

5.4.2023  
Liikenne- ja viestintäministeriö  
Tieto- ja turvallisuusosasto  
Automaatioyksikkö

## Rautatieliikenteen automaation arviomuistio

## Sisällys

<b>TÄRKEIMMÄT LYHENTEET</b> .....	<b>3</b>
<b>1 TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>4</b>
1.1 Rautatieliikenteen automaation sääntely.....	4
1.2 Automaatiokehitys ja sen hyödyt.....	4
1.3 Rautatieliikenteen tietoliikenneyhteydet.....	4
1.4 Tekoäly rautatieliikenteessä.....	5
1.5 Toimenpiteet: sääntelyyn ja tekniseen kehitykseen vaikuttaminen.....	5
<b>2 JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3 AUTOMAATION MAHDOLLISUUDET RAUTATIELIIKENTEESSÄ</b> .....	<b>6</b>
3.1 Automaatiotason nostamisella saavutettavia potentiaalisia hyötyjä ja riskejä.....	7
<b>4 EU-VAIKUTTAMISEN TAVOITTEET JA ORGANISOITUMINEN</b> .....	<b>8</b>
<b>5 AUTOMAATION SÄÄNTELYKEHITYS</b> .....	<b>9</b>
5.1 Rautatiemarkkina-, yhteentoimivuus- ja turvallisuus- ja veturinkuljettajadirektiivi.....	10
5.1.1 Rautatiemarkkinadirektiivi (SERA).....	10
5.1.2 Yhteentoimivuusdirektiivi.....	10
5.1.3 Rautatieturvallisuusedirektiivi.....	11
5.1.4 Veturinkuljettajadirektiivi.....	11
5.2 Yleinen tekoälyasetus ja rautatieliikenne.....	11
<b>6 KYBERTURVALLISUUS RAUTATIELIIKENTEESSÄ</b> .....	<b>11</b>
6.1 EU:n kyberturvallisuuteen liittyviä toimenpiteitä.....	12
6.2 Kansallisia kyberturvallisuuteen liittyviä toimenpiteitä.....	12
6.3 Kyberturvallisuus informaatio- ja operatiivisissa järjestelmissä.....	13
6.4 Kyberturvallisuus by Design.....	13
<b>7 RAUTATIELIIKENTEEN DIGITAALINEN KAKSONEN</b> .....	<b>13</b>
7.1 Digitaalisen kaksosen kehitystyö.....	14
7.2 Yhteenveto ja toimenpiteitä rautatieliikenteen digitaalisen kaksosen edistämiseksi.....	14
<b>8 EUROPE'S RAIL – EU:N RAUTATIELIIKENTEEN TUTKIMUS- JA KEHITYSHANKE</b> .....	<b>15</b>
8.1 ERJU:n organisaatio ja Suomen tavoitteet.....	15
<b>9 EUROOPPALAINEN DIGITAALINEN AUTOMAATTIKYTKIN (EUROPEAN DIGITAL AUTOMATIC COUPLER DAC)</b> .....	<b>15</b>
9.1 ERTMS/ETCS ja DAC.....	16
9.2 Vaikutukset kalustonostajalle.....	16
9.3 Käyttönoton haasteet, pääasialliset hyödyt Suomessa sekä johtopäätökset käyttönotosta.....	16
<b>10 TULEVAISUUDEN RAUTATIELIIKENTEEN RADIOKOMMUNIKAATIOJÄRJESTELMÄ FRMCS</b> 17	
10.1 ETCS + FRMCS = ERTMS rakentaminen.....	18
<b>11 LÄHDELUETTELO</b> .....	<b>19</b>

## Tärkeimmät lyhenteet

Lyhenne	Merkitys englanniksi	Merkitys suomeksi
ATO	Automatic train operation	Automaattinen junan operointi
CER	Community of European Railways and Infrastructure Companies	Integroitujen rautateiden ja rataverkon haltijoiden rahoittama yhdistys, rautateiden eurooppalainen edustuselin.
EIM	European Rail Infrastructure Managers	Rataverkon haltijoiden rahoittama yhdistys, rautateiden eurooppalainen edustuselin.
ENISA	The European Union Agency for Cybersecurity	Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto
ERA	European Union Agency for Railways	Euroopan rautatievirasto
ERTMS	European Rail Traffic Management System	Eurooppalainen rautatieliikenteen hallintajärjestelmä sisältäen junakuluvälvön ja radioverkon
EULYNX	European initiative by 13 Infrastructure Managers to standardize interfaces and elements of the signalling systems	Rataverkon haltijoiden projektikonsortio, jonka tavoitteena on standardoida rautatieturvälaitteiden rajapintoja ja elementtejä.
ETCS	European train control system	Eurooppalainen junakulunvalvontajärjestelmä
EUG	ERTMS user group	ERTMS-käyttäjien ryhmä
FRMCS	Future railway mobile communication system	Tulevaisuuden rautatien viestintäjärjestelmä
GoA	Grades of Automation	Automaatioaste
GSM-R	Global system for mobile communication – Railway	Maa- ja laajuinen matkaviestinjärjestelmä – rautatie
JKV	ATP-VR/RHK	Junien kulunvalvonta, perustuu Bombardierin EBICAB 900 teknologiaan
OCORA	Open CCS Onboard Reference Architecture	Referenssiarkkitehtuuri liikkuvan kaluston ohjaus-, hallinta- ja merkinantojärjestelmälle
OHM	Communication, control and signaling system (CCS)	Ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmä (OHM)
OPE	Operation and traffic management	Käyttötoiminta ja liikenteen hallinta-osajärjestelmä
RCA	Reference CCS Architecture	Referenssiarkkitehtuuri ohjaus-, hallinta- ja merkinantojärjestelmälle
TMS	Traffic Management system	Liikenteenohjausjärjestelmä
TOBA	Telecom On-Board Architecture	Referenssiarkkitehtuuri liikkuvan kaluston radiolaitteille
UIC	International Union for Railways	Maa- ja laajuinen rautatiejärjestö
YTE	Technical Specification for Interoperability (TSI)	Yhteentoimivuuden tekniset eritelmat

## 1 Tiivistelmä

Rautatieliikenteen automaatiolla saavutetaan etuja mm. paremman rautatieverkon suorituskyvyn, paremman kuljetuskapasiteetin, aikataulujen täsmällisyyden ja energian säästön kautta. Rautatieliikenteen digitalisoinnissa ja automaation edistämisessä Suomessa on Digirata-hankkeella merkittävä rooli. Hankkeen yhtenä tavoitteena on mahdollistaa rautatieliikenteen automaatiotason nosto erityisesti liikenteenohjauksessa.

EU on linjannut strategisella tasolla kunnianhimoisia tavoitteita liikennemuotosiirtymän edistämiseksi maanteiltä rautateille. Rautatieliikenteen automaatiota tarvitaan, jotta Euroopan vihreä sopimuksen (European Green Deal) tavoitteisiin päästäisiin. Taustamuistiossa käsitellään raideliikenteen edistämisen kannalta keskeistä kansainvälistä sekä kansallista sääntelyä, tutkimus- ja kehitystyötä sekä teknisiä ratkaisuja. Lopuksi annetaan suosituksia edistämistoimiksi.

### 1.1 Rautatieliikenteen automaation sääntely

Rautatieliikenteen sääntelyssä kansallinen liikkumavara on hyvin rajallinen. EU:n tavoitteena yhtenäinen eurooppalainen rautatieliikennemarkkina ja tämän vuoksi kansalliset poikkeamat on minimoitu.

Unionitasolla annettavat yhteentoimivuuden tekniset eritelmät annetaan komission täytäntöönpanoasetuksina, jotka ovat suoraan sovellettavaa EU-oikeutta. Vuoden 2023 kevätpuoliskolla julkaistavien teknisten eritelmien päivityksessä määritellään rautatieliikenteen automaation teknisiä ja algoritmeihin kohdistuvia vaatimuksia. Lisäksi Suomen kannalta rautatieliikenteen tulevaisuuden viestintäverkkoratkaisun toteutustapa on merkittävä tekijä, jolla on vaikutuksia rautatieliikenteen automaation edistämisen aikatauluun ja kustannuksiin. Suomi näkee kaupallisten radioverkkojen käytön sallimisen rautatieliikenteelle dedikoituja verkkoja parempana ratkaisuna.

Rautatieliikenteen direktiiveihin, lukuunottamatta veturinkuljettajadirektiiviä, ei ole odotettavissa lähivuosina muutoksia. Rautatieliikenteen sääntelyn kehittäminen EU:ssa tapahtuu edellä mainittujen ERA:n koordinoimien yhteentoimivuuden teknisten eritelmien avulla.

Kansallisessa sääntelyssä on suunnitteilla ratalain päivitys. Päivitystyön yhteydessä on tarkoitus arvioida vastaako laki nyky muodossaan automaatio- ja digitalisaatiokehityksen tarpeisiin.

### 1.2 Automaatiokehitys ja sen hyödyt

Junaliikenteen automaattinen operointi (ATO) on yksi osakokonaisuus komission linjaamista rautatieliikenteen digitalisaation tulevaisuuden muutostekijöistä, Game Changereistä. ATO:n toteuttamisessa tarvitaan muun muassa 5G-tason tulevaisuuden tietoliikennejärjestelmää (Future Railway Mobile Communication System FRMCS) ja junan paikantamisen teknologioita (satelliitti/tutka). Rautatieliikenteen automatisointi luo uudenlaisia haasteita turvallisuudelle ja sitä koskevalle regulaatiolle. Erityisesti tieto- ja kyberturvallisuuden merkitys korostuu.

Rautatieliikenteen automaatiolla saavutetaan etuja sekä investointi- että elinkaaren kustannusten vähenemistä mm. seuraavien vaikutusten kautta: parempi rautatieverkon suorituskyky, parempi kuljetuskapasiteetti, aikataulun täsmällisyys ja energian säästö. Rataverkonhaltijoiden hyödyt muodostuvat 1) mahdollisuudesta kasvattaa liikevaihtoa (€ / junakilometri), sekä 2) verkon korkeammasta käyttöasteesta, erityisesti tiheästi asutuilla alueilla ja 3) vähentyvästä tarpeesta investoida uusiin ratalinjoihin tai raitteisiin.

Raideliikenteen tehokkuuden parantaminen nojaa vahvasti digitalisaatioon, siksi sen hyötyjen saavuttaminen edellyttää vahvaa kyberturvallisuuden perustasoa. Raideliikenteen kyberturvallisuusympäristölle on tunnusomaista operatiivisten järjestelmien avulla tapahtuva laitteiden ohjaus. Ympäristöön kuuluvat myös datan ja informaation käsittelyyn liittyvät fyysiset rakenteet.

Koska rautatiejärjestelmä on kasvavassa määrin yksi yhteinen järjestelmä, toteutunut kyberturvallisuushäiriö voi johtaa jopa koko järjestelmän ja valtion rataverkon kattaviin häiriöihin. Kyberturvallisuutta pitää edistää järjestelmälahtoisesti ja yhdessä – vain näin voidaan estää tilanne, jossa koko järjestelmä kärsii sen yhden osa-alueen haavoittuvuudesta.

### 1.3 Rautatieliikenteen tietoliikenneyhteydet

Future Railway Mobile Communication System FRMCS on tulossa GSM-R:n jälkeen seuraavaksi ainoaksi sallituksi rautateiden radiojärjestelmäksi. FRMCS tulee perustumaan teknisesti 5G-standardeille ja se on päivitettävissä siitä edelleen 6G-standardiin. FRMCS perustuu Internet Protocol IP:n käyttöön. IP on käytäntö tai standardi, joka määrittelee tai mahdollistaa laitteiden tai ohjelmien väliset yhteydet. Näillä taustaratkaisulla voidaan päästä teknisesti verkkotaajuudesta ja tietyistä verkkopalvelusta riippumattomaan ratkaisuun, joka sallisi rautatieliikenteen tarvitseman

tietoliikenneyhteyden kaupallisissa verkoissa. FRMCS-järjestelmää kehitetään testaamalla vaiheittain eri teknisiä vaihtoehtoja.

FRMCS on keskeinen järjestelmän osa, jota ilman ei rautateiden digitalisointi ja automaatio voi toteuttaa. Aikataulullisesti Suomen kannalta kehityksen on oltava viimeistelty vuonna 2025, jotta Digiradan pilottiradan testaukset päästään aloittamaan 2026 ja sitä kautta avattua rataosa kaupalliseen liikenteeseen. Suomen kannalta merkittävin FRMCS:ään liittyvä kysymys on kaupallisten tietoliikenneverkkojen hyödyntämisen mahdollisuus rautatieliikenteen kulunohjauksessa. Tällä hetkellä EU:ssa on käytössä 2G-tason GSM-R -verkko, jolla on omat rautatieliikenteen käyttöön osoitetut taajuudet sekä oma erillinen tietoliikenneverkko. Jos EU ei salli kansallisia ratkaisuja kaupallisten verkkojen käyttöön, nousevat liikenteenohjausjärjestelmän digitalisoinnin kustannukset huomattavasti.

## 1.4 Tekoäly rautatieliikenteessä

Yleisen digitalisaatiokehityksen myötä myös rautatieliikenne automatisoituu ja ottaa käyttöön dataa hyödyntäviä järjestelmiä mm. ennakoivassa kunnossapidossa, IoT-järjestelmissä, liikenteen ohjauksessa ja junanliikenteen optimoinnissa. Tämän kehityksen myötä myös algoritmipohjaiset tekoäly ja koneoppimista hyödyntävät järjestelmät yleistyvät.

EU:n komission antamassa tekoälyasetuksen luonnoksen liitteessä II on mainittu rautatieliikenteen yhteentoimivuusdirektiivi. Tämä tarkoittaa, että tekoälyjärjestelmille asetettavat vaatimukset tulisi huomioida, kun vanhaa lainsäädäntökehystä koskevia delegoituja tai täytäntöönpanosäädöksiä annetaan. Rautatieliikenteessä tämä vaatimus kohdistuu teknisiin eritelmiin (YTE).

## 1.5 Toimenpiteet: sääntelyyn ja tekniseen kehitykseen vaikuttaminen

1. Arvioidaan lainsäädännön uudistamistarve digitalisaation ja automaation edistämisen kannalta. Erityinen huomio kohdistetaan digitaalisen infrastruktuurin kehittämiseen. Ratalaissa määritellään mm. että rataverkkoa on kehitettävä ja kunnossapidettävä sekä siihen investoitava siten, että edistetään tiedon ja digitaalisuuden hyödyntämismahdollisuuksia, liikenteen automaatiota ja liikenteen palveluiden kehittämisen edellytyksiä.
2. Jatketään kansainvälisen vaikuttamisen koordinoitua ennakoivasti erityisesti EU-suuntaan. Painopisteinä vaikuttamistyössä ovat teknologianeutraalisuus, standardien käyttö sekä automaation ja uusien teknologioiden hyödyntäminen. Suomi korostaa jatkossakin EU-laajuisien ratkaisujen merkitystä yhtenäisen rautatieliikennemarkkinan luomisessa. Keskeisiä vaikuttamisen paikkoja esimerkiksi Digirata-hankkeen tavoitteiden kannalta ovat kansainväliset tekniset työryhmät.
3. Arvioidaan tekoälyasetuksen vaikutuksia rautatieliikenteen sääntelyyn erityisesti rautatieliikenteen yhteentoimivuusdirektiivin osalta. Selvitetään ennakoivasti miten eri toimijoiden vastuut jakautuvat tekoälyjärjestelmien lisääntyessä ja mikä on eri viranomaisten rooli turvallisuuden varmistamisessa sekä datan laadun ja käytettävien algoritmien suhteen rautatieliikenteen turvallisuuden varmistamisessa.
4. Osallistutaan aktiivisesti Europe's Rail'in tutkimus- ja kehittämishankkeiden valmisteluun erityisesti ERJU:n System Pilarin ja ERTMS:n kansallisten edustajien koordinaatioryhmän kautta. Suomen seurattavia asioina ovat Digital Automated Coupling DAC, radio/viestintäverkkokokonaisuus eli FRMCS sekä raideliikenteen automaatio ATO.
5. Kartoitetaan mahdollisia EU:n rahoitusvälineitä rautatieliikenteen digitalisaation ja automaation edistämisessä. Tällaisia voisivat olla Connecting European Facilities, eli CEF-rahoitusinstrumentti, EU:n vihreään siirtymään tarkoitetut tukivälineet sekä EU:n investointipankin kaltaiset rahoitusinstrumentit. Suomen Digirata-hanke sai EU:n elpymis- ja palautumistukivälineeltä rahoitusta 85 miljoonaa euroa.
6. Huomioidaan Suomessa tehtävässä digitaalisen infrastruktuurin kehityksessä sekä digitaalisen kaksosen kehittämisessä myös rautatieliikenteen automaation kehitystarpeet.

## 2 Johdanto

Valtioneuvosto vahvisti 25.11.2021 periaatepäätöksen liikenteen automaation edistämisestä. Suomen tavoitteena on kuulua liikenteen automaation edelläkävijöiden joukkoon. Periaatepäätös sisältää liikenteen automaation kehittämisen vision, siitä johdetut linjaukset sekä keskeiset toimenpidekokonaisuudet, ja se koskee kaikkia liikennemuotoja.

Periaatepäätös pohjaa liikenne- ja viestintäministeriössä valmisteltuun *Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelmaan*. Periaatepäätöksessä jatkotoimenpiteet rautatieliikenteen osalta voi jakaa kokonaisuuksiin, joita ovat:

- Arvioida miten voimassa oleva kansallinen ja EU-tason sääntely mahdollistavat ja tukevat automaation ja tiedon hyödyntämistä.
- Muodostaa käsitys siitä, miten edistää rautatieliikenteensäätelyn muutosta erityisesti EU:ssa niin, että automaation ja uusien teknologioiden hyödyntäminen on mahdollista.
- Arvioida, miten rautatieliikenteessä varmistetaan algoritmien läpinäkyvyys sekä ihmisen ja koneen väliseen vuorovaikutukseen liittyvän läpinäkyvyys.

Automaatio on tärkeä keino sujuvoittaa ihmisten ja tavaroiden liikkumista sekä edistää turvallista, tehokasta ja vähäpäästöistä liikennettä myös rautatieliikenteessä. EU on linjannut strategisella tasolla kunnianhimoisia tavoitteita liikennemuotosiirtymän edistämiseksi teiltä rautateille.

Rautatieliikenteen automaatiokehitys tukee Euroopan päästövähennystavoitteisiin pääsemistä. Tavoitteena on 55 % vähennys liikenteen päästöissä vuoteen 2030 mennessä ja 90 % vähennys vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteisiin pääseminen edellyttää laajaa ja monipuolista keinovalikoimaa.

Rautatieliikenteen digitalisoinnissa ja automaation edistämisessä on Väyläviraston ja Fintraffic Raide Oy:n yhdessä hallinnoimalla Digirata-hankkeella merkittävä rooli. Digirata luo toimintaympäristön, joka mahdollistaa liikenteenohjauksen ja -hallinnan automaation testaamisen ja lisäämisen. Digiradan tavoitteena on mahdollistaa rautatieliikenteen automaatiotason nosto erityisesti liikenteen ohjauksessa. Myös datan laajempi kerääminen, jakaminen ja hyödyntäminen on teknisesti mahdollista, kun rautatieliikenteessä käytettävässä tietoliiketeknologiassa siirrytään EU-tasolla 2G:stä 5G-teknoologiaan. Muutos on edellytys rautatieliikenteen digitalisoitumiselle.

Nykyisten turvalaitteiden, kulunvalvonta- ja liikenteen ohjausjärjestelmien tarjoaman automaation muuttaminen digitaaliseksi ja edelleen automatisointi luo uudenlaisia haasteita turvallisuudelle ja sitä koskevalle regulaatiolle. Erityisesti tieto- ja kyberturvallisuuden merkitys korostuu.

## 3 Automaation mahdollisuudet rautatieliikenteessä

Rautatieliikenteen suhteellinen kilpailukyky logistiikassa ja 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.

Rautatiealan on Euroopassa otettava edistysaskelia parantaakseen kilpailukykyään. Myös kansalaisten matkustustarpeet ovat voimakkaassa muutoksessa. EU:n strategiset tavoitteet ohjaavat rautatieliikennettä automaation, datan hyödyntämiseen ja kehittämään uusiin teknologioihin perustuvia ratkaisuja. Myös eri liikennemuotojen yhteentoimivuus on jatkossa yhä tärkeämmässä roolissa.

Rautatieliikenne jo tällä hetkellä hyödyntää automaatiota monella eri tavalla. Rautatieliikenteen digiloikan mahdollistaa kuitenkin tuleva 5G-tason tiedonsiirtojärjestelmä. Se tarjoaa sekä tietoturvaa että datan hyödyntämiseen nykyistä huomattavasti paremmat mahdollisuudet.

## GoA (Grades of Automation/automaation asteet)

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

Automaattinen junan operointi, eli ATO-järjestelmien arkkitehtuurin rakenne ei muutu täysin siirryttäessä GoA2-automaatiotasolta korkeammille automaatiotasolle, mikä tekee alemman automaatiotason nopeammasta käyttönotosta 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 toiminnollisuuksia sekä juniin että liikennettä ohjaaviin järjestelmiin. Korkeampien tasojen toteuttamiseksi tulee automaatiojärjestelmään lisätä GoA2 -tason ratkaisuun verrattuna vielä esimerkiksi kuljettajaa korvaavia toimintoja ympäristön havainnointiin ja poikkeustilanteiden hoitamiseen.

Automaattinen junan operointi (ATO) on yksi komission linjaamista rautatieliikenteen digitalisaation tulevaisuuden muutostekijöistä, joka on nostettu esille komission Kestävän ja älykkään liikenteen strategiassa. Tärkeimpänä kustannuksia alentavana tekijänä toimii se, että jatkossa junat liikkuvat rataverkolla ilman radan kiinteitä turvalaitteita. ATO:n toteuttamisessa tarvitaan myös muita muutostekijöitä, kuten 5G-tason tietoliikennejärjestelmä (Future Railway Mobile Communication System FRMCS) ja junan paikantamisen teknologioita (mm. satelliitti-, tutka- ja infratieto). Nykyinen eurooppalainen liikenteen hallinta ja ohjaus (ERTMS / ETCS) ei mahdollista vastaavaa rautatieyritysten suorituskyvyn, kustannus- / energiatehokkuuden ja kapasiteetin parantamista. Automaattinen junan operoinnin käyttö ETCS:n kanssa on yksi vastaus näihin haasteisiin.

Rautatieliikenteen kehitystyössä on myös huomioitava kytkentä isojen tietomassojen hyödyntämiseen ja tekoälyyn, asioiden internet (IoT)-kehitykseen ja yleiseen teolliseen murrokseen (Industry 4.0). Näiden avulla pystytään muun muassa edistämään kulunvalvonnan, kalustokierron ja junaliikenteen operoinnin digitalisoitumista ja sitä kautta tehostamaan mm. ratakapasiteetin käyttöä, kehittämään infrastruktuurin ennakoivaa huoltamista ja parantamaan liikennöinnin ennakoivuutta.

### 3.1 Automaatiotason nostamisella saavutettavia potentiaalisia hyötyjä ja riskejä

Automaatiotason lisääminen rautatieliikenteessä ei ole itsetarkoitus, vaan automaatiolla tavoitellaan yhteiskunnallisia hyötyjä. Rautatieliikenteessä kahdella ensimmäisellä automaatiotasolla (GoA1 ja 2) on mahdollista saavuttaa Digirata-selvityksen (4/2020) mukaan Suomen rataverkolla noin 20 prosentin lisäkapasiteetti nykyiseen verrattuna. Tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan automatisoinnin lisäksi myös investointeja rataverkkoon. Lisäkapasiteetti syntyy tiheimmistä vuoroväleistä ja kapasiteetin lisäys kohdistuu erityisesti pääkaupunkiseudun lähiliikenteeseen.

Rautatieliikenteen automaatiolla saavutetaan etuja sekä investointi- että elinkaarikustannusten vähenemistä mm. seuraavien vaikutusten kautta:

- Parempi rautatieverkon suorituskyky
- Parempi kuljetuskapasiteetti
- Parempi pysäytystarkkuus
- Parempi aikataulun vakaus ja täsmällisyys
- Energian säästö
- Vähentynyt mekaaninen kuluminen
- Lisääntynyt matkustajien mukavuus
- Optimoitu juniin pääsy ja matkustajien hallinta

#### Rataverkonhaltijoiden hyödyt

- Mahdollisuus kasvattaa liikevaihtoa (€ / junakilometri) verkon korkeamman käyttöasteen ansiosta (kapasiteetin lisääntyminen erityisesti tiheästi asutuilla alueilla) lyhyempien välimatkojen vuoksi
- Pienemmät huoltokustannukset ratatöissä parantuneen kiihdytyksen/jarrutuksen hallinnan ansiosta
- Vähemmän kulutushuippuja sähköistysverkostossa
- Vähemmän investointeja uusiin ratalinjoihin/raiteisiin

#### Rautatieyrittäjät / henkilö- tavaraliikenne

- Parantaa palvelun laatua (esim. täsmällisyys, lyhyemmät pysähdykset asemilla)
- Lisää kapasiteettia ja joustavuutta / suorituskyky paranee
- Pienempi energiankulutus
- Vähemmän toimintahäiriöitä (pehmeämpi toiminta, vähemmän tarpeettomia pysähdyksiä)
- Parantunut toipuminen häiriöistä
- Henkilöstön saatavuus helpottuu /erityisen ammattitaitoisen (reitin tuntemus) junankuljettajien tarve vähenee
- Korkeampi henkilöstötehokkuus (reitin tuntemus, tauot)
- Vähemmän huoltoa (kulumista)

#### Rautatieyrittäjät/ratapihat

- Henkilöstökustannusten aleneminen /henkilöstön tehokkuuden paraneminen
- Tuottavuuden parantuminen
- Turvallisuuden parantuminen

Teknologiseen kehitykseen sisältyy aina myös potentiaalisia riskejä. Rautatieliikenteen automaation lisääntymisessä on tunnistettu muun muassa seuraavia riskejä.

- On riskinä, että automaation lisääntyminen ja digitalisaatio raideliikenteessä vähentävät raideliikennejärjestelmän toimintavarmuutta esimerkiksi sähkönjakelun tai tietoliikenneyhteyksien häiriötilanteissa. Lisäksi rautatieliikenteen toimintavarmuus on vaarassa kyberpoikkeamien aikana, koska kyky siirtyä manuaalisempiin toimintatapoihin vähenee.
- Häiriötilanteista toipuminen voi automaation myötä pitkittyä, koska automaatiota hyödynnettäessä rataosuuksilla voi olla tiheämmin junia.
- Digitalisaatio ja automaatio raideliikenteessä voi lisätä kustannuksia kasvavina suunnittelu- ja ylläpitokuluina, koska digitaaliset ratkaisut tulee suunnitella kyberturvallisiksi ja ne vaativat ylläpitoa. Digitaalisten järjestelmien elinkaari on mahdollisesti lyhyempi, kuin infrastruktuurin ja liikkuvan kaluston fyysisten laitteiden.

## 4 EU-vaikuttamisen tavoitteet ja organisoituminen

Liikenteen automaation edistämistä koskevan periaatepäätöksen yhtenä toimenpiteenä rautatieliikenteen automaation osalta nostettiin esille kansainvälisen vaikuttamisen koordinoinnin lisääminen ja tehostaminen. Myös Digirata-hankkeen selvitysvaiheen loppuraporttiin kirjattiin yhtenä toimenpiteenä eurooppalaisen yhteistyön tiivistäminen ja aikaisempaa aktiivisempi kansainvälisiin työryhmiin osallistuminen sekä tehokas koordinointi.

Rautatieliikenteen kansainvälisen vaikuttamisen tavoitteita ovat:

- Lisätä sidosryhmien ja toimijoiden näkemysten koordinointia.
- Suomen näkemysten edistäminen Suomen kannalta tärkeissä asiakokonaisuuksissa, kuten kyberturvallisuuden huomioinen by design kaikessa rautatieliikenteen regulaatiossa sekä radioverkkoratkaisun teknologianeutraalisuus.
- EU-sääntelyyn vaikuttaminen niin, että mahdollistetaan Digiradan kehittämisen kannalta tärkeiden uusien teknologioiden käyttöönotto.

Rautatieliikenteen digitaalisuuden ja automaation edistymisen aikataulu on kiinteästi yhteydessä EU:n rautatieliikenteensäätelyn aikataulun kanssa. Siksi on tärkeää, että EU:hun luodaan toimintaympäristö, missä sääntely ei rajoita jäsenvaltioiden innovatiivisia ratkaisuja ja kehittämishankkeita. Tämän toteutumiseksi pitää tukea EU:ta siinä, että siirrytään tarkasta yksityiskohtaisesta sääntelystä mahdollistavaan sääntelyyn.

Suomi tukee EU:n tavoitetta yhtenäisen rautatieliikennealueen ja -markkinan muodostamisesta, mutta sen saavuttamiseksi on pyrittävä edistämään rautatieliikenteen kulunvalvonnan ja -ohjauksen teknologista kehitystä. Digitalisaation ja automaation sekä Digiradan kannalta isoimmat EU-sääntelyn uhat muodostuvat siitä, että tekninen



sääntely on liian hidasta ja että sääntelyn uudistamisessa ei tehdä isoa systeemistä "remonttia", vaan pyritään täydentämään jo olemassa olevaa sääntelykokonaisuutta.

Liikenne- ja viestintäministeriön näkökulmasta merkittävin yhteistyöorgaani on komission liikenteen pääosasto MOVE, joka valmistelee myös rautatieliikennesektorin strategiset tavoitteet ja jotka toimivat EU-lainsäädännön valmistelijoina ja aloitteiden tekijöinä. Viestintäverkko- ja taajuusasioissa myös komission pääosasto CONNECT on tärkeässä roolissa.

Suomen rautatieliikenteen digitalisaation ja automaation edistämisen kannalta on tärkeää tuoda mahdollisimman varhaisessa vaiheessa esille Suomen näkemyksiä siitä, miten EU:n rautatieliikennettä tulisi kehittää uudet teknologiset ratkaisut huomioon ottaen. Komissio valmistelee EU:n liikenne- ja viestintäpolitiikan strategisia tavoitteita ja lainsäädännön linjoja. Tämän vuoksi Suomen on pyrittävä etupainotteisesti viestimään rautatieliikenteen digitaalisuuden ja automaation kannalta tärkeiden asioiden merkitystä komissiolle koko EU:n rautatieliikenteen kilpailukyvyn, turvallisuuden ja yhteentoimivuuden kannalta.

## Kv. vaikuttamisen kohteet



## 5 Automaation sääntelykehitys

Keskeiset rautatieliikennettä koskevat direktiivit, eli rautatieturvallisuusedirektiivi, yhteentoimivuusedirektiivi ja rautatiemarkkinadirektiivi on pantu täytäntöön raideliikennelaissa ja laissa liikenteen palveluista. Valtioneuvoston asetuksella on säädetty rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta ja Liikenne- ja viestintäviraston määräyksellä rautatiejärjestelmän turvallisuudesta niiltä osin, kun niitä ei ole säädetty EU:n yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä.<sup>1</sup> Rautatieliikenteen direktiiveihin ei ole veturinkuljettajadirektiiviä lukuunottamatta odotettavissa lähivuosina muutoksia, vaan rautatieliikenteen sääntelyn kehittäminen EU:ssa tapahtuu ERA:n koordinoimien yhteentoimivuuden teknisten eritelmien ja muun muassa yhteisten turvallisuusmenetelmien avulla.

Rautatieliikenteen sääntelyssä kansallinen liikkumavara on hyvin rajallinen. EU:n tavoitteena yhtenäinen eurooppalainen rautatieliikennemarkkina ja tämän vuoksi kansalliset poikkeamat on minimoitu. EU:n komission ja viraston tahtotila rautatiemarkkinan yhtenäistämisen suhteen on kiristymässä. Unionitasolla annettavat yhteentoimivuuden tekniset eritelmät annetaan pääsääntöisesti komission täytäntöönpanoasetuksina Euroopan parlamentin ja neuvoston hyväksymien direktiivien nojalla komitologia-menettelyllä. Asetukset ovat suoraan sovellettavaa EU-oikeutta ilman, että niistä tarvitaan kansallista täytäntöönpanolainsäädäntöä.

Vuoden 2023 kevätpuoliskolla julkaistavien teknisten eritelmien päivityksessä määritellään osittain rautatieliikenteen automaation teknisiä ja algoritmeihin kohdistuvia vaatimuksia. EU:n rautatieliikenteen yhteentoimivuuden tekniset eritelmät mahdollistavat automaation ensimmäisten kahden tason testaamisen ja sitä seuraavan käyttöönoton.

<sup>1</sup> Luettelo rautatiemarkkina-, yhteentoimivuus- ja turvallisuusedirektiiveistä asiakirjan lopussa.

ERTMS/ETCSn huolehtiessa junan liikkumisen turvallisuudesta automaattinen junien operointi eli ATO ei ole itsessään turvallisuuskriittinen järjestelmä. Rakenne mahdollistaa myös paikallisten olosuhteiden huomioonottamisen.

Yhteentoimivuuden tekniset eritelmit määrittelevät myös rautatieliikenteen digitaalisen infrastruktuurin tekniset ratkaisut yksityiskohtaisesti. Suomen kannalta rautatieliikenteen tulevaisuuden viestintäverkkoratkaisun toteutustapa on merkittävä tekijä rautatieliikenteen automaation edistämisen aikataulun ja kustannusten kannalta. Suomi on pyrkinyt tuomaan laajasti niin EU:n rautatieliikenteen toimijaverkossa ja kansainvälisessä rautatieliikenteen kattojärjestö UIC:ssä kaupallisten radioverkkojen käytön mahdollisuuden sallimista rautatieliikenteelle rakennettavien dedikoitujen verkkojen sijaan. Kaupallisten verkkojen käytön salliminen toisi Suomelle, mutta myös koko EU:lle, huomattavan ajallisen ja taloudellisen hyödyn erityisesti siirtymävaiheessa nykyisestä 2G-pohjaisesta viestintäverkosta 5G-teknologiaa hyödyntävää järjestelmään.

## 5.1 Rautatiemarkkina-, yhteentoimivuus- ja turvallisuus- ja veturinkuljettajadirektiivi

Raideliikennettä koskevista direktiiveistä vain veturinkuljettajadirektiiviin on odotettavissa lähivuosina muutoksia. Rautatieliikenteen sääntelyn kehittäminen EU:ssa tapahtuu pääosin ERA:n koordinoimien yhteentoimivuuden teknisten eritelmien ja muun muassa yhteisten turvallisuusmenetelmien avulla.

### 5.1.1 Rautatiemarkkinadirektiivi (SERA)

Direktiivissä säädetään mm:

- vahvistettuun rautateiden infrastruktuurin hallintoon ja jäsenvaltioihin sijoittautuneiden tai sijoittautuvien rautatieyritysten rautatiekuljetustoimintaan sovellettavista säännöistä;
- vahvistetuista rautatieinfrastruktuurin käyttömaksujen määrittämiseen ja perimiseen sekä rautateiden ratakapasiteetin käyttöoikeuden myöntämiseen sovellettavista periaatteista ja menettelytavoista.
- direktiiviä sovelletaan rautatieinfrastruktuurin käyttöön kotimaisessa ja kansainvälisessä rautatieliikenteessä.

Direktiivissä määritetään rataverkonhaltijan infrastruktuurista mm. digitalisoinnin ja automatisoinnin mahdollistamiseksi liitteessä I ”*Luettelo rautatieinfrastruktuurin osista*”, joita ovat esimerkiksi turva-, opastin- ja televiestintälaitteet radalla, asemilla ja järjestelyratapihoilla, opastimiin ja televiestintään tarvittavan sähkövirran tuotto-, muunto- ja siirtoasemat tai –laitteet, tällaisia laitteita tai asemia varten olevat rakennukset sekä raidejarrut. Lisäksi liitteessä II määritetään rataverkonhaltijan ”Rautatieyrityksille tarjottavat palvelut”, joita ovat esimerkiksi junaliikenteen ohjaus sekä televiestintäverkkojen käyttömahdollisuus. Rautatieliikenteen tulevaisuuden kommunikaatiojärjestelmä (FRMCS) ja sen vaikutus direktiivin sisältöön voi tulla arvioitavaksi lähitulevaisuudessa.

### 5.1.2 Yhteentoimivuusdirektiivi

Direktiivissä vahvistetaan edellytykset, jotka on täytettävä unionin rautatiejärjestelmän yhteentoimivuuden toteuttamiseksi yhteensopivasti rautatieturvallisuusedirektiivin (EU) 2016/798 kanssa. Tarkoituksena on määritellä teknisen yhdenmukaistamisen optimaalinen taso sekä tarjota mahdollisuus helpottaa, parantaa ja kehittää rautatieliikennepalveluja sekä unionissa että unionin ja kolmansien maiden välillä. Lisäksi tarkoituksena on edistää yhtenäisen eurooppalaisen rautatiealueen ja sisämarkkinoiden asteittaista toteutumista.

Direktiivin soveltamisalat käsittävät liikenteen hallinta-, paikantamis- ja navigointijärjestelmät, sekä rataverkolla tapahtuvaan pitkän matkan henkilöliikenteeseen ja tavaraliikenteeseen tarkoitetut tekniset tietojenkäsittely- ja televiestintälaitteet, jotta taataan verkon varma ja häiriötön käyttö ja tehokas liikenteen hoito. Direktiivissä määritellään myös kalustoyksiköt. Direktiivin mukaan unionin kalustoyksiköjä ovat kaikki kalustoyksiköt, jotka todennäköisesti kulkevat unionin verkolla tai jossain sen osassa.

Rautateiden digitalisaation ja automaation kannalta keskeisiä direktiivissä ovat:

- Veturi- ja ratalaitteiden ohjaus, hallinta ja merkinanto.
- Kaikki veturi, sekä ratalaitteet, joita tarvitaan varmistamaan verkolla luvallisesti liikkuvien junien turvallisuus, ohjaus ja valvonta.
- Menettelyt ja niihin liittyvät laitteet, joiden avulla voidaan varmistaa eri rakenteellisten osajärjestelmien yhdenmukainen käyttö sekä niiden tavanomaisen toiminnan, että vajaatoiminnan aikana, mukaan lukien erityisesti junan kokoonpano ja junien ajaminen sekä liikenteen suunnittelu ja hallinta.
- Minkä tahansa rautatieliikennepalvelun suorittamisen edellyttämä ammatillinen kelpoisuus.

### 5.1.3 Rautatieturvallisuudirektiivi

Direktiiviä sovelletaan jäsenvaltioiden rautatiejärjestelmään, joka voidaan jakaa osajärjestelmiin rakenteellisin ja toiminnallisin perustein. Direktiivi kattaa koko järjestelmää koskevat turvallisuusvaatimukset, mukaan luettuina infrastruktuurin ja liikennöinnin turvallinen hallinnointi sekä rautatieyritysten, rataverkon haltijoiden ja unionin rautatiejärjestelmän muiden toimijoiden välinen vuorovaikutus.

Direktiivissä on mm. määritelmät eri toimijoille ja vastuut/velvollisuudet rautateiden turvallisuusnäkökulmasta. Direktiivissä säädetään keskeisille toimijoille, rataverkonhaltijalle ja rautatieyritykselle, vastuut ja velvollisuudet kuvaavasta turvallisuusjohtamisjärjestelmästä. Digitalisaation ja automaation lisääminen tuo turvallisuuden varmistamiseen rautatieliikennekokonaisuudessa uusia turvallisuuteen liittyviä elementtejä, kuten viestintäverkon toimintavarmuuteen sekä kyberturvallisuuteen liittyviä kokonaisuuksia.

### 5.1.4 Veturinkuljettajadirektiivi

Direktiiviin on tulossa muutoksia arviolta 2023-2024. Direktiivissä vahvistetaan ehdot ja menettelyt vetureita ja junia yhteisön rautatieverkossa ajavien veturinkuljettajien hyväksymiselle. Siinä vahvistetaan myös jäsenvaltioiden toimivaltaisille viranomaisille, veturinkuljettajille ja muille alan toimijoille, erityisesti rautatieyrityksille, rataverkon haltijoille ja koulutuskeskuksille, kuuluvat tehtävät.

Direktiiviä sovelletaan veturinkuljettajiin, jotka ajavat vetureita ja junia rautateillä yhteisössä sellaisen rautatieyrityksen lukuun, joka tarvitsee turvallisuustodistuksen, tai rataverkon haltijan lukuun, joka tarvitsee turvallisuusluvan. Varsinkin automaation lisääntyessä veturinkuljettajan vaatimuksiin on odotettavissa muutoksia.

## 5.2 Yleinen tekoälyasetus ja rautatieliikenne

EU on kehittämässä tekoälyä koskevaa sääntelyä. Tavoitteena on muodostaa EU:sta johtava alue luotettavan tekoälyn edistämiseksi. Asetusehdotuksen tavoitteena on, että EU:sta muodostuu tekoälyn kehittämiseksi ja soveltamiseksi suotuisa ympäristö, joka edistää investointeja ja vahvistaa yritysten kansainvälistä kilpailukykyä. Rautatieliikenne ei kuulu suoraan asetuksen soveltamisalaan.

Yleisen digitalisaatiokehityksen myötä myös rautatieliikenne automatisoituu ja ottaa käyttöön dataa hyödyntäviä järjestelmiä mm. ennakoivassa kunnossapidossa, IoT-järjestelmissä, liikenteen ohjauksessa, junanliikenteen optimoinnissa jne. Tämän kehityksen myötä myös algoritmipohjaiset tekoälyä ja koneoppimista hyödyntävät järjestelmät yleistyvät.

EU:n yhteispäätösmenettelyssä olevassa tekoälyasetuksen liitteessä II on mainittu rautatieliikenteen yhteentoimivuudirektiivi. Tämä tarkoittaa, että tekoälyjärjestelmille asetettavat vaatimukset tulisi huomioida, kun vanhaa lainsäädäntökehystä koskevia delegoituja tai täytäntöönpanosäädöksiä annetaan. Rautatieliikenteessä tämä vaatimus kohdistuu ERA:n valmistelemiin ja komission hyväksymiin rautatieliikenteen yhteentoimivuuden teknisiin eritelmiin (YTE), jotka uusitaan seuraavan kerran 2023 alkuvuodesta. Tämän jälkeen YTE-kokonaisuus uudistetaan tämän hetkisen arvion mukaan 2026.

Tekoälyasetuksessa markkinoille ja/tai viranomaiskäyttöön asettamisen edellytyksenä on mm. etukäteen määritellä riskien arvioimisen keinot riskien lieventämistä varten sekä laatia järjestelmän käyttämän data-aineiston laatukriteerit sekä järjestelmän vakautta, tietoturvaa ja tarkkuutta koskevat kriteerit. Asetus sisältää myös markkinoille saattamisen jälkeisiä velvoitteita tekoälyä hyödyntäville eri toimijoille. Esimerkiksi tekoälyn tarjoajien tulee toteuttaa asianmukaiset seurantatoimenpiteet, käyttäjien tulee varmistaa ihmisten valvontaa koskevien keinojen toteutuminen ja tarjoajien sekä käyttäjien tulee ilmoittaa mahdollisista ongelmatilanteista. Rautatieliikennekokonaisuuden osalta on tehtävä arviointi siitä, miten Suomi varautuu vaikuttamaan EU komission ja ERA:n tulevaan rautatieliikenteen regulaatioon, niiltä osin kuin niillä säädellään tekoälyjärjestelmien käytöstä.

## 6 Kyberturvallisuus rautatieliikenteessä

EU:n rautatievirastolla ei ole toimivaltaa säännellä rautateiden kyberturvallisuutta muutoin kuin tiukasti yhteentoimivuuden vaatimissa tapauksissa. Raideliikenne on yhteiskunnan kriittistä infrastruktuuria ja EU:n verkko- ja tietoturvadirektiivi (NIS2-direktiivi) tulee asettamaan entistä tarkkarajaisemmat riskienhallintavaatimukset rautatiejärjestelmälle. Osana riskienhallintavaatimuksia automatisoiduilta rautatiejärjestelmiltä vaaditaan täsmällisemmin yksilöityjen riskien hallintakeinojen hyödyntämistä, jotta voidaan hallita palveluiden saatavuuteen, eheyteen ja salassapidettävyyteen kohdistuvia uhkia.

CRA-asetuksella (Cyber Resilience Act) EU pyrkii vähentämään digitaalisiin laitteisiin ja palveluihin kohdistuvia tietoturvariskejä. Rautatiejärjestelmä ja sen käyttäjät ovat nimetty NIS2-direktiivin mukaisesti yhteiskunnan keskeisten

palveluiden tarjoajiksi. Näiden palveluiden kriittisissä osissa käytettävien digitaalisten laitteiden tulee mahdollisesti tulevaisuudessa täyttää CRA-asetuksen vaatimukset.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on julkaissut kesäkuussa 2020 suosituksen kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä. Suositusta, jolla edistetään raideliikenteen kyberturvallisuuden kokonaisvaltaista kehittämistä ja toiminnan jatkuvuuden varmistamista, päivitetään parhaillaan. Suosituksen tavoitteina on mm.:

- Lisätä raideliikennealan toimijoiden tietoisuutta kyberturvallisuudesta.
- Lisätä raideliikenteen toimijoiden kyberturvallisuusriskien ja kyberturvallisuushyökkäysten ymmärrystä.
- Parantaa raideliikenteen toimijoiden varautumista ja vastuullista suojautumista omaan toimintaansa kohdistuvia kyberuhkia vastaan riskienhallinnan avulla.
- Lisätä raideliikenteen toimijoiden yhteistyötä, jotta raideliikenteen ja sen järjestelmien kokonaissuojauksen tasoa saadaan nostettua.

Raideliikenteen tehokkuuden parantaminen nojaa vahvasti digitalisaatioon ja tulevaisuuden digitalisaatiotavoitteiden mahdollistamien hyötyjen saavuttaminen edellyttää vahvaa kyberturvallisuuden perustasoa. Raideliikenteen kyberturvallisuusympäristölle on tunnusomaista operatiivisten järjestelmien avulla tapahtuva laitteiden ohjaus. Ympäristöön kuuluvat myös datan ja informaation käsittelyyn liittyvät fyysiset rakenteet.

Traficomien raideliikenteen palvelukokonaisuus pitää yllä tilannekuvaa julkisuuteen raportoiduista raideliikenteen kyberhäiriöistä. Toteutuneilla kyberturvallisuushäiriöillä voi olla merkittäviä negatiivisia vaikutuksia raideliikenteeseen. Todennäköistä on, että kyberturvallisuushäiriöt johtavat palveluiden saatavuuden heikentymiseen, lisätyöhön ja mainehaittoihin, mutta ne voivat johtaa myös vaaratilanteisiin ja jopa onnettomuuksiin.

Koska rautatiejärjestelmä on kasvavassa määrin yksi yhteinen järjestelmä, toteutunut kyberturvallisuushäiriö voi johtaa jopa koko järjestelmän ja valtion rataverkon kattaviin häiriöihin. Kyberturvallisuutta pitää edistää järjestelmälähtöisesti ja yhdessä – vain näin voidaan estää tilanne, jossa koko järjestelmä kärsii sen yhden osa-alueen haavoittuvuudesta.

## 6.1 EU:n kyberturvallisuuteen liittyviä toimenpiteitä

Kyberturvallisuuden merkityksen korostuminen raideliikenteen EU-sääntelyssä tulee lähivuosina vaikuttamaan rautatiejärjestelmää koskevien turvallisuuskysymysten käsittelyyn. Euroopan rautatievirasto on jo käynnistänyt toimia, joita tarvitaan kyberturvallisuuden sääntelemiseksi rautatiesektorilla. Työ kohdistuu ensimmäiseksi Euroopan rautatieliikenteen ohjausjärjestelmän ERTMS (European Rail Traffic Management System) kehittämiseen.

Euroopan Rautatieviraston on tarkoitus sisällyttää kyberturvallisuus jatkossa kattavammin eurooppalaisen raideliikennesääntelyn kehykseen ja huomioida työssä mm. CENELEC (The European Committee for Electrotechnical Standardization) WG 26:n työstämä standardi TS 50701. CENELEC on julkaissut rautateiden kyberturvallisuuden teknisen eritelmän TS 50701 vuonna 2022 ja IEC (International Electrotechnical Commission) kehittää teknisen eritelmän pohjalta kansainvälistä standardia erillisessä projektiryhmässä. IEC:n on tarkoitus julkaista rautatiejärjestelmän kyberturvallisuusstandardi 31.7.2025.

Raideliikenteen kyberturvallisuuden sääntelyä, standardointia ja ohjeistusta kehitetään siis useilla eri tahoilla. Tulevasta EU-sääntelystä keskeisin on ns. NIS2-direktiivi uudistus, joka voimaan tullessa tarkentaisi yhteiskunnan kriittisten palveluiden kyberturvallisuuden riskien hallinnan vaatimuksia. NIS2-direktiivi uudistuksen odotetaan koskevan myös raideliikennesektoria.

## 6.2 Kansallisia kyberturvallisuuteen liittyviä toimenpiteitä

Raideliikennelain 169 §:ssä on säännöksiä velvollisuudesta huolehtia viestintäverkkoihin ja tietojärjestelmiin kohdistuvien riskien hallinnasta ja tietoturvallisuuteen liittyvästä häiriöstä ilmoittamisesta. Säännös kohdistuu toistaiseksi vain valtion rataverkon haltijaan sekä liikenteenohjauspalvelun tarjoajaan.

Laki sähköisen viestinnän palveluista velvoittaa tiettyjen edellytysten täytyessä raideliikennejärjestelmän keskeisimpien toimijoiden, kuten valtion rataverkon haltijan ja liikenteenohjauspalveluiden tarjoajan, yleiseen viestintäverkkoon liitetyn erillisverkon osalta tunnistamaan ja dokumentoimaan verkon kriittiset osat ja niissä käytetyt verkkolaitteet sekä arvioimaan, miten varmistutaan siitä, että verkkolaitteiden käytöstä ei aiheudu uhkaa kansalliselle turvallisuudelle tai maanpuolustukselle.

Raideliikennelaki sisältää myös yleisemmän veloitteen ilmoittaa tilannekuvan muodostamiseksi tarvittavista tiedoista. Lain 172 § kohdistuu sekä rautatieliikenteen harjoittajiin, rataverkon haltijoihin, liikenteenohjauspalvelua tarjoavaan yhtiöön sekä kaupunkiraideliikenteen rataverkon liikenteenohjauksesta vastaavaan toimijaan, joiden on ilmoitettava Traficomille viipymättä sellaisista niiden tietoon tulleista tapahtumista, jotka voivat vaikuttaa tilannekuvan muodostamiseen. Traficom on ohjeistanut pykälän mukaista toimintaa vuonna 2022 ohjeella raideliikenteen häiriöiden ilmoittamisesta. Pykälän voidaan katsoa sisältävän myös kyberturvallisuushkista ja -häiriöistä ilmoittamisvelvollisuuden. Raideliikennelain lisäksi

kyberturvallisuus huomioidaan Traficom määräyksessä valmiussuunnitelman järjestämisestä (TRAFICOM/308489/03.04.04.00/2019).

### 6.3 Kyberturvallisuus informaatio- ja operatiivisissa järjestelmissä

Raideliikenteen kybertoimintaympäristö koostuu sekä rautatiejärjestelmän että kaupunkiraideliikennejärjestelmän osalta kahdesta erillisestä kokonaisuudesta: informaatiojärjestelmistä ja operatiivisista järjestelmistä. Informaatiojärjestelmiä ja operatiivisia järjestelmiä liitetään yhä enenevässä määrin toisiinsa ja tämä aiheuttaa uusia vaatimuksia kyberriskien hallintaan. Perinteisesti kyberturvallisuus on otettu kattavammin huomioon informaatiojärjestelmissä ja kyberturvallisuuskysymyksiin on herätty operatiivisissa järjestelmissä vasta viime vuosina.

Raideliikenteelle ominaista on käytettävien järjestelmien pitkä ikä ja osin myös järjestelmien ikääntyminen. Osia järjestelmistä on käytetty vuosikymmeniä ja osia paranneltu matkan varrella, mikä tekee järjestelmistä kyberturvallisuuden kannalta sekä haastavia että haavoittuvia. Kyberturvallisuuden huomiointin hidastuu lisääntyminen operatiivisella puolella ja maantieteellinen hajaantuneisuus lisäävät raideliikenteen alttiutta kyberuhkille.

Kyberriskien hallinnassa keskeistä on kehittää informaatiojärjestelmien ja operatiivisten järjestelmien toimijoiden yhteistyötä. Lisäksi tärkeää on kiinnittää huomioita järjestelmien suojaamiseen, järjestelmiin kuuluvan tiedon ja datan suojaamiseen sekä järjestelmien sisäisen ja niiden välisen tietoliikenteen turvallisuudesta huolehtimiseen.

Toimintaympäristö	Ominaispiirteet	Esimerkit
<b>Operatiiviset järjestelmät</b> (OT, <i>operational technology</i> )	Operatiiviset järjestelmät, joilla hallitaan liikenneverkkoinfrastruktuuria ja liikkuvaa kalustoa, kuten liikennöintiä, merkinantoa, voimanlähteitä, viestintää ja asemien hallintaa.	ERTMS, JKV, kauko-ohjaus, asetinlaitteet, sähkörata ja sen ohjausjärjestelmät, operatiivisten järjestelmien virransyöttö, kuumakäynti- ja lovipyöräilmaisinjärjestelmät
<b>Informaatiojärjestelmät</b> (IT, <i>information technology</i> )	Liiketoimintaa tukevat IT-järjestelmät sekä IT-järjestelmät, jotka tukevat operatiivisia järjestelmiä ja tarjoavat liittymän operatiivisiin järjestelmiin.	Matkustajainformaatio, kuljettajan päätelaitesovellukset, kuljetusten seurantajärjestelmät, liikenteenohjauksen hallintajärjestelmät, yleisesti käytössä olevat tiedonsiirtotavat (esim. WLAN-verkko) sekä tieto- ja viestintäjärjestelmät

### 6.4 Kyberturvallisuus by Design

Kyberturvallisuusriskien hallinnan tekee haastavaksi se, että raideliikenteen toimintojen ja järjestelmien kehittyessä ja digitalisoituessa kyberturvallisuusriskien määrä kasvaa ja riskit monipuolistuvat. Digitaalisen maailman täydellinen turvaaminen sen sijaan on mahdotonta, minkä takia myös esimerkiksi organisaation kypsytyksen havaita kyberturvallisuusuhkia tulee kiinnittää huomiota.

Kyberuhkien tunnistamiseen ja torjumiseen tulee kiinnittää huomiota sekä olemassa olevia järjestelmiä päivitettäessä, että uusissa hankkeissa aina suunnitteluvaiheesta alkaen. Tilaaja- ja toimijaorganisaatioilla on suuri vastuu kyberturvallisuuden toteuttamisessa ja erityisesti ennen muutettujen tai uusien järjestelmien käyttöönottoa on tärkeää todeta, että järjestelmät ovat myös kyberturvallisia ja niiden käyttäjillä on olemassa menettelyt kyberturvallisuudesta huolehtimiseen järjestelmien koko elinkaaren ajan.

Koska raideliikenteessä monet hankintasopimukset ovat pitkiä ja niistä monet on laadittu aikana, jolloin kyberturvallisuuskysymykset eivät olleet keskiössä, kyberturvallisuusvaatimukset on tärkeää huomioida myös vanhoja sopimuksia päivitettäessä tai uusittaessa. Digiradan kehitys- ja verifointivaiheessa kyberturvallisuus on otettu huomioon jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa nk. Security by Design -periaatetta noudattaen. Digiradan IT-järjestelmien kyberturvallisuudessa on käytetty mm. edellä mainittua EU-standardia.

## 7 Rautatieliikenteen digitaalinen kaksonen

Rautateiden digitaalinen kaksonen eli *digital twin* tarkoittaa infrastruktuurista, liikkuvasta kalustosta, liikennöinnistä luotua virtuaalista simulointimallia, joka pystyy kuvaamaan käyttöä, ympäristöä, prosesseja todenmukaisesti ja reaaliaikaisesti. Suomessa on rautateillä hyvä lähtötilanne digitaalisen kaksosen osalta verrattuna muihin EU:n jäsenvaltioihin. Suomessa on jo pitkään ollut tavoitteena julkisen tiedon avoimuus ja tämä luo hyvän pohjan myös rautatieliikenteen digitaalisen kaksosen rakentamiseen.

Digitaalisella kaksosella pystytään tuomaan monenlaisia hyötyjä eri rautatieliikenteen toimijoille. Hyötyjä saadaan mm. kunnossapidon ennakkointiin, liikennesuunnitteluun, ennakoivaan liikenteenohjaukseen, kaluston taloudellisempaan ajamiseen, kaluston ja infrastruktuurin etämonitorointiin sekä asiakkaiden parempaan ja ennakoivampaan informointiin. Digitaalisen kaksosen toteutuksen kannalta haasteena on löytää ratkaisu siihen, miten jaetaan toteutuksesta koituvat kustannukset.

Käytännön esimerkkeinä digitaalisen kaksosen osista on nostettu esille mm. VR:n automaattisen junaliikenteen operoinnin esiaste eli kuljettajaa avustava DAS (Driver Assistant System). Tämän järjestelmän täysimittaisessa hyödyntämisessä käytettävät ratatiedot eivät ole vielä laadullisesti ja tarkkuudeltaan riittäviä. Tietojen kehittämisessä tarvitaan sekä käyttäjän että tuottajan yhteistyötä.

Yhtenä merkittävänä kehityskohteenä on noussut esille se, että yksityiset rataverkonhaltijat eivät ole mukana digitalisoinnissa. Tämä on varsinkin multimodaalisuutta ja erityisesti satama-alueilla digitalisuutta hidastava tekijä. Sekä Väyläviraston että Fintrafficin esittämien näkökulmien mukaan on lähdetty hyvin liikkeelle rautatieliikenteen tietokokonaisuuden kartoittamisessa. Tässä työssä Digiradalla on tärkeä rooli, erityisesti liikenteenohjaukseen liittyvien kokonaisuuksien kartoittamisessa.

## 7.1 Digitaalisen kaksosen kehitystyö

Väyläviraston, VR Group:n, Fintrafficin ja VR Fleetcaren omat omaisuuden hallintaan liittyvät tarpeet ovat sisällöltään ensisijaisia digitaalisen kaksosen suunnittelussa ja toteutuksessa. Kun tietty taso on saavutettu, on mahdollista laajentaa ”kaksosen” käyttöä oman organisaation ulkopuolelle. Toimijoilla on omia ja erikoistuneita tarpeita datan hyödyntämiseen ja tämän vuoksi eri data-lähteet ovat tärkeitä eri toimijoille.

Tulevaisuuden kehitystyössä digitaalisen kaksosen nähdään olevan avuksi monissa eri toiminnoissa. Yhteistyön merkitys korostuu, jos ja kun kaikilla osapuolilla on tavoitteena saavuttaa mahdollisimman monipuolinen digitaalinen kaksosen, joka sisältää myös muita liikennemuotoja- ja ympäristöä.

Rautatieliikenteen runkotoimijat ovat tuoneet esiin laajemman digitaalisen kaksosen olevan huomattava etu mm. rataverkon suunnittelutyössä. Digitaalisen kaksosen datakokonaisuus tulisi pystyä nostamaan sellaisella tasolle, että suunnittelutyössä pystyttäisiin käyttämään laajasti eri viranomaisten data-lähteitä.

Rautatieliikenteen digitaalista kaksosta edistetään EU:n tutkimus- ja kehityshankkeissa erityisesti ”Europe’s Rail’n Digital Enabler” -tutkimuskokonaisuudessa. Tavoitteena tarjota Digital Twins Design –työkalupakki mm. suunnittelua, validointia, todentamista ja testausta varten. Tavoitteena on tietotila, johon kaikki järjestelmän digitaaliset elementit voivat peilata yhdessä johdonmukaisella ja yhteentoimivalla tavalla. Haasteena on, että Europe Rail’iin on suomalaisten toimijoiden ollut vaikea päästä mukaan muun muassa sen hallinnollisen ja rahoitusrakenteen vuoksi.

Digitaalisen kaksosen muodostamisen ei tulisi rajoittua vain kerrallaan yhden liikennemuodon ympärille, vaan tulisi huomioida jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa kaikki liikennemuodot. Tämä on mm. Väyläviraston kehittämistyössä lähtökohtana. Tarkoituksena on, että otetaan huomioon ohjelmistojen käyttö suunnitteluun, simulointiin, testaukseen, todentamiseen ja hyväksyntään.

## 7.2 Yhteenveto ja toimenpiteitä rautatieliikenteen digitaalisen kaksosen edistämiseksi

- Digitaalinen kaksosen ei ole pelkästään 3D-mallinnettu kuvaus rataverkosta ja siihen liittyvästä kiinteästä infrastruktuurista. 3D on digitaalisen kaksosen eräänlainen käyttöliittymä.
- Mahdollisimman laaja ja useita eri data-lähteitä yhdistävä digitaalinen kaksosen on automaation edellytys rautatieliikenteessä. Mitä laajempi digitaalinen kuvaus on, sitä syvemmän automaation se mahdollistaa.
- Digitaalisen kaksosen toteuttamisen kannalta laaja merkittävien toimijoiden joukko lisää todennäköisyyttä saada kokonaisuudesta mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman suurelle joukolle.
- Tarvitaan mahdollisimman aikainen keskustelu ja koordinointi eri data-lähteiden muodosta, standardeista ja rajapintaratkaisuiden välttämättömyydestä.
- Digitaalisen kaksosen muodostamisen ei tulisi rajoittua vain kerrallaan yhden liikennemuodon ympärille, vaan tulisi huomioida jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa kaikki liikennemuodot.
- Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheen yhtenä päämääränä on luoda mahdollisimman kattava digitaalinen kaksosen liikenteenohjauksesta laboratorioympäristöön. Tämä on välttämätöntä automaatiotason 1 ja 2 testaukselle ja pilotoinnille.

## 8 Europe´s Rail – EU:n rautatieliikenteen tutkimus- ja kehityshanke

Euroopan rautatieyhteisyrittäjä (Europe´s Rail/ERJU) on neuvoston asetuksella (EU) 2021/2085 perustettu eurooppalainen rautatiealan tutkimus- ja innovaatiokumppanuus, joka on perustettu Horisontti Eurooppa -ohjelman (2020–2027) ja rautatiealan yhteisyrittäjien puitteissa. ERJU on Shift2Rail-yhteisyrittäjien seuraaja.

ERJU on perustettu vastaamaan rautatiealan tarpeisiin ja rautatiejärjestelmän muutokseen liittyviin haasteisiin. Erityisesti ERTMS:n osalta ERJU:n tarkoituksena on määrittellä järjestelmän seuraavat kehitysvaiheet sovittamalla yhteen alan tarpeet sekä uudet teknologiat ja innovaatiot.

ERTMS:n osalta ERJU:n päätavoite on eurooppalaisen rautatieliikenteen hallintajärjestelmän yhtenäistäminen ja yhtenäisen rautatieliikenteen sisämarkkinan muodostaminen. Tavoitteena on luoda moderni, harmoninen, kestävä, luotettava ja yhteentoimiva eurooppalainen rautatieliikenteen ohjausjärjestelmä nykyisen ERTMS-järjestelmän perustalle. ERTMS-järjestelmän kehittäminen on välttämätöntä, jotta rautatie vastaa paremmin asiakkaiden tarpeisiin, parantaa turvallisuutta ja digitaalisuutta, parantaa toiminnan tehokkuutta ja suorituskykyä, vähentää kustannuksia ja parantaa Euroopan rautatiekapasiteetin tarjontaa.

### 8.1 ERJU:n organisaatio ja Suomen tavoitteet

ERJU:n hallintorakenne koostuu erilaisista ryhmistä. ERJU:n toimintaa on ohjaamassa mm. valtioiden edustajien ryhmä, tieteellinen komitea, käyttöönottolautakunta, ohjelmalautakunta ja kaksi pilaria, eli järjestelmäpilari ja innovaatiopilari.

EU-Rail –innovaatiopilarin tavoitteena on kehittää uusia digitaalisia ratkaisuja ja ERTMS:n seuraavia innovaatioita. Yksi näistä on ATO Grade of Automation (GoA) 4, joka mahdollistaa autonomisen eli valvomattoman junaliikenteen.

Yleisenä päätavoitteena järjestelmäpilarissa on virtaviivaistaa ERTMS:n toimintaperiaatteita ja teknisiä eritelmiä sekä viimekädessä parantaa yhteentoimivuutta ja yleistä suorituskykyä. Järjestelmäpilarin tavoitteena on kehittää yhtenäinen toimintamalli ja toimiva järjestelmäarkkitehtuuri eurooppalaista rautatieliikenteen hallintaa varten. Tähän tavoitteeseen on sisäänkirjoitettuna automatisoitu junaliikenne ERTMS:n kautta. Tätä varten tarvitaan mm.:

- Toiminnallisten lohkojen ja rajapintojen määrittely
- ERA:n antamien delegoitujen asetusten kehittäminen niin, että standardit mahdollistaisivat korkeammat digitalisaation ja automaation tasot
- Rajapinnat muihin liikennemuotoihin ja järjestelmiin erityisesti tavara- ja matkustajaliikenteessä
- edistää innovaatio- ja järjestelmäpilarin yhteistyötä niin, että tutkimus ja innovoinnit olisivat paremmin synkronisoitu teollisuuden ja käyttöönoton kanssa.

Järjestelmäpilarin pitäisi nopeuttaa merkittävästi säännösten ja standardien kehitystä samalla varmistaen toimialan vakauden ja yhteensopivuuden.

Suomalaiset rautatieliikennealan yhtiöt ja toimijat eivät ole ERJU:n perustamisjäseniä. Europe´s Rail on järjestänyt yhden haun keväällä 2022 ja toisen haun vuoden 2022 lopulla. Suomalaiset yritykset ovat kartoittaneet mahdollisuuksia osallistua partnerina hakuihin, mutta ensimmäisessä haussa suomalaiset toimijat eivät menestyneet. Suomella on edustus Europe´s Rail'n kansallisten edustajien ryhmässä SRG:ssä (States Representatives Group), jossa Suomea edustaa liikenne- ja viestintäministeriö (Tieto- ja turvallisuusosasto) ja Väylävirasto/Digirata.

## 9 Eurooppalainen digitaalinen automaattikytkin (European Digital Automatic Coupler DAC)

EU valmistelee digitaalisten automaattikytkimien käyttöönottoa (DAC) tavaravaunuissa ja vetureissa koko EU:n laajuisesti. Tavoitteina ovat vaihtotyön tehostaminen kytkemisen ja irrottamisen automatisoinnilla sekä veturivetoisten tavarajunien ja henkilöjunien digitalisoinnin mahdollistaminen vaunujen sähkö- ja tiedonsiirtoyhteyksillä. Lisäksi tiedonsiirtoyhteydet mahdollistavat yhden ratkaisuvaihtoehdon junien eheyden valvontaan tason 3- tai hybridi-ETCS -järjestelmissä.

DAC:ssa on kyse innovatiivisesta komponentista, joka sekä kytkee tavarajunien liikkuvan kaluston yhteen, että irrottaa kytkennät toisistaan fyysisesti (mekaaniset liitännät ja paineilmajarrujen jarrujohdot) ja digitaalisesti (sähkövirta ja tietoliikenneyhteydet). Päämääränä on yhtenäisen eurooppalaisen standardin käyttöönotto, jossa määritellään teknologianeutraali ratkaisu. Standardointi lähti liikkeelle vuonna 2021 ja käsittää myös liitännän tekniset ratkaisut: ilmaputki, voimansiirto, dataliittymä.

Standardin lisäksi DAC:in käyttöönotto kirjattaisiin myös komission täytäntöönpanosäädöksiin eli yhteentoimivuuden teknisiin eritelmiin (YTE) Käyttöönotto tulisi koskemaan myös vanhaa kalustoa ns. retrofittaus. 1520 mm verkolla (venäläiset tavaravaunut) liikennöitävä kalusto on jätetty soveltamisalan ulkopuolelle. Vaatimuksia DAC:lle tulisi vasta 2025 YTE:n päivityksessä.

## 9.1 ERTMS/ETCS ja DAC

DAC:in päätarkoitus on ratkaista Euroopassa junien muodostamisen automatisointia ja samalla standardisoida käytettyjä vetolaitteita. Lisäominaisuutena sillä voitaisiin ratkaista myös radan vapaana olon valvonta huolehtimalla kaikkien ko. rataosalla olevien junien eheyden valvonta mukaan lukien junan viimeisen vaunun sijainti. DAC mahdollistaa junan eheyden valvontaan vaadittavan teknologian virransyötön ja datayhteyden.

Eheys voidaan toteuttaa myös muilla keinoin. Tällä hetkellä muihin teknologioihin perustuvia eheydenvalvontalaitteistoja on vain testausvaiheessa. Suurin haaste on rautatieliikenteen nk. SIL 4 –tasojen (SIL-Safety Integrity Level, turvallisuuden vaatimustaso) luotettavuuden saavuttaminen ja osoittaminen. Muita keinoja tavarajunien eheydenvalvonnalle on varustaa viimeinen vaunu erillisellä laitteella lähtötarkastuksen yhteydessä. Tällöin ko. laitteen ja veturin paikoituslaitteiden etäisyyden valvonnalla voidaan todeta junan pituus.

## 9.2 Vaikutukset kalustonomistajalle

Suomen tavoite on saada DAC:n käytöstä vapaaehtoisista. Syynä tähän on se, että DAC:in teknisestä toimivuudesta ei ole riittävästi tietoa ja että käyttöönoton hyödyt liikennöinnille ja liiketoimintaan ovat hyvin pienet. Kustannusvaikutus on kokoluokaltaan niin suuri, että se vaarantaa tavaraliikenteen kilpailukyvyyn. Lisäksi tulee varmistaa yhteentoimivuus 1520-verkon tavaravaunujen kanssa.

Suomen näkemyksistä on informoitu eurooppalaista yhteistyöjärjestö CER:iä (Community Of European Railway and Infrastructure Companies). Sertifiointityötä valmistellaan CER:in työryhmässä. Liikenne- ja viestintävirasto osallistuu Euroopan rautatieviraston (ERA) työryhmään, jossa kehitetään DAC-eritelmiä. ERAlle on informoitu Suomen näkemyksistä.

Euroopan rautatieliikenteen tutkimus- ja kehittämishankkeessa Europe's Rail`ssa (ERJU, entinen Shift2Rail) yhtenä painopisteenä on DAC:n kehittäminen ja testaaminen. Ruotsin Trafikverket osallistuu isolla panoksella DACin testaamiseen pohjoisissa olosuhteissa. ERJU:n DAC-projektissa on tehnyt myös järjestelmän taloudellisia kannattavuuslaskelmia ja kartoitettu rahoituslähteitä. Viimeisten selvitysten pohjalta (10/2022) DAC:iin investointi ei ole kannattavaa. Erityisenä ongelmana on todettu koko EU-alueen ratakaluston muuttamisen tai uusinvestointien ajallinen kesto. DAC-teknologian läpivienti kestäisi useita vuosia.

## 9.3 Käyttöönoton haasteet, pääasialliset hyödyt Suomessa sekä johtopäätökset käyttöönotosta

DAC:n tekniseen toimivuuteen ja taloudellisuuteen liittyy vielä merkittäviä epävarmuuksia ja riskejä:

- Tekninen normisto ja tavoiteltujen toiminnollisuuksien tasot ovat edelleen avoinna.
- Ratkaisun luotettavuus pohjoisissa talviolosuhteissa on kriittinen kysymys. Ratkaisun toimivuuden ja kustannusten ymmärtäminen koko elinkaaren osalta vaatii vähintään useamman vuoden testauksen.

DAC Delivery Programmen käyttämä arvio 17 000 EUR/vaunu saattaa vaikuttaa erittäin matalalta kustannustasolta erityisesti puhuttaessa vanhojen vaunujen retrofittistä. Kuitenkin, jos on tarve asentaa kaapeleita tai muuta tekniikkaa vaunuihin, nousee kustannus tästä todennäköisesti erittäin merkittävästi.

Suomen tapauksessa DAC ei tuo kaluston yhteiskäytön kannalta hyötyjä, koska Suomella ei ole yhteistä kalustoa, eikä rataverkkoa yleiseurooppalaisen 1435 mm verkon kanssa. Tehokkaan operoinnin mahdollistamiseksi DAC pitäisi pystyä kytkemään Suomessa tällä hetkellä käytettävissä oleviin SA3-kytkimeen turvallisesti ja luotettavasti. Tähän ei ainakaan toistaiseksi ole tiedossa toimivia teknisiä ratkaisuja. Suomessa parhaiten hyötyjä voisi tulla määrätylle välille, rajoitetulla kalustolla ja suurivolyymisessä liikenteessä. Riittävän taloudellisen kalustokierron rakentaminen edellyttää riittävän tiheitä ja säännöllisiä lähtöjä.

### *Vaihtotyön tehostaminen:*

Vaunujen automaattinen kytketyminen on vain erittäin pieni osa varsinaista vaihtotyötä ja manuaalisestikin suoritettuna se on nopea toimenpide (suuruusluokkana noin minuutti). Siten automatisoinnilla saadaan ainoastaan marginaalinen lisäteho vaihtotyöhön.

Vaihtotyössä edelleen ihmistyötä vaativia toimenpiteitä ovat vaihtotyöveturin kuljettaminen, vaunujen tarkastaminen, vaunujen paikallaan pysymisen varmistaminen yms. Kaikkien toimenpiteiden automatisointi tulee viemään vielä luultavasti pitkään Pelkän yhden työvaiheen (kiinnittymisen) poisto ei vielä tehosta vaihtotyötä käytännössä juurikaan.

VR arvioi aiemmin mahdollisuuden ottaa käyttöön venäläinen SA3-tyyppinen automaattikytkin, joka pystyisi lisäksi liittämään jarruletkut yhteen. Tällaisen ratkaisun vaihtotyön tehostus vastaisi karkeasti DAC:n type 4 automaattikytkintä, mutta DAC lienee tätä selvästi kalliimpi laajempien muiden toiminnallisuuksien vuoksi (sähkö, data). Tällaisen ratkaisun retrofittauksen takaisinmaksuaika olisi ollut selvästi yli 30 vuotta.



Hyötyjä tulee hieman lisää, jos lisäksi olisi automaattinen irrottuminen (type 5), mutta tällöin teknisen ratkaisun monimutkaisuus sekä hankinta- että ylläpitokustannus myös kasvavat. Operatiivisten taloudellisten hyötyihin pätevät samat rajoitteet kuin type 4:n DAC:hen.

DAC:n käyttöönotolle esitetyt hyödyt voitaisiin ratkaista myös muilla keinoin, esimerkiksi junapainoja nostamalla sekä luomalla vaihtoehtoisella tavalla vaaditut sähkö- ja datayhteydet. Junapainoa pystytään nostamaan myös perinteisen vahvennetun ruuvikytkimen avulla (ruuvikytkimeen ja sivupuskimiin pohjautuva vahvempi 1,5MN vetolaitteisto vs. perinteinen 1,0MN) tai SA3-automaattikytkimellä. Joskin kotimaan liikenteessä perinteisen ruuvikytkimen mahdollistamaa junapainoa suurempia junakokoja voidaan käyttää vain rajatusti huomioiden tavaravirtojen vähäisempi volyyymi.

Mobiilidata on DACia kevyempi tapa toteuttaa tiedonsiirto, ja sitä käytetään jo laajasti tavaravaunukalustossa. Lisäksi sensoroinnin ja telematiikan sovellusten osalta esim. paikannus voidaan vaunujen anturoinnin sijaan huomattavasti helpommin hoitaa pohjautuen esim. RFID-tekniikkaan ja lukijoihin.

Suomessa on vielä vaikea tehdä edes karkeaa arviota DAC:n kustannusvaikutuksista. Suomessa kaupallisen liikenteen tavaravaunuja on tällä hetkellä 7600, joiden varustaminen DAC-laitteistolla on iso ja kustannuksiltaan huomattavan suuri toimenpide.

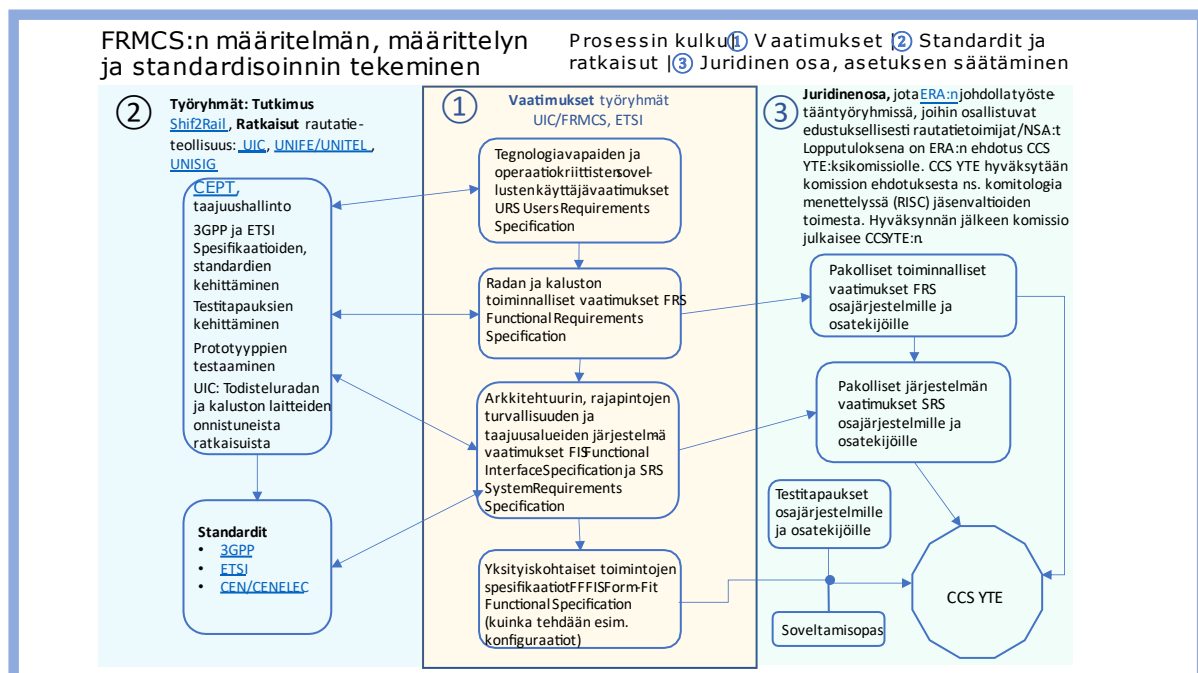
DAC on aloitteena hyvä, mutta ennen kuin Suomen osalta tehdään sitovia päätöksiä, on järkevä ensin odottaa ja nähdä, miten ratkaisu toimii ja mitkä sen kustannukset ovat. Muuten riskinä on merkittävä rautateiden kilpailukyvyyn heikentyminen verrattuna maantieliikenteeseen. Järkevintä on edistää vaikuttamistyöllä ratkaisua, jonka mukaan käyttöönotto olisi kansallinen ratkaisu. Jos DAC:sta tulisi pakollinen ratkaisu, niin Suomen tulisi hakea soveltamatta jättämistä.

## 10 Tulevaisuuden rautatieliikenteen radiokommunikaatiojärjestelmä FRMCS

Future Railway Mobile Communication System FRMCS on tulossa GSM-R:n jälkeen seuraavaksi ainoaksi sallituksi rautateiden radiojärjestelmäksi. Vaikka GSM-R-järjestelmällä voidaan tällä hetkellä väliittää ERTMS/ETCS:n tason 2 vaatima data, se ei ole tulevaisuuden ratkaisu johtuen vanhenevasta teknologiasta.

FRMCS tulee perustumaan teknisesti 5G-standardeille ja se on päivitettävissä siitä edelleen 6G-standardiin jne. FRMCS perustuu Internet Protocol IP:n käyttöön. IP on käytäntö tai standardi, joka määrittelee tai mahdollistaa laitteiden tai ohjelmien väliset yhteydet. Näillä taustaratkaisulla voidaan päästä teknisesti verkkotaajuudesta ja tietyistä verkkopalvelusta riippumattomaan ratkaisuun, joka sallisi monikaistaradion käytön kaupallisissa verkoissa.

Alla olevassa kaaviokuvassa on lueteltu niitä ERTMS:n ylätason toimijoita, jotka johtavat valmistelua näissä normeja tuottavissa, osin EU-koneiston ulkopuolisissa työryhmissä.



Lyhenteet (ks. tarkemmin linkeistä): European Standardization [CEN/CENELEC](#), 3rd Generation Partnership Project [3GPP](#), European Telecommunications Standards Institute [ETSI](#), Union Internationale des Chemins de fer [UIC](#), [Shif2Rail](#), jonka jatkaaja on [Europe's Rail Joint Undertaking \(ERJU\)](#) rautatieliikenteen osalta: [UNIFE / UNITEL Committee](#), [UNISIG](#), [ERA](#).

## 10.1 ETCS + FRMCS = ERTMS rakentaminen

ERTMS/ETCS:n rakentaminen on olennainen edellytys rautateiden automaation mahdollistamisessa. FRMCS on keskeinen järjestelmän osa, jota ilman ei rautateiden digitalisointia voi toteuttaa.

ERTMS/ETCS rakentamisen lähtökohtana toimii Kouvola-Kotka/Hamina-rataosalle toteutettava testijärjestelmä ja siihen liittyvä laboratorio. Kouvola-Kotka/Hamina ETCS tason 2 -kehityksen rinnalla aloitetaan jo kehittämään junan automaattitoimintojen osaamista, uudenlaista paikannusjärjestelmäosaamista sekä tietoliikenne- ja radioverkko-osaamista (FRMCS) teknologisella tasolla, jotta voidaan määritellä tulevaisuudessa hankittavan järjestelmän ominaisuudet riittävän tarkasti. Edellä mainittujen lisäksi kyvykkyyden rakentaminen kohti ERTMS/ETCS tasoa 3 aloitetaan heti, kun on hankittu riittävä näkemys tulevaisuuden tekniikasta ja sen mahdollisista rajoituksista.

Kehitystä tullaan tekemään testaamalla vaiheittain järjestelmäkokonaisuutta valittujen toiminnollisuuksien kokonaisuutena, ennen seuraavan ominaisuuden lisäämistä osaksi järjestelmää. Aikataulullisesti kehitys on oltava viimeistelty vuonna 2025, jotta pilottiradan testaukset päästään aloittamaan 2026 ja sitä kautta avattua rataosa kaupalliseen liikenteeseen.

Kehittämisen rinnalla on seurattava tarkasti regulaation kehittymistä, joka ottaa kantaa esimerkiksi ohjaus-, hallinta- ja merkinantolaitteistoon, radioverkkoon tai operatiivisiin sääntöihin. Seuraavia OHM-YTE-päivityksiä odotetaan virallisesti alkuvuonna 2023 ja siinä on huomioitu Suomen kannalta merkittävimpiä kehityskohteita. Jo vuoden 2022 aikana on saatu ennakkotietoja päivityksen sisällöstä.

Digiradan kehitys- ja verifiointivaiheessa tullaan jo olemassa olevien kansainvälisten työryhmien lisäksi asettamaan Suomen edustaja useisiin teknisiin työryhmiin ERTMS User Group -jäsenyyden kautta. Nämä työryhmät auttavat konkretisoimaan eurooppalaisen teknologisen kehityksen tason ja hyödyntämään olemassa olevaa tietoa.

Vaikuttamista jatketaan Suomelle tärkeissä asioissa entistä organisoidummin KV-työryhmän muodostaman tilannekuvan kautta. Näin saadaan yhtenäinen ääni kuuluviin työryhmissä. Ministeriö, virastot ja esimerkiksi VR jatkavat työtään omilla kansainvälisissä kanavissaan vieden Suomen viestiä eteenpäin sekä tuoden ryhmien valmistelemia näkemyksiä käsittelyyn. Digiradan toimijajoukossa ollaan myös laatimassa vuoden 2023 alkupuoliskolla EU- ja kansainvälisen vaikuttamisen toimenpideohjelma- ja suunnitelma.

## 11 Lähdeluettelo

LVM järjesti yhteistyössä konsulttiyritys Digitalrail Expert Service vanhemman neuvonantajan Esko Sandelinin kanssa syys-lokakuussa 2022 neljä rautatieliikenteen automaatioaiheista työpajaa, joihin osallistui asiantuntijoita seuraavista organisaatioista: Digirata, Fintraffic Oy, Fintraffic Raide Oy, Helsingin junakalustoyhtiö, HSL, Proxion, Traficom, VR FleetCare, VR Yhtymä Oyj, Väylävirasto .

Työpajojen aiheet olivat: Rautatieliikenteen automaatiokehitys, Liikkuvan kaluston automaatio, Rautatieliikenteen tulevaisuuden digitaalinen infrastruktuuri ja automaatio, Digitaalisen mallin/kaksosen merkitys rautatieliikenteen automaatioissa.

Kirjalliset lähteet:

Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä Digirata-selvityksen loppuraportti, LVM 2020/6

Kohti digitaalista ja älykästä rautatieliikennettä: Digirata-valmisteluvaiheen loppuraportti, LVM;n julkaisuja 2021/17

Suositus kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä; TRAFICOM/167875/03.04.02.01/2020

Ohje raideliikenteen häiriöiden ilmoittamisesta: Traficom 5/2022

Valtioneuvostolta periaatepäätös liikenteen automaation edistämisestä: Valtioneuvoston kanslian julkaisu 25.11.2021

Liikenteen automaation lainsäädäntö- ja avaintoimenpidesuunnitelma: LVM 059:00/2019

EPNDir rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta Euroopan unionissa (EU) 2016/797

EPNDir rautateiden turvallisuudesta (EU) 2016/798

EPNDir 2012/34/EU, 21.11.2012 yhtenäisestä eurooppalaisesta rautatiealueesta (rautatiemarkkinadirektiivi)

EPNDir 2007/59 EY, 23.10.2007 vetureita ja junia rautateillä yhteisössä ajavien veturinkuljettajien hyväksymisestä

Raideliikennelaki 1302/2018

Ratalaki 2007/101

Laki liikenteen palveluista 2017/320

Valtioneuvoston asetus rautatiejärjestelmän yhteentoimivuudesta 2019/284

*Europe's Rail working documents:*

Governance organisation and working arrangement of the System Pillar, 11/2022

System Pillar Common Business Objectives, 7/2022

System Pillar operational vision 7/2022

Komission tiedonanto: Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategia – Euroopan liikenne tulevaisuuden raiteelle, 12/2020

TSI revision 2022 Digital Rail and Green Freight: European Union Agency for Railway: Different versions 2022