettia ja teknologiamahdollisuuksia älyliikenteessä. Mukana hankkeessa olivat muun

¹⁰⁰ Centrum Balticum. Charting Regulatory Frameworks for Maritime Autonomous Surface Ship Testing, Pilots, and Commercial Deployments. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 2020

muassa Finnpilot, Meritaito, Fintraffic Oyj, Wärtsilä ja varustamot. Saimaan kanava on haasteellinen etäluotsaukselle kapeuden ja karikkoisuuden takia. Alue on osin vuokra- aluetta Venäjältä. Kuljetukset kulkevat sisävesiltä merelle asti

Interreg-rahoitteinen EMMA projekti (08/2019-01/2021), johon osallistuivat Saksa, Suomi, Liettua, Puola ja Ruotsi, kehitti sisävesinavigointia ja otti käyttöön uusia logisti- sia konsepteja.

Yhteistyö

Suomessa on useita eri verkostoja, jotka ovat tärkeitä merenkulun automaation kehi- tykselle ja käyttönotolle. Tätä suunnitelmaa valmisteltaessa tuli esiin seuraavat kehit- tämistarpeet, joista monet ovat etenemässä. Alla oleva listaus ei kata kaikkia verkos- toja. Tarkempi verkostokartoitus voisi tukea osaamisen hyödyntämistä ja markkinoin- tia, liiketoimintamahdollisuuksien löytämistä, pilottien ja kokeilujen käynnistämistä, rahoituksen hankkimista, julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyötä, ekosysteemistä kehitystä ja skaalausta sekä verkostojen välistä yhteistyötä.

- Liikenne- ja viestintäministeriön liikenteen automaatioverkosto kuu- luu ministeriön sidosryhmäyhteistyöhön ja kattaa kaikki liikenne- muodot. Sitä on hyödynnetty tämän suunnitelman valmistelussa ja hyödynnetään jatkossa kansallisten linjausten valmistelussa, toimeenpanossa sekä viestinnässä. Logistiikan osalta automaatio sisältyy myös logistiikan digitalisaatioverkoston toimintaan.
- DIMECC Oyn vetämä OneSea-ekosysteemi on teollisuuden auto- nomisen merenkulun verkosto, joka kattaa sekä meriteollisuuden että IT-teollisuuden yrityksiä ja muita toimijoita kuten Finnpilot ja Fintraffic. Ekosysteemin tavoitteena on strateginen vaikuttaminen sekä strategiaa tukevat yhteishankkeet.
- ITS-Finland on älykkään liikenteen yhteistyöfoorumi, jossa on mu- kana lisääntyvässä määrin myös merenkulun toimijoita. Verkosto osallistui mm. joulukuussa 2020 merenkulun automaatiota koske- neen virtuaalisen näyttelytilan järjestämiseen.
- CAAS Nordic on Vediafi Oyn koordinoima logistiikan digitalisaatio- ekosysteemi, joka kerää yrityksiä, tutkimustoimijoita ja viranomaisia yhteisiin, teollisuuden vetämiin hankkeisiin. Merenkulun osalta satamiin on muodostumassa saman tyyppinen ekosysteeminen hankeyhteistyö kuin aikaisemmin lentoliikenteeseen lentokenttien ympärille.

6 Raideliikenteen automaatio

6.1 Yleiskatsaus raideliikenteen automaation tilaan

Rautatieliikenteen suhteellinen kilpailukyky erityisesti logistiikassa, ja sitä kautta markkina-asema verrattuna muihin kuljetusmuotoihin, on ollut pitkään heikko. Rautatieliikenteen vahvin kilpailuvaltti on ollut yleisimmän käyttövoiman eli sähkön ympäristöystävällisyys. Lisäksi kaupunkiseutujen lähiliikenne on ollut kilpailukykyinen kulkutapa erityisesti työmatkaliikenteessä.

Rautatieliikenteen toimijat ovat havahtuneet viime aikoina liikkumisen ja liikenteen digitalisaation tuomaan muutoksiin. Alan toimijat ovat nostaneet esille automaation merkityksen niin kapasiteetin lisäämisen, täsmällisyyden parantamisen, yhteentoimivuuden edistämisen, turvallisuuden parantamisen kuin tuottavuuden noston kannalta.

Viime vuosien aikana Euroopan rautatieliikenteen päätoimijat ovat julkaisseet omat digitaaliset julkilausumansa. EU-toimijoiden analyysi on, että rautatieliikenneala on isossa globaalissa muutoksessa: Aasian uudet kilpailijat haastavat eurooppalaisten toimijoiden johtajuutta ja tämän vuoksi rautatieliikennealan on Euroopassa otettava edistysaskelia parantaakseen kilpailukykyään. Myös kansalaisten matkustustarpeet ovat voimakkaassa muutoksessa. Rautatieliikenteen olisi pystyttävä vastamaan maantieliikenteen automaation ja robotisaation nopean kehittymisen mukanaan tuomaan tehokkuuden lisääntymiseen.

EU:ssa on viime vuosien aikana tuotu esille rautatieliikenteen merkittävä rooli liikenteen vihertämisessä. Euroopan vihreän kehityksen ohjelmassa ja Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategiassa on asetettu merkittäviä tavoitteita tieliikenteestä rautatieliikenteeseen:

EU:n tavoitteita vuoteen 2050:

- Rautatieliikenteen osuus tavaraliikenteestä kaksinkertaistettava
- nopeat junayhteyden kolminkertaistettava
- 75 % maantieliikenteestä joko kiskoilla tai sisävesillä

EU:n strategiset tavoitteet ohjaavat rautatieliikennettä automaatioon, datan hyödyntämiseen innovoimalla ja kehittämällä uusiin teknologioihin perustuvia ratkaisuja. Myös liikennemuotojen yhteentoimivuus on jatkossa yhä tärkeämmässä roolissa.

Rautatieliikenteen kehitystyössä on myös huomioitava kytkentä isojen tietomassojen hyödyntämiseen ja tekoälyyn, asioiden internet (IoT)-kehitykseen ja yleiseen teolliseen murrokseen (Industry 4.0) sekä robotiikan kehitykseen. Näiden avulla pystytään muun muassa edistämään kulunvalvonnan, kalustokierron ja junaliikenteen operoinnin digitalisoitumista ja sitä kautta tehostamaan ratakapasiteetin käyttöä sekä kehittämään infrastruktuurin ennakoivaa huoltamista.

Suomessa rautatieliikenteen toimintakenttä muuttui 2019 alusta, kun Väyläviraston vastuulla aiemmin olleet rautatieliikenteen ohjaukseen ja hallintaan keskeisesti liittyvät tieto- ja hallintajärjestelmät sekä infrastruktuuri yhtiöitettiin osana laajempaa Liikenneviraston liikenteenohjaus- ja hallintapalvelujen yhtiöittämishanketta. Myös rautatieliikenteen ohjaus- ja hallinta keskitettiin liikenteenohjauskonserniin (Fintraffic) kuuluvaan Fintraffic Raide Oy:hyn. Uudelleen organisoinnilla tavoitellaan myös rautatieliikenteen automaatio edistämistä muun muassa ekosysteemeillä ja avoimemmalla datan jakamisella ja käytöstä sopimisella.

Automaatio on rautatieliikenteessä edennyt kulunvalvonta- ja ohjauslaitteissa jo varsin pitkälle. Nykyiset automaatiojärjestelmät perustuvat kuitenkin vanhentumassa olevaan teknologiaan ja niiden päivittäminen on seuraava iso automaation mahdollista askel.

Junien automaattiajaminen eli ATO (Automatic Train Operation) itsessään ei ole turvallisuuskriittinen järjestelmä, vaan turvallisuuden kannalta kriittiset toiminnot määritellään muissa turvallisuuskriittisissä järjestelmissä. Näitä ovat erityisesti ERTMS/ETCS (European Rail Traffic Management System). ATO-ratkaisut eivät mahdollista junien liikkumista itsenäisesti ilman sitä tukevaa automaattista junien kulunvalvontajärjestelmää eli ATP-järjestelmää.

Myös EU:n Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategiassa on ERTMS järjestelmä merkitys nostettu rautatieliikenteen kehittämisessä keskiöön. Strategiaan on kirjattu, että ERTMS muodostaa rautatieliikenteen digitaalisen sydämen, jonka ympärille voidaan rakentaa asiakaslähtöisiä datan hyödyntämiseen perustuvia palveluita ja digitaalisia innovaatioita.

Raideliikenteen automaation neliporrasmalli, Automatic Train Operation (ATO)

Digirata-hankkeen ATO-työryhmä syventyi Digiradan valmisteluvaiheessa osa-alueen arkkitehtuuriin kirjallisuusselvityksillä, sidosryhmien haastatteluilla, työpajatyöskentelyllä sekä markkina-analyysillä. Työn aikana työryhmä on perehtynyt maailmalla käynnissä ja suunnitteilla oleviin ATO-hankkeisiin, tutustunut saatavilla olleeseen luonnos-tasoiseen sääntelydokumentaatioon sekä arvioinut automaattiseen liikenteeseen ja siihen liittyvään infrastruktuuriin liittyviä teemoja mahdollisimman monipuolisesti.

Raideliikenteen automaatioluokat jaetaan viiteen eri IEC 62290-1:2014-standardissa määriteltyyn tasoon, missä ensimmäinen GoA0 taso on kuljettajan suorittamaa näkemääjaoa. Korkeammat automaatioluokat on standardissa määritelty seuraavan taulukon mukaisesti.

Kuvio 7. GoA-automaatioluokat

Automaation aste	Junan operointi	Liikkeelle lähtö	Pysähtyminen	Ovien hallinta	Operointi häiriön sattuessa
GoA 1	ATP (kulunvalvonta) ja kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 2	ATP ja ATO kuljettajan kanssa	Automaatio	Automaatio	Kuljettaja	Kuljettaja
GoA 3	Ilman kuljettajaa	Automaatio	Automaatio	Junahenkilöstö	Junahenkilöstö
GoA 4	Ilman henkilöstöä	Automaatio	Automaatio	Automaatio	Automaatio

Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheen aikana realistisena tavoitella ATO GoA2 tason toiminnallisuutta sekä sen käyttöönottoa HSL-liikenteessä rollout-vaiheen yhteydessä. Arvion mukaan korkeampien automaatiotasojen teknologian hyödyntäminen Suomen rautatieliikenteessä olisi mahdollista 2030-luvun loppupuoliskolla.

ATO-järjestelmien arkkitehtuurin rakenne ei muutu täysin siirryttäessä GoA2-automaatiotasolta korkeammille automaatiotasolle, mikä tekee alemman automaatiotasoon nopeammasta käyttöönotosta järkevää. GoA2 tason toiminnoilla junat liikkuvat jo asemien välillä tietokoneen ohjaamana optimoiden muun muassa liikenteen täsmällisyyttä, ratakapasiteetin hyödyntämistä sekä energiatehokkuutta. Edellä mainittujen toimintojen toteuttaminen vaatii uusia toiminnallisuuksia sekä juniin että liikennettä ohjaaviin järjestelmiin. Korkeampien tasojen toteuttamiseksi tulee automaatiojärjestelmään lisätä GoA2 tason ratkaisuun nähden vielä esimerkiksi kuljettajaa korvaavia toimintoja ympäristön havainnointiin ja poikkeustilanteiden hoitamiseen.

6.2 Rautatieliikenteen lainsäädäntö

Suomalaisen rautatieliikenteen automaation edistämisen juridinen mahdollistaminen pohjautuu suoraan EU-lainsäädäntöön. Eurooppalaisen rautatiesäätelyn kaksi tärkeintä sääntelyteemaa ovat yhteentoimivuus ja turvallisuus. Yhteentoimivuudesta määrätään yhteentoimivuusdirektiivissä ((EU) 2016/797) ja sitä täydentää komission päätös (EU) 2017/1474 sekä turvallisuudesta turvallisuusedirektiivissä ((EU) 2016/798).

Tätä yleistä kehikkoa ja sen mekanismeja hyödynnetään myös rautatieliikenteen automaation mahdollistavassa ja edistävässä sääntelyssä. Rautatiealan oma sääntely on kattavaa, mutta rautatietoiminnan hankinnoissa ja kansallisessa organisoinnissa on muistettava myös horisontaalinen sääntely, kuten säännökset valtioneuvoston, kyber- ja turvallisuudesta ja tietosuojasta.

Suurin osa rautatiejärjestelmän täytäntöönpanosta tapahtuu edellä mainittujen direktiivien perusteella annettujen Euroopan komission alemman asteisilla säädöksillä. Rautatiejärjestelmä koostuu yhteentoimivista osajärjestelmistä ja osatekijöistä. Näiden teknisestä ja toiminnallisesta sisällöstä on säädetty yksityiskohtaisesti osajärjestelmittäin yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä eli YTEissä.

Ensimmäiset YTE:t on julkaistu suurten nopeuksien verkolle vuonna 2002 ja tavanomaisten nopeuksien verkolle vuonna 2004. Eritelmissä ohjausjärjestelmä jaetaan kansallisiin niin sanottuihin luokan B järjestelmiin ja eurooppalaiseen luokan A järjestelmään, joka on ERTMS. Suomen kansallinen luokan B järjestelmä on Junien kulunvalvonta JKV. Yhteentoimivuuden teknisiä eritelmiä ollaan uudistamassa. Uudistamista koordinoi ja johtaa komission antamalla mandaatilla Euroopan rautatievirasto ERA. Työn on ennakoitu olevan valmis vuonna 2022. Uudistusten tavoitteena on siirtyä Euroopan rautateilla kohti tehokkaampaa liikenteen hallintaa ja automaatiota. Uudistamisen käytännön tavoitteena on uusien teknologioiden käyttöönotto.

Uudistaminen tapahtuu säädösteknisesti antamalla uudet komission asetukset YTE:istä. Samalla päivitetään voimassa olevissa asetuksissa olevat viittaukset uusittuihin tai uusittaviin standardeihin ja eritelmiin, joihin YTE:jen toimeenpano yksityiskohdissaan perustuu.

Täytäntöönpanosta poikkeamiseen on EU:n luoma menettely, joka alkaa kansallisella, raideliikennelaissa säädetyllä hakumenettelyllä ja päättyy yhteentoimivuusdirektiivissä säädetyllä tavalla poikkeaman tyypistä riippuen.

Poikkeamia voidaan laittaa täytäntöön poikkeaman tyypistä riippuen joko tiedoksiantamalla komissiolle tai turvallisuusdirektiivin mukaisen yhteentoimivuus- ja turvallisuuskomitean ja komission hyväksynnällä. Prosessiin sisältyy muiden jäsenvaltioiden hyväksyntä.

Poikkeamien hakeminen on pääsääntöisesti pitkä ja paljon hallinnon resursseja vievä prosessi. Lisäksi poikkeaman saaminen on aina tapauskohtaista. Lisäksi Euroopan rautatievirasto (ERA) valvoo kansallisia sääntöjä, jotka jäsenvaltioiden tulee ilmoittaa ja vahvistuttaa ERA:lla.

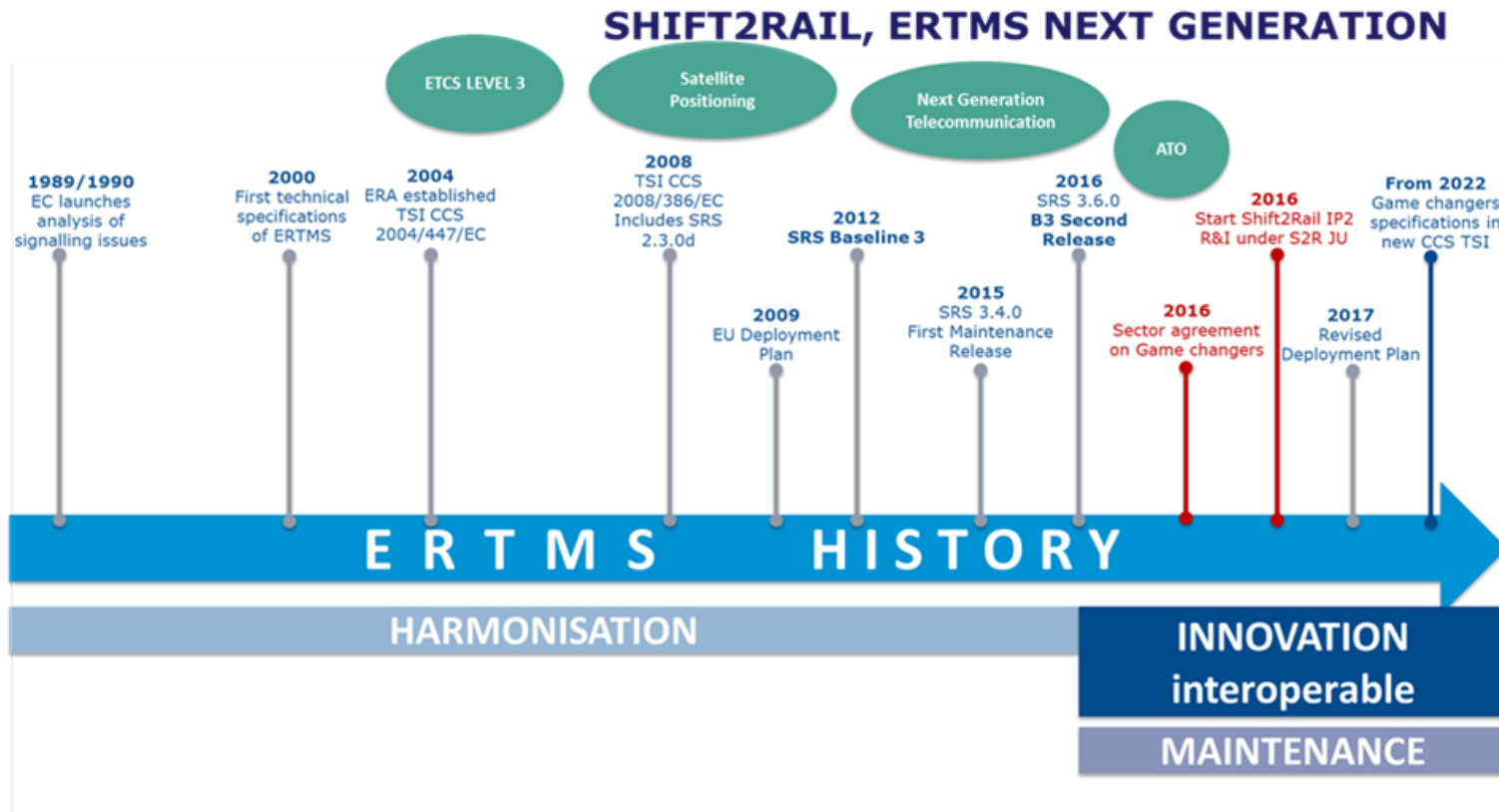
Komission strategisen linjaukset rautatieliikenteen digitalisoinnille

EU:ssa nk. Game Changerseihin eli uusiin merkittäviin teknologioihin, oli muodostettu rautatiealan näkemyksiä jo 2000-luvun alkupuolella. EU:ssa uusien teknologioiden kehittämistä on edistetty erityisesti Shift2Rail -tutkimus ja kehittämiskokonaisuudessa.

Rautatieliikenteen automaation edistämisen ja mahdollistamisen kannalta merkittävin säädöshanke on EU:n komission ohjaama ja Euroopan rautatievirasto ERA:n koordinoima yhteentoimivuuden teknisten eritelmien tarkastaminen ja uudistaminen (YTE Revision 2022).

Komission tavoitteena on, että uudistaminen tehdään uuden komission asettamien EU:n poliittisten tavoitteiden mukaisesti.

Kuvio 8. EU:n rautatieliikenteen tutkimus- ja kehitysohjelma Shift2Rail <https://shift2rail.org/>



Komissio on linjannut, että 2022 julkaistavissa yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä tulee pyrkiä mm. seuraavaan:

- Otetaan täysin huomioon EU:n poliittiset tavoitteet, kuten Euroopan vihreän kehityksen ohjelman ja Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategian linjaukset.
- Varmistetaan innovaatioiden ja uuden tekniikan nopea käyttöönotto.
- Uudistus on toteutettava niin, että oikeudellinen kehys on ennustettava.

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi tulevat YTE:ien tarkistukset tehdään kokonaisuutena niin, että se on avoin jäsenvaltioille ja alan toimijoille.

Komissio on asettanut myös laajemmat strategiset tavoitteet liittyen digitaalisiin rautateihin ja vihreään tavaraliikenteeseen. Näitä tavoitteita ovat mm.

1. Säädösten tarkistuksen on valmistettava tietä ilmastoneutraalin Euroopan saavuttamiselle. Rautateiden on oltava energiatehokkaampia ja rautateiden tavaraliikenteen kilpailukykyä on parannettava liikennemuotosiirtymään edistämiseksi.
2. Uudella regulaatiolla on varmistettava, että määräykset ovat selkeitä ja että niiden avulla voidaan täyttää olennaiset vaatimukset. Oikeudelliset epäselvyydet aiheuttavat tarpeettomia kustannuksia.
3. Tarkistuksella on saatava aikaan joustava, tehokas ja luotettava EU:n rautatiejärjestelmä, joka perustuu digitalisointiin ja Shift2Rail-ohjelmassa kehitettyihin innovaatioihin. Sen on edistettävä rautateiden houkuttelevuutta vaihtoehtoisena kulkumuotona.
4. Seuraavan tarkistuksen avulla on edelleen vahvistettava sisämarkkinoita ja varmistettava EU:n teollisuuden johtajuus rautatieliikenteessä sekä EU-standardien pysyminen globaalina viitekehystenä.

Komission kaksi pääpilaria vuoden 2022 tarkistukselle:

A) Digital Rail

Rautatieliikenteen on jatkossa perustuttava digitalisointiin ja innovaatioihin. Tavoitteena on rautatiejärjestelmän muutos kohti kustannustehokkaampaa kokonaisuutta niin, että rautatieliikenteessä voidaan edetä kohti automaatiota ja parempaa kapasiteetin hallintaa.

Komissio on linjannut yhteentoimivuuden eritelmien uudistamisen pääperiaatteiksi ja painopisteiksi, että mukana oltava nk. "Game Changer`it", jotka ovat tulevaisuuden ERTMS-pohjaisen digitalisoinnin sydän ja joilla pyritään saavuttamaan suurempi kapasiteetti ja parempi suorituskyky.

Näitä ovat:

- Automaattinen junaliikenne eli ATO (Automatic Train Operation), tasot 1 ja 2
- Rautateiden tulevaisuuden mobiili kommunikaatiojärjestelmä FRMCS (Future Rail Mobile Communication System).
<https://uic.org/rail-system/frmcs/>
- Eurooppalainen rautatieliikenteen liikenteenohjauksen kokonaisuus ERTMS-taso 3 eli satelliittiteknologiaan pohjautuva rautatieliikenteen kulunvalvonnan- ja ohjauksen järjestelmä.
<https://fi.wikipedia.org/wiki/ERTMS>
- ETCS-jarrutuskäyrän optimointi turvallisuuden ja kapasiteetin huomioon ottaen. <https://fi.wikipedia.org/wiki/ETCS>
- Satelliittipaikannus yhdistettynä innovatiivisiin antureihin tarkoittaa junan sijaintitietoa ja matkanmittausta.
- Junan eheyden valvontajärjestelmä täydentämään tasoa 3 (tarjoaa merkittävän mahdollisuuden radanvarren laitteiden kustannusten alentamiseen)
- Kyberturvallisuus.

Yleisenä tavoitteena on helpottaa digitaalitekniikoiden käyttöönottoa rautatieliikenteessä ja lieventää järjestelmämuutoksen monimutkaisuutta modulaation avulla. Lisäksi tiedonvaihdon peruskehystä on uudistettava parantamalla rahti- ja matkustajatietojen arkkitehtuuria. Tämä sisältää sekä multimodaalisen että reaaliaikaisen tiedonvaihdon parantamisen.

Kyberturvallisuus on ERTMS-järjestelmän suunnittelun lähtökohta. Kyberturvallisuus pyritään ratkaisemaan jo suunnitteluvaiheessa (Security by Design). ERTMS:lle luodaan kyberturvallisuus eritelmiä ja standardit ja Euroopan kyberturvallisuusvirasto ENISA on mukana luomassa ja arvioimassa ERTMS:n kyberturvallisuutta.

B) Vihreä rahti

Vihreän tavaraliikenteen tavoitteena on, että vuoden 2022 tarkistuksella poistetaan rahtiliikenteen esteitä rautatiekuljetuksissa ja tuetaan ympäristöystävällisempien tekniikoiden käyttöönottoa. Tavoitteena on, että:

1. Edistetään tehokkaampaa tavaraliikennettä mm. helpottamalla kuljetusten yhdistelyä
2. Yksinkertaistetaan ja parannetaan edelleen rahtikuljetuksiin käytettävän rautatiekaluston vaatimuksia
3. Tuetaan ympäristöystävällisten tekniikoiden käyttöönottoa raideliikenteen tavaralogistiikassa

YTE:n tarkastusprosessissa pyritään jatkuvasti keräämään kokemuksia tutkimus- ja kehittämishankkeista.

Rautatieliikenteen automaation kannalta keskeisimmät yhteentoimivuuden tekniset eritelmiä

Kansallisesti direktiivit on pantu täytäntöön raideliikennelaila (1302/2018) ja sen nojalla annetuilla säädöksillä, kuten valtioneuvoston asetuksella rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta 284/2019. Kansallisesti raideliikennelaki ja sen nojalla annetut valtioneuvoston asetukset ovat ensisijaisesti EU-lainsäädännön täytäntöönpanoon perustuvia säädöksiä, joilla säädellään EU-lainsäädännön edellyttämällä tavalla mm. rautatiejärjestelmän yhteentoimivuutta ja turvallisuutta, rataverkon haltijan toimintaa, rautatieliikenteen harjoittamista rataverkolla sekä rautatiemarkkinoiden toimivuutta.

Kansallisen toimeenpanosäätelyn osuus on rajallinen ja koskee lähinnä menettelyiden kansallista osaa, avoimia kohtia ja luokan B järjestelmien teknisiä vaatimuksia.

Ratalaki (110/2007) sisältää säännökset mm. rataverkon suunnittelusta, rakentamisesta, ylläpidosta ja kehittämisestä osana liikennejärjestelmää ja kyseisen lain säännökset ovat ensisijaisesti kansallista säätelyä. Ratalakia on muutettu muutaman kerran lähinnä teknisesti.

Sitä mukaan, kun unionitasolla annetaan yhteentoimivuuden teknisiä eritelmiä, mahdollisuus ja tarve kansallisten oikeussääntöjen antamiseen on rajatumpi. Unionitasolla annettavat yhteentoimivuuden tekniset eritelmit annetaan pääsääntöisesti komission täytäntöönpanoasetuksina Euroopan parlamentin ja neuvoston hyväksymien direktiivien nojalla.

Nämä asetukset ovat suoraan sovellettavaa EU-oikeutta, eikä niistä tarvita kansallista täytäntöönpanolainsäädäntöä. Myös tulevat junien automaattista ajoa koskevat teknologia- ja käyttönormit tulevat täytäntöönpano-asetuksissa tai niissä mainituissa, tai pakollisena noudatettavina, eritelmissä ja standardeissa.

Suomen rataverkko on osa eurooppalaista rautatiealuetta

Suomen rataverkon hallinnointi ja liikennöinti on suurelta osin EU:n säädöstoimivaltaan kuuluva asia. Suomen rataverkko on osa yhtenäistä eurooppalaista rautatiealuetta. Rataverkon rakentaminen, hallinta ja käyttö ovat EU-tasolla säädeltyä toimintaa, jota kansallinen sääntely vähäisessä määrin täydentää.

Eurooppalaiset säädökset on tunnettava, kun suunnitellaan, millainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä Suomessa otetaan käyttöön lähitulevaisuudessa. Erityisen tärkeää on kartoittaa se, mihin suuntaan eurooppalaista säädöskenttää ollaan kehittämässä. Suomen on vaikutettava aktiivisesti säädösten sisältöön mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, jotta säädökset eivät pakota Suomea ottamaan käyttöön kalliita Suomen oloihin sopimattomia järjestelmiä.

Erityisesti tämä koskee seuraavan sukupolven radio- ja tietoverkkoteknologioita ja -taajuuksia. Suomen on myös pyrittävä siihen, että säädökset mahdollistavat innovaatiot ja yleisten teknologioiden hyödyntämisen myös rautatieliikenteessä.

Rautatieliikenteen digitalisaation ja automaation kannalta tärkein muutos on hyppäys analogisesta ympäristöstä digitaaliseen ERTMS-maailmaan. Tämän muutoksen mahdollistamiseen on komissio antanut selkeät suuntaviivat Euroopan raideliikennevirasto ERA:lle ja muille ERTMS:n uudistusta suunnitteleville instituutioille. Muutos edellyttää uudistusta suunnitteleville ja seuraaville toimijoille sekä viranomaisille laajaa panostusta resursseihin ja tietotaitoon. Jäsenvaltioilla on velvollisuus tehdä kansallinen täytäntöönpanosuunnitelma ERTMS:n käyttöönotosta. Suomi toimitti oman suunnitelmansa kesäkuussa 2017.

Suomi on päivittämässä omaa kansallista ERTMS-täytäntöönpanosuunnitelmaansa (NIP, National Implementation Plan) vuoden 2021 aikana. Se tulee perustumaan Digi-rata-hankkeen aikatauluun rakentaa Suomeen moderni radioverkkopohjainen rautatie-liikenteen kulunvalvontajärjestelmä. Täytäntöönpanosuunnitelman tekemisessä on huomioitava osaltaan liikenteen automaation sekä datan hyödyntämisen mahdollistaminen ja edistäminen. On kuitenkin huomioitava se, että täytäntöönpanosuunnitelman tulee täyttää erityiset vaatimukset, jotka mahdollisesti voivat rajoittaa muiden asioiden esilletuomista tässä yhteydessä.

TEN-T-verkko

Euroopan laajuinen liikenneverkko eli TEN-T-verkko on EU:n priorisoima rataverkon osa: uudet tekniikat on otettava niillä käyttöön etupainotteisesti, mitä tuetaan myös taloudellisesti. TEN-T-verkko muodostuu eurooppalaisittain tärkeistä rataverkon osista, joiden rakentamista ja käyttöönottoa priorisoidaan EU:ssa ja joille on asetettu omia vaatimuksia liittyen uuden tekniikan käyttöönottoon.

Verkko koostuu vuoteen 2030 mennessä rakennettavasta ydinverkosta (core network) ja vuoteen 2050 mennessä rakennettavasta kattavasta verkosta (comprehensive network). TEN-T-verkon perussäädös on Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus suuntaviivoista Euroopan laajuisen liikenneverkon kehittämiseksi sekä CEF -rahoitusvälineen perustamisesta.

On tärkeää, että kansallinen käyttöönottosuunnitelmassa on kirjattu TEN-T verkkojen varustaminen ERTMS-järjestelmällä.

Rautatieyritysten ja rataverkon haltijan roolit

Rautateiden turvallisuusdirektiivin keskeinen eurooppalainen ratkaisu on säätää kattavasti koko järjestelmää koskevat turvallisuusvaatimukset, mukaan luettuina infrastruktuurin ja liikennöinnin turvallinen hallinnointi sekä rautatieyritysten, rataverkon haltijoiden ja unionin rautatiejärjestelmän muiden toimijoiden välinen vuorovaikutus.

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että rataverkon haltijat ja rautatieyritykset ovat kukin itselleen kuuluvalta järjestelmän osalta vastuussa unionin rautatiejärjestelmän turvallisuudesta käytöstä ja siitä aiheutuvien riskien hallinnasta. Rataverkon haltijalla on laaja itsenäinen vastuu ja toimivalta päättää hallinnoimastaan rataverkosta. Rataverkon haltijan yleisestä roolista, vastuusta, itsenäisyydestä sekä oikeudesta hallita rataverkkoa ja päättää siitä, mitkä rautatieyritykset on päästettävä ja millä edellytyksillä radoille liikennöimään, on säädetty direktiivissä yhtenäisestä eurooppalaisesta rautatiealueesta.

Turvallisuusjohtamisjärjestelmien keskeinen merkitys

Turvallisuusdirektiivissä säädetään rautateiden turvallisuusvaatimuksista. Sääntelyn kohteina ovat infrastruktuurin ja liikennöinnin turvallisuus sekä rautatieyritysten, rata-verkon haltijoiden ja unionin rautatiejärjestelmän muiden toimijoiden vastuut.

Keskeiset toimijat, joille on säädetty velvollisuuksia, ovat rataverkon haltija ja rautatieyritykset. Keskeisin väline, jolla näiden on huolehdittava turvallisuudesta, on organisaatioissa käyttöön otettava turvallisuusjohtamisjärjestelmä. Sen käyttöönotto varmennetaan direktiivin mukaisessa prosessissa, joka päättyy monen vaiheen jälkeen siihen, että Liikenne- ja viestintävirasto viranomaisena antaa turvallisuusluvan rataverkonhaltijalle ja Liikenne- ja viestintävirasto tai ERA turvallisuustodistuksen rautatieyrityksille.

Kyberturvallisuus eurooppalaisessa rautatieliikenteessä

Kyberturvallisuuden huomioon ottaminen on ERTMS järjestelmän suunnittelun lähtökohta. Kyberturvallisuus pyritään ratkaisemaan jo suunnitteluvaiheessa (nk. Security by Design). ERTMS:lle luodaan kyberturvallisuus eritelvät ja standardit. Euroopan kyberturvallisuusvirasto ENISA on mukana luomassa ja arvioimassa ERTMS:n kyberturvallisuutta.

Kun Suomessa siirrytään tulevaisuudessa rautatieliikenteen automaation mahdollistamaan kulunvalvonnan ERTMS tasoihin 2 ja 3, merkitsee tämä kyberturvallisuuden roolin huomattavaa kasvua.

Eurooppalainen sähköalan standardoimisjärjestö CENELEC on laatimassa ERTMS-järjestelmätason kyberturvallisuusstandardia (CENELEC TS 50701). Ko. kyberturvallisuusstandardi julkaistiin syyskuussa 2021. Tavoitteena on, että standardi olisi mahdollista adoptoida CCS YTE:n 2022. Euroopan kyberturvallisuusvirasto ENISA osallistuu myös ERTMS:n kehittämistyöhön ja on mahdollista, että se sertifioi järjestelmän. Kansallisella tasolla sertifiointiin voivat osallistua kansalliset toimijat.

Alla esitetystä kuvasta käy ilmi, mitä uusia mahdollisuuksia syntyy, kun rautatieliikenteen hallintajärjestelmä modernisoidaan ja samalla automatisoidaan ottamalla käyttöön ERTMS:n radioviestintään perustuvat ETCS-tasot 2–3. Tämä kokonaisuus pyrittään ottamaan huomioon kyberturvallisuuden normeja luotaessa.

Kuvio 9. ERTMS:n mahdollistamista digitaalisista ja kyberturvallisuutta sisältävistä toiminnoista ja sisällöstä. (Lähde: Digirata loppuraportti 4/2020)

Source, CENELEC prTS 50701:2019 'Railway Applications – Cybersecurity

Käyttötoiminta, hallinta ja ylläpito	Liikenteen hallintajärjestelmä	Viestintä Veturinkuljettajat, ratatyöntekijät	Ylläpidon hallinta ja diagnostiikka	Radioverkon hallintajärjestelmä	Energian hallintajärjestelmä	Kiinteistöjen hallinta (Teho, Ilmastointi, Seuranta jne.)	Matkustajien tietojärjest. Passenger Information System PIS
Radanvarsi-järjestelmät	Asetinlaitteet	Sähkönsyöttö asemat	Tunnelit (anturitiedot)	Sillat (anturitiedot)	Diagnostiikka	Digitaaliset opasteet	Viihde (WIWI, internet)
	Radio asetinlaittekeskukset (RBC)	Viestintäverkko (esim. FRMCS)	Rekisteröintilaitte Juridical data		Videovalvonta CCTV	Kuulutusjärj. Public address PA	Matkustajien tietojärjestelmä PIS
Raidejärjestelmät	Autom. kulunvalvonta (ballisit, jne.)	Vaihteen käyttölaitteet (Point machine)	Tasoristeykset	Opastimet	Junanilmaisimet		
Kaluston järjestelmät	Automaattiset junankulunvalvonta laitteet	Tulipalon havaitseminen ja palonsammuttimet	Junanvalv. hallintajärj. (TrainCtrlMan. System TCMS)	Junan ohjaus verkko (Train Control Network TCN)	Junan järj. ja komponenttien diagnostiikka	Ilmastoin valv. (Motor Vehicle Air Condit. MVAC)	Viihde (WIWI, internet)
	Virroittimien valvonta	Vetovoiman valvonta	Jarrujärjestelmän valvonta	Ovien valvonta	Videovalvonta CCTV	WC valvonta	Matkustajien tietojärjest. PIS
	Matkustaja hälytysjärjest. (Passenger Alarm System PAS)	Kuljettajan ja kaluston käyttöliittymä (DMI)	Ohjaamojen radiolaitteet		Tunkeutumisen estojärjestelmä	Kuulutusjärjestelmä PA	Värien merkitys: Kuluvalvonta järj.(ETCS) Komento-, viesti, valvontajärj.
	Muut turvallisuus toiminnot	Viestinnän yhd. käytävä (Mob. Comm. Gateway MCG)	Rekisteröintilaitte (Juridical data)		Kuljettajien Neuvontajärjestelmä	Energianmittausjärjest. (Energy Metring System EMC)	Avustavat järj. Matkustajajärj. Julkiset järj.

Kyberturvallisuus ja lainsäädäntö

Lisäksi kyberturvallisuudesta huolehtiminen tulisi ottaa olennaiseksi osaksi toimijoiden (yksityinen tai julkishallinnollinen) turvallisuusjohtamisjärjestelmää. Tällöin tulisi ottaa huomioon myös

- Yleinen tietosuoja-asetus (EU) 2016/679
- Tietosuojalaki 1050/2018
- Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta 621/1999
- Laki julkisen hallinnon tiedonhallinnasta 906/2019
- Raideliikennelaissa 1302/2018 NIS-direktiivin (EU) 2016/1148 mukaisia keskeisiä palveluntarjoajia koskeva velvollisuus huolehtia tietoturva-riskien hallinnasta sekä velvollisuus ilmoittaa häiriöistä
- Tiedonhallintalautakunnan suositukset
- Kansainvälistä turvallisuusluokiteltua tietoaineistoa koskevat säädökset.

6.3 Rautatieliikenteen liikenteenohjaus

Suomalaisen junien kulunvalvonnan (JKV) elinkaari on päättymässä, ja Suomessa ollaan tulevaisuudessa siirtymässä eurooppalaiseen ERTMS/ETCS-järjestelmään. ERTMS-järjestelmän tarpeisiin tietoliikenneyhteyksien näkökulmasta vaikuttaa merkittävästi taso, joka Suomessa tullaan toteuttamaan. ERTMS voidaan toteuttaa kolmella eri tasolla:

- Tasolla 1 junien kulunvalvontajärjestelmä toteutetaan pistemäisenä. Se vastaa toteutukseltaan läheisimmin nykyisin käytössä olevaa JKV-toteutusta, jossa tieto radanvarren ja junan välillä välitetään pistemäisesti baliisien avulla. Taso 1 yksi ei mahdollista automaation käyttöönottoa.
- Tasolla 2 junien kulunvalvonta toteutetaan jatkuvana, jolloin saadaan parempi näkyvyys rataverkon kapasiteettiin. Tasolla 2 asetinlaite varmistaa kulkutiet, mutta ajolupa välitetään veturilaitteille ja kuljettajalle langattoman radiosuojatuskeskuksen (RBC) kautta. Taso 2 mahdollistaa automaation tehokkaan käyttöönoton.
- Tasolla 3 junien kulunvalvonta toteutetaan jatkuvana ja juna ilmoittaa sijaintinsa langattomasti radiosuojatuskeskukselle. Tasolla 3 radanvarsilaitteistoa ei hyödynnetä junan sijainnin määrittämiseen, vaan junan sijainnin määrittäminen perustuu pyörän pyörimistä laskevaan takometriin, gyroskoopilla ja kiihtyvyyksianturilla suoritettavaan hitausmittaukseen, satelliittipaikannukseen tai näiden yhdistelmiin. Junan paikantaminen määritetään langattoman verkon kautta kuten tasolla 2. Taso 3 ei tällä hetkellä ole käytössä, mutta EU:n

rahoittamassa ja monen eri eurooppalaisen raideliikennetoimijan yhteistyöhankkeessa ERSAT GGC on testattu satelliitteja raideliikenteen kulunohjauksessa.

Tasojen 2 ja 3 keskeinen komponentti on Radiosuojastuskeskus (RBC, engl. Radio Block Centre), joka laskee ajolupatiedot ja välittää ne veturilaitteille. Radiosuojastuskeskus liitetään asetinlaitteeseen ja tiedonkulku tapahtuu jatkuvatoimisesti langattoman verkon kautta. Suomessa suurimpaan osaan nykyisin käytössä olevista asetinlaitteista ei ole mahdollista rakentaa kustannustehokkaasti rajapintaa radiosuojastuskeskukselle, joten jo tasolla 2 joudutaan uusimaan myös asetinlaite.

Turvallisuuden vaatima tiedonsiirto edellyttää varmaa radioyhteyttä. ERTMS tasolla 2 ja 3 tiedonsiirtoyhteydet ja komponentit on oltava varmistettu ja/tai kahdennettu. Jokaiselle junalle on oltava koko ajan varmistettu riittävä tiedonsiirtokapasiteetti, vaikka kaikki junat olisivat samaan aikaan yhteydessä radiosuojastuskeskukseen.

Modulaarinen liikenteen ohjauksen konsepti

RCA (Reference CCS Architecture) on konsepti, joka määrittelee sekä jaottelee uudeen nykyisten rautatiejärjestelmien toimintoja sekä standardoi puuttuvat rajapinnat näiden osien välillä. Esimerkiksi nykyisen asetinlaitteen toiminnot on RCA:ssa määriteltä erillisiin osiin, joissa on selkeät rajapinnat. Toiminnallisuudet voidaan sijoittaa suhteellisen vapaasti erilaisiin laitteistokokonaisuuksiin ja niiden selkeä jakaminen auttaa muun muassa turvatoimintojen parempaan ja selkeämpään määrittelyyn.

RCA konseptina käsittää asioita suhteellisen laajasti aina liikenteenohjauksen järjestelmistä ja radioverkkopohjaisesta ohjauksesta (ETCS L2/3) ATO:n saakka. Liikkuvan kaluston laitteisto ei ole konseptissa mukana. Konseptiin kuuluu myös standardoidut määrittelytyökalut, joita käyttämällä voidaan välttää iso osa testauksesta ja näin saavuttaa tehokkuutta ja kustannusten alenemista.

Isoin muutos nykyisiin kokonaisuuksiin on tarkkaan määritellyt rajapinnat. RCA kokonaisuudessa käytetään olemassa olevia speksejä, kuten ETCS, EULYNX, ja määritellään puuttuvat. Tämä lisää kilpailua ja sitä kautta odotetaan myös ketterämpiä toimintamalleja.

RCA:n konsepti täytyy ensin hyväksyä osaksi ERTMS arkkitehtuuria. Konsepti täytyy sisällyttää osaksi ERTMS-eritelmiä (subset), jotta siitä tulisi hyväksyttävä osa ERTMS:ää. Työ on käynnissä UNIFE/UNISIC:n ERTMS-työryhmää ja ERA:n työryhmissä tarkastellaan UNIFE/UNISIC saavutuksia.

Paikantaminen

Tällä hetkellä satelliittipaikannuksen (GNSS) avulla voidaan saavuttaa noin 1,5 metrin paikannustarkkuus. Hyödyntämällä lisäksi maanpäällisen kiintopisteverkon RTK-signaalikorjausta päästään noin puolen metrin tarkkuuteen. Vuonna 2022 saataville tuleva Galileon HAS-tarkkuuspalvelu tarjoaa noin 20 senttimetrin paikannustarkkuuden.

GNSS-järjestelmien (GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou) kaikille käyttäjille avoimet sijaintitietopalvelut ovat alttiita häiriöille ja harhauttamiselle. Galileo tuo ainoana GNSS-järjestelmänä kaikkien käyttäjien saataville autentikointipalvelun satelliittisignaalin eheyden ja alkuperän varmistamiseksi. Galileon maksuton OS-NMA- ja kaupallinen CAS-autentikointipalvelu ovat saatavilla vuoden 2022 jälkeen.

Lisäksi Galileo tarjoaa PRS-palvelun (Public Regulated Service) eli julkisesti säännellyn palvelun EU-jäsenmaiden viranomaisten ja huoltovarmuuskriittisten toimijoiden käyttöön. Palvelussa tarjotaan vahvasti salattuja signaaleja sovelluksille, jotka edellyttävät palvelun jatkuvuutta normaalioloissa ja niiden häiriötilanteissa sekä poikkeusoloissa.

PRS-palvelun saatavuutta ohjaavat Euroopan unionin tasolla määritellyt viranomaiset. Laitteiden jakelusta vastaavat EU:n jäsenvaltioiden viranomaiset. Käyttöoikeudet myöntää kansallinen PRS-viranomainen, joka Suomessa on ollut 1.1.2019 alkaen Liikenne- ja viestintävirasto. PRS-palvelu otetaan Suomessa kansallisesti käyttöön vuonna 2024.

Mikäli rautatieliikenteessä tukeudutaan sijaintitiedon tuottamisessa GNSS-järjestelmiin, sen turvallisuutta voidaan merkittävästi parantaa Galileon tarjoamien OS-NMA ja CAS-autentikointipalveluiden ja/tai PRS-palvelun tarjoaman lisävarmuuden kautta.

Sijaintitiedon alkuperän lisäksi sen oikeellisuuden ja tarkkuuden varmistaminen on tärkeää. EU:n EGNOS-järjestelmä tuottaa GNSS-järjestelmiä varmentavaa korjaus- ja eheystietoa muun muassa lentoliikenteelle. EGNOS-järjestelmässä on rakenteilla erityispalvelut myös meri- ja raideliikenteen tarpeisiin.

Luotettavan ja riittävän tarkan sijaintitiedon saatavuuden varmistamiseksi kaikissa olosuhteissa ja ympäristöissä, kuten tunneleissa ja ratapihoilla, satelliittipohjaisen paikannuksen tueksi tarvitaan myös paikallisia sensoreita ja muita toimilaitteita.

EU:n komission rahoittamassa rautatieliikenteen kehittämiskokonaisuudessa Shif2Rail:ssä on tutkittu ja käynnistetty kokeiluja, joilla kehitetään satelliittiteknologiaa hyödyntäviä liikenteenohjausjärjestelmiä.

6.4 Kiinteät ja mobiiliverkot

Rautatieliikenteen tietoliikenneyhteyksien keskeisiä hyödyntäjiä ovat tällä hetkellä Väylävirasto, Fintraffic Raide Oy, rautatieliikenteen harjoittajat, matkustajat ja rautatiealueella toimivat urakoitsijat. Väylävirasto vastaa valtion rataverkosta, rataverkon kunnossapidosta ja laiturialueista. Väyläviraston vastuulla ovat myös rautatieliikenteen keskeiset tietoliikennejärjestelmät, kuten junien kulunvalvonnan (JKV) ja turvalaitteiden järjestelmät.

Liikenteenohjausyhtiö Fintraffic Raide Oy:n tehtävänä on Väyläviraston kanssa tehdyn sopimuksen nojalla vastata liikenteenohjauksen järjestelmästä, liikenteen ohjauksen palveluista, liikennesuunnittelusta ratatyön ja liikenteen yhteen sovittamiseksi, käyttökeskustoiminnasta sekä junamatkustukseen liittyvistä matkustajainformaatiopalveluista. Julkisoikeudellinen vastuu on Väylävirastolla. Väylävirasto tilaa palvelun Fintraffic Raide Oy:ltä.

Automaation edistämisen ja datan kokonaisvaltaisen hyödyntämisen kannalta raideliikennettä koskevassa kansallisessa lainsäädännössä on säädetty rautatieyriyten ja rataverkon haltijan rooleista, mutta raideliikenteen ohjauspalvelun tarjoajan roolia ei ole määritelty.

Raideliikennelaissa ei myöskään ole määritelty raideliikenteen ohjauspalveluun taikka ratakapasiteetin ja reittien jakamiseen kuuluvia tehtäviä, vaan näistä sovitaan raideliikennelain 108 § ja 136 §:n mukaisesti sopimuksella. Liikenteen ohjaus- ja hallintapalvelun tarjoajan tiedonhallinta perustuu lakiin liikenteen palveluista (144-149 §).

Rautatieliikenteen kulunvalvonnan vastuiden ja velvollisuuksien jakamisessa nämä tehtävät ja vastuunjako ovat muodostuneet ns. kumppanuussopimukseen perustuvassa käytännön toiminnassa, mutta sille ei löydy selvää perustetta lainsäädännöstä. Tämä aiheuttaa juridisia haasteita mm. tiedonhallinnassa sekä tietosuojaan ja tietoturvaan liittyvässä vastuunjaossa.

Rautatieliikenteen automaation ja datan hyödyntämisen kontekstissa on tarkoituksenmukaista selvittää kansallisen lainsäädännön mahdolliset ristiriitaisuudet. Lisäksi ristiriitaisuuksia voi olla suhteessa EU:n sääntelyyn. Yleisesti kannattaa huomioida, että vastuuasioissa liikkumavara on pieni, jos EU:n sääntelyssä on määrätty vastuullinen toimija.

Rautatieliikenteessä hyödynnetään mobiiliyhteyksiä ja kiinteitä yhteyksiä. Kaupalliset palveluntarjoajat tuottavat pääosin mobiiliyhteydet, joita hyödynnetään muun muassa kuljettajien päätelaitteisiin, urakoitsijoiden mobiiliyhteyksiin sekä matkustajien tiedonsiirtoon. Kaupallisten mobiiliyhteyksien lisäksi rautatieliikenteen käytössä on Erillisverkkojen tuottama viranomaisverkko Virve, jota käytetään puheviestintään viranomaisten kesken sekä viranomaisten ja raideliikenteen välillä.

Rautatieliikenteen keskeisimmät tietoliikenneyhteydet, kuten turvalaitteiden yhteydet, on toteutettu kiinteinä yhteyksinä. Kiinteitä yhteyksiä on toteutettu perustuen kupariin ja valokuituun. Rautatieliikennettä palvelevat telekaapelit omistaa osin Väylävirasto ja osin Cinia, jolle rautatieliikenteen telekaapelien omistajuus on päätyntä historiallisista syistä.

Fintraffic Raide Oy omistaa pääosin kiinteät yhteydet asemilla (liittyen muun muassa asemien ja ratapihojen kameravalvontaan sekä matkustajainformaatio- ja kuulutuspalveluiden laitteisiin). Yhteydet asemille Fintraffic Raide Oy hankkii kaupallisilta operattoreilta. Kaikki rautatiealueella sijaitsevat kaapelit eivät palvele vain rautatieliikennettä, vaan rautatiealueilla on operaattorien telekaapeleita, joita käytetään myös muihin tarkoituksiin.

Rautatiealueilla kiinteät tietoliikenneyhteydet on sijoitettu hyvin vaihtelevasti. Jatkossa kaapelikanavien mitoituksessa tulee kiinnittää erityistä huomioita myös tulevaisuuden tarpeisiin. Vanhoilla rataosuuksilla telekaapeleita kulkee myös aurattuna sepelin joukkoon sekä ilmajohtoina. Yksittäistapauksissa kaapeleita voi kulkea myös kuormiteussa rakenteessa kiskojen alla. Näissä tapauksissa niiden ylläpito on käytännössä mahdotonta ja niiden uusiminen edellyttää lähes poikkeuksetta uusien kiinteiden yhteyksien toteuttamista.

Rautatieliikenteen operoinnin näkökulmasta tietoliikenneyhteyksien tilanne on hyvä suhteessa nykyisten ja tulevaisuuden palveluiden tarpeisiin. Rautatieympäristössä on paljon kiinteitä yhteyksiä, jotka on toteutettu raideliikenteen ohjauksen tarpeisiin.

Toisaalta tällä hetkellä käytävä keskustelu uusien tiedosiirtoteknologioiden vaikutuksesta turvajärjestelmien kehittämisessä. Esimerkiksi ERMTS-työn yhteydessä on karotettu vaihtoehtoa, että IP-pohjaiset ratalaiteet kytketään keskitettyyn asetinlaitteeseen (RBC; Radio Block Center) radioverkon kautta. Tämä mahdollisuus toisi merkittäviä kustannussäästöjä.

Nykytilanteessa keskeiset kehittämistarpeet kohdistuvat vanhojen kaapeleiden uusimiseen sekä langattomien yhteyksien parantamiseen syrjäisimmillä rataosuuksilla. Langattomien yhteyksien parantumisesta hyötyisivät rautatieliikenteessä erityisesti

matkustajat, urakoitsijat liikenteenohjaajat sekä junankuljettajat (päätelaitteiden käyttö ja puheviestintäyhteydet). Tarkkaa tietoa käytössä olevista tietoliikenneyhteyksistä, niiden laadusta, omistajuudesta ja sijainnista on myös tarve kehittää.

Raideliikenteen viestintäyhteydet

Raideliikenteen puheviestintä perustuu nykyisin Väyläviraston tuottamaan liikenteenohjaajien viestintäverkkoon (LOV) sekä Erillisverkot Oy:n tuottamaan Virve (1.0) viranomaisverkkoon. Liikenteenohjaajien viestintäverkko yhdistää liikenteen ohjauskeskukset toisiinsa kiinteällä valokuitu- ja kupariyhteydellä, jotka ovat osin Väyläviraston ja osin niistä vastaavana palveluntuottajana toimivan Cinian omistamia. Liikenteen ohjaus on yhteydessä junien kuljettajiin Virve-verkon (1.0) kautta. Virve (1.0) -verkko on tarkoitettu pääasiassa puheviestintään eikä tue tiedonsiirtotarpeita, kuten nykyiset kaupalliset mobiiliyhteydet. Virve 1.0 tullaan asteittain korvaamaan 2020-luvun puolivälissä toteutettavalla Virve 2.0- viestintäpalvelulla jonka käyttöönotto rautatieliikenteessä selvitetään vielä erikseen.

Rautatieliikenteen viestintäjärjestelmän seuraavan sukupolven standardointia tehdään tällä hetkellä useissa instituutioissa. UIC:ssa määritetään vaatimuksia käyttäjän näkökulmasta, Shift2Rail yhteisössä tehdään tutkimusta ja testausta, UNIFE/UNISIG yhteisöissä kirjoitetaan toiminnan ja järjestelmän ja testauksen eritelmiä; CEPT/ECC taajuushallinto ERAn työryhmissä valmistellaan adoptoimaan valmistuneet standardit ja eritelmät osaksi CCS YTEä.

Rautatieliikenteen tulevaisuuden tiedonsiirto eli FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) tulee perustumaan 5G standardeille ja se rakennetaan niin, että sitä voidaan jatkossa päivittää seuraavien sukupolvien teknologisilla ratkaisuille. Tavoitteena on, että uutta datayhteysrakennetta aloitetaan kokeilla 2022 ja tuotantoon se saataisiin 2025.

Kansainvälisesti ja EU:ssa tulee huolehtia siitä, että toiminta rautatieliikenteen automaation hyväksi perustuu teknologianeutraaliin toimintamalliin, jossa kaikkia tarjolla olevia teknologioita on mahdollista hyödyntää tasapuolisesti. Kehitystyössä tulee myös huomioida laajempi kaupunkien ja liikennejärjestelmän teknologia-, digitalisatio- ja automaatiokehitys. Tämä koskettaa rautatieliikennettä myös radio- ja viestintäverkkoteknologian osalta.

Teknologianeutraalisuus on välttämätöntä, mikäli rajat ylittävien raideliikenteen kulunvalvontapalvelujen tarjontaa halutaan parantaa koko EU:n alueella ja turvata eurooppalaisen teollisuuden kilpailukyky suhteessa Euroopan ulkopuolisiin markkinoihin.

Kehittämisessä tulee mahdollistaa olemassa olevien matka- ja hybridiviestintätekniikoiden hyödyntäminen, joka osaltaan luo edellytykset 5G-tekniologian kehitykselle ja vauhdittaa käyttöönottoa.

Tällä hetkellä EU:ssa tulee käyttää vain raideliikenteen käyttöön dedikoitua radioverkkoa GSM-R:ää. Suomella on poikkeuslupa käyttää viranomaisverkko VIRVE:ä rautatieliikenteessä.

6.5 Tiedon hyödyntäminen ja jakaminen rautatieliikenteessä

Rautatieliikenne on liikkumismuoto, joka tuottaa jo nyt huomattavan suuren määrän dataa. Rautatieliikennejärjestelmässä on useita dataa tuottavia toimijoita: matkustajat, junankuljettajat, lipun tarkastajat- ja myyjät, lippuautomaatit, rataverkon ylläpitäjät. Lisäksi dataa kertyy muun muassa voimantuottamisjärjestelmistä, energian jakamisjärjestelmistä ja kulunvalvontainfrastruktuurista.

Digitraffic on Fintrafficin ylläpitämä rajapintapalvelukokonaisuus, jonka kautta jaetaan ajantasaista liikenne- ja olosuhdetietoa Suomen liikenneväyliltä. Tämän avoimen rajapinnan yhtenä tarkoituksena on jakaa tietoa Suomen rataverkolla kulkevien junien aikatauluista, sijainneista, kokoonpanoista sekä täsmällisyystiedoista. Palvelun omistaa Fintrafficin ja tietolähteenä toimii Fintrafficin ratakapasiteetin ja liikenteenohjauksen Liike-perheen sovellukset sekä matkustajainformaatiojärjestelmä MIKU.

Kaikki Digitraffic -palvelun kautta jaettava tieto on koneluettavaa avointa dataa ja on käytettävissä [Creative Commons 4.0 Nimeä](#) -käyttöluvalla, mikä mahdollistaa uusien palveluiden ja ohjelmistojen kehittämisen.

Automaattinen liikenne asettaa suuria vaatimuksia tekoälyn kehitykselle, reaaliajassa välitettävälle tiedolle sekä langattomalle verkolle. Kehitys edellyttää laadukasta tietoa rautatieliikenneympäristöstä, muista liikkujista, infrastruktuurista ja olosuhteista (kuten säästä). Rautatieliikenteen automaatiossa ja datan hyödyntämisessä ollaan edetty toimialan eri lohkoilla eritahtisesti. Samalla kun rautatieliikenteen liikkuvasta kalustosta kerätään jo runsaasti dataa ja sitä analysoidaan muun muassa ennakoivan kunnossapidon tarpeisiin, kulunvalvonnan- ja ohjaamisen automatisoinnissa on vielä huomattavan paljon mahdollisuuksia.

Rautatieliikenteen staattinen ja dynaaminen tieto:

Rautatieliikenteen infrastruktuuria koskevia staattisia tietoja ovat:

- kiskoja, pölkkyjä ja tukikerrosta koskevat tiedot,
- turvalaitteita koskevat tiedot,
- sähkörataan liittyviä varusteita ja laitteita koskevat tiedot.

Lisäksi käsitellään kunnossapitoa koskevia tietoja, jotka ovat kunnossapitourakoitsijan ja rataisännöitsijän saatavilla.

Näitä tietoja hallinnoi Väylävirasto RATKO, RAIKU, RYHTI ja GeoViite -järjestelmien avulla. RATKO:n (tiedonhallinnan perustaksi rakennettu ratakohteiden hallintasovellus) ja RAIKU:n (ratakohteiden kunnossapidon sovellus) vaiheittainen käyttöönotto on alkanut jo viime vuonna ja se jatkuu vuoden 2020 puoliväliin asti. Rataverkolla tehtävien toimenpiteiden ohjelmointia varten on kehitteillä RYHTI. Rataverkon geometriaa ja osoitejärjestelmää hallitaan GeoViite-palvelun avulla.

Dynaamisten tietojen osalta vastuu siirtyi pääosin Fintraffic Raide Oyille vuoden vaihteessa. ENNE-järjestelmä on rautatieliikenteen hallinnan tulevaisuuden ydin, jonka tarjoaman datan päälle automaatiota kehitetään. ENNE-järjestelmä huomioi koko reaaliaikaisen liikennetilanteen häiriöineen. Tavoitteena on mahdollisimman automaattisesti reitittää eri junat ja tarjota ensi vaiheessa toimenpide-ehdotuksia liikenteenohjaajalle. Myöhemmin tulevaisuudessa tarkoitus toteuttaa suuri osa päätöksistä autonomisesti.

Jatkossa automaation kehityksen kannalta erityisen tärkeää on saada jaettava liikennöitsijöiden tiedot kaluston reaaliaikaisesta liikkumisesta raideliikenteen optimoinnissa ja automatisoinnissa. Liikenteen palveluista annettu laki sisältää jo säännökset, joilla tämän tiedon saatavuus pyritään aikaan saamaan, mutta käytännön toteutuksessa tiedonjaossa on edelleen tehtävää.

Automaation kehityksen kannalta liikennöitsijöiden tiedot ovat hyvä apu ja liikenteenohjaajan järjestelmät (ei turvakriittiset) voivat hyödyntää tätä tietoa. Mikäli tähdätään automaatioissa liikenteen optimointiin/kapasiteetin kasvattamiseen ja jopa autonomiseen ajamiseen (ohjeistava tai ilman kuljettajaa) on myös perusjärjestelmän tuettava tätä toiminnallisuutta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaluston luotettava ja reaaliaikainen sijainti täytyy saada turvajärjestelmistä asti. Tulevaisuudessa tämä voisi tapahtua esimerkiksi satelliittipaikannukseen tai kaluston omaan paikannukseen perustuen. Tämänkaltainen automaation kehitys tulee annettuna ERTMS:n eri teknisten eritelmien mukaisesti ja pitää sisällään myös nk. ATO Over ETCS + ERTMS taso 3 paikannuksen.

Automaatiotason nostamiseen vaaditaan myös dynaamisen liikkumisen salliva järjestelmä, jolloin käytännössä opastimet katoavat radanvarresta ja liikkumisluvat annetaan radiolla (vrt ETCS L2 ja 3). Tämä mahdollistaa kaluston reaaliaikaisen paikantamisen ja järjestelmä on huomattavasti joustavampi kuin nykyiset pistemäiset järjestelmät (JKV ja ETCS1).

Jatkossa myös rautateillä tarvittaisiin lisäksi HD-karttoja ja mahdollisimman reaaliaikaista mallia raideoperoinnista (Smart Railway 4.0). Myös rautateillä on siten jatkettava hajautetun tiedonjaon infrastruktuurin ja ekosysteemin rakentamista.

Osa tätä liikkumisen datan hallintaratkaisua on rautatieliikenteen toimijoiden tuottama data. Tulevaisuuden automaattinen rautatieliikenne ei voi toimia, ellei operaattorien, infranhaltijan ja liikenteenohjauksen data ole käytettävissä saumattomasti kaikilla toimijoilla.

Datan hyödyntämiseen perustuvia automaatio-ratkaisuja

Eurooppalainen rautatieliikenteen ohjausjärjestelmä (ERTMS), ekologista ajotapaa ohjeistava järjestelmä (DAS), älykäs liikkuminen ja matkaketjut, älykäs infra ja kunnossapito sekä vaihtoehtoisten käyttövoimien kehittäminen ovat ajankohtaisia esimerkkejä raideliikenteen meneillään olevista automaatiohankkeista.

Älykäs infra sekä ennakoiva, älykäs kunnossapito ovat nopeasti kehittyviä toimialoja raideliikenteessä, joiden avulla pystytään parantamaan junaliikenteen täsmällisyyttä ja tehokkuutta. Esimerkkinä vaihteiden kunnonvalvonta, josta VR on tehnyt menestyksekkään pilotin yhdessä Väyläviraston kanssa. Digitaalisessa kunnonvalvonnassa mitataan rautatievaihteen, eritasoristeysten tai muiden rautatiejärjestelmien toimintaa. Kerätty tieto jäsenellään ja analysoidaan: tuloksena on dataan pohjautuvaa tietoa esimerkiksi vaihteen kunnosta.

Automaatio DAS, eli Driver's Advisory System, on veturinkuljettajien uusi työkalu ajonopeuden ja energiatehokkaan ajotavan optimointiin. Koneälyä ja dataa hyödyntävä DAS avustaa veturinkuljettajaa eri reiteillä ajotavan optimoinnissa, lisäten samalla sekä ajo- että matkustusmukavuutta ja parantaen täsmällisyyttä.

EU ja raideliikennedata

Euroopan rautatieliikenteen turvallisuusviranomaisen ERA määrittelee rautatieliikenteen automaation vaatimat datan yhteentoimivuuden tekniset eritelvät. Näiden nk. TAF TAP-YTE:n (rahti-/matkustajapalvelujen telemaattisten sovellusten yhteentoimivuuden tekninen eritelvä) tarkoituksena on määritellä tietojenvaihto tavat yksittäisten infrastruktuurin haltijoiden sekä infrastruktuurin haltijoiden ja rautatieyritysten välillä.

Tietojenvaihdon lisäksi TAF-YTE:ssä kuvataan sellaisia liiketoimintaprosesseja, joihin osallistuvat infrastruktuurin haltijat ja rautatieyritykset. Tästä syystä TAF-YTE vaikuttaa voimakkaasti kansainvälisiin rautatieinfrastruktuurin liiketoimintaprosesseihin.

TAF-YTE: n toiminnot määrittelevät tietojen käsittelyn seuraavien muuttujien suhteen:

- Milloin (minä ajankohtana)
- Mihin tieto on lähetettävä
- Kenelle tieto on lähetettävä ja
- Missä muodossa tietoja on vaihdettava.

Yleistavoite on, että rautatieliikennesektorin toimijat rakentavat itse järjestelmät, joilla TAF YTE:n vaatimukset täytetään.

6.6 Rautatieliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri

Fyysiseen infrastruktuuriin liittyvät kysymykset rautatieliikenteessä liittyvät lähinnä infrastruktuurin kapasiteettiin ja kuntoon. Tällä hetkellä ei ole tiedossa, että automaatio kohdistaisi fyysiseen ratainfrastruktuuriin erityisiä vaatimuksia. Suurimmaksi osaksi automaatiojärjestelmissä kyse on kulunvalvonnasta ja -ohjauksesta sekä viestintäjärjestelmistä ja paikantamisesta, joita on jo käsitelty edellä digitaalisen infrastruktuurin ja tiedon hyödyntämisen yhteydessä.

Rataverkon kunto liittyy siihen, kuinka suuret hyödyt pitkälle automatisoidusta raideliikenteestä saadaan. Kulunvalvonnan ja -ohjauksen kehittyminen todennäköisesti mahdollistaisi suuremmat nopeudet ja kapasiteetin käyttöasteen noston, mutta kysymys on siitä, missä määrin rataverkon kunto antaa myöden. Myös jo aikaisemmin mainittu yksiraiteisuus saattaa aiheuttaa haasteita tehostuspyrkimyksille.

Lisäksi Digirata-hankkeen kapasiteettianalysissä on huomattu pullonkaula-alueita, joihin voidaan kulunvalvonnan kehittämällä vaikuttaa. Toisaalta nämä alueet vaatisivat kiinteitä infrastuktuuri-investointeja, jotta koko rautatieliikennejärjestelmän tehokkuutta voitaisiin nostaa ja automaatiota erityisesti kulunvalvonnassa voitaisiin mahdollisimman täysimääräisesti täydentää.

Rautatieliikenne on kokonaisuus, jossa eri toimijoiden yhteistyötä luo huomattavan paljon lisäarvoa kaikille osapuolille. Tämän vuoksi rautatieliikenteessä kaikkien toimijoiden avointa vuoropuhelua on syytä tehostaa muun muassa palvelutasotavoitteiden määrittämisessä ja yleisen ymmärryksen lisäämisessä.

6.7 Kaupunkiraideliikenne

Suomessa kaupunkiraideliikenne keskittyy tällä hetkellä pääkaupunkiseudulle ja Tampereelle. Metro kuljettaa noin 10 000 matkustajaa tunnissa kaupunkien eri osien välillä. Raitioverkolla taas tehdään noin 60 miljoonaa matkaa joka vuosi. Yhdessä nämä tekevät noin 150 miljoonaa matkaa vuosittain.

Kaupunkiympäristöt tähtäävät kestävään, käyttäjäkeskeiseen ja kilpailukykyiseen liikennejärjestelmään. Kaupunkiraideliikenne on merkittävä väline tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Automaation taso kaupunkiraideliikenteessä on tällä hetkellä kuitenkin erittäin alhainen, osin olematon. Automaation tasoa nostamalla nähdäänkin suuri potentiaali toiminnan tehostamisessa ja täsmällisemmin toimivassa kaupunkiraideliikenteessä.

Automaation hyödyt kaupunkiraideliikenteessä

Kaupunkiraideliikenteen automaation kehittymisellä nähdään monia hyötyjä. Liikenneympäristö on kuitenkin haastava automaation toteuttamisessa. Metron ja pikaraitioliikenteen lähtökohdat ja haasteet automaation osalta ovat erilaiset. Raitiovaunuliikenteessä ei olla täysin erillisellä verkolla, kuten metroliikenteessä, minkä vuoksi teknologisia kehityshaasteita on edessä.

Metron osalta automaation kehittäminen edellyttää myös kulunvalvontajärjestelmän uudistamista, mikä on keskeinen tekijä metron kapasiteetin nostoon tähtäävissä toimenpiteissä. CBTC (communication based train control) -kulunvalvontajärjestelmä edellyttää vielä tarkempia selvityksiä ja mahdolliseen automaation ajoittumiseen vaikuttaa matkustajamäärien lisäksi kulunvalvontajärjestelmän ja kaluston kehitys.

Huoltokustannuksia pystyttäisiin alentamaan automaatiolla ja autonomisella liikenteellä. Automaation myötä myös kalusto pysyy paremmassa kunnossa. Puoliautomaattijamisen myötä jarrujen kuluminen on pienempää ja energiankulutus laskee huomattavasti. Siksi kannatettavaa olisi avustavien järjestelmien käyttöönotto tietyllä aikajänteellä ensin metroliikenteessä.

Helsingin seudun liikenne (HSL) on runkoverkkopainotteinen, jossa raideliikenne muodostaa rungon ja siihen tulee syöttöliikennettä. Älykkäällä systeemillä tästä mallista voitaisiin saada hyötyjä. Kaupunkiraideliikenteessä automatisointi on perustavanlaatuisen muutos. Tällöin täyden hyödyn saamiseksi se johtaa myös järjestelmä- tai operointitason muutoksiin. On epätodennäköistä, että tapahtuisi merkittävässä määrin automatisointihankkeita, joissa ei tapahtuisi samalla muita huomattavia muutoksia liikennejärjestelmissä.

Haasteena on kuitenkin se, miten kaupunkiraideliikennettä voidaan simuloida ja miten pystytään mittaamaan automaation mukanaan tuomia hyötyjä. Kaupunkiraideliikenteessä täysautomaatiosta ei ole tehty arvioita, sillä automatisoinnin kanssa on aina samalla tehty joku muu radikaali muutos. Muutokset ovat olleet esimerkiksi järjestelmätason tai operointitason muutoksia, jolloin järjestelmiä tai operointia on uudistettu. Siksi on haasteellista erottaa automaatiota ja sen hyötyjä erilleen ja tehdä tästä vaikutusarviointia.

Kaupunkiraideliikenne – kokeilut ja pilotointi

Kaupunkiraideliikenteen ja erityisesti raitiotieliikenteen kehittämistä ja uusien teknologioiden hyödyntämistä on tutkittu ja pilotoitu Tampereen raitiotiehankkeen SmartTram-ekosysteemin hankkeessa. SmartTram-ekosysteemin tavoitteena on koota kotimaisen tutkimus ja yrityssektori synnyttämään yhteistyössä kaupunkien kanssa raitiovaunuliikenteen ratkaisuja vahvistaen samalla suomalaisen osaamisen vientiä.

Tavoitteena on hahmottaa kehittämisspolkuja automaation avustavasta roolista kohti koko automaatiota (ei autonomisuutta). Ensimmäisessä vaiheessa keskitytään raitiovaunun automatisointiratkaisuihin ja tietojärjestelmiin sekä suunnittelua ja mallinnusta tukeviin simulointeihin. Tarkoitus on aloittaa varikoiden automaatiosta. Tällöin ensin simuloidaan varikkoa, jonka jälkeen malli laajennettaisiin kaupunkiverkolle. Ekosysteemissä on käytössä advanced simulation -teknologia, jolla tuotetaan oikeasti tietoa. Varikon simuloinnissa käytetään samaa dataa ja tietoa, joita jalostetaan eteenpäin. Ensivaiheen tavoitteena on saada tuote digitaaliseksi ja toisena, että ympäristö saadaan digitaaliseksi.

Tutkimushankkeessa tehdään mittauksia myös raitiotievaunun rakenteesta, minkä avulla luodaan koko rataverkon sekä kaluston digitaalinen kaksonen. Tavoitteena on, että koko kaupungin tilanne tulisi olemaan sekä digitaalisena että reaali maailmassa. Reaalimittauksilla voidaan täydentää luotua digitaalista maailmaa. Tutkimusta tehdään kisko–pyörä -parin simuloidusta käyttäytymisestä ylöspäin aina koko vaunuun asti. Tämä tuo mahdollisuuden mallintaa ja simuloida raitiovaunun dynaamisen käyttäytymisen perusteella.

SmartTram-ekosysteemin hankkeissa on tarkoitus tuoda simulaattoriin oikeita järjestelmiä, kuten Skoda Transtechin oikea ohjausjärjestelmä. Kun tämän myötä nähdään jonkin käyttäytyvän simulaattoriympäristössä tietyllä tavalla, voidaan sen olettaa käyttäytyvän samalla tavalla myös reaali maailmassa.

Myös yhteentoimivuutta on edistettävä. Smart Trail -hankkeessa ja SmartTram-ekosysteemissä Last mile -liikenteen ratkaisut ja test bed -alustat on otettu tutkimushankkeisiin mukaan. Tavoitteena on muun liikenteen sopeuttaminen massojen kuljetukseen.

Tietoliikenneverkot, paikantaminen ja 5G kaupunkiraideliikenteessä

Tampereella raitiotieliikenteen yhteydessä on testattu datan liikkuvuutta mutta ei 5G-verkolla. 5G:tä voidaan kuitenkin tarvita, jos kaupunkiraideliikenteen automaatiossa käytetään hyödyksi videokuvan siirtoa, etäoperointiin tarvitaan nopeita komentoja tai muuten tarvitaan paljon dataa ja nopeutta.

Helsingin kaupungin liikenneliikelaitos (HKL) on metrohankkeen osalta kartoittanut muun muassa sitä, mitkä taajuusalueet tarvitaan metron automaatioon. Haasteena on se, että tunneleissa on omat ratkaisunsa ja monimuotoinen automaatiojärjestelmä tarvitsee useita eri kanavia, kuten wifi:ä, 4G:tä ja 5G:tä.

HKL ja VTT testaavat Helsingissä GNSS-järjestelmää raitiovaunun paikannuksessa sekä sitä, mihin tarkkuuteen järjestelmällä päästään. Ehdoton edellytys automaatiolle on se, millä raitiovaunu paikannetaan. Turvallisuuden takia raitiovaunun sijainti pitää pystyä paikantamaan kaikissa tilanteissa. Myös Fintraffic Raide Oyilla ja VR:llä on paikannustutkimus meneillään. Tavoitteena on tiedon parempi jakaminen ja yhdistely toimijoille, mikä voidaan toteuttaa raideliikenteen automaatiolla.

Kaupunkiraideliikenteen osalta ei ole vielä kartoitettu sitä mikä olisi tietoliikenneverkon osalta paras ratkaisu muun muassa toimilupien ja verkkojen yhteiskäyttöön.

Kaupunkiraideliikenteen lainsäädäntö

Kaupunkiraideliikennettä säädellään Suomessa liikenteen harjoittajien osalta lailla liikenteen palveluista (320/2017) ja kaupunkiraideverkkojen osalta raideliikennelailla (1302/2018).

Kaupunkiraideliikenteestä ei ole EU-lainsäädäntöä, koska tarve EU:n laajuiseen yhteentoimivuuteen tai markkinoihin on varsin vähäinen. Joissain EU maissa junaliikenne ja kaupunkiraideliikenne kulkevat osittain samalla verkolla. Tämän vuoksi rautateiden yhteentoimivuus- ja turvallisuusdirektiivit saattavat tulla jollain tasolla sovellettavaksi. Suomessa ei kuitenkaan ole tätä tilannetta. EU-säädöksissä annetaankin yleensä aina mahdollisuus jättää erilliset kaupunkiraideverkot ja niiden liikenne sääntelyn ulkopuolelle. Kaupunkiraideliikenteen sääntelyssä (niin voimassa olevassa raideliikennelaissa, jossa säännellään kaupunkiraideliikenteen rataverkon hallintaa kuin liikennepalvelulaissa, jossa säännellään kaupunkiraideliikenteen harjoittamista) on kuitenkin noudatettu EU-sääntelyn mallia muodoltaan, vaikkakin huomattavasti kevennettynä. Kaupunkiraideliikenteeseen on myös olemassa eurooppalaisten standardielimien valmistelemia standardeja.

7 Miehitämätön ilmailu

7.1 Yleiskatsaus miehitämättömän ilmailun automaation tilaan

Ilmailun automaatiota käsitellään tässä lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelmassa vain miehitämättömän ilmailun näkökulmasta. Koko ilmailujärjestelmän kannalta on merkillepantavaa, että miehitetyssä ilmailussa automaatiokehitys ja sen hyödyntäminen ovat edenneet pitkälle ja kehitystyötä jatketaan edelleen laaja-alaisessa yhteistyössä. Suuntaviivoja, turvallisuusvaatimuksia ja eri toimintojen saumatonta yhteensopivuutta ohjaavat Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (ICAO) standardit ja suositellut käytännöt. Euroopassa sääntely toteutetaan pääasiallisesti EU-normeilla ja automaation kehitystyö mittavana yhteistyönä EU:n, Eurocontrolin ja ilmailuteollisuuden yhteenliittymien toimesta. Tässä suunnitelmassa ilmailun automaatiokehityksen tarkastelu ja arviointi on rajattu vain miehitämättömään ilmailuun liittyviin kysymyksiin.

Miehitämättömien ilma-alusten käyttö on lisääntynyt viimeisten kymmenen vuoden aikana huomattavasti. Miehitämättömien ilma-alusten tuotekehityksen ja eri tarpeita palvelevien miehitämättömien ilma-alusten valmistuksen arvioidaan olevan tulevien vuosien suurimpia kasvualoja Euroopassa ja maailmanlaajuisesti. Jo lähivuosien markkinoiden arvon on eri muodoissaan esitetty kasvavan globaalisti kymmenien miljardien eurojen kokoluokkaan.

Miehitämättömässä ilmailussa kehitetään jatkuvasti erilaisia teknologisia ratkaisuja, joilla parannetaan muun muassa miehitämättömien ilma-alusten avulla tapahtuvaa tiedonsiirtoa, laitteiden kapasiteettia tavaroiden kuljettamiseksi sekä laitteiden toimintasädetä. Kehitystä tapahtuu myös muun muassa ns. geo-fencingissä, jonka myötä laitevalmistajat voivat asettaa miehitämättömän ilma-alusjärjestelmän asetuksiin esteen lentää sellaisiin ilmatiloihin, joissa miehitämätön ilmailu tai kaikki ilmailu on rajoitettu tai kielletty.

Käytössä olevat miehitämättömän ilmailun automaatoratkaisut edustavat kuitenkin vielä miehitämättömän ilmailun kehityksen alkuvaihetta. Tällä hetkellä käytössä olevat ratkaisut edellyttävät esimerkiksi tiedonkäsittelyn suhteen paljon manuaalista työtä, eikä laitteiden kapasiteetti mahdollista pitkien matkojen tai painavien lastien kuljettamista. Myös erilaiset pidemmän toimintavälin ratkaisut odottavat vielä tehokkaampia verkkoratkaisuja muun muassa tiedonsiirron nopeuttamiseksi ja miehitämättömän

ilmailun lennonvarmistusjärjestelmän luomiseksi. Miehittämättömän ilmailun automaation edistäminen edellyttääkin yleisesti ottaen alan teknologian kehittymistä ja tiedon hyödyntämisen keskitettyjä ratkaisuja.

Miehittämätön ilmailu on yleisesti ottaen aktiivisen kehitystyön kohteena ja myös automaatiokehityksen voidaan arvioida ottavan suuren kehitysaskelen vielä lähitulevaisuudessa. Ilmatila, lentosäännöt ja lennonvarmistukseen rinnastettavat miehittämättömän ilmailun palvelut (U-Space) näyttelevät myös isoa roolia miehittämättömän ilmailun integraatiossa muun liikenteen joukkoon. Keskeistä on löytää ratkaisuja ilmatilan dynaamiseen hallitsemiseen tavalla, joka mahdollistaa erilaisten ilmatilan käyttäjien tarpeiden joustavan ja tehokkaan yhteensovittamisen.

Suomessa on ollut ja on tälläkin hetkellä käynnissä useita erilaisia kokeilu- ja pilottihankkeita, joissa selvitetään ja testataan miehittämättömien ilma-alusten käyttömahdollisuuksia laajasti eri toimialoilla. Miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämistä testataan laajasti muun muassa metsien hoidossa, säänseurannassa ja teiden pintojen havainnoinnissa. Lisäksi miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämistä selvitetään muun muassa ruokalahetyksen kuljettamisessa, liikenteen valvomisessa, onnettomuuksien havaitsemisessa, tavaroiden ja ihmisten kuljetuksessa sekä vanhusten ja erityistarpeita omaavien ihmisten kotihoidossa. Lisäksi on tunnistettu, että miehittämättömää ilmailua voitaisiin hyödyntää logistiikan tehostamisessa ja uusissa multimodaaleissa palveluissa, kuten niin sanotussa first & last mile -toiminnassa. Tutkimus- ja kehittämishankkeissa ovat mukana sekä yksityinen että julkinen sektori.

Miehittämättömien ilma-alusten hyödyntäminen jakautuu monille eri toimialoille. Miehittämättömän ilmailun automaation laaja-alainen hyödyntäminen erilaisissa käyttötarkoituksissa on kuitenkin vielä kehityskaarensa alussa. Tällä hetkellä lähinnä pienten yritysten tarjoamat ilmakeinonpalvelut sekä mediakuvaus muodostavat suurimman osan miehittämättömien ilma-alusten kaupallisesta toiminnasta. Muita tyypillisiä toimintoja ovat erilaiset rakennusten ja rakenteiden tarkistamiset sekä kartoitukset ilmasta käsin. Näitä palveluja tarjoavat suuremmatkin yritykset esimerkiksi kiinteistöhuollon ja rakentamistoiminnan aloilla. Uusia tutkimushankkeita ja miehittämättömää ilmailua hyödyntäviä kokeiluja tehdään kuitenkin jatkuvasti. Kokeiluja ja tutkimusta tehdään sekä julkisen että yksityisen sektorin puolella. Hankkeissa selvitetään monipuolisesti miehittämättömän ilmailun tarjoamia mahdollisuuksia ja hankkeiden avulla myös yksityiset palveluntarjoajat voivat kehittää ja kokeilla omien teknologisten ratkaisujensa toimivuutta.

Suomen ja Viron välisessä usean toimijan yhteishankkeessa GOF U-Space selvitettiin erilaisia miehittämättömän ilmailun lennonvarmistuspalveluita koskevia ratkaisuja ja tiedonsiirtoon liittyviä kysymyksiä. Hankkeessa testattiin eri lennonvarmistuspalve-

lua tarjoavien tahojen tiedonsiirtojärjestelmää, miehitetyn ja miehittämättömän ilmailun integraatiota sekä mobiiliverkkojen soveltuvuutta käytettäväksi ilmassa. Suomessa on myös erilaisia testiympäristöjä miehittämättömän ilmailun kehittämiseksi, kuten Pyhtään droonikeskus, Karstulan seudun kehittämissympäristö, Ouluzone-testiympäristö ja Arctic Drone Labs. Ilmatieteen laitos on tutkinut miehittämättömien ilma-alusten käyttöä 3D-kuvien ottamisessa teiden pinnasta ja kunnosta sekä sään ja ilmansaasteiden mittauksessa. Ilmatieteen laitos on myös kehittänyt niin sanottua sää tietopalvelua miehittämättömille ilma-aluksille, jota eri tahot voisivat hyödyntää omassa toiminnassaan. Maanmittauslaitoksella on puolestaan tutkittu miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämistä karttojen valmistuksessa, kuvamittauksessa ja lämpökuvauksessa. Miehittämättömiä ilma-aluksia hyödynnetään myös maataloudessa muun muassa rikkakasvien ja kasvisairauksien tunnistamisessa. Metsäkeskus tutkii miehittämättömien ilma-alusten hyödyntämistä metsiin kohdistuvissa maastotarkastuksissa ja metsätuhojen seurannassa.

Helsingin kaupungin innovaatioyhtiö Forum Virium tutkii miehittämättömän ilmailun hyödyntämismahdollisuuksia ja yhtenä näkökulmana on hiilineutraalien multikoptereiden käytön kehittäminen ja tukeminen. Wing Oy on puolestaan tuonut miehittämättömät ilma-alukset Helsinkiin päivittäistavaroiden kuljetuksiin. Vantaan kaupungin Aviapolis -hankkeessa yhtenä tavoitteena oli puolestaan drone-logistiikan avulla saavuttaa nopeammat toimitusajat, edullisemmat jakelukustannukset ja alhaisemmat päästöt.

Tampereen yliopiston ja Tampereen ammattikorkeakoulun yhteishankkeessa on puolestaan tutkittu miehittämättömien ilma-alusten käyttöä terveydenhuollossa, lääkkeiden kuljetuksissa, sekä erityistarpeita omaavien ihmisten avustamisessa. Myös Puolustusvoimilla, Rajavartiolaitoksella, poliisilla ja pelastuslaitoksilla on omia erityisesti niiden käyttötarkoituksiin kehitettyjä miehittämättömän ilmailun ratkaisuja, joissa hyödynnetään erilaisia kameravalvontaratkaisuja.

Suomessa miehittämättömän ilmailun tuotekehitystä on vielä vähän, eikä varsinaista laitevalmistusta juuri ole. Multikoptereita tuodaankin lähinnä ulkomailta. Maassa on muutamia multikoptereiden kokoonpanoon, huoltoon, tekniseen ja kaupalliseen tuotekehitykseen, ohjelmistojen kehittämiseen ja myyntiin erikoistuneita yrityksiä sekä myös tutkimuslaitosten ja oppilaitosten tutkimustoimintaa. VideoDrone on Suomen ensimmäinen ammattikäyttöön tarkoitettujen multikoptereiden valmistaja, joka tuottaa ratkaisuja tekniseen ilmakuvaukseen, kartoituksiin, tarkastuksiin ja mittaustehtäviin. Rumble Tools valmistaa puolestaan autonomisesti toimivia robottikoptereita teollisuuden alan tehtaiden ja toimijoiden tarpeisiin. Laitteilla on omat telakka-asemansa, joissa laitteet lataavat itse itsensä, ja siten ne ovat toimintavalmiita vuorokauden ympäri. Robots Expert auttaa yhtiöitä ja eri toimijoita miehittämättömän ilmailun käyttöönotossa ja tarjoaa ohjeistusta ja verkostojaan miehittämättömän ilmailun

toimijoille. Wuudis tarjoaa mobiililaitteilla toimivia käyttöliittymiä metsäomaisuuden hallintaan ja hyödyntää multikoptereita metsätiedon automaattiseen tuottamiseen. Miehittämättömän ilmailun kaukotoimintoalustoja kehittää taas Fleetonomy. Alustoilla ihmiset voivat ohjata automatisoituja ajoneuvoja ja kuljetuskalustoja etäisesti ja seurata muiden ajoneuvojen paikkatietoja.

Tämän hetken miehittämätön ilmailu hyödyntää vasta hyvin pientä osaa siitä potentiaalista, joka alaan liittyy. Suomessa on noin 3000 kaupallisesti dronetoimintaa harjoittavaa yritystä, mutta useassa työtehtävässä toiminta suoritetaan koneen pysyessä ohjaajan näköetäisyydellä. Sensoriteknikan kehittyminen tuo jatkuvasti uusia sovelluksia. Dronetoiminnan varsinaisen potentiaalin hyödyntäminen edellyttää pääsääntönä suoran näköyhteyden ja suoran ohjausyhteyden (radiohorisontin) ulkopuolelle menemistä, milloin automaation hyödyt saadaan hyödynnettyä täysimääräisesti.

7.2 Miehittämättömän ilmailun sääntely

Ilmailu on kansainvälistä toimintaa, ja siviili-ilmailun sääntely perustuu yhteisiin sääntöihin, jotka on sovittu Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (ICAO), Euroopan unionin lainsäädännön, Euroopan unionin lentoturvallisuusviraston (EASA), Euroopan lennonvarmistusjärjestö Eurocontrolin ja Euroopan siviili-ilmailukonferenssin (ECAC) puitteissa. Myös ilmailun turvallisuussääntely, niin lentoturvallisuuden kuin siviili-ilmailun turvatoimien osalta, on pitkälti harmonisoitu EU:ssa suoraan sovellettavilla asetuksilla. Ilmailun suuntaviivoja, turvallisuusvaatimuksia ja eri toimintojen saumatonta yhteensopivuutta ohjaavat Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (ICAO) standardit ja suositellut käytännöt. Euroopan unionissa nämä toteutetaan sääntelemällä ilmailua pääasiassa suoraan sovellettavalla EU-sääntelyllä. Kansallista sääntelyä tai liikkumavaraa siviili-ilmailun sääntelyssä on yleisesti ottaen hyvin vähän, koska sääntely perustuu pääosin kansainvälisiin sopimuksiin ja suoraan sovellettavaan EU-sääntelyyn.

EU:n EASA-asetus on siviili-ilmailun turvallisuuden perusasetus, joka luo puitteet eurooppalaiselle lentoturvallisuussääntelylle. EASA-asetuksen uudistuksessa vuonna 2018 asetuksen soveltamisala laajeni muun muassa kattamaan myös miehittämättömät ilma-alukset sekä ilmailun tietoturvariskit. EASA-asetuksella luotiin miehittämättömälle ilmailulle EU:n tasoinen lainsäädäntökehys. Miehittämättömiä ilma-aluksia koskevaa sääntelyä kehitetään EU:ssa jatkuvasti. Miehittämätöntä ilmailua koskevat EASA-asetuksen nojalla annetut komission täytäntöönpanoasetus (EU) 947/2019 ja delegoitu asetus (EU) 945/2019, jotka tulevat voimaan vaiheittain. Ilmailulailla sekä liikenteen palveluista annetulla lailla säädetään sekä miehitystä että miehittämättömästä ilmailusta Suomen alueella, jollei Euroopan unionin asetuksesta tai Suomea sitovasta kansainvälisestä velvoitteesta muuta johdu.

EASA-asetuksen uudistuksessa tavoiteltiin muun muassa turvallisuussäätelyn sopeuttamista ilmailumarkkinoiden ja teknologian kehitykseen ottamalla käyttöön tekniikkaneutraalit säännökset niiltä osin kuin se on mahdollista, jotta sääntely sopeutuisi paremmin teknologisiin muutoksiin. Suomi osallistui asetuksen uudistamiseen aktiivisesti. Suomi piti siirtymistä kohti riski- ja suorituskykyperusteista turvallisuussäätelyä ja valvontaa kannatettavana kehityksenä. Lisäksi Suomi tuki tavoitetta sääntelyn sopeuttamisesta ilmailumarkkinoiden ja -teknologian kehitykseen. Suomi katsoi, että liian yksityiskohtainen sääntely voi hidastaa Suomen ja EU:n kilpailukykyä miehittämättömän ilmailun kasvavilla markkinoilla. Tekninen kehitys on ollut nopeaa etenkin miehittämättömän ilmailun osalta.

Miehittämättömän ilmailun sääntely ja tukitoiminnot eivät tällä hetkellä mahdollista miehittämättömän ilmailun laajamittaista ”automatoitua” toimintaa. Vaikka ilma-alusten kauko-ohjaaminen tai automatoitujen lentojen valvominen ilman näköyhteyttä on keskeinen elementti mahdollisten tulevien palveluiden tarjoamisessa, on se nykysäätelyn nojalla luvanvaraista tai erikseen asetetussa ilmatilassa tapahtuvaa toimintaa. Keskeinen syy tähän on se, että nykyjärjestelmien varassa eri toimijoiden miehittämättömillä ilma-aluksilla ei ole mahdollista jakaa omaa sijaintitietoaan ja saada muun ilmailiikenteen tiedot, jotta alukset osaisivat väistää toisiaan.

Komission täytäntöönpanoasetus (EU) 2021/664 miehittämättömän ilmailun U-space-säätelystä pyrkii vastaamaan näihin kysymyksiin. Komission hyväksymän täytäntöönpanoasetuksen tarkoitus on harmonisoida edellytykset miehittämättömän ilmailun palveluita sisältävien U-Space-ilmatilojen perustamiseksi sekä turvallisen ja hallitun miehittämättömän ilmailun mahdollistamiseksi.

Asetuksen mukaan jäsenvaltiot voivat perustaa U-Space-ilmatiloja vastuullaan olevaan ilmatilaan. U-Space-ilmatiloja voi olla jäsenvaltiossa yksi tai useampia. Jokaisessa U-Space-ilmatilassa tulee tarjota pakollisia palveluita, joita olisivat mm. jatkuva jaettu paikannustieto miehittämättömän ilma-aluksen sijainnista ja muusta liikenteestä U-spacessa sekä lentoluvan myöntäminen U-spaceseen pyrkiville ilma-aluksille. Näitä palveluita tarjoaisivat U-space-palveluntarjoajat, joita voisi olla kussakin U-Space-ilmatilassa yksi tai useampia. Lisäksi kussakin U-spacessa toimisi yhteinen tietopalveluntarjoaja (Common Information Services, CIS), jonka tehtävänä olisi tarjota edellä mainituille palveluntarjoajille U-spacen toimivuuden kannalta välttämätöntä tietoa. Asetukset tulevat sovellettaviksi tammikuussa 2023.

Digi-ilmailua sivuavia säädöksiä ollaan uudistamassa myös mm. EU:n yhtenäistä ilmatilaa koskevassa sääntelypaketissa (ns. Single European Sky, SES2+), johon sisältyy komission syyskuussa 2020 antamat ehdotukset yhtenäistä eurooppalaista ilmatilaa

koskevan sääntelyn uudistamiseksi sekä yhteisistä siviili-ilmailua koskevista säännöistä ja Euroopan lentoturvallisuusvirasto EASA:n toiminnasta annetun asetuksen uudistamiseksi.

Sähköisen viestinnän palveluista annetussa laissa on säädetty niistä puitteista, joiden mukaisesti radiotaajuuksia voidaan käyttää tehokkaasti, turvallisesti ja häiriöttömästi. Valtioneuvoston asetuksessa radiotaajuuksien käytöstä ja Liikenne- ja viestintäviraston radiotaajuusmääräyksessä säädetään matkaviestinverkon päätelaitteen käytöstä ilmasta käsin. Matkaviestinverkkojen päätelaitteiden käyttö ilmassa olevassa lennossa, miehittämättömässä ilma-aluksessa tai muussa ilma-aluksessa on sallittua vain Liikenne- ja viestintäviraston määräyksessä tarkemmin määritellyissä käyttötarkoituksissa.

Lentopaikkojen käytöstä ja rakentamisesta säädetään ilmailulain 7 luvussa. Ilmailun sääntelyn ulkopuolelta on lisäksi huomioitava miehittämättömän ilmailun edellyttämän fyysisen infrastruktuurin tarpeiden yhteensovittamisen kannalta suhteessa muuhun maankäyttöön, mitä mm. maankäyttö- ja rakentamislaisissa sekä ympäristönsuojelulaisissa on säädetty maankäytöstä, kaavoituksesta, rakentamisesta ja esimerkiksi ympäristölupavaatimuksista.

7.3 Droneliikenteen edellyttämä digitaalinen infrastruktuuri

Miehittämättömät ilma-alukset voivat hyödyntää useita eri radiojärjestelmiä ja taajuusalueita toiminnassaan. Nykyistä verkkoinfrastruktuuria ei ole suunniteltu palvelemaan ilmassa olevia käyttäjiä. Siksi digitaalinen infrastruktuuri edellyttää myös ilma-alusten tarpeiden huomioimisen jatkossa. Tilanteissa, joissa alusta lennätetään sen operoijan näköyhteyden sisällä, hyödynnetään yleisesti langatonta lähiverkkoa (WLAN) 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueilla. Automaation kehityksen edistyessä matkaviestinverkkojen käyttämisen miehittämättömien ilma-alusten toiminnassa ja tiedonsiirrossa voidaan olettaa yleistyvän. Tällöin kysymykset 5G-verkon hyödyistä tiedonsiirrossa tulevat myös ajankohtaistumaan.

Toimijoiden kanssa käytyjen keskusteluiden perusteella 4G-teknologia riittää kuitenkin melko hyvin nykyisiin käyttötarpeisiin, vaikka 5G-yhteyksien avulla tiedonsiirron viivettä saadaankin pienennettyä. 4G- ja 5G-teknologioiden soveltuvuutta dronejen

tietoliikenneyhteyksiksi on tutkittu ja tullaan edelleen tutkimaan useissa eri kokeiluhankkeissa. Esimerkiksi PRIORITY-projektissa¹⁰¹ tutkitaan ja kokeillaan viranomaisille ja etäyrityksille suunnattuja kriittisiä viestintäratkaisuja. Näissä projekteissa pyritään myös löytämään uusia innovaatioita, joilla 4G- ja 5G-teknologioita pystytään hyödyntämään.

On tärkeää, että myös droneliikenteessä hyödynnetään perusratkaisuna yleisiä viestintäverkkoja ja paikantamisessa satelliittipohjaisia järjestelmiä. Toistaiseksi on vielä epäselvää, missä määrin nykyiset viestintäverkot, niiden tukiasemien sijoittelu ja suuntaaminen vastaavat droneliikenteen tarpeisiin. Digitaalisen infrastruktuurin kehittämisessä on tehtävä selvitys- ja tutkimustyötä sekä kokeiluja, minkä lisäksi tarvitaan julkisen ja yksityisen sektorin välistä yhteistyötä tietämyksen lisäämiseksi ja verkkojen tarkoituksenmukaisen rakentumisen vauhdittamiseksi, kuten muissakin liikennemuodoissa.

7.4 Tiedon hyödyntäminen ja hajautetun tiedonjakoinfrastruktuurin rakentaminen droneliikenteessä

Tiedon jakamisen näkökulmasta keskeinen kysymys on, millaista tietoa eri osapuolten pitäisi pystyä vaihtamaan, jotta miehittämättömien ilma-alusten liikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta voitaisiin edistää. Tiedonjaon infrastruktuurin kehittäminen on merkittävässä asemassa pyrittäessä yhtäältä edistämään liikenteen automaatiota ja toisaalta ylläpitämään sen turvallisuuteen ja sujuvuuteen liittyviä osa-alueita.

Miehittämättömät ilma-alukset voivat kerätä ja jakaa tietoa myös itse. Miehittämättömien ilma-alusten avulla voidaan kerätä hyvin monenlaista tietoa tehokkaammin kuin muilla käytettävissä olevilla keinoilla. Kykeneväisyys tiedon keräämiseen ja jakamiseen perustuu muun muassa kameroihin, joiden avulla mahdollistetaan esimerkiksi liikennelaskennan toteuttaminen. Tietoa voidaan lisäksi kerätä esimerkiksi rekisteröineistä, toimijoista, laitteista sekä pysyvistä tai tilapäisistä lentoesteistä. Erilaisissa pilottihankkeissa on myös onnistuneesti kerätty erilaisiin sääolosuhteisiin liittyvää tietoa kosteuden ja pilvien tutkimisen ja meteorologisen mittaamisen avulla. Tiedon tehok-

¹⁰¹ PRIORITY-konsortioon kuuluu neljä tutkimuskumppania (Oulun yliopisto, Centria-ammattikorkeakoulu, Turun ammattikorkeakoulu ja VTT) sekä 13 yritystä ja viranomaista.

kaan keräämisen ja jakamisen näkökulmasta esimerkiksi taajuuksiin liittyvät kysymykset ajankohtaistuvat, kuten myös kaupunkiympäristöissä suunniteltavat kaupunkien HD-mallit.

Miehittämättömien ilma-alusten automaation vaatiman tiedon jakaminen

Miehittämättömän ilmailun automaation edistämiseksi tietoa olisi saatava muun muassa sääolosuhteista, lentoesteistä sekä miehitettyjen että muiden miehittämättömien ilma-alusten sijainneista. Säätietojen olisi oltava tarkempia kuin keskimäärin, sillä sääolosuhteet olisi määriteltävä kerroksittain 20 metrin välein. Myös maanpinnan muodoista olisi kyettävä saamaan ja jakamaan tietoa. Tätä tietoa miehittämättömät ilma-alukset voisivat mitata itse. Lisäksi miehittämättömän ilmailun rekistereiltä vaaditaan automatisoidussa U-space toimintaympäristössä suurta luotettavuutta ja ajantasaisuutta.

Miehittämättömien ilma-alusten välillä tapahtuvan tiedon jakamisen lisäksi tietoa tultaisiin tuottamaan eri toimijoille ja vastaanottamaan näiltä toimijoilta. Ilmatieteen laitos on kehittänyt sääpalvelun miehittämättömien ilma-alusten kulkureittien suunnitteluun. Palvelusta saa reaaliaikaista sää tietoa valitsemalleen reitille, ja se sisältää säätaulukon, josta näkee lyhyen ajan sääennusteen ja valitun reitin tuulitiedot, lämpötilan, pilvenkorkeuden, näkyvyyden ja sademäärän. Palvelun tarkoituksena on antaa sää tietoa ihmiskäyttäjille, jotka voivat tiedon saatuaan suunnitella miehittämättömän ilma-aluksen reitin tai valita mahdollisesti käytössään olevista laitteista kyseiseen säätilaan sopivimman.

Tulevaisuuden tavoitteena on, että miehittämätön ilma-alus, joka mittaa sää tietoja välittää kyseiset tiedot suoraan niitä tarvitseville miehittämättömille ilma-aluksille siten, ettei ihmisen tarvitsisi enää käsitellä reittien sää tietoja. Tekniikan kehittyessä on mahdollista saada kerättyä ja välitettyä satojenkin kilometrien pituisten reittien sää tiedot. Olosuhdesäättä tullaan saamaan jatkossa myös yksittäisiltä toimijoilta, ja miehittämättömien ilma-alusten käyttäjien toivottaisiin jakavan sää tietoa myös muille toimijoille. Tämä kehitys täydentäisi sää tietopalvelua ”määrä korvaa laadun” -tyyppisesti. Säättä mittaavat miehittämättömät ilma-alukset kulkevat tällä hetkellä lähinnä vertikaalisesti, ja keräävät tietoa alas tullessaan. Miehittämättömien ilma-alusten käyttö mahdollistaa tarkemman reittikohtaisen sään mittaamisen myös siksi, että sitä voidaan käyttää myös horisontaalisesti.

Sää tietojen lisäksi miehittämättömien ilma-alusten olisi tulevaisuudessa pystyttävä vastaanottamaan ja jakamaan tietoa muun muassa lentoesteistä ja muiden ilma-alusten sijainneista, jotta alan automaation kehittyminen voitaisiin katsoa mahdolliseksi. Lentoesteiden osalta on syytä huomioida sekä pysyvät että tilapäiset esteet. Tällöin

esteiden havaitsemisjärjestelmän täytyisi pohjautua reaaliaikaisiin tietoihin. Joissakin miehittämättömissä ilma-aluksissa on jo nyt toimintoja, joiden avulla ne pystyvät väistämään esteitä, mutta järjestelmää tulisi pyrkiä kehittämään kollektiivisemmaksi. Muiden lennokkien sijaintitietojen saatavuus perustuu tällä hetkellä myös hieman toisistaan poikkeaviin järjestelmiin.

Tiedonjaon infrastruktuurin kehittäminen

Miehittämättömien ilma-alusten automaation kehittyminen vaatii tuekseen toimivan lennonvarmistusjärjestelmän, jonka kautta alusten olisi mahdollista saada lentoreitinsä kannalta oleellista tietoa. Eri toimijoiden kanssa käytyjen keskustelujen perusteella miehittämättömän ilmailun lennonvarmistusjärjestelmä U-space vastaisi alan tiedonjaon infrastruktuurin kehittämistarpeeseen parhaiten. Käytännön reittisuunnittelun kannalta kyse on siitä, että miehittämätön ilma-alus välittäisi U-space-palveluntarjoajalle tiedon suunnitellusta määränpäästään ja järjestelmä puolestaan välittäisi alukselle sähköisesti tiedon määränpäähän sopivasta reitistä. Skenaario perustuu oletukseen siitä, että alus halutaan lennättää pisteestä A pisteeseen B tai pisteestä A pisteeseen A, eikä sitä haluta ainoastaan lennättää ilmassa ilman tarkkaa määränpäästä. Oletuksena kaikki lennot tekevät määrämuotoisen lentosuunnitelman aiotusta reitistä.

”Miehittämättömän ilmailun lennonvarmistusjärjestelmän” eli U-space-palveluiden hyödyntäminen miehittämättömän ilmailun automaatiossa perustuisi sen asemaan tiedon solmukohtana. Tämä tarkoittaa sitä, että erilaiset kansalliset toimijat voisivat välittää keräämänsä tietoa suoraan järjestelmään, jonka kautta relevantti tieto välitettäisiin sähköisesti ilma-alusten käyttöön. Toimitettava tieto voisi luonnollisesti tulla myös jo lennossa olevilta aluksilta, joiden kautta olisi mahdollista saada reaaliaikaista tietoa erilaisista niiden havaitsemista reittisuunnitteluun vaikuttavista seikoista.

Lennonvarmistusjärjestelmän lanseeraaminen voisi ratkaista useita alalla pinnalla olevia haasteita. Myös M2M-viestinnän mahdollistaminen helpottuisi. GOF U-Space-hankkeessa ollaan jo kokeiltu eri kokoluokkiin kuuluvien miehittämättömien ilma-alusten sisällyttämistä samaan liikenteenohjausjärjestelmään. Kyse on tällä hetkellä kuitenkin vielä pelkästään kokeiluiden asteella tapahtuvasta toiminnasta. Lennonvarmistusjärjestelmän kehittäminen yksittäisistä kokeiluista toimivaksi ekosysteemiksi tulee vaatimaan tietoa vastaanottavan ja sitä eri palveluntarjoajien kautta aluksille välittävän toimijan. Näin ollen lennonvarmistusjärjestelmän periaatteellinen toimintatapa ja sen potentiaaliset hyödyt ovat toimintakentällä melko hyvin tiedossa, mutta itse ekosysteemin kehittäminen vaatii vielä paljon konkreettisia toimenpiteitä.

U-Space on konsepti, joka perustuu nimenomaan siihen, kuinka miehittämättömät ilma-alukset voivat jakaa mm. sijaintitietonsa alustana toimivan palvelun kautta. U-Space-konsepti perustuu kaiken turvalliseen lentämiseen tarvittavan tiedon välittämiseen ja tuottamiseen toimijoille. Tiedonvälityksessä pyritään hyödyntämään yleisiä viestintäverkkoja. Reaaliaikainen kuva ilma-alusten sijaintiedoista ja ilmatilarakenteista on vaatimuksena järjestelmän toimivuudelle. Toimijoiden varmentaminen erilaisilla tunneilla ja salausavaimilla vähentää tietoturvariskejä. Tiedon saaminen kaikista ilma-aluksista U-Space-järjestelmään vaatii käytännössä jonkinlaista signaalilähetintä miehityksessä ilma-aluksissa, jotka toimivat U-Space-ilmatilojen sisällä. Myös erilaisten signaalilähettimien signaaleja vastaanottavia antennejä tarvittaisiin todennäköisesti lisää.

7.5 Droneliikenteen automaation edellyttämä fyysinen infrastruktuuri

Miehittämättömien ilma-alusten fyysisen infrastruktuurin kehitykseen liittyy keskeisenä kysymyksenä se, mitä fyysiseksi infrastruktuuriksi mielletäviä elementtejä miehittämättömien ilma-alusten liikenteen edistäminen vaatii. Tällä hetkellä miehittämättömän ilmailun hyödyntäminen ei edellytä erityisiä fyysisen infrastruktuurin ratkaisuja. Viranomaisten tai miehittämättömän ilmailua hyödyntävien tahojen keskuudessa ei ole myöskään selvää näkemystä siitä, millaiset fyysisistä infrastruktuuria koskevat muutokset olisivat tarpeen miehittämättömän ilmailun automaation edistämiseksi.

Esiin nousseet konkreettiset fyysisen infrastruktuurin kehittämistarpeet liittyvät erityisesti ihmisten kuljetukseen miehittämättömillä ilma-aluksilla sekä uusien verkkoratkaisujen luomiseen. Miehittämättömän ilmailun kulkureittien luominen liittyy puolestaan tiedon jakamista ja käytettävissä olevia verkkoja koskeviin kysymyksiin, eikä ole näin ollen riippuvainen fyysisen infrastruktuurin kehityksestä. Miehittämättömän ilmailun automaation välitön kehitys ei vaikuta olevan riippuvainen laajojen fyysisen infrastruktuuriratkaisujen luomisesta, vaan enemmänkin miehittämättömien ilma-alusten teknologian kehittymisestä sekä erilaisten tiedon jakamiseen (lennonvarmistuspalveluiden tuottaminen) liittyvien kysymysten ratkaisemisesta.

Miehittämättömän ilmailun piirissä ei ole selkeää kokonaiskuvaa myöskään siitä, millaisia fyysiseen infrastruktuuriin liittyviä tarpeita ala tarvitsee uusien automaatio-ratkaisuiden luomiseksi. Tätä tietoa tulisikin kerätä erilaisista käynnissä olevista ja jo toteutetuista hankkeista.

Laskeutumisaikat

Arvioitaessa erilaisia miehittämättömän ilmailun fyysisen infrastruktuurin tarpeita, on esiin noussut tulevaisuuden tarve rakentaa miehittämättömälle ilmailulle tarkoitettuja laskeutumis- ja tavaroiden purkupaikkoja. Tarvittaviin tilaratkaisuihin vaikuttaa se, voitaisiinko esimerkiksi miehittämättömien ilma-alusten latauspaikkoja käyttää myös tavaroiden lastaus- tai purkupaikkoina ja ihmisiä kuljettaessa ilma-alusten pysähdyspaikkoina. Vaihtoehtoisesti miehittämätön ilma-alus voisi viedä kuljettamansa kuorman tai ihmiset perille määränpäähensä. Siten ne toimisivat osana logistiikkaketjua. Lisäksi miehittämättömän ilma-alustoiminnan yleistyessä voi syntyä tarpeita määrittellä tai arvioida lentoonlähtöön käytettävien paikkojen sopivuutta muun muassa lentotoiminnasta ympäristölle aiheutuvien vaikutusten hallitsemiseksi.

Jos miehittämättömiä ilma-aluksia käytettäisiin suurissa määrin tavaroiden ja myös ihmisten kuljetuksiin, laskeutumisalustoja olisi rakennettava ympäri kaupunkia ja taajamia. Niiden yhteyteen mahdollisesti rakennettavien tavaroiden purkamispaikkojen tai pysäkkien rakentaminen tulisi muuttamaan infrastruktuuria, ja näin suurten muutosten voidaan arvioida vaikuttavan myös kaupunkien kaavoitustyöhön. Vastaavasti tällaisia alueita tulisi varata ilma-alusten lentoonlähtöä ja laskeutumista varten. Laskeutumisalustojen rakentamiseen on tunnistettu vaikuttavan myös se, miten miehittämättömät ilma-alus liikkuu noustessaan. Tyypillisesti erityisesti pienikokoiset miehittämättömät ilma-alukset nousevat vertikaalisesti ylöspäin, ja niiden nousu- ja laskualustaksi riittää siten pienempi tila kuin isompia kuormia tai ihmisiä kuljettavalla koneella, joka voi tarvita jopa kiitoradan lentoonlähtöön.

Arviotavaksi voisi tulla myös rakennusten kattojen hyödyntäminen esimerkiksi pienempien miehittämättömien ilma-alusten latauspisteinä. Latauspisteitä tuskin tullaan tarvitsemaan pienemmille ilma-aluksille, mutta sen sijaan voi syntyä tarve rakentaa riittävän suuria, turvallisia ja avoimia laskeutumisaikoja, joihin paketteja voidaan jättää. On myös huomioitava, että tilan saaminen miehittämättömän ilmailun käyttöön kaupunki- ja taajama-alueilta, joiden käyttö ja kaavoitus on suunniteltu tarkkaan ja vuosia etukäteen, voi olla haastavaa. Yhteistyöhön kaavoittajien kanssa tulisikin ryhtyä hyvissä ajoin. Erityisesti yhteistyötä maankäytöllisessä suunnittelussa tulisi tehdä suunniteltaessa kohteita, jotka vastaanottaisivat tai joista lähtisi runsaasti lentotoimintaa.

Tällä hetkellä ilma-alusten lentoonlähtöön ja laskeutumiseen on kansallisen ilmailulain nojalla käytettävä lähtökohtaisesti ilmailulaissa tarkoitettua lentopaikkaa. Tällaisia lentopaikkoja ovat lentoasemat, valvomattomat lentopaikat ja kevytlentopaikat. Lentopaikat on suunniteltu perinteisen miehitetyn ilmailun tarpeisiin. Muuta kuin lentopaikkaa voidaan käyttää ilma-alusten lentoonlähtöön ja laskeutumiseen vain tilapäisesti ja tietyin edellytyksin. Kansallisessa laissa ei tällä hetkellä aseteta miehittämättömille

ilma-aluksille vaatimusta erityisten lentopaikkojen käytölle. Miehitettömän ilmailun yleistyessä tulee tarpeelliseksi arvioida, missä määrin, millaisilla paikoilla ja millaisin edellytyksin muuta kuin satunnaista lentoonlähtöä ja -laskeutumista miehitettömällä ilma-aluksilla voidaan harjoittaa esimerkiksi melusta aiheutuvien vaikutusten hallitsemiseksi. Miehitettyä ilmailua palveleva lentopaikkaverkosto ei itsessään vastaa siihen potentiaaliseen tarpeeseen, mitä erilaisilla automatisoiduilla miehitettömiä ilma-aluksia hyödyntävillä toiminnoilla voisi potentiaalisesti olla.

Miehitettömän ilmailun akkuteknologia

Miehitettömän ilmailun automaatiokehityksen etenemisen on tunnistettu edellyttävän erityisesti akkuteknologian kehittymistä. Akkuteknologian kehitys mahdollistaisi sen, että miehitettömät ilma-alukset pystyisivät kantamaan painavampia lasteja ja laitteiden kantosädetä saataisiin kasvatettua. Tällä hetkellä käytössä on sekä täysin akkukäyttöisiä laitteita sekä osittain polttomoottoriratkaisuja hyödyntäviä laitteita. Polttomoottoriratkaisuja käytetään erityisesti silloin, kun miehitettömän ilma-aluksen kantosäteen tulee olla pidempi.

Miehitettömien ilma-alusten pidempiaikaista käyttöä tukevia ratkaisuja on jo kehitetty akkujen kestävyys jatkuvan kehittämisen lisäksi. Olemassa on esimerkiksi ratkaisu, jossa miehitettömän ilma-alus on ohjelmoitu palaamaan omaan säilytyspaikkaansa ja vaihtamaan akkunsaa tai lataamaan akkunsaa itsenäisesti. Hybriditeknikkaa (akku ja polttomoottori) käytetään myös useassa isommassa miehitettömässä ilma-aluksessa akkujen riittämättömyyden takia. Vastaavanlaisten ratkaisujen yleistyminen voisi tehostaa miehitettömällä ilma-aluksilla suoritettavia toimintoja.

Akkuteknologiaa on yleisesti ottaen pidetty ympäristöystävällisempänä ratkaisuna kuin polttomoottorien käyttämistä miehitettömässä ilmailussa. Erilaisten miehitettömien ilma-alusmallien energiankulutusratkaisuja tarkastellaan esimerkiksi Forum Viriumin ”Vähähiilisyttä tukevat dronepalveluratkaisut -projektissa”. Hankkeessa pohditaan muun muassa sitä, olisiko pelkän hiilineutraaliuden tutkimisen sijaan tutkittava myös sitä, millaisia ympäristövaikutuksia akkujen käyttämisestä aiheutuu. Hankkeessa tarkastellaan myös vetykennojen hyödyntämistä miehitettömän ilmailun energianlähteenä.

Jotta ympäristönäkökulmalla olisi tosiasiallista vaikutusta miehitettömän ilmailua koskevassa kehitystyössä, tulisi ympäristönäkökulma ottaa mukaan heti laitteiden valmistusvaiheessa. Ympäristövaikutuksista tulisi myös keskustella laajemmin viimeistään nyt, kun miehitettömien ilma-alusten käyttö on yleistymässä huomattavasti. Yleisesti ottaen ympäristönäkökulma ja ekologisten ratkaisujen tuottaminen ei vaikuta

olevan miehittämättömän ilmailun kehittämisessä keskeinen tekijä ja keskustelu aiheesta on vasta heräämässä toimijoiden keskuudessa. Lisäksi olisi hyödyllistä selvittää, onko miehittämättömien ilma-alusten käytöllä mahdollista korvata muita päästömuotoja ja minkälaisia hyötyjä tästä voisi seurata.

8 Vaikutusten arviointi

Liikenteen automaation on vision mukaan tarkoitus vaikuttaa tulevaisuuden liikenteeseen siten, että se on turvallisempaa, tehokkaampaa ja kestävämpää kuin nykyinen liikenne. Näiden tavoitteiden etenemistä ja etenemisen vauhtia olisi pystyttävä seuraamaan ja mittaamaan.

Kansainvälisesti automaatiovaikutusten arviointi on vasta alkuvaiheissaan. Etenkin määrällisten arviointikriteereiden kehittäminen on haastavaa. Automaation aiheuttamia vaikutuksia voi olla vaikea saada eroteltua yhteisvaikutuksesta, joka on seurausta kaikista samaan suuntaan vaikuttavista eri toimenpiteistä. Tässä työssä on päästy vaikutusten arvioinnin kehittämisessä niin ikään vasta alkuun, ja pyritty hahmottamaan vaikutusten arvioinnin kehikkoa.

8.1 Turvallisuus

Liikenteen automaatio- ja laajemmin digitalisaatioteknologiat tuottavat innovaatioita, jotka edistävät liikenteen turvallisuutta. Erityisesti inhimillisestä virheestä johtuvien onnettomuuksien voidaan olettaa vähenevän automaation edetessä.

Vuonna 2018 Suomen tieliikenteessä kuoli 239 ja loukkaantui vakavasti 956 henkilöä. Lieviä loukkaantumisia tuli viralliseen tilastoon noin 4900 kpl ja vakuutusyhtiöiden liikennevahinkotilastoon noin 23500 kpl. Vesiliikenteessä onnettomuuden tapahtuvat pääosin huviveneilyssä. Rautatieturvallisuuden tilanne on ollut Suomessa hyvällä tasolla viime vuosina ja etenkin matkustajaturvallisuus on ollut erinomaisella tasolla. Samoin metrolikenteen turvallisuus on Suomessa hyvällä tasolla ja onnettomuuksia tapahtuu harvoin. Pidemmän aikavälin tarkastelussa junaliikenteen turvallisuuskehitys on parantunut selvästi ja esimerkiksi törmäys- ja suistumisonnettomuudet ovat hyvin harvinaisia. Sekä harraste- että yleisilmailun turvallisuus on Suomessa lähtökohtaisesti hyvällä tasolla.

Tavoitteena tieliikenteessä on pitkällä aikavälillä päästä niin sanottuun nollavisioon, jonka mukaan kenenkään ei tarvitse kuolla tai loukkaantua vakavasti tieliikenteessä. Liikenneturvallisuustyötä ohjataan paljon myös EU-tasolla, jolla on asetettu tavoite puolittaa kuolleiden ja vakavasti loukkaantuneiden määrä 2020–2030.

Turvallisuuden parantamisen kannalta tiedon vaikuttavuus tulee olemaan entistä oleellisemmassa osassa liikennejärjestelmän turvallisuuden edistämisessä. Tois-

taiseksi tilanne on kuitenkin se, että tietoa edes nykyisen automaation tason vaikutuksista liikenneturvallisuuden on olemassa riittämättömästi. Tämä vaikeuttaa muun muassa päätöksentekoa, koska päätösten tueksi ei ole osoitettavissa selkeää tietopohjaa¹⁰². Yleisesti pystytään käyttämään lähinnä laadullista arviointia, joka perustuu ennusteille. Mahdollisuuksia turvallisuusvaikutusten arvioinnille parannetaan myös yhä tiiviimmällä viranomaisyhteistyöllä. Yhdistämällä eri viranomaisten tiedot ja analyysit saadaan riskien arviointi aiempaa kattavammaksi ja luotettavammaksi. Lisäksi tärkeää on jatkuva vuorovaikutus elinkeinon sekä muiden sidosryhmien kanssa. Onnettomuus- ja vaaratilannetietojen laaja ja yhdenmukainen kerääminen, tallentaminen ja analysointi luovat kattavamman kokonaiskuvan liikenneturvallisuuden tilasta sekä mahdollisista turvallisuusriskeistä.

Turvallisuuden osalta voidaan asettaa seuraavia tavoitteita:

- Onnettomuuksien ja vaaratilanteiden määrän väheneminen
- Kyberturvallisuuden hyvä taso.

8.2 Tehokkuus

Liikenteen automaatio- ja laajemmin digitalisaatioteknologiat tuottavat innovaatioita, jotka vähentävät liikennevälineiden operointikustannuksia ja lisäävät tehokkuutta muun muassa reittien ja kapasiteettien optimoinnin kautta. Onnistunut optimointi vaikuttaa suoraan kuljetusten kustannuksiin muun muassa käytettävän polttoaineen määrän tarpeen vähenemisen kautta. Myös mahdollisten odotusaikojen lyheneminen vaikuttaa kustannuksiin pienentävästi. Liikenteen häiriöiden vaikutuksia pystytään automaation ja tiedon hyödyntämisen avulla minimoimaan, millä on jälleen suoria vaikutuksia kuljetuskustannuksiin.

Liikenteen markkinat ovat murroksessa niin Suomessa kuin maailmallakin. Aiemmin vahvasti säännellyt eri liikennemuotoihin painottuneet markkinat ovat muuttumassa liikenteen palveluistumisen ja digitalisoitumisen myötä. Uudenlaiset liikkumispalvelut yleistyvät, laajentuvat ja tulevat toimimaan saumattomammin yhteen perinteisten kuljetuspalveluiden kanssa. Erilaisia yhdistämis- ja välityspalveluja on myös kehittynyt entistä enemmän. Niiden tavoitteena on välittää kuljetuksia ja yhdistää eri kulkumuotoja, ja tehdä siten matkaketjuista entistä sujuvampia ja katkeamattomampia. Automaattisilla liikennevälineillä tarjottavat palvelut voivat olla erittäin kustannustehokkaita.

¹⁰² Esimerkiksi Helsingin HLM CAD kokous perusti tieliikenteeseen erityisen työryhmän selvittämään ensi vaiheessa nykyisin käytössä olevien kuljettajaa avustavien ADAS-järjestelmien turvallisuutta, koska edes tällaista tietoa ei ole riittävällä tasolla olemassa.

Samalla ne palvelevat laajempia liikennejärjestelmän kehittymisen ja yhteiskunnallisten hyötyjen tavoitteita.

Liikenteen markkinoiden lainsäädäntöä on uudistettu. Sääntelyä on kevennetty ja koottu yhtenäiseksi laiksi liikenteen palveluista (liikennepalvelulaki). Uudistuksen tavoitteena on edistää ja mahdollistaa markkinoiden avautuminen ja laajentuminen. Liikennepalveluilla edistetään uusien palvelumallien syntymistä sekä uuden teknologian, uusien teknisten ratkaisujen ja uusien liiketoimintamallien käyttöönottoa. Näin voidaan vastata entistä paremmin myös käyttäjien tarpeisiin.

Liikenneväylien älykäs luokittelu edistää liikennevälineiden käytettävyyttä. Uudet, määriteltävät palvelutasot on pystyttävä ylläpitämään mahdollisista sää- ja keliolosuhteista huolimatta. Myös väylien varsilla olevan digitaalisen infrastruktuurin on toimittava sille asetettujen tavoitteiden mukaisesti. Liikenteen sujuvuus mahdollisista paikallisista häiriöistä huolimatta on tavoite, joka voi toteutua kehittyvän liikenteen ohjauksen ja tiedon hyödyntämisen kautta.

Tehokkuuden osalta voidaan asettaa seuraavia tavoitteita:

- matka- ja kuljetuskustannusten lasku
- matkoihin ja kuljetuksiin käytettävän ajan lyheneminen
- odotusaikojen lyheneminen kuljetusketjussa
- uusien liikkumisen palveluiden syntyminen automaattisilla liikennevälineillä tarjottuina
- liikenneväylien automaatiota palvelevan palvelutason saavuttaminen (määritettyjen tasojen mukaisesti)
- mahdollisten liikenteen häiriöiden vaikutusten minimointi.

8.3 Kestävyys

Ekologinen kestävyys

Liikenteen aiheuttamat haitalliset päästöt kuormittavat ympäristöä monin tavoin. Liikenteen tuottamat typenoksidi- ja hiukkaspäästöt ovat vähentyneet ja suuntauksen ennustetaan jatkuvan tulevaisuudessa. Haitallisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi liikenteessä on tavoitteena siirtyä käyttämään yhä enemmän vaihtoehtoisia käyttövoimia.

Liikenteen päästöt muodostavat noin viidenneksen kaikista Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Kotimaan liikenteen päästöistä noin 94 % puolestaan syntyy tieliikenteessä. Hallitusohjelman tavoitteena on puolittaa liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä. Liikenteen päästöjen odotetaan vähenevän nykytoimin noin 37 % eli noin 3,2 miljoonaa tonnia vuoteen 2030 mennessä (verrattuna vuoteen 2005, VTT:n perusennuste 2020). Liikenne- ja viestintäministeriössä valmistellun fossiilittoman tiekartan mukaan liikenteen päästöjen puolittaminen edellyttää vielä 13 prosenttiyksikön eli noin 1,55 miljoonan tonnin päästövähennystä vuoteen 2030 mennessä.¹⁰³

Vesiliikenteessä vaihtoehtoiset käyttövoimat yleistyvät hitaasti, ja kehitykseen vaikuttaa merkittävästi meriliikenteen polttoaineiden jakeluinfraktuurin kehitys. Suomen lipun alla purjehtivien alusten käyttämät vaihtoehtoiset polttoaineet ovat nesteytetty maakaasu (LNG) ja biopolttoaineet. Käytössä olevat vaihtoehtoiset käyttövoimat ovat akkuihin sähköverkosta ladattu sähkö, maasähkö ja tuulivoima. Myös aurinkopaneeleita ja vetypolttokeinoja on kokeilukäytössä muutamilla aluksilla.

Kansainvälisen meriliikenteen kasvihuonepäästöjen vähentämisestä neuvotellaan Kansainvälisen merenkulkujärjestön (International Maritime Organization, IMO) meriympäristönsuojelukomiteassa (Marine Environment Protection Committee, MEPC). Tähän mennessä IMO:ssa on sovittu alustavasta strategiasta kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi. MEPC:n alaisessa kasvihuonekaasutyöryhmässä on luotu kehikko vuoteen 2023 mennessä voimaan tuleville lyhyen aikavälin päästövähennyskeinoille, jotka perustuvat alusten energiatehokkuuden ja hiili-intensiteetin asteittaiseen parantamiseen kansainvälisöikeudellisesti velvoittavalla sääntelyllä.

IMOn tavoitteet kansainvälisen meriliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ovat:

- kansainvälisen merenkulun hiili-intensiteettiä eli hiilidioksidipäästöjä suhteessa kuljetustyöhön tulee vähentää keskimäärin vähintään 40 % vuoteen 2030 mennessä vuoteen 2008 verraten, minkä jälkeen tavoitteena on 70 prosentin vähennys vuoteen 2050 mennessä.
- lisäksi kaikkien kansainvälisestä meriliikenteestä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen tulisi saavuttaa huippunsa mahdollisimman pian ja vuotuisten kokonaispäästöjen laskea vähintään 50 % vuoteen 2050 mennessä vuoden 2008 tasoon verrattuna. Pyrkimyksenä on kasvihuonekaasupäästöjen vaiheittainen poistaminen huomioiden Pariisin ilmastopimuksen lämpötilatavoitteet.

¹⁰³ Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:17.

Merenkulun ilmastopäästöjen vähentämisen kannalta keskeistä on erityisesti aluksen energiatehokkuuden parantaminen ja fossiilittomiin polttoaineisiin siirtyminen. Keskeinen merkitys on myös ku0ljetus- ja logistiikkaketjujen toiminnan ja kapasiteetin optimoinnissa, sillä Suomen tuonnista ja viennistä noin 90 prosenttia tapahtuu meriliikenteessä. Satamakäyntien optimoinnin vaikutuksista tehokkuuteen on yksimielinen 00näkemyks.

Miehittämättömällä ilmailulla voi olla myös myönteisiä ympäristövaikutuksia. Miehittämättömän ilmailun yleistyessä esimerkiksi muiden liikennemuotojen kulkutapaosuuden vähentäminen saattaa vähentää liikenteen kokonaispäästöjä, jos esimerkiksi yksittäisen lähetyksen kuljettamisessa vanha fossiilisia polttoaineita käyttävä ajoneuvo korvataankin dronella.

Liikenteen automaatio- ja laajemmin digitalisaatioteknologiat tuottavat innovaatioita, jotka vähentävät liikennevälineiden kasvihuonepäästöjä. Vaikutukset voivat olla suoria, eli mahdollisuudet käyttää ympäristöystävällisempiä käyttövoimia paranevat, tai ne voivat olla epäsuoria, esimerkiksi seurausta reittien ja kapasiteettien optimoinnista. Päästöjä voidaan pienentää esimerkiksi automaattisen reittitiedon vaihdolla, sensorien kokoamien tietojen yhdistämisellä (sensor fusion) sekä optimoimalla väylän käyttöä älykkäällä liikenteen ohjauksella.

Antureita ja etäteknologioita voidaan hyödyntää ihmisen tukena myös liikennevälineiden ja väylien/turvallalaitteiden huollossa sekä liikennevälineiden operatiivisten toimien (mm. nopeuden ja merenkulussa kurssin) säätämisessä. Myös sää- ja olosuhdetietojen hyödyntämisen avulla saatetaan pystyä muun muassa polttoaineen kulutuksen vähentämiseen, millä on tehokkuuden lisäksi vaikutuksia päästöjen määrään. Laivateknologioiden osalta hyödynnetään jo nyt ympäristöystävällisyyttä parantavia reitin optimointisovelluksia. Meriolosuhteissa optimoinnilla saatavat hyödyt ovat huomattavasti tieliikennettä suuremmat.

Ympäristön näkökulmasta vaikutusten arviointi on haasteellista, sillä ympäristöratkaisuja ei ole vielä riittävästi testattu ja käytössä. Ympäristövaikutuksilta puuttuu vielä indikaattorit. Ympäristöön liittyvät tiedot ovat kuitenkin yhä keskeisempiä. Esimerkiksi matkustajalusten päästöjen on todettu vähentyneen 30 prosenttia parantuneen Odatan hyödyntämisen ansiosta.

Ekologisen kestävyuden osalta voidaan asettaa seuraavia tavoitteita:

- Liikenteen päästöjen väheneminen
- Energiatehokkuuden parantaminen optimoinnilla sekä taloudellisemalla, energiaa säästävällä liikennevälineen ohjauksella
- Siirtymä vähäpäästöisiin liikennemuotoihin (liikennettä raiteille muista liikennemuodoista)

Sosiaalinen kestävyys

Automaatio lisääisi alueellista tasa-arvoa palvelujen saavutettavuudella, valinnan vapaudella ja kustannusten alenemisella. Automaattisten liikennevälineiden avulla tuotettavat palvelut voivat olla kustannustehokkaita, ja siten parantaa liikkumisen palveluiden saatavuutta myös haja-asutusalueilla. Kaupungeissa tällaiset palvelut tehostavat joukkoliikenteen käyttöä tarjoamalla ensimmäisen ja viimeisen kilometrin ongelmaan tehokkaan ratkaisun.

Myös erilaisille väestöryhmille tarjottavat kohdennetut palvelut voivat tulla mahdollisiksi. Esimerkiksi ikääntyneiden asumista omissa asunnoissaan haja-asutusalueilla voisi tukea mahdollisuus päästä esimerkiksi kauppaan automaattisten liikennevälineiden avulla tarjottavien palveluiden myötä. Saaristoliikenteessä automaatio voi parantaa elämisen edellytyksiä sekä yhtäläisiä mahdollisuuksia hyvinvointiin. Vesiliikenteessä se edistäisi myös mielekkäitä työtehtäviä ja työaikajärjestelyjä sekä työturvallisuutta vaarallisissa tehtävissä.

Sosiaalisen kestävyuden osalta voidaan asettaa seuraavia tavoitteita/arvioitavia asioita:

- Kaikilla on liikkumiseen/kulkemiseen tasavertaiset ja yhdenmukaiset mahdollisuudet
- Automaattisten liikennevälineiden avulla tarjottavien liikkumisen palveluiden määrän kasvu
- Käyttäjien tyytyväisyys tarjottaviin palveluihin.

8.4 Yhteenveto automaatiovaikutusten arvioinnin kehikosta

Visio	Arvioitava vaikutus
Automaattiliikenne on turvallisempaa kuin nykyinen liikenne	<ul style="list-style-type: none"> • Onnettomuuksien lukumäärän väheneminen • Vaaratilanteiden lukumäärän väheneminen • Kuolleiden ja vakavasti loukkaantuneiden määrän väheneminen • Kyberturvallisuuden hyvä taso
Automaattiliikenne on tehokkaampaa kuin nykyinen liikenne	<ul style="list-style-type: none"> • Matka- ja kuljetuskustannusten lasku • Matkoihin ja kuljetuksiin käytettävän ajan lyheneminen • Odotusaikojen lyheneminen kuljetusketjussa • Uusien liikkumisen palveluiden syntyminen automaattisilla liikennevälineillä tarjottuina • Liikenneväylien automaatiota palvelevan palvelutason saavuttaminen (määritettyjen tasojen mukaisesti) • Mahdollisten liikenteen häiriöiden vaikutusten minimointi.
Automaattiliikenne on kestävämpää kuin nykyinen liikenne	<ul style="list-style-type: none"> • Liikenteen päästöjen väheneminen • Energiatehokkuuden parantaminen optimoinnilla sekä taloudellisemmalla, energiaa säästävällä liikennevälineen ohjauksella • Siirtymä vähäpäästöisiin liikennemuotoihin (liikennettä raiteille muista liikennemuodoista) - Automaattisten liikennevälineiden avulla tarjottavien liikkumisen palveluiden määrän kasvu • Kaikilla on liikkumiseen / kulkemiseen tasavertaiset ja yhdenmukaiset mahdollisuudet • Automaattisten liikennevälineiden avulla tarjottavien liikkumisen palveluiden määrän kasvu • Käyttäjien tyytyväisyys tarjottaviin palveluihin

8.5 Mittarit ja indikaattorit

Toistaiseksi seuraaminen ja mittaamisen mahdollistavat indikaattorit ovat vasta kehityksessä niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Vaikutusten arvioinnin kehittäminen on asia, johon on kohdistettava aktiivisia toimenpiteitä jatkotyössä. Vaikuttavuutta arvioidaan turvallisuuden ja toimintavarmuuden, tehokkuuden eli taloudellisen kestävyuden, ekologisen kestävyuden sekä sosiaalisen kestävyuden näkökulmasta. Lisäksi tulee valita indikaattorit, joita ylläpitämällä ja seuraamalla voidaan konkreettisesti seurata automaation etenemisen vaikutuksia vaikuttavuustavoitteisiin. Todennäköistä on, että monet mittarit ja indikaattorit ovat periaatteessa samat eri liikennemuodoissa, mutta niiden tuottamisen tavoissa voi esimerkiksi olla eroja. Lisäksi voidaan tarvita liikennemuotokohtaisia mittareita.

Yksi tärkeä huomioitava indikaattori vaikutusten arvioinnissa liittyy ihmisten käyttäjäkokemuksiin ja odotuksiin automaattiliikenteessä. Tutkimuksessa on jo jonkin verran seurattu ihmisten turvallisuuskokemusta automaattiliikenteestä. Myös käyttäjäkokemuksiin liittyviä mittareita on syytä kehittää.

Tieliikenteen mittarit¹⁰⁴

Eryteisesti automaation näkökulmasta tärkeimmiksi turvallisuusvaikutusten indikaattoreiksi on asiantuntijaselvityksissä todettu seuraavat:

- Onnettomuudet (erikseen henkilövahingot ja omaisuusvahingot), yhteensä ja 100 miljoonaa kilometriä kohden
- Läheltä piti -tilanteet (aika törmäykseen pienempi kuin turvalliseksi arvioitu aikamääre)
- Äkkijarrutukset / 1000 km.

Ajoneuvoautomaation käyttöön liittyvistä indikaattoreista tähän mennessä tärkeimmiksi on puolestaan arvioitu seuraavat:

- Tilanteet joissa kuljettajan on pitänyt ottaa ajoneuvo hallintaansa, lukumäärä/1000 km
- Automaattijärjestelmän käyttö, % kilometreistä kyseisen järjestelmän ODD:n puitteissa
- Käyttöliittymän ymmärrettävyys, subjektiivinen asteikko.

¹⁰⁴ Ks. <https://www.cedr.eu/download/D3.1-Impacts-of-connected-and-automated-vehicles-State-of-the-art.pdf>

Ympäristövaikutusten osalta keskeiset indikaattorit ovat samoja kuin muissakin liikenne-
muodoissa, eli esimerkiksi ajoneuvon kuluttama energia sekä hiilidioksidi- ja hiukkas-
päästöt. Automaatio voi vaikuttaa näihin indikaattoreihin muun muassa nopeuden ja
ajotyylin vähäisen vaihtelun kautta.

Meriliikenteen mittarit

Seurannassa voitaisiin mahdollisesti hyödyntää myös erilaista olemassa olevaa rapor-
tointia, esimerkiksi VTS:n poikkeamaraportteja, sillä alusten luokittelu voidaan jo nyt
tehdä automaatiotason mukaan ja raporttiin voisi kirjata automaation vaikutuksen
vaaratilanteessa. Lisäksi, jos laivat luokitellaan niiden automaatiotason perusteella ja
raportointia tarkennetaan automaatioon liittyvillä kysymyksillä, vaaratilanne- ja onnetto-
muusraporteista voitaneen ajan myötä muodostaa käsitys automatiikan turvallisuusvai-
kutuksista. Saatuun tietoon perustuen voidaan arvioida sitä, sattuuko korkean automaa-
tiotason aluksille enemmän vai vähemmän vaaratilanteita ja onnettomuuksia kuin matalan
automaatiotason aluksille. Jos kyseessä on vaaratilanne, tulevaisuudessa voitaisiin
mahdollisesti arvioida sitä, missä määrin automaatio estii tilanteen eskaloitumisen
onnettomuudeksi.

Seurannassa voitaisiin myös hyödyntää indikaattoreita, joita käytetään autonomisten
järjestelmien suunnittelussa sekä suorituskykymittareita. Välttämättä ei tarvita pysyvää
seurantaa, vaan joiltain osin saattaa riittää, että kokeiluissa ja piloteissa arvioidaan
autonomisen järjestelmän toimintaa suorituskykymittareilla.

Automaation vaikutusta on vaikea erottaa muista vaikuttavista tekijöistä, kuten siitä,
johtuvatko muutokset onnettomuuksien tai vaaratilanteiden määrissä automaatiosta
vai jostain muusta. Käytännössä esimerkiksi korona on vähentänyt kauppamerenku-
lussa onnettomuuksien määrää, koska liikenne on vähentynyt. Arvioinnin pohjaksi
on myös liian vähän dataa.

EU:ssa vaikutusarviointia kehitetään ns. AUTOSHIP-hankkeessa Horisonttirahoituk-
sella. Koska merenkulku on globaalia toimintaa, olisi todennäköisesti tarpeen yhte-
näistää vaikutusarviointia ja käyttää yhteisiä indikaattoreita IMOssa. Tässä voitaisiin
hyödyntää IMO:n yhteistä CISIS-järjestelmää.

Taulukko 2. Yhteiskunnallisiin ilmiöihin liittyvät tavoitteet ja ehdotetut mittarit merenkulussa

Yhteiskunnallinen ilmiö	Tavoite	Mittari
Turvallisuus	Onnettomuuksien lukumäärän väheneminen	<ul style="list-style-type: none"> Onnettomuudet/neljän vuoden keskiarvo Onnettomuuksien lukumäärä suhteessa satamakäynnit
Tehokkuus (taloudellinen kestävyys)	Kustannukset / kuljetuskustannukset laskevat	<ul style="list-style-type: none"> Kuljetuskustannus indeksi / indikaattori
Ekologinen kestävyys	Liikenteen päästöjen väheneminen	<ul style="list-style-type: none"> Liikenteen päästöt esim. Co2, Nox
Sosiaalinen kestävyys	Kaikilla on liikkumiseen / kulkemiseen tasavertaiset ja yhdenmukaiset mahdollisuudet	<ul style="list-style-type: none"> Tyytyväisyysbarometrit, kyselytutkimukset, palveluverkon kattavuuden, yhteyksien määrän kasvu

Raideliikenteen mittarit

Tulevaisuuden rautatiet tarvitsevat modernin digitaalisuuden ja automaation mahdollistavat ratkaisumallit, joilla turvataan liikennemuodon kilpailukyky. Suoria datan laajemman käytön ja automaation mukanaan tuomia hyötyjä:

- Kapasiteetin kasvattaminen Etelä-Suomen kaupunkiraiteilla ja pääradalla 20 %-lla. Kokonaistarkastelu niin, että otetaan huomioon uuden raitainfrastruktuurin rakentaminen vrs. kulunvalvonnan automaatioon ja teknologiaan tehtävät investoinnit.
- Mahdollistaa täsmällisyyden 95 %+-tavoite
- Rautatieliikenteen toimintavarmuuden parantaminen
- Turvallisuustason parantaminen

Kaupunkiraideliikenteen mittarit

- Selvitetään ATO:n mahdollisuus kaupunkiradoilla. Miten automaatiota voidaan hyödyntää kaupunkirata-osuuksilla ja miten liikenteen ohjausta optimoidaan tekoälyn avulla.
- Myös tulevaisuuden raideliikenteen palvelukokonaisuuden on mahdollistettava reaaliaikaisen tiedon jalostaminen, jatkuvasti päivittyvät kapasiteetti- ja aikataulutiedot ja dynaamisen reagoinnin.
- Tavoitteita peilataan raideliikenteen kulkutapatilastoihin sekä tavara-liikenteen tilastoihin.
- Lisäksi arvioidaan kokonaisinvestointien vaikutusta kapasiteettiin sekä arvioidaan uuden kulunvalvontakokonaisuuden vaikutusta edellä mainittuihin, mutta myös muihin, kuten täsmällisyyteen ja tätä kautta asiakastyytyväisyysmittareihin.

Miehittämättömän ilmailun mittarit

Liikenne- ja viestintäministeriössä tai Liikenne- ja viestintävirastossa ei ole toteutettu aikaisempia miehittämättömän ilmailun automaatoratkaisuja koskevia tutkimuksia tai selvityksiä. Miehittämättömän ilmailun kentällä toimivat tahot kehittävät aktiivisesti toimintaansa ja miehittämättömän ilmailua koskevia uusia teknologisia ratkaisuja sekä toimivat tiiviissä vuoropuhelussa viranomaisten kanssa. Miehittämättömän ilmailua ja sen käyttömahdollisuuksia koskevaa julkaistua tutkimusmateriaalia ei kuitenkaan ole tällä hetkellä käytössä. Automaatiotyön kehitys edellyttääkin jo käynnissä olevan eri toimijoiden välisen tiiviin yhteistyön ja vuoropuhelun syventämistä ja kehittämishankkeista saatujen tulosten jatkotyöstämistä eri toimijoiden ja viranomaisten kesken.

Jatkossa on kehitettävä ja otettava käyttöön mittareita ja niiden seuranta automaation vaikutusten arviointiin turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävyuden näkökulmasta. Mittareihin ja tiedon keruuseen liittyy epävarmuuksia, sillä automaation vaikutuksia on haasteellista erottaa muista tekijöistä. Olemassa olevaa raportointia ja tiedon keruuta on tarve laajentaa kattamaan automaation ja sen tasot. Suunnittelumenetelmiä, suorituskykykriteerien kehitystyötä, simuloiteja ja kokeilujen tuloksia on hyödynnettävä vaikuttavuustiedon saamiseksi. Mittareiden käyttöönottoon ja yhtenäistämiseen sekä tiedon jakamiseen on tarve vaikuttaa EU:ssa ja maailmanlaajuisesti kansainvälisissä organisaatioissa.

Miehittämättömän ilmailun yleistymistä voidaan mitata muun muassa käytössä olevien laitteiden ja niiden käyttötarkoitusten määrän perusteella sekä rekisteröinti-ilmoituksiin perustuvien laitteiden käyttäjien määrän perusteella. Miehittämättömän ilmailun turvallisuuskehitystä voidaan seurata vaaratilanneraportointien avulla.

Twitter: @lvm.fi
Instagram: lvmfi
Facebook.com/lvmfi
Youtube.com/lvm.fi
LinkedIn: Liikenne- ja viestintäministeriö

lvm.fi