

RAUTATIETEKNIikka

Rata 2023 -seminaari

1 - 2023

RAIDELIIKENTEN TEKNISTEN JA TOIMIHENKILÖIDEN LIITTO RTTL RY
RAUTATIETEKNIKAN JOHTAVA AMMATTIJULKAISU

RADALLE RAKENNETTU

Lännen linjatyöjärjestelmällä varustettu ratatyökone on markkinoiden monikäyttöisin, kokonaistaloudellisin ja ympäristöystävällisin vaihtoehto raitinfran ympärivuotiseen kunnossapitoon ja rakentamiseen.

Tutustu www.lannen.com ja ota yhteyttä!
Jan Aspvik, puh. 0400 428 765
Hannu Siukkola, puh. 0400 388 299

Lännen
Building a better world
with fewer machines.

Roxtec

Turvaa toiminnot – ei keskeytyksiä

Roxtecin kaapeli-, putki- ja kaapelinsuojaputkien tiivisteet suojaavat rautateiden laitteistoja vesivahingoilta, palolta, savulta, jyrksijöiltä, tärinältä ja elektromagneettiselta häiriöltä.

roxtec.com/fi

Rautatiepalvelut

Teemme arviointeja kaikille rautatiejärjestelmän rakenteellisille osajärjestelmille (infrastruktuuri, energia, ohjaus, hallinta ja merkinanto) sekä liikkuvalla kalustolle.

- Rautateiden ilmoitetun laitoksen (Notified Body) palvelut
- Rautateiden nimetyn laitoksen (DeBo) palvelut
- Riippumattoman arviointilaitoksen (ISA) palvelut
- Kolmannen osapuolen asiantuntijapalvelut

Lisätietoja:
Mika Riihimaa
Puh. 040 555 3630 MikaRiihimaa@eurofins.fi

www.eurofins.fi/ee/railways

KASKEA GROUP

Radan merkit ja rautatierakenteet

TRAFFIC MACHINERY PARKING

kaskea.fi



Raidekaluston laatutuotteet:



www.unilink.fi

TOIJALAN KONE JA KULJETUS KY

Mustanhevosentie 3
37800 TOIJALA
Puh. (03) 542 2039, fax. (03) 542 2050

Taavico Oy
PL 197
45100 Kouvola
+358 (0)40 501 8431 E-mail: taavi.siikaluoma@taavico.inet.fi

UUDENMAAN INFRAKONSULTIT

Rakennuttaminen, Valvonta,
Ratojen turvallisuus- ja
henkilöstöpalvelut.
040 – 844 7832
www.infrakonsultit.fi

RAUTATIEKNIikka

RAUTATIEKNIIKAN JOHTAVA AMMATTIJULKAISU

Aikakausmedia ry:n jäsen
35. vsk ISSN-L 1237-1513
ISSN 1237-1513 (painettu)
ISSN 2242-3893 (verkkójulkaisu)

Julkaisija:
Raideliikenteen Teknisten ja Toimihenkilöiden Liitto RTTL ry

Päätoimittaja:
Laura Järvinen
Puh. 040 866 4959
[laura.jarvinen\(at\)grk.fi](mailto:laura.jarvinen(at)grk.fi)

Tilaukset ja yhteystietojen muutokset:
www.rautatietekniikka.fi
Pyyntö postituslistalta poistamiseksi: [jari.aikas\(at\)vr.fi](mailto:jari.aikas(at)vr.fi).

Toimituskunta:
Hannu Heikkilä
Erkki Helkiö
Juha Kansonen
Miia Kari
Jukka Leino
Matti Maijala
Risto Nihtilä
Markku Nummelin
Janne Wuorenjuuri
Johanna Wäre
Jari Äikäs

Talous:
Erkki Kallio

Ilmoitukset:
Varparus Oy, Esko Vartiainen
Puh. 0400 508 450
[esko.vartiainen\(at\)varparus.fi](mailto:esko.vartiainen(at)varparus.fi)
Mäntytie 5, 00200 Helsinki

Taitto:
Eero Laaksonen

Painopaikka:
PunaMusta, Tampere 2023



Tampereen rautatiesema.
Kuva Markku Nummelin

Tässä numerossa

Tervetuloa Rata 2023 -seminaariin!	7	Light Rail on Ring 3 Copenhagen.	52
Liikenne ja maankäyttö	8	Renewal of the CCS (Control, Command and Signalling) systems in Estonia	53
Linjaston selkeys vetovoimana raideliikenteessä	8	Moderni raitiotie	54
Tampereen kaupunkiseudun lähijunaliikenteen edistäminen ja ratakapasiteetin riittävyys	10	Pikaraitiotieiden pikaisuus – keskinopeustavoitteen tausta, tärkeys, toteutuminen ja tulevaisuus Helsingin seudulla	54
Alueellisen junaliikenteen selvitykset	12	Vaikuttavaa vastuullisuustyötä	56
Liityntäpyöräpysäköinti Helsingissä	14	Kalasadamasta Pasilaan -allianssi	56
Asema-alueiden kehittäminen	16	Akkukäyttöisten raitiovaunujen soveltuvuus Vantaan raitiotielinjalle	58
Uudet laskentamenetelmät raideliikenteen tärinän ja runkomelun arvioinnissa	18	Tampereen Ratikka liikennöi, rakentaminen ja seudullinen suunnittelu jatkuvat	60
Tarkastelussa maankäytön ja liikenteen yhteiset vaikutukset ...	20	Raitiojunaliikenteen radan esisuunnitteluperusteet kaupunkiosuuksilla	62
Raakapuukuormauspaikkaverkoston kehittäminen	22	Raitiotien kiintoraiteen rakentamisesta saatujen oppien hyödyntäminen rautateillä	64
English	24	Modernin raitiotien rakentaminen	66
The Role of Rail in a Sustainable Mobility System	24	osana kaupunki-infraa	66
Digirata - Digital intelligent rail traffic in practice	26	Omaisuiden hallinta	68
Implementation of a future signalling and traffic management system on a rail network	28	Rataomaisuuden hallinnan kehittäminen Väylävirastossa	68
ERTMS testing in a simulation laboratory	30	Rataverkon korjausvelka - määrittely ja laskenta	70
What can we learn from high-speed train impact assessments in Sweden?	31	Rautatierakentamisen kustannustietoisuuden uusi vaihde Ihku-laskentapalvelun avoimien kustannusmallien avulla	71
Use of Trusted Computing Technologies in Railways	32	Omaisusriskienhallinnan prosessin luominen ja pilotointi	72
Radio Testing for ERTMS	34	Ratatyöt ja ratakapasiteetin analytiikka	74
Increasing importance of cybersecurity for Railways	36	Ratageometrian heikkenemisen mallintaminen käytännössä	76
CyberSafety - integrated approach for protecting safety-critical railway systems	38	Datasta tietoa: Päälysrakenteen kuntoindikaattorit	79
A more resilient public transportation – How AI and ML can help develop resilience to tackle changing travel attitudes	40	Kuivatusratkaisujen toimivuuden ja vaikutusten arviointi	80
Primitive research on track friendliness of freight wagon bogies	42	Ratahankkeet	82
Riga node - strategic timetabling as success factor for future growth in the railway network	44	Joensuun ratapiha: Uusien teknologioiden hyödyntäminen hankkeen ohjauksessa	82
A bright future ahead in Finland for High Speed – Track design in High Speed Railways	46	Tampereen henkilöratapiha	84
Zero-emissions passenger railway services. First lessons from Germany	48	Metron kapasiteetin ja luotettavuuden kehittämisen tiekartta	86
Digitalizing supervision activities and documentation	49	Vuoden 2023 ratatyöt ja perusväylänpidon kohteet	88
Use cases and trends in high-speed rail	50	Pasilan aseman ja kauppakeskus Triplan opastussuunnitteluprosessi	90

ENERGEL

RATKAISUT RATOJEN SÄHKÖISTYKSIIN

➤ Tasasähköjärjestelmät

➤ Ratasähkömuuntajat

➤ Ajolangan ripustus

➤ Mittamuuntajat

➤ Kytkinlaitteet

www.energel.com



Ratahankkeet urakoitsijan näkökulmasta	91
Väyläverkon investointiohjelma	92
Liikennesuunnittelu	93
Liikennesuunnittelun rooli ratahankkeissa	93
Liikennesuunnittelu	93
Toteumatiedon hyödyntäminen liikenteen suunnittelussa - Rantaradan tapaustutkimus	94
Ratatöiden onnistumisen seuranta	96
Rataverkon käytön ajankohtainen aihe – kapasiteetin hallinta ratapihoilla	98
Tulevaisuuden liikenne	100
Raiteilla ratkaisuja muuttuviin tarpeisiin	100
Autonominen juna -kehityshanke	101
Alueellisen junaliikenteen lisäysmahdollisuudet	102
VR Transpoint tähtää saumattomiin ja hiilineutraaleihin kuljetusketjuihin	104
Rautatietekniikka	106
FRMCS-määrittysten mukaisten viestintäpalveluiden toteuttaminen Suomessa	106
ERTMS/ETCS-mittaukset	108
Junaskanneri, kokemukset HSL-liikenteestä	109
Kaksitoiminen baliisi ratkaisuna siirtymäajaksi JKV-aikakaudelta ERTMS-aikakaudelle	110
Korkeusviiva vai kiskonselejä? Raiteen korkeusaseman määrittelyn mahdollisuudet	112
Radan kunnonvalvonnan uudet menetelmät	114
Raiteen poikittaisvastus	115
Pori-Mäntyluoto-koerataosuuksien tärinä-, runkomelu- ja melupäästötutkimukset	116
Työkaluja raideliikenteen	118
kyberturvallisuustyöhön	118
Rataverkon kyberturvallisuusohjelma	120
Kyberturvan kehitys Kaupunkiliikenne Oy:ssä	122
Digiradan kyberturvallisuus	124

Inhimilliset ja organisatoriset tekijät	126
Riskienhallinta raitiotiehankeella - Case Raide-Jokeri	126
Psykologisen turvallisuuden kehittäminen hankeella - Case Tampereen henkilöratapiha	128
Inhimilliset ja organisatoriset tekijät turvallisuusjohtamisessa	129
HOF-tekijöiden huomiointi Oulun ja Kokkolan turvalaitehankeella	130
Digirata	132
Digirata – Digitaalinen ja älykäs rautatieliikenne käytännössä ..	132
ETCS-järjestelmän simulointi	134
ERTMS/ETCS-käytösäännöt	136
EULYNX turvalaitehankinnat - säästöjä ja joustavuutta	138
Tiedon digitalisaatio	140
Velho käytössä - hankkeiden luovutusaineistot kuntoon!	140
Ratatiedot toiminnan ytimessä	142
Analytiikan hyödyntäminen rataomaisuuden hallinnassa	144
ERTMS/ETCS-vaikutus rataomaisuudenhallintaan - Case kunnossapitovaatimukset	146
Osaamisen varmistaminen	148
Rataraivaaja-koulutusohjelman luonti	148
Liikenteenohjaajien perus-, täydennys- ja kertauskoulutusten menettelyt	150
Miten rakennetaan onnistunut osaamiskokonaisuus?	152
Digirata ja rautatiealan osaamismurros	154
Osaamisen varmistaminen simuloituissa oppimisympäristöissä	156
Uudet koulutusmenetelmät perinteisen lähiopetuksen rinnalla rautateiden pätevyyskoulutuksissa	158
Pohjoismainen yhteistyö – NJS:n rooli tiedonjakajana	160
Uusi koulutusmalli yhteistyössä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin kanssa	162
Rautatiealan koulutukset Tampereen yliopistossa	164
HAMKin raideliikenteen koulutustarjonta	166

HYVÄÄ PATAA.

Meillä ratasuunnittelu(kin)
on rautaista tiimityötä. Luodaan
yhdessä kestävämpää liikummista!

Nouse kyytiin: finnmap-infra.fi

We are SOLWERS

Finmap
Infra



Markkinoiden kattavin liitäläjärjestelmä

- Tärinänkestävä
- Eristetty vapautuspainike
- Erittäin nopea kytkeä ja irrottaa
- Turvallinen, ei sähköiskuja
- Patentoitu teknologia

Lisätietoja (09) 350 9020, myynti@phoenixcontact.com tai [phoenixcontact.fi](https://www.phoenixcontact.fi)



Tervetuloa Rata 2023 -seminaariin!

Suomen laajin rautatieammattilaisten tapahtuma, Rata-seminaari järjestetään tänä vuonna kahdennentoista kerran. Tapahtuman teemana on ”Tulevaisuus rai-teilla”. Edellisestä seminaarista onkin vierähtänyt kolme vuotta koronapandemian siirrettyä tapahtumaa alun perin suunnitellusta vuodella eteenpäin. Rata 2023 -tapahtuman kantava ajatus on ollut aina rautatiealan osaamisen laajuuden ja jatkuvuuden varmistaminen. Mikään alamme kannalta tärkeä toiminta ei saisi olla yhden osiaan varassa. Niin Digiradassa, rakentamisessa, suunnittelussa kuin kunnossapidossakin tarvitaan laajaa osaamista. Laatu lähtee meistä jokaisesta.

Suomessa on viime vuosina eletty vahvaa rautateiden renessanssia. Ratahankkeisiin ja ratojen parantamisiin on panostettu ja uusia ratoja on suunnitteilla.

Väylänpitäjälle vilkas rautatieliikenne on toki myös haaste. Laajat infran kalliit lisäykset ovat usein epärealistisia, sen sijaan oiva tapa on lisätä kapasiteettia digitalisaation avulla. Digiradan ensimmäinen kaupallinen osuus toteutetaan Nokialta Poriin ja Raumalle. Digirata-hankkeen tavoitteena on uudistaa nykyinen ja vanhentuva junien kulunvalvontajärjestelmä uudella, digitaalisella ja EU-vaatimusten mukaisella kulunvalvontajärjestelmällä.

Uusi järjestelmä tuottaa nykyistä tarkempaa ja reaaliaikaista tietoa junien kulusta, mikä mahdollistaa junien ajamisen turvallisesti entistä tiheimmillä kulkuväleillä. Lähtökohtana on tehdä rautatieliikenteestä entistä ennakoitavampaa niin henkilö- kuin



tavaraliikenteelle. Hankkeen tavoitteena on myös tehdä rautatieliikenteestä houkuttelevampaa, jolloin liikennettä siirtyy entistä enemmän kiskoille ja liikenteen päästöt vähenevät. Mielenkiintoista on todeta, että kaikissa pohjoismaissa – Islantia lukuun ottamatta – on nyky suunnitelmien mukaan 2030-luvun lopussa koko rataverkolla samanlainen kulunvalvontajärjestelmä. Aikataulu on kunnianhimoinen, mutta mahdollinen. Digirata onkin laajan kansainvälisen yhteistyön paikka.

Digitalisointia tarvitaan myös rataohjelmoinnin kehittämiseen. Ratojen kunto-tieto onkin jo pitkälti koottu digitaaliseen ratainfra-tietojen hallintajärjestelmään, jossa ovat ratakohteet, kunnossapidon kuntotieto, ylläpidon ohjelmointi ja materiaalihallinto.

Kansainvälinen rautatieliitto UIC täytti 100 vuotta joulukuussa 2022 Suomi oli sata vuotta sitten yksi UIC:n perustajajäsenistä. Onkin hienoa, että olemme saaneet UIC:n

pääjohtajan François Davennen Rata 2023 -seminaariin kertomaan kansainvälisen rautatieliiton toiminnasta.

Rautatiet ovat monitoimijaympäristöinen, kehittyvä ja arvostettu liikennemuoto. Tätä edistää osaltaan myös Rata 2023 -tapahtuma. Lämpimästi tervetuloa!

Kari Wihlman
pääjohtaja, Väylävirasto

Rata 2023 -tapahtuman on järjestänyt Väylävirasto.

Järjestelyissä ovat olleet mukana:

Väylävirastosta Anna Jokela, Sinikka Kiiikka, Markku Nummelin ja Telma Nuottimäki sekä osaltaan kunkin luento-osuuden puheenjohtajat

AmexGBT-yrityksestä Victoria Wahl, Maxine Frisk, Pia Höckert, Emma Kolehmainen ja Sini Lindholm

Rautatietekniikka-lehestä Laura Järvinen ja Matti Maijala

Linjaston selkeys vetovoimana raideliikenteessä

Joukkoliikenteen selkeys on tärkeää käytettävyyden kannalta, mutta aihetta on käsitelty valitettavan vähän niin tutkimuksessa kuin alan käytännöissäänkin. Raideliikenteellä on vahva maine selkeän joukkoliikennejärjestelmän peruspilarina, mutta raideliikenteen laajentamiseen liittyy myös haasteita.

Selkeys on usein mainittu, mutta harvoin määritelty joukkoliikenteen laatutekijä. Selkeys on suunnittelua ohjaava tekijä, mutta se jää herkästi alisteiseksi muille saavutettavuustekijöille, kuten matkajalle ja vuorovälille palvelutasoa määriteltäessä. Haasteena on selkeyden epämääräisyys. Joukkoliikennepalvelun selkeyttä on hankala määritellä sanallisesti, saati sitten muuttaa yksiselitteisesti mitattavaksi suureksi. Joukkoliikenteen selkeyden vaikutuksia matkustajakokemukseen tiedetään varsin vähän. On kuitenkin selvää, että yksilöt hahmottavat järjestelmää eri tavoin riippuen omista kyvyistä ja ominaisuuksista.

Selkeyteen liittyvien kysymysten tutkimista ja toisaalta huomioidista suunnittelussa hankaloittaa se, että kyseessä ei ole mikään yksi selkeä palvelusotekijä, vaan eräänlainen sarja pieniä kompastuskiviä. Näin ollen laajemmalla otannalla tehty, joukkoliikenteen selkeyden vaikutuksiin liikkumisvalintoihin pureutuva tutkimus puuttuu yhä. Tässä artikkelissa on pyritty tuomaan esiin joukkoliikennejärjestelmän selkeyteen liittyviä huomioita, sekä



Christoffer Weckström
Sweco

erityisesti raideliikenteeseen perustuvan joukkoliikennejärjestelmän etuja ja haasteita selkeyden näkökulmasta.

Selkeyden ulottuvuudet

Selkeys voidaan hahmottaa laatutekijänä kaikissa joukkoliikenteen osatekijöissä ja koko matkaketjussa: linjastossa, aikatauluissa, matkustajainformaatioissa, pysäkki- ja vaihtoinfrastruktuurissa sekä liityntäyhteyksissä. Linjaston selkeyteen vaikuttavat esimerkiksi linjojen määrä, linjaston hierarkia (onko monille matkustajille tuttuja runkolinjoja) sekä yksittäisten linjojen kohdalla linjojen suoruus ja reitin tuttuus (kulkeeko linja helposti tunnistettavien väylien ja paikkojen kautta). Aikataulun selkeyttä lisäävät esimerkiksi tiheät vuorovälit (unohda aikataulu!) ja vuorovälien tasaisuus läpi päivän. Aikataulujen avulla voidaan myös parantaa linjaston sisäistä koheesiota tarjoamalla synkronoituja vaihtoja tai ainakin tasapituisia vaihtoaikoja, mikäli linjojen vuorovälit ovat yhteensopivia.

Näillä selkeyden ulottuvuuksilla on lisäksi keskinäisiä riippuvuussuhteita sekä riippuvuussuhteita muihin palvelusotekijöihin. Esimerkiksi laadukkaan matkustajainformaation laatiminen jo ennestään selkeälle järjestelmälle on helpompaa kuin kovin monimutkaiselle. Toisaalta linjaston rakenteella on suoria vaikutuksia



Kuva 1. Pasilan asema on merkittävä raideliikenteen solmupiste, kuvassa raitiotiepysäkit (Kuva: Christoffer Weckström).

Aikataulujen ja linjaston vuorovaikutus – reittivaihtoehtojen diversiteetti

Joukkoliikennelinjastossa toistuu usein tilanne, jossa tiettyä yhteysväliä palvelee usea reittiyhdistelmä. Esimerkiksi suora linja saattaa olla nopein, mutta kulkee vain kerran tunnissa, kun hieman hitaampi neljä kertaa tunnissa toteutuvassa yhteydessä joutuu vaihtamaan kahden linjan välillä. Suuri reittivaihtoehtojen kirjo merkitsee suurta diversiteettiä. Nämä päällekkäiset yhteydet saattavat olla hyödyllisiä tarjoten eri mieltymykset omaaville matkustajille räätälöityä palvelua. Mutta toisaalta suuri diversiteetti merkitsee, että yhteysväliä palveleva linjasto on hankalasti hahmotettava ja reitin valinta saattaa merkitä jatkuvaa aikataulujen tutkailua ja vaihtoyhteyksien toimivuuden jännäämistä. Palvelu saattaa näyttäytyä huonona suhteessa tarjottuun palvelun määrään. Nopeat, tiheään vuorovälin linjat vähentävät monien yhteysvälien diversiteettiä ja siten parantavat joukkoliikenneverkon selkeyttä.

vaadittavaan pysäkki- ja vaihtoinfrastruktuuriin. Esimerkiksi linjasto, joka rakentuu suurissa vaihtopaikoissa kohtaviin lukuisiin linjoihin voi tuoda tiettyjä etuja linjaston hahmotettavuuden kannalta, mutta saattaa heikentää vaihtopaikan hahmotettavuutta ja vaikeuttaa selkeän matkustajainformaation tuottamista.

Saattaa myös olla hyödyllistä erottaa yksittäisen matkakettjun selkeys järjestelmän kokonaisselkeydestä. Yksittäisen matkan näkökulmasta vaihdoton, ovelta-ovelle yhteys on kaikista selkein. Se ei vaadi tietoa linjastosta, reittien löytämistä liityntäosuuksilla tai vaihtoyhteyksien hahmottamista. Järjestelmän näkökulmasta näitä joukkoliikennematkaketjuja voidaan käytännössä tuottaa ani harvalle yhteysvälille. Toisaalta voidaan myös erottaa tottuneen joukkoliikennejärjestelmän käyttäjän sekä uuden käyttäjän tarpeet. Uuden käyttäjän tapauksessa korostuu havainnollisen matkustajainformaation saatavuus, joka helpoimmin toteutuu, mikäli järjestelmä itsessään on selkeä. Tottuneen käyttäjän tapauksessa matkustajainformaation käyttämättömyys sen sijaan saattaa toimia indikaattorina järjestelmän selkeydestä: kun aikatauluja ei tarvitse tuijottaa ja linjaston perusrakenne pysyy mielessä, pystyy tottunut liikkuja spontaanisti kulkemaan pitkin kaupunkia ilman matkustajainformaation tukea.

Skaalautuuko selkeys?

Meikäläiset kaupungit ja raideliikennejärjestelmät ovat maailman mittapuulla pieniä, joten pääkaupunkiseudunkin raideliikennelinjat jäävät helposti mieleen raitioteiden linjastouudistuksista ja laajennuksista huolimatta. Raideliikennejärjestelmän kasvaessa kokonaisuuden hahmotettavuus kuitenkin väistämättä heikkenee. Tällöin korostuu matkustajainformaatio ja toisaalta linjastorakenteen sekä pysäkki- ja vaihtoinfrastruktuurin toistuvuus. Esimerkiksi liikkumista uusille alueille helpottaa, mikäli liityntälinjasto toimii samoin periaattein koko kaupungin alueella ja vaihtopaikkojen infrastruktuuri noudattaa samoja perusratkaisuja.

Raideliikenteen edut linjastossa:

- Suuri kapasiteetti mahdollistaa runkoyhteytenä toimimisen ja vähentää päällekkäisten linjojen tarvetta
- Runkomainen yhteys helpottaa linjaston selkeämpää jäsentelyä
- Nopea yhteys vähentää reittivaihtoehtojen diversiteettiä
- Raideliikenteen kyky houkuttaa ympärilleen uutta maankäyttöä: helpottaa kaupunkirakenteen uudelleenjäsentämistä (tutuksi tulevat paikat, kuten palvelut ohjattava raideliikenteen piiriin).
- Tuo käyttöönoton jälkeen pitkäjänteisyyttä järjestelmään

Raideliikenteen haasteet:

- Uuden raideliikenneyhteyden rakentaminen edellyttää usein linjaston voimakasta uudistamista
- Rakentamisen aikainen poikkeuslinjasto heikentää linjaston selkeyttä
- Raskasta raideliikennettä on hankala sovittaa olemassa ole vaan kaupunkirakenteeseen. Tunnelointiratkaisut mahdollistavat nopean kulun, mutta hankaloittavat ympäristön hahmottamista matkan aikana.
- Henkilöjunaliikenne joutuu usein kilpailemaan ratakapasiteetistä esimerkiksi tavaraliikenteen kanssa, jolla vaikutuksia aikataulurakenteen selkeyteen.

Tampereen kaupunkiseudun lähijunaliikenteen edistäminen ja ratakapasiteetin riittävyys

Tampereen seudulle on tehty lukuisia lähijunaliikennettä koskevia selvityksiä viimeisen kymmenen vuoden aikana. Selvityksissä on käsitelty mm. seisakesijainteja sekä niiden ratateknistä toteutettavuutta pidemmällä aikavälillä. Kokonaisuutta on viimeksi tarkasteltu Tampereen kaupunkiseudun kuntien toimesta laaditussa ja kesällä 2022 valmistuneessa selvityksessä ”Lähijunaliikenteen tavoitteellinen tulevaisuuskuva vuosille 2030 ja 2050 ja tiekartta toteutukselle”. Tämän jälkeen, alkusyksyllä 2022 käynnistyneen selvityksen tavoitteena on tarkastella ratakapasiteetin riittävyyttä lähijunaliikenteelle Tampereen kaupunkiseudun alueella lähitulevaisuudessa.

Aikaisemmat selvitykset toimivat tämän työn lähtötietoina. Työn tilaajina toimivat Väylävirasto, Tampereen kaupunki, Lempäälän kunta, Ylöjärven kaupunki, Kangasalan kaupunki, Oriveden kaupunki ja Nokian kaupunki.

Työn tarkastelu keskittyy lähitulevaisuuteen sekä lyhyen aikavälin pienempiin kehittämismahdollisuuksiin. Tavoitteena on selvittää, millainen liikennöinti ja millainen seisakeverkosto on mahdollista toteuttaa eri ratasuunnilla nykytilanteessa ja pienillä kehitystoimenpiteillä. Työssä laaditaan aikataulurakenteet lähijunaliikenteelle huomioiden myös kauko- ja tavarajunien nykyliikenne ja tarpeet.



Katriina Viljanen
Proxion Plan Oy



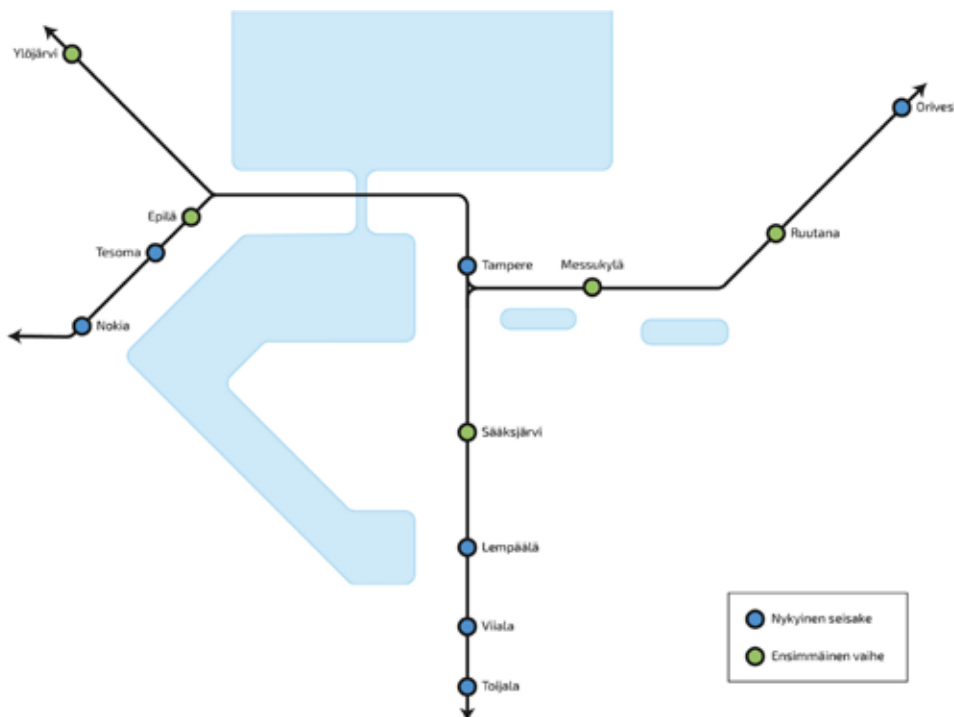
Aki Korkeamaa
Proxion Plan Oy

Työssä tarkastellaan kahta skenaariota, jotka on määritelty yhdessä Väyläviraston sekä alueen kuntien kanssa. Ensimmäisen vaiheen tarkasteltavia uusia pysähdyspaikkoja ovat Ylöjärvi, Epilä, Ruutana, Messukylä ja Sääksjärvi. Vaiheen 2 pysähdyspaikat määritellään myöhemmin projektin edetessä ensimmäisen vaiheen tulokset huomioiden. Työssä tarkastellaan myös Tampereen aseman laituriraitien kapasiteetin riittävyyttä nykytilanteessa sekä TAHERA-hankkeen jälkeisessä tilanteessa.

Lähijunaliikenteelle on tavoitteena muodostaa muun liikenteen kanssa yhteensovitettua vakiominuuttiaikatauluja. Lännen ja etelän suunnassa pyritään hyödyntämään nykyisten M- ja R-junien aikatauluja. Idän suunnassa lähtökohtana on tunnin vuoroväli, ja pohjoisen suunnassa vaiheen 1 lähtökohtana on kaukojunien pysähtyminen Ylöjärvellä.

Vaiheen 1 tarkastelualue ulottuu lännessä Nokialle, etelässä Toijalaan, idässä Orivedelle ja pohjoisessa Ylöjärvelle. Alustavasti vaiheessa 2 tarkastelualueetta laajennetaan lännessä Harjuniittyyn/Siuuroon ja supistetaan etelässä Lempäälään. Työssä ei tehdä ratateknistä suunnittelua, mutta toteuttamisedellytyksiä tarkastellaan aikaisempien selvitysten perusteella.

Työn alustavat tulokset valmistuvat vuoden 2022 aikana ja työ valmistuu kokonaisuudessaan alkuvuoden 2023 aikana. Alustavat tulokset esitellään Rata 2023 -päivillä.



Kuva 1. Vaiheen 1 tarkastelualue ja seisakkeet. Vaihe 2 tarkentuu työn aikana.

GEDO CE

Modulaarinen ratamittausvaunu
GNSS-, takymetri-, IMS- ja
laserkeilauskäyttöön

GEDO GX50

Radan laserkeilaus nopeasti ja
joustavasti
- ATU-mittaukset
- AS-Built-mittaukset

GEDO CE

Yhdellä mittauksella molempien
kiskojen geometriat. Lähtötietona
mm. tukemiskonetta tai geometrian
päivitystä varten esimerkiksi mittaus-
perustan uusinnan yhteydessä.



Lukuvinkki:
Raide-Jokeri -laserkeilaus
Trimble MX9
-laserkeilaimella
(geotrim.fi: Blogit)

PISTEPILVI

KEILAIN KÄYTTÖTARPEEN MUKAAN

Trimble GX50: Erittäin tarkka
laserkeilaus ja radan geometria-
tieto samalla mittaukserällä.
Pistepilven analysointi GEDO SCAN
Office -ohjelmistolla tuottaa mm.
ATU-analyysin ja radan varusteiden
tarkat sijainnit.

Trimble MX9: Pistepilvi inven-
tointitarkoitukseen, kun tarvitaan
tietoa radan ympäristön kohteista.
Aineisto soveltuu hyvin myös
ATU-analyysiin GEDO SCAN Office
-ohjelmistolla.

0207 510 600
info@geotrim.fi

Geotrim Oy
Perintökuja 6 (Avia Line 2)
01510 Vantaa

GEOTRIM

www.geotrim.fi

Alueellisen junaliikenteen selvitykset

Johdanto

Alueellisen junaliikenteen mahdollisuuksia on tutkittu viime aikoina eri alueilla Suomessa. Tässä esityksessä käsiteltävät selvitykset ovat osa valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman eli Liikenne 12 -suunnitelman toimenpidettä: ”Liikenne- ja viestintävirasto sekä Väylävirasto selvittävät alueellisen junaliikenteen kehittämistarpeita sekä -mahdollisuuksia valtakunnallisesta näkökulmasta huomioiden seudulliset näkemykset. Samassa yhteydessä virastot selvittävät yhdessä muiden toimijoiden kanssa mm. seudullisen raideliikenteen kehittämiskäytännön esitettyä duoraitiotieliikennettä ja sen edistämismahdollisuuksia sekä siihen liittyviä kustannuksia, haasteita ja hyötyjä.” (VALTIO-NEUVOSTON JULKAISUJA 2021:75) Käynnistettävien selvityksien tarkoituksena oli syventää aiemmista selvityksistä saatua tietopohjaa ja tuottaa valtakunnallista kokonaiskuvaa alueellisen junaliikenteen mahdollisuuksista eri puolilla Suomea. Väyläviraston vuonna 2021 tehdyissä selvityksissä on tarkasteltu kaluston teknistä soveltuvuutta alueelliseen junaliikenteeseen, sekä alueellisen junaliikenteen mahdollisuuksia eri alueilla maankäytön, infrastruktuurin ja kapasiteetin näkökulmista. Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin vuonna 2022 tehdyssä selvityksessä on tarkasteltu aiempien selvitysten jatkosuositusten mukaisesti alueellisen junaliikenteen liikennöintikustannuksia, matkustajapotentiaalia ja liikennöinnin kustannustehokkuutta.

Alueellisen junaliikenteen selvitykset Väylävirastossa

Alueellisen liikenteen selvitykset käynnistyivät Väylävirastossa Alueellisen junaliikenteen teknisellä selvityksellä. Selvityksen tarkoituksena oli tarkastella, millaiset kalustovaihtoehdot soveltuisivat alueelliseen junaliikenteeseen Suomessa ja miten kalusto vaikuttaisi infrastruktuuritarpeisiin. Tarkastelussa oli mukana kolme eri kalustotyyppiä niiden liikenteellisen roolin mukaan: liikennöinti pelkästään rataverkolla, liikennöinti pääosin rataverkolla mutta hyvin lyhyitä osuuksia myös rataverkon ulkopuolella, liikennöinti rataverkolla ja kaupunkien raitiotieverkolla.

Alueellisen junaliikenteen teknisen selvityksen pohjalta Väylävirasto aloitti alueellisen junaliikenteen selvityskokonaisuuden yhteistyössä alueiden toimijoiden kanssa. Selvitys koostui kahdesta osaprojektista, joista toisessa käsiteltiin maankäyttöä ja toisessa infrastruktuuritarpeita, kapasiteettia ja kalustoa. Osaprojektien toimenpiteiden vaikutuksia arvioitiin suhteessa Valtakunnallisen liikennejärjestelmäsuunnitelman tavoitteisiin.



Maija Rekola
Väylävirasto



Anna Pätynen
Traficom

Tarkastelussa oli mukana seitsemän aluetta, joiden tarkasteltavat yhteysvälit valittiin yhteistyössä alueiden kanssa. Tarkastellut yhteysvälit olivat Liminka–Kempele–Oulu–Ii, Vaasa–Seinäjoki, Iisalmi–Kuopio–Suonenjoki, Äänekoski–Jyväskylä–Muurame, Uusikaupunki–Turku, Heinola–Lahti–Orimattila ja Lappeenranta–Imatra.

Maankäyttö

Maankäyttöselvityksessä tarkasteltiin alueellisen junaliikenteen aloittamisen mahdollisuuksia maankäytön näkökulmasta. Eri alueilta tarkasteltiin tutkittavan yhteysvälin yhdyskuntarakennetta ja liikennejärjestelmää, sekä mahdollisten seisakkeiden maankäytöllisiä valmiuksia ja potentiaalia, junaliikenteen kysyntäpotentiaalia ja väestönkehitystä. Alueellisen junaliikenteen rooli nähtiin hyvin erilaisena eri alueilla. Joillakin alueilla sen rooli oli maakunnallisena taajamajunaliikenteenä, toisilla kaupunkiseudun sisäisenä liikenteenä tai maakuntakeskusten välisenä liikenteenä.

Maakuntakaavatasolla valmiudet uusien seisakkeiden ja niihin liittyvien toimintojen toteuttamiseen olivat hyvät. Yleis- ja asemakaavatasolla alueiden välillä oli jonkin verran eroja seisaketarpeiden huomioinnissa kaavoituksessa. Pääosin kuitenkin myös yleis- ja asemakaavat mahdollistavat tutkittujen seisakkeiden rakentamisen ja siihen liittyvään

maankäytön tehostamisen.

Infrastruktuuri, kapasiteetti ja kalusto

Selvityksen tarkoituksena oli selvittää alueellisen junaliikenteen mahdollisuuksia infrastruktuurin, ratakapasiteetin ja kaluston näkökulmista tarkastelluilla yhteysväleillä. Selvityksessä laadittiin jokaiselle yhteysvälille aikataulurakenne, jota hyödynnettiin infrastruktuurin muutostarpeiden määrittämisessä. Infrastruktuuritarpeiksi alueilla tunnistettiin mm. uusien seisakkeiden vaatimaa infrastruktuuria, kuten matkustajalaitureita ja liityntäpysäköintit. Lisäksi tunnistettiin mm. junien kohtaamismahdollisuuksien parantamiseen liittyviä toimenpiteitä ja muutamilla alueilla myös nopeuden nostoon liittyviä toimenpiteitä. Infrastruktuuritoimenpiteille laadittiin alueittain kustannusarvio.

Eri alueille oli mahdollista ratakapasiteetin perusteella lisätä 6–16 vuoroa per suunta vuorokaudessa. Valtaosalla alueista vuorot olisi mahdollista toteuttaa kahdella kalustotyyppiköllä. Selvityksessä tunnistettiin kaksi soveltuvaa kalustotyyppiä alueellisen junaliikenteen käyttöön. Sähkömoottorijuna nähtiin sopivaksi vaihtoehdoksi kaikilla alueilla. Myös duoraitiojuna olisi teknisesti mahdollinen osalla alueista. Duoraitiojunan haasteena on kuitenkin osalla tutkituista alueista ratojen korkea nopeustaso.

Alueellisen junaliikenteen selvitys Liikenne- ja viestintävirasto Traficomissa

Selvityksessä arvioitiin alueellisen junaliikenteen liikennöintikustannuksia ja kokonaiskustannuksia (sis. mm. investoinnit), matkustajapotentiaalia, liikennöinnin kustannustehokkuutta ja subventiota eri yhteysväleillä. Työn tavoitteena oli tuottaa tietoa alueellisen junaliikenteen potentiaalista eri alueilla yhdenmukaisella tavalla. Alueellista junaliikennettä tarkasteltiin työssä lähijunaliikenne-tyyppisenä liikenteenä, joka palvelee etenkin alueiden päivittäistä liikkumistarvetta. Kaukojunaliikenteen matkustus-tarkastelut rajattiin työn ulkopuolelle, mutta kuitenkin niin, että mahdolliset alueellisen junaliikenteen vaihtoyhteydet ja/tai kaukoliikenteen tarjonnan täydennykset huomioitiin työssä. Alueellisen junaliikenteen vaihtoehtona tarkasteltiin myös linja-autoliikenteen kehittämistä.

Tarkasteluihin pyrittiin ottamaan mukaan kaikki ajankohtaiset yhteysvälit, joista oli riittävästi lähtötietoja liikennöintikustannusten laskemiseksi. Mukana tarkasteluissa oli 13 yhteysväliä, joista aiemmin Väyläviraston selvityksissä olleet seitsemän yhteysväliä

ja lisäksi seuraavat kuusi ajankohtaista yhteysväliä: Hanko–Karjaa–Helsinki, Salo–Turku–Naantali, Turku–Loimaa–Toijala, Tampere–Sastamala, Rauma–Kokemäki ja Kemi–Tornio–Haaparanta. Tarkastelujen lähtökohtana olleet liikennöintimallit olivat pääosin peräisin aiemmista selvityksistä.

Tarkastelujen perusteella kaikilla tarkastelluilla yhteysväleillä lähivuosina toteutettu lähijunaliikenne edellyttäisi hyvin suurta subventiota. Kustannustehokkaimmilla kolmella yhteysväleillä vaadittu subventiotaso muodostui 75–85 prosenttiin. Kaikki muut yhteysvälit olivat heikosti tai hyvin heikosti kustannustehokkaita tai kustannustehottomia. Alueellisen junaliikenteen kustannustehokkuutta parantaa, jos liikennöinti voidaan keskittää maankäytöltään ja matkustajamääriltään suurimmille osuuksille ja linja on lyhyempi, jolloin kalustotarve pienenee. Toisaalta mitä isompi liikennöintikokonaisuus on, sitä kustannustehokkaampi järjestelmä on. Osalla yhteysväleistä joukkoliikennettä voisi olla kannattavampaa kehittää panostamalla kaukojunaliikenteen tai linja-autoliikenteen tarjonnan parantamiseen.



**ALGOL
TECHNICS**

Windhoff – saksalaista laatua vuodesta 1889

WINDHOFF-RATAPIHA SHUNTERI

- Soveltuu Suomen rataolosuhteisiin -40°C.
- Suuri vetokyky, paino 90t.
- Kauko-ohjattava kaapelikelalla, toiminta-alue n. 500 m.
- Myös akkukäytöllä.
- Vähäinen huollontarve.

>> algoltechnics.fi/rautatietekniikka

WINDHOFF

RAILSERVICES
always on track
KNORR-BREMSE

IFE Innovations
For
Entrance Systems

KLEIN
Anlagenbau AG

ELH

Liityntäpyöräpysäköinti Helsingissä

Pyörä- ja junaliikenteen synergia on yksi valjastamattomista voimista Suomessa. Helsingissä työtä tehdään kuitenkin systemaattisesti.

Pyörä- ja junaliikenteen yhdistäminen on liikkujan kannalta yksi edullisimmista matkaketjuista. Polkupyörällä asemat ovat saavutettavissa kävelyä merkittävästi laajemmalta alueelta ja joukkoliikennettä selvästi joustavammin. Sähköpyörien yleistyminen parantaa saavutettavuutta entisestään. Junan kyydissä runkomatkan taas taittaa mukavasti ja nopeasti pitkänkin matkan takaa. Potentiaalista huolimatta liikkumismuotojen synergiaa ei edistetä määrätietoisesti.

Aiheella on kosketuspintaa hyvin moneen megatrendiin ja kriisiin. Aikamme suurin haaste, ilmastokriisi, pakottaa meidät muuttamaan liikkumistottumuksiamme. Samaan aikaan kaupungistuminen jatkuu, erityisesti kaupunkiseutujen reunoilla. Kohoavat elinkustannukset ja energiakriisi vaikuttavat myös liikkumismahdollisuuksiin - liikenneköyhyys onkin nostettu julkisessa keskustelussa pinnalle. Yhteiskunnan kannalta kestävämpien yhtälö on, että pienituloiset kotitaloudet ovat alttiimpia liikenneköyhyydelle ja samaan aikaan työmatkojen keskipituudet kasvavat. Yhteiskunnan autoriippuvuus on kasvanut ja pandemian myötä joukkoliikenne on ahdingossa.

Mikään yksi liikkumismuoto ei sovi kaikille, eikä pyörä- ja junaliikenteen matkaketjut ratkaise kaikkia ongelmia. Pyörä- ja junaliikenteen synergian valjastaminen kuitenkin suuntaisi liikennejärjestelmäämme kestävämmäksi ja tasa-arvoisemmaksi. Polkupyörä- ja junamatkan yhdistelmällä matka taittuu ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti kestävästi. Laadukas ja luotettava pyöräpysäköinti juna-asemilla poistaa yhden merkittävän esteen kestävä matkaketjun synnylle ja parantaa samalla joukkoliikenteen palvelutasoa sekä laatumielikuvaa.

Miksi väitämme synergiaa valjastamattomaksi? Tärkeää matkaketjussa liikkujalle ovat nopeus ja luotettavuus. Samaan aikaan tiedämme, että polkupyörän käyttöön vaikuttaa merkittävästi pelko varkauksista ja ilkivallasta. Kun katsomme pyöräpysäköinnin nykyistä laatua ja näkyvyyttä sekä pyöräliikenteen reittejä asemille, voimme todeta synergian vielä valjastamattomaksi. Vertailukohtaa voi hakea Alankomaista, vaikka tunnistammekin lähtökohdat erilaisiksi. Erinomainen osoitus systemaattisesta edistämisestä saadaan junamatkustajien lukumäärän muutoksesta. Vuodesta 2000 vuoteen 2019 junamatkustajien määrä lähes tuplaantui Alankomaissa. Muutoksesta peräti 84 % selittyy matkustajilla, jotka tekevät liityntämatkan polkupyörällä, kertoi hollantilainen



Eeropekka Lehtinen
Sweco



Mikko Raninen
Sweco

asiantuntija Roland Kager pyöräliikenteen seminaarissa VeloFinlandissa Oulussa syyskuussa 2022.

Arkipäiväisissä matkoissa juna-asemien pyöräpysäköinnin kesto venyy vähintään työpäivän mittaiseksi, mikä asettaa korkeat laatusotavoitteet pysäköinnille. Mitä kauemmin pysäköinti kestää, sitä laadukkaampaa sen tulisi olla. Nykyään hyväksi perusratkaisuksi hyväksytään vielä valaistu katos ja laadukkaat telineet, mutta onko se riittävä kalliille sähkö- tai erikoispyörille? Yhä kalliimpien polkupyörien yleistyminen luo myös uusia laatuvaatimuksia pyöräpysäköintiin, sillä kukaan ei halua jättää kallista pyöräänsä asemalle, ellei ole varma, että se on siellä vielä paluumatkallakin. Suomessa ei ole vielä toteutettu kovin montaa laadukasta pyöräpysäköintikeskusta tai -tallia, vaikka ne yleistyvät kovaa vauhtia muualla Euroopassa. Myös Suomessa olisi useilla juna-asemilla perusteet ja kysyntää kulunvalvottuun, laadukkaaseen pyöräpysäköintiin.

Helsingissä on laitettu kehityspyörät pyörimään, eivätkä ne hetkeen pysähdy.

Helsingin kaupunki on aloittanut systemaattisen liityntäpyöräpysäköinnin kehittämisen metro- ja juna-asemillaan. Liityntäpyöräpysäköinnin kehittämistä vastaa nykyään Kaupunkiliikenne Oy (ent.

HKL). Kaupunkiliikenne Oy on aikatauluttanut kaikkien metro- ja juna-asemien liityntäpyöräpysäköinnin kehittämishankkeet vuosille 2021–2024.

Määrätietoista kehitysuunnitelmaa edelsi pitkäjänteinen prosessi, jossa selvitettiin kaikkien asemien pysäköinnin nykytila, siirrettiin liityntäpyöräpysäköinnin kehittämisen kokonaisvastuu Kaupunkiliikenne Oy:lle ja laadittiin jokaiselle asemalle tavoitteellinen kapasiteettitarve, laatuso ja toteutusbudjetti.

Helsingin pyöräpysäköinnin kehitysvastuu oli jaettuna pitkään Kaupunkiliikenne Oy:n sekä Helsingin kaupunkiympäristön toimialan välille niin, että Kaupunkiliikenne Oy vastasi metroasemien ja KYMP juna-asemien pyöräpysäköinnin kehittämistä. Kummallakaan taholla ei kuitenkaan ollut kokonaisvaltaista näkemystä pyöräpysäköinnin nykytilasta tai sen kehittämistarpeista. Henkilöautojen liityntäpysäköinnin vastuuta oltiin siirtämässä Kaupunkiliikenne Oy:lle, joten liityntäpyöräpysäköinti kannattaisi siirtää myös. Kehittäminen on selkeämpää ja tehokkaampaa, kun kokonaisvastuu on yhdellä organisaatiolla.

Ennen liityntäpyöräpysäköinnin vastuun siirtämistä, Kaupunkiliikenne Oy ja KYMP selvittivät jokaisen aseman pyöräpysäköinnin nykytilan, jotta oli selvää mitkä alueet ja telineet siirtyisivät toiselle hallinnoijalle. Samalla Helsingin kaupunki sai ajankohtaisen

tiedon liityntäpyöräpysäköinnin nykytilasta, joka vaihteli suuresti asemien kesken. Osalla asemista pyöräpysäköinti oli laadukkaampaa, toisaalla se oli ”alkuperäisessä kunnossa” eli ei nykyisiä laatustandardeja täyttävää.

Kaupunkiliikenne Oy laati asemakohtaisen kehittämissuunnitelman, joka sisälsi uusittavien telineiden määrän, kapasiteetin lisäyksen sekä yleistä laatua koskevia toimenpiteitä. Nykytilan kysyntää vastaava kapasiteettiarvio muodostettiin hyödyntämällä joukkoliikenteen nousijamääriä, ympäröivää väestömäärää yli 10 min. kävelymatkan, mutta alle 15 min. pyörämatkan päässä, aseman luonteen (pääteasema, ympäröivä maankäyttö jne.) sekä käyttöastelaskentojen tulosten avulla. Lopulta Helsingin pyöräliikenteen kehittämissuunnitelmaan vuosille 2020–2025 kirjattiin, että Helsingin juna- ja metroasemilla tulisi uusia 2500 telinepaikkaa ja lisätä kapasiteettia 2200:lla telinepaikalla. Oheiset luvut eivät sisältäneet esimerkiksi Kaisantunnelin pyöräpysäköintikeskuksen tai muiden suurten hankkeiden pyöräpysäköintiä. Osana Helsingin pyöräpysäköinnin yleissuunnitelmaa ja toteutusohjelmaa 2021–2025 selvitettiin myös pidemmän aikavälin kysyntää liityntäpyöräpysäköinnille. Kysyntäarvion viesti oli selkeä, nyt suunniteltavat parannukset eivät enää kata kysyntää kymmenen vuoden päästä, joten kehitystyön tulee olla jatkuvaa.

Asemakohtaiset kehitystoimenpiteet aikataulutettiin niin, että ensimmäisenä vuonna uusittaisiin neljän aseman pyöräpysäköinti, seuraavana kuuden ja niin edelleen, kunnes vuoteen 2025 mennessä kaikkien asemien pyöräpysäköinti olisi uusittu kokonaan. Helsinki on edennyt toistaiseksi suunnitelman mukaisesti ja seuraavat kuusi kohdetta ovat juuri lähdössä rakentumaan.

Turvallisten telineiden lisäksi asemakohtaisissa toimenpiteissä on nostettu esille pyöräpysäköinnin näkyvyys ja seudullinen brändi, joka tulee toistumaan kaikissa liityntäpyöräpysäköintikohteissa. Keltaiset ja näkyvät elementit ympäri seutua toimivat laatulupauksena asukkaille. Kohteisiin on toteutettu ja suunniteltu parannuksia valaistukseen ja opastukseen, pyöräkatokset toteutetaan viherkattoisina ja katutaiteella on parannettu yhden kohteen yleisilmettä. Liityntäpyöräpysäköinnistä halutaan tehdä näkyvää ja houkuttelevaa myös heille, jotka eivät vielä yhdistä polkupyörää ja raideliikennettä. Toteutuessaan kehityssuunnitelma luo kaikille Helsingin juna- ja metroasemille hyvän perustason, jota on luontevaa lähteä jatkokehittämään. Määrätietoinen kehittäminen ei suinkaan lopu vuonna 2024 vaan viimeistään silloin arvioidaan kohteet, joissa kapasiteetti ja laatu ei enää riitä. Kehittämissuunnitelma on aloittanut prosessin, joka tulee jatkumaan vielä pitkään.



LAP Ltd
HORIZONTAL DRILLING

Lännen Alituspalvelu Oy

- INTERNATIONAL HORIZONTAL DRILLING SPECIALIST -

Alitusporaukset yli 30 vuoden kokemuksella, kaikilla menetelmillä kaikkiin maalajeihin savesta kalliin.

Halkaisijat 50–2300 mm ja asennuspituudet jopa 1500 m.

puh. 02 538 3655

01420 mm

www.lannenalitus.com



Asema-alueiden kehittäminen

Miten asema-alueita tulisi kehittää?

Asema-alueet ja -seudut ovat Suomen nopeimmin kehittyviä ja muuttuvia alueita. Kehitystä ohjaavat mm. nopea kaupungistuminen, kestävyuden vaatimukset ja sähköisen joukkoliikenteen suosiminen. Asema-alueet sijaitsevat yleensä kaupunkirakenteen edullisimmilla ykköspaikoilla suurimpien kävelijä- ja asiakasvirtojen reiteillä ja alueet kiinnostavat investoijia ja palveluiden tarjoajia. Asema-alueiden lähelle sijoittuu usein myös potentiaalista rakentamisen laajennustilaa, ratapiha-alueita, joita ei enää tarvita vanhassa laajuudessaan. Ratapihoilta vapautuvat maa-alueet mahdollistavat laajoja kaupunki-kehityshankkeita asema-alueiden ja kaupunkikeskustojen lähellä.

Arkkitehteinä ja suunnittelukonsultteina olemme saaneet olla mukana monissa erittäin keskeisissä ja kiinnostavissa asemaympäristöjen kehitys- ja rakennushankkeissa, niin viite- ja kaavasuunnittelussa, kuin arkkitehti- ja rakennussuunnitelmien ja ympäristösuunnitelmien laatimisessa. Näiden töiden ja kohteiden kautta on muodostunut kokemus ja näkemys, miten asema-alueita tulisi kehittää ja mistä kaikista tekijöistä muodostuu hyvä asema-alue ja sen suunnitteluratkaisut, sekä miten yhteistyö eri osapuolien ja toimijoiden kanssa saadaan toimimaan. Suunnittelutyö edellyttää erittäin monialaista osaamista ja yhteistyötä. Tämän kokemuksen avulla pystymme yhä paremmin vastaamaan kysymykseen: miten asema-alueita tulisi kehittää ja suunnitella niin, että erilaiset tavoitteet ja tarpeet yhdistyisivät tasapainoisesti ja kestävästi - ja miten voisimme suunnitella tulevaisuutta varten jo tänään.

Asema-alueet ovat tietenkin liikenteen ja palveluiden paikkoja, mutta ne voivat olla paljon enemmänkin. **Asemaympäristö voi olla parhaimmillaan kuin ”pieni kylä tai kaupunki”, joka tuo yhteen ja liittää kaikenlaiset ihmiset, palvelut, mukavuudet ja kohtauspaikat jo asema-alueella itsessään kävelyetäisyydellä monipuolisena ympäristönä.**

Tällä ei tarkoiteta, että asemaympäristöjä tulisi kehittää yksipuolisesti vähittäistavarakaupan myynnin, kauppakeskusympäristömäisinä paikkoina, vaan oikean kaupunkikeskustan luontaisia paikkoja: ihmiskohtaamisen, kahviloiden ja ravintoloiden paikkoina. Asema-alueista on syytä luoda julkista keskusta- ja kaupunkitilaa, joka liittyy toiminnot ja luo kutsuvia paikkoja viihtymiseen, oleskeluun ja paikallisidentiteetin muodostumiseen. Koska asema-alueilla on yleensä ylivoimaisesti parhaat julkisen liikenteen yhteydet, sopisivat ne erityisen luontevasti nuorten, koulutuksen ja tulevaisuuden tekemisen paikkoina.



Matti Tapaninen
WSP Finland Oy

Suppea kiteytetty lista keskeisimmistä kehittämistavoitteista näyttää tältä:

1. Yhdistää kestävät liikkumismuodot ja matkaketjut laadukkaasti ja esteettömästi
2. Huomioi maisema- ja rakennushistoria-arvot
3. Viherympäristö osana miljöötä
4. Eläviä kaupunki- tai kyläkeskustoja palveluineen
5. Rakentaminen on muuntojoustavaa
6. Tulevaisuuden tekemisen paikkoja, ihmisten kohtaaminen, koulutus

Valikoituja esimerkkikohteita

Seuraavassa muutamia valikoituja esimerkkejä ja kuvia asema-alueiden hankkeista, joissa edellä mainittuja tavoitteita on voitu yhdistää asemaympäristöissä.

Tampereen asemakeskus

Tampereen asemakeskuksen kohteen laajuus on 210 000 kem² ja se on Tampereen kaupungin merkittävin strateginen liikenne- ja rakentamishanke lähivuosina. Asemakeskuksen lähtökohtana on visio kaikkien matkustusmuotojen hyvin toimivasta solmukohdasta, joka on vetovoimainen liike-elämän, työpaikkojen, palveluiden ja asumisen keskittymä. Tavoitteena on luoda korkeatasoista kaupunkiarkkitehtuuria. (Asemakaavoitusta on laadittu yhteistyössä Tampereen Kaupungin, WSP:n, COBE ja Lunden arkkitehtien kanssa. WSP:ltä työssä ovat olleet mm. arkkitehti Anni Laurila, Tuomas Vuorinen ja Terhi Tikkanen-Lindström.)

Pieksämäen hiilineutraali asema-alue

Pieksämäki on esimerkki pienemmästä rautatiekaupungista. Pieksämäen asema-alueesta ja matkakeskuksesta laadittiin viitesuunnitelma ja hiilineutraalisuustarkastelu asemakaavoitusta ja erillisiä kiinteistöhankeita varten. Tulevaisuudessa alue yhdistää erilaiset kestävät liikkumismuodot, hyvät pyörä- ja kävelytiet sekä joukkoliikenteen. Matkaketjuista suunniteltiin mahdollisimman toimiva kokonaisuus varmistamalla lyhyet ja helpot vaihdot eri kulkumuotoihin. Ympäristötavoitteisiin vastattiin kestäväillä liikkumismuodoilla sekä tekemällä tilavaruuksia sähköisen joukko- ja ajoneuvoliikenteen tarpeisiin. Uusiutuvat energiamuodot ja ympäristöystävälliset rakennusmateriaalit sisällytettiin suunnitelmaan. Tavoitteena oli vihreä ja virkeä paikka, jossa alueen historia ja uusi moderni imago yhdistyivät. (Suunnittelu WSP arkkitehti-päsuunnittelija Matti Tapaninen ja arkkitehti Anni Laurila.)

Helsingin Kaisantunneli

Helsingin rautatieasema on Suomen vilkkain asema ja paikka. Asema ja raiteet ovat kuitenkin erottaneet keskustan eri puolia. Kaisantunneli on jalankulku- ja pyöräilytunneli, joka yhdistää radan eri puolet ja Kansalaistorin Kaisaniemen puistoon. Tunnelin pituus on 230 metriä ja se alittaa 19 raideparia ja pohjavesitasen. Tunneli valmistuu vuoden 2024 alussa. Sen kautta arvioidaan liikkuvan parhaimmillaan peräti 10 000 pyöräilijää päivässä. Tunneliin rakennetaan myös kookas 1200 m² kokoinen pyöräpysäköintikeskus noin 1200:lle polkupyörälle. (Työn urakoitsija on Destia Oyj ja rakennussuunnitelman on laatinut WSP, arkkitehti pp. Matti Tapaninen ja rakennesuunnittelu ps. Simo Rautajärvi.)

Espoon kaupunkirata Tuomarilan ja Kaukalahden asemat

Espoon kaupunkirata käsittää kahdeksan asemaa ja 14 kilometrin rataosan. Hankkeessa asemille toteutetaan nykyistä parempi palvelutaso. Hanketta on suunniteltu maisemaratana, jossa yhdistyy asemakohtaiset taidekonseptit. Asemille toteutetaan arkkitehtuuriltaan laadukkaat laiturit ja laiturikatokset, esteetön ja puistomainen ympäristö. Aseman yhteyteen on suunniteltu myös liityntäpysäköintitalo, joka käsittää mm. alakerroksen kahvilan ja katon näköala- ja puutarhakaton. Rakennusrunko on suunniteltu muuntojoustavina ja sallii tulevaisuudessa erilaisia käyttötarkoituksia. (Suunnittelu: WSP arkkitehti Matti Tapaninen, Alex Oljemark, Tuomas Vuorinen ja Olli Haveri.)



MIPRO



Tervetuloa

juttelemaan Mipron asiantuntijoiden kanssa
RATA 2023 -seminaariin.

Tampere-talo, 17.-18.1.2023

mipro.fi

Uudet laskentamenetelmät raideliikenteen tärinän ja runkomelun arvioinnissa

Raideliikenteen tärinä- ja runkomeluselvityksiä on perinteisesti laadittu melko yksinkertaisilla laskentamenetelmillä. Näiden hyvänä puolena on käytön helppous, mutta toisaalta tarkkuus ei välttämättä ole aina riittävä. Lisäksi laajojen alueiden laskennallisia selvityksiä ei ole ollut mahdollista tehdä meluselvitysten tapaan eli siten, että vaikutukset olisi laskettu kunkin kiinteistön osalta erikseen. Tähän syynä on ollut kaupallisten ohjelmistojen puute sekä se, että käsin laskennalla työ olisi ollut liian työläs. Viime vuosina on kuitenkin kehitetty sekä tarkempia että laajojen alueiden tarkemman arvioinnin mahdollistavia algoritmiavusteisia laskentamenetelmiä. Nämä mahdollistavat tarkemman suunnittelun sekä erilaisten toteutus- ja vaimennusratkaisujen kunnon vertailun, jolloin on mahdollista löytää tärinän ja runkomelun torjunnan osalta teknistaloudellisesti parhaat ratkaisut kullekin rataosalle.

Uudet laskentamenetelmät

Raideliikenteen värähtelyongelmia, tärinää ja runkomelua, on suunnittelualalla perinteisesti laskettu ja arvioitu yksinkertaisilla, usein empiirisiin havaintoihin perustuvilla malleilla ja menetelmillä. Ilmiöitä voidaan kuitenkin tarkastella myös tarkemmin numeerisia menetelmiä kuten elementtimenetelmää (FEM) hyödyntämällä (kuva 1). Teknologisen kehityksen myötä tietokoneiden laskentakapasiteetti ei enää muodostu esteeksi isompien mallien tai suurempien taajuuksien laskemiseen elementtimenetelmällä, jolloin menetelmää voidaan tehokkaasti hyödyntää myös suunnittelualalla.

Elementtimenetelmällä rakennuksen tärinä- ja runkomelutasoja voidaan arvioida suunnitteluvaiheessa yleisesti käytettyjä



Timo Huhtala
A-Insinööri

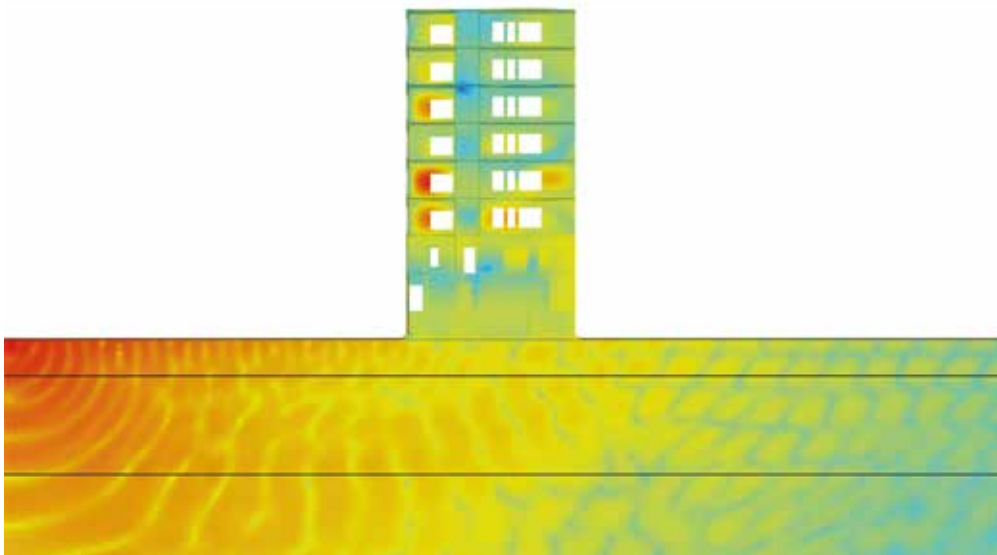


Benjamin Oksanen
A-Insinööri

laskentakaavoja tarkemmin ja yksityiskohtaisemmin. Esimerkiksi erilaisten runkoratkaisujen vaikutusta rakennuksessa esiintyviin tärinä- ja runkomelutasoihin voidaan tarkastella FEM-laskentamallilla tehokkaasti ja nopeasti. Tarkemmilla menetelmillä voidaan parhaimmillaan saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä. Jos tärinä- ja runkomeluluolosuhteet mallinnetaan hankkeen varhaisessa vaiheessa, ongelmat on mahdollista ratkaista jo suunnittelupöydällä ilman järeitä ja kalliita vaimennustoimenpiteitä. Nykyaikaiset työkalut taipuvat erilaisten värähtelyilmiöiden mallintamiseen oli kyse ratarakenteen dynaamisesta käyttäytymisestä, maaperään sijoitettavista vaimennusratkaisuista tai kokonaisista tornitaloista.

Algoritmiavusteisella suunnittelulla voidaan tehostaa suunnittelua, hallita laajempia tietomääriä sekä vapauttaa asiantuntijoiden resursseja tois-
tuivasta työstä projektin haastavimpiin ja erityisosaamista vaativiin tehtäviin. Algoritmiavusteinen suunnittelu mahdollistaa väylähankkeissa entistä laajempia, mutta myös tarkempia tärinä- ja runkomeluselvitykset. Hankkeissa voidaan esimerkiksi vertailla raiteiden eri pohjanvahvistamistapoja sekä vaimennusratkaisuja ratarakenteissa tai maaperässä sekä laskea eri olosuhdeluokkiin sijoittuvien rakennusten määrät laajoiltakin alueilta kussakin tapauksessa. Tämä tieto yhdistettynä vaimennus-

ratkaisuiden kustannustietoon mahdollistaa panoshyötysuhteen vertailun erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen välillä. Algoritmiavusteista suunnittelua on mahdollista hyödyntää lisäksi FEM-laskentamallin luomisessa sekä erilaisten runkovaihtoehtojen generoinnissa.



Kuva 1. Elementtimenetelmällä tehty mallinnus mahdollistaa tarkemman arvioinnin rakennuksen runko- ja perusratkaisujen osalta. Mallinnukseen voidaan syöttää herätteeksi mitattu heräte suunnittelualueelta. Lisäksi maaperän ominaisuuksia voidaan mallinnusta varten kartoittaa suorittamalla alueella maaperän karakterisointi- ja siirtofunktiomittauksia.

Esimerkkinä Kouvola–Kotka–Hamina-rata

Kouvola–Kotka/Hamina-ratahankkeen tavoitteena on parantaa liikennöinnin täsmällisyyttä ja nostaa rataosan kapasiteettia välityskykyä kasvattamalla. Lisäksi hanke parantaa liikenteen palvelutasoa ja tavaraliikenteen toimintaedellytyksiä mm. nostamalla radan akselipainoa 25 tonniin. Hankkeen yleissuunnitteluvaiheessa keväällä 2021 laadittiin tärinäselvitys algoritmiavusteisesti koko hankealueelle, joka käsitti noin 80 ratakilometriä ja 35 000 kiinteistöä. Uusi menetelmä mahdollisti hankealueen kaikki kiinteistöt kattavan tärinälaskennan toteuttamisen tehokkaasti. Kattava laskenta oli edellytys kokonaistilanteen selvittämiseksi ja tämän avulla oli mahdollista tunnistaa tärinän kannalta kriittisimmät kohdealueet seuraavaa suunnitteluvaihetta varten. Jatko-suunnittelussa kohdealueilla toteutettiin maaperän siirtofunktio- ja karakterisointimittauksia, joista saatujen tulosten avulla kohdealueiden laskentamalleja varmennettiin ja tarkennettiin. Kohdealueiden osalta laskettiin lisäksi erilaisten tärinävaimennus-

ratkaisujen vaikutukset kunkin rakennuksen osalta sekä arvioitiin ratkaisujen kustannukset suojattua kiinteistöä kohden. Kohdekortteihin koottujen tulosten avulla voidaan vertailla hankkeen sisäisesti eri alueiden osalta tärinävaimennuskeinojen tarpeellisuutta, toteutettavuutta sekä kustannustehokkuutta.

Uusi menetelmä hyödyntää erilaisia avoimen datan aineistoja sekä eri suunnittelualojen materiaaleja ja tuottaa näistä karttapohjaisen käyttöliittymän (kuva 2). Käyttöliittymän avulla voidaan hallita laskentaparametreja sekä visualisoida tuloksia helposti tulokittavaan muotoon. Isojen ratahankkeiden yhteydessä aineistojen tehokas hallinta sekä eri toteutus- ja vaimennusvaihtoehtojen vaikutusten arviointi on edellytys teknistaloudellisesti parhaiden ratkaisujen löytämiseksi. Älykkäitä algoritmeja hyödyntämällä rutiinomainen ja aikaa vievä työ voidaan antaa tietokoneen tehtäväksi, jolloin asiantuntija voi keskittyä suunnittelussa omaan osaamisalueeseensa.



Kuva 2. Työkalun karttapohjaisessa käyttöliittymässä tärinän ja runkomelun laskenta voidaan tehdä niin laajoille alueille kuin yksityiskohtaisempana tarkasteluna.

EPF
ELECTRIC POWER FINLAND OY

**SÄHKÖNJAKELUN
AMMATTILAINEN**

- Sähkönjakelu
- Turvalaite-, yhävavirta- ja sähköratatyöt
- Muuntamot
- Koestus- ja käyttöönottopalvelut
- Suunnittelu

www.epf.fi

Tarkastelussa maankäytön ja liikenteen yhteiset vaikutukset

Maankäytön ja liikenteen välillä esiintyy monimutkainen vuorovaikutus, jossa toimintojen sijoittuminen vaikuttaa liikenneverkon kehittämistarpeisiin ja käytössä oleva liikennejärjestelmä vaikuttaa eri sijaintien houkuttelevuuteen ja toimintojen sijoittumiseen. Maankäytön ja liikenteen suunnitteluprosessit ovat kuitenkin olleet perinteisesti erilliset. Muun muassa lainsäädännön kehityksen myötä prosessit ovat lähentyneet, mutta maankäytöratkaisujen ja liikennejärjestelmän kehittämisen yhteisvaikutusten arviointi on edelleen sirpaleista. Tämä hankaloittaa kokonaiskuvan muodostamista esimerkiksi päästöjen ja taloudellisten vaikutusten arvioinnissa.

Aihepiiriä käsitellyt esiselvitys valmistui keväällä 2022 ympäristöministeriön, liikenne- ja viestintäministeriön, FLOU Oy:n ja Lundén Architecture Companyn yhteistyönä.

Maankäyttö ja liikenne muodostavat saavutettavuuden

Kuvassa 1 on keltaisin nuolin esitetty maankäytön ja liikenteen vuorovaikutuksen yksinkertaistettu ilmiöketju (mukaillen Wegener 2004: Overview of land use transport model, Handbook of transport geography and spatial systems). Maankäyttö vaikuttaa aktiiviteettien sijainteihin, jotka vaikuttavat yhdessä liikennejärjestelmän ominaisuuksien (mm.



Taina Haapamäki
FLOU Oy



Mikko Jääskeläinen
LVM

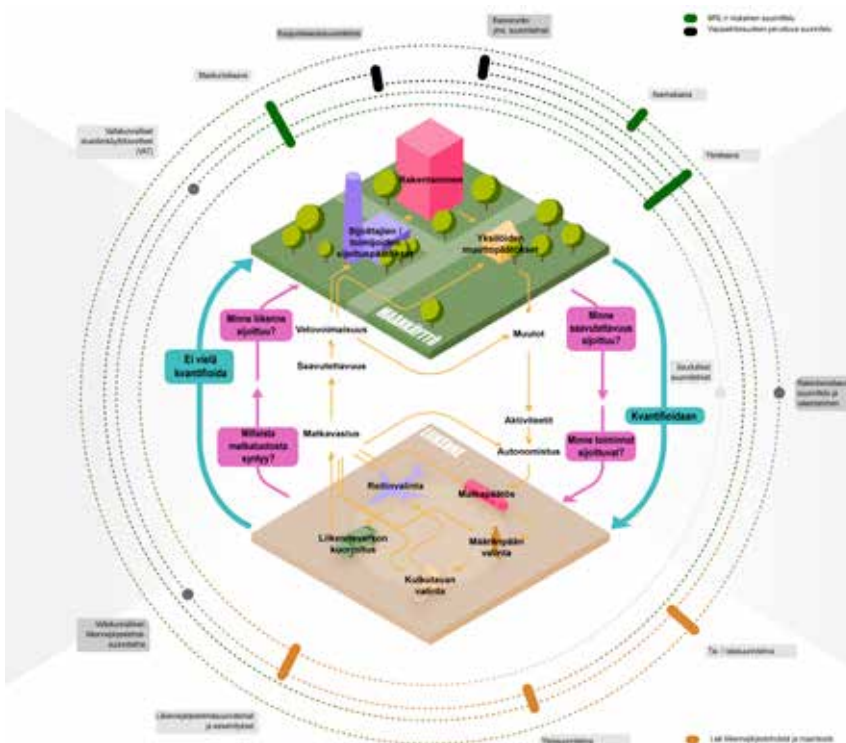
matka-ajat eri kulkutavoilla) kanssa siihen, omistetaanko autoja, mihin liikutaan, millä kulkutavalla kuljetaan ja mitä reittiä käytetään. Liikenneverkon käyttö vaikuttaa alueiden välisiin matka-aikoihin ja -kustannuksiin ruuhkien muodossa. Matka-ajat vaikuttavat saavutettavuuteen ja alueiden vetovoimaisuuteen, mikä taas vaikuttaa väestön ja toimintojen sijoittumiseen.

Ilmiön ymmärtäminen on tärkeää, koska suunnittelu- ja toteutus päätöksillä ja niistä seuraavalla yhdyskuntarakenteella on kauaskantoisia vaikutuksia muun muassa päästöihin ja taloudelliseen toimeliaisuuteen. Muutokset maankäyttöön ja liikenneverkkoihin sekä muutokset asuinpaikoissa ja toimintojen sijoittumisessa vievät vuosista vuosikymmeniin, joten tavoitteiden vastaisia päätöksiä ei saada korjattua nopeasti.

Lakisääteiset ja vapaaehtoiset kaava- ja -suunnitelmatasot ohjaavat kehitystä

Saavutettavuuden ilmiöiden lisäksi maankäytön ja liikenteen kehitystä ohjaavat lukuisat lakisääteiset ja vapaaehtoisuuteen perustuvat kaava- ja suunnitelmatasot. Hankkeiden vaikutusten ennakoimiseksi tulee arvioida, miten maankäytön suunnitelma vaikuttaa mm. matkatuotoksiin ja liikenteen päästöihin. Maankäytön liikennevaikutuksia arvioidaankin jo laajasti osana maankäytön ja liikenteen suunnitteluprosessia. Liikennejärjestelmän vaikutukset maankäyttöön ovat kuitenkin yksittäisten, pääasiassa raideliikenteen hankkeisiin liittyvien analyysien varassa.

Esiselvityksessä tarkasteltiin kolmea erilaista suunnitteluprosessia, jossa liikennehankkeella oli merkittävä kytkentä maankäytön suunnitteluun. Tarkastellut tapaukset olivat: Tampereen raitiotie, Lahden eteläinen kehätie ja Uudenmaan maankuntakaava. Eri tapauksissa korostuivat niin kaupunki-kehityshankkeiden moninaiset tavoitteet, ulkoisvaikutuksille altistuvien minimointi kuin analyttisten maankäytön ja liikenteen arviointityökalujen hyödyntäminen suunnitteluprosesseissa. Maankäytön ja liikenteen yhteiset vaikutukset voivat liittyä yhtä lailla liikenteen suorien (esim. saavutettavuusvaikutukset) kuin ulkoisvaikutusten kohdistumisen (esim. lähipäästöt) optimointiin.



Kuva 1. Maankäytön ja liikenteen vuorovaikutus sekä siihen lainsäädännöllinen kehikko. Grafiikka: Ron Aasholm, Lundén Architecture Oy.

Johtopäätökset

Maankäytön ja liikenteen yhteisen vaikutusarvioinnin kehittämisen esiselvityksen perusteella voidaan nostaa esiin viisi keskeistä johtopäätöstä:

1. Maankäyttösuunnitelmien vaikutuksia liikennetarpeisiin arvioidaan laajasti. Sen sijaan liikennejärjestelmän vaikutuksia sijaintien houkuttelevuuteen ja toimintojen sijoittumiseen arvioidaan Suomessa melko vähän ja arvioinnit keskittyvät lähinnä raidehankkeisiin.
2. Organisatorisesti maankäytön ja liikenteen suunnittelun prosessit ovat eriytyneet. Eriytyminen huonontaa mahdollisuuksia ilmiöiden välisen vuorovaikutuksen huomioivaan iteratiiviseen suunnitteluun.
3. Saavutettavuus on maankäytön ja liikenteen yhdistävä teema. Saavutettavuuden tulisi näkyä sekä maankäytön että liikennejärjestelmän arviointikehikoissa. Maankäytön suunnitelmien osalta voidaan tietyin ehdoin tehdä taloudellisia arvioiteja, kun syy-seuraussuhteet tunnetaan eli saavutettavuusvaikutukset voidaan kytkeä toimenpiteisiin. Liikennejärjestelmän arvioinneissa tulisi huomioida vaikutukset maankäyttöön nykyistä paremmin mm. ilmastovaikutusten arvioimiseksi.
4. Maankäytön ja liikenteen yhteisiä vaikutusarvioiteja tarvitaan, jotta saadaan selvitettyä maankäyttö- ja liikennesuunnitelmien vaikutuksia ilmastoon ja talouteen.
5. Jo nykyisellään liikenteen kysyntämallien kautta on mahdollista tarkastella saavutettavuuden muutoksia ja sitä kautta liikennejärjestelmän vaikutuksia maan houkuttelevuuteen ja toimintojen sijoittumiseen. Tarkempi arviointi edellyttää mallien jatkokehitystä tietovarantojen kasvattamiseksi ja yhteismitallisten seutukohtaisten tulosten edistämiseksi.

Jotta maankäytön ja liikenteen yhteistä vaikutusarviointia voidaan kehittää, tarvitaan syy-seuraussuhteiden tunnistamista siinä tarkkuudessa, että liikennesuunnitelmia voidaan arvioida siihen kytkeytyvällä maankäyttöskenaariolla. Raidehankkeiden kannalta keskeisin kysymys ovat erilaisiin liikennesuunnitelmiin ja liikennejärjestelmäsuunnitelmiin liittyvät välilliset matkustajahyödyt sekä liikenteen päästöt, eli uudelleen sijoittuneen väestön ja toimintojen vaikutukset suhteessa tilanteeseen, jossa hankkeita ei olisi toteutettu. Tämän ilmiö näkyy vahvasti hankeperusteluissa, mutta sen arviointi hakee vielä muotoaan Suomessa.

Jatkotoimenpiteet

Suosituksena maankäytön ja liikenteen yhteisen vaikutusarvioinnin kehittämiseksi suositellaan yhteisvaikutusten arvioinnin parempaa integroimista suunnitteluprosesseihin esimerkiksi skenaariotarkasteluin, analyysien käyttökulttuurin systemaattista fasilitoimista vuorovaikutuksen keinoin, menetelmäkehitystä maankäytön ja liikenteen vuorovaikutuksen arviointiin sekä menetelmien pitkäjänteistä ylläpitoa. Selvää on, että arviointimenetelmien kehittäminen on vain pieni osa niiden saamista osaksi päätöksentekoa.

Yhteisvaikutusten arvioinnin kehittämistä on työn jälkeen jatkettu käynnistämällä valtioneuvoston selvitys ja tutkimushanke liikennehankkeiden maankäyttövaikutusten jälkiarvioinnista. Myös kaupunkiraidehankkeiden hankearvioinnin kehittämistä on parhaillaan meneillään esiselvitys. Liikenne- ja viestintävirastossa on käynnissä monivuotinen uuden valtakunnallisen liikenne-ennustemallin kehitystyö, joka valmistuessaan parantaa edellytyksiä mm. yhteismitallisten saavutettavuusarviointien laatimiseen. Esiselvitys maankäytön ja liikenteen yhteisen vaikutusarvioinnin kehittämistä on kokonaisuudessaan luettavissa osoitteessa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163929>



eTrain

Junaelektroniikan asiantuntija
Rautatiekaluston elektroniikkajärjestelmien suunnittelu ja huoltopalvelut.

040 6855 685 / www.etrain.fi



Rautatiejärjestelmän ammattilainen

SAT *koulutuspalvelut*

Koulutus-, henkilöstö- ja asiantuntijapalvelut
www.satkoulutuspalvelut.fi

Raakapuukuormauspaikkaverkoston kehittäminen

Merkittävimmät raakapuvirrat Suomen rataverkolla kulkeutuvat Lapista sekä Kainuusta Oulun ja Meri-Lapin tuotantolaitoksille, Kainuusta, Pohjois- ja Etelä-Savosta Keski- ja Kaakkois-Suomen tuotantolaitoksille sekä Pohjois- ja Etelä-Karjalasta Etelä-Karjalan sekä Kaakkois-Suomen tuotantolaitoksille. Aiemmin huomattava osuus Suomessa käytettävästä raakapuusta tuotiin myös Venäjältä, mutta muuttuneen maailmantilanteen myötä venäläinen tuontipuu korvautuu merkittävässä määrin kotimaisella puulla. Rautatiekuljetusten merkittävimmät tavaralajit ovat raakapuun ja hakkeen kuljetukset sekä metsäteollisuuden tuotekuljetukset. Metsäteollisuuden investoinnit, rautatiekuljetusten kilpailukyvn varmistaminen sekä muuttunut maailmantilanne ovat kaikki osatekijöitä, jotka on hyvä huomioida raakapuukuormauspaikkaverkoston kehittäessä.



Aki Korkeamaa
Proxion

Kotimaisen raakapuun käytön lisääminen tuo kasvupaineita myös rautateiden raakapuukuljetuksille. Tämä on hyvä huomioida kuormauspaikkaverkoston kehittäessä, mutta myös rautateiden kuljetusreittejä suunniteltaessa. Pitkittäisissä, pohjois-eteläsuuntaisissa raakapuun rautatiekuljetuksissa Kontiomäki–Iisalmi-radalla, Savon radalla sekä Karjalan radalla on merkittävä rooli. Edellä mainitut radat ovat jo nykytilanteessa ruuhkaisia. Mikäli kotimaisen raakapuun kuljetusmäärät kasvavat merkittävästi, tulisi tämä huomioida näiden ratojen kehittämisessä, mutta myös vähemmällä käytöllä olevien Kontiomäki–Joensuu-radan sekä Savon ja Karjalan välisten poikittaisyyhteyskehittämisessä.

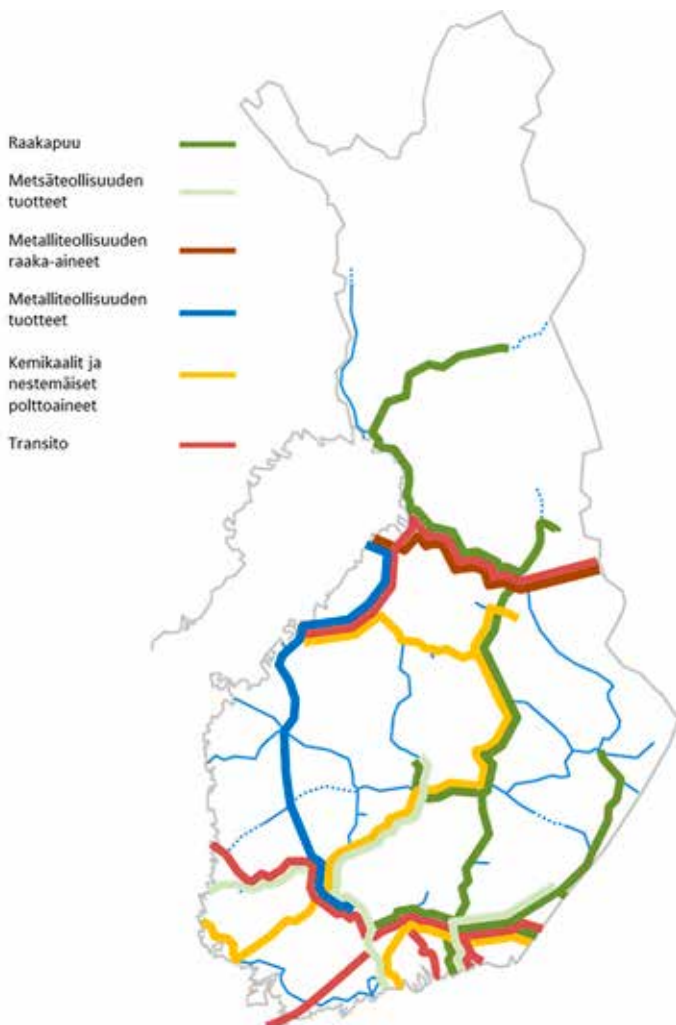
Kemin biotuotetehtaan investoinnin myötä raakapuun kuljetusketjua Kainuusta Meri-Lappiin parannetaan merkittävästi toimilla, joihin kuuluvat mm. Pesiökylän uusi kuormauspaikka, Pesiökylä–Kontiomäki-radan parannus, Vuokatti–Kontiomäki-radan parannus, Kontiomäki–Oulu-radan parannus sekä Oulu–Kemi-radan parannus. Parannustoimenpiteiden myötä näillä rataosilla pystyy jatkossa kulkemaan enemmän ja pidempiä junia, mikä tehostaa erityisesti tavaraliikenteen kilpailukykyä.

Raakapuukuormauspaikkaverkoston kehittäessä on hyvä huomioida myös paikallisten ja keskitettyjen kuormauspaikkojen rooli. Olemassa olevilla kuormauspaikoilla voi olla tärkeä merkitys metsäteollisuuden toimijoille alueellisesti, vaikka isompi ja keskitetty suurempi kuormauspaikka voisi lukujen perusteella olla tehokkaampi. Puu on silti tuotava metsistä kuormauspaikoille.

Sidosryhmäyhteistyön merkitys

Raakapuukuormauspaikkaverkoston yksittäistä raakapuukuormauspaikkaa selvittäessä ja suunniteltaessa tulisi kerätä yhteen kaikki toimijat, joita hanke koskettaa. Näihin kuuluvat Väyläviraston lisäksi alue ja alueen viranomaiset, metsäteollisuus, rautatieoperaattorit sekä liikenteenohjaus. Kun vuoropuhelu mahdollisimman monen tahon kanssa aloitetaan heti projektin alkuvaiheessa, voidaan jokaisen näkemykset sovittaa parhaan mahdollisen tiedon mukaan. Yhteensovituksella on merkittävä rooli, kun määritellään metsäteollisuuden tarpeita, kaavoituksen ja ratakannan suunnittelua sekä toiminnallisuutta rautatieoperaattorien ja liikenteenohjauksen näkökulmasta.

Parhaimmillaan lopputuloksena on toimiva raakapuukuormauspaikka, joka sijaitsee hyvällä etäisyydellä ja hyvien liikenneyhteyksien päässä raaka-aineista, eikä kuormauspaikan toiminta kuitenkaan häiritse ympäröivää asutusta tai siihen liittyvää liikennettä. Näiden lisäksi itse kuormauspaikan raiteisto on tehokas operoitava rautatieoperaattorille, ja raakapuuliikenne saadaan sovitettua muuhun raideliikenteeseen.



Kuva 1. Rataverkon merkittävimmät kuljetusreitit tavaralajeittain.

Tie- tai ratahankkeen eteneminen



Modernit ja toimivat kuormauspaikat

Modernia ja toimivaa kuormauspaikkaa suunniteltaessa tulisi kiinnittää huomiota mm. kuormaukseen ja operointiin, riittäviin kuormaustiloihin ja raidepituuksiin, kuivatukseen, mahdolliseen operointiin sähkö- tai dieselvetureilla, turvalaitteisiin, tasoristeyksiin, riittäviin varastoalueisiin, valaistukseen, lumi- ja lumenläjitystiloihin, kuormauspalvelun toimintoihin sekä tieyhteyksiin kuormauspaikoille.

Kuva 2. Infografiikka tie- tai ratahankkeen etenemisestä.



The Role of Rail in a Sustainable Mobility System

Introduction – the Paradigm shift

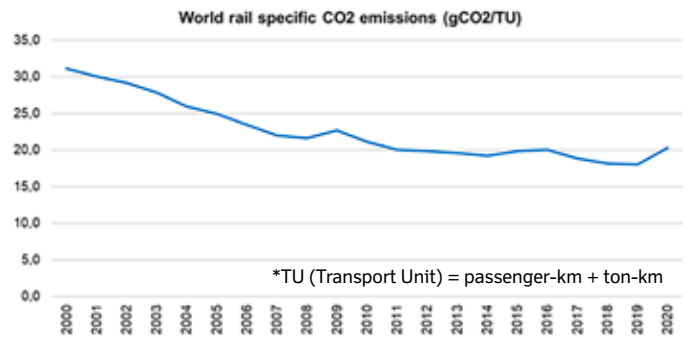
We know that rail is already the most sustainable mode of mass public transport – and you are certainly working to improve it even further. We also know that a modal shift for passengers and goods to rail from road and aviation is one of the most effective ways to make transport more sustainable.

¹According to the International Energy Agency’s Net Zero Emissions by 2050 scenario, a modal shift to rail, stimulated by policy initiatives based on ambitious targets, can play a decisive role in cutting carbon emissions from the transport sector. Over the last decade only 6-7% of passenger journeys were made by rail. Therefore, in the decade ahead, this must increase by over 40%, and freight logistics flows will need to exploit rail’s potential more actively in terms of volume and efficiency. Estimates based on the IEA World Energy Outlook point to a potential to cumulatively reduce CO₂ emissions between now and 2050 by 460Mt, which is the equivalent of all heavy-duty road freight tailpipe emissions in 2021 from Mexico, the



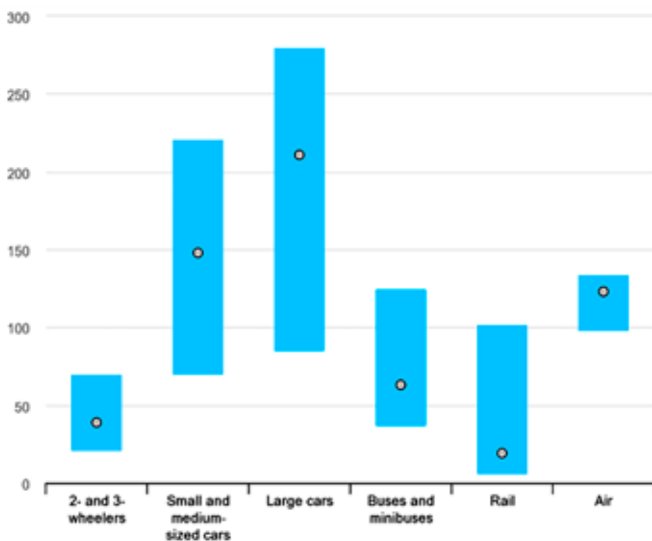
Lucie Anderton
UIC

United States, and Canada combined. This can be achieved by shifting activity to rail. By 2050 about 15% of flights should be moved to high-speed rail, as well as more than 2% of private vehicle road travel. Additionally, the railways’ efficiency must be further improved while the carbon intensity of rail operations is reduced. Rail is continuing on a path of innovation, increasing its energy efficiency over other transport modes while its seamless links allows rail to be the backbone of both passenger and freight networks, which considerably reduces emissions. For passengers, rail is also improving its customer experience, with a focus on comfort and utility in both trains and stations.



Source: IEA - Greenhouse Gas Emissions from Energy; OECD; UIC

1 IEA, Well-to-wheel (wake/wing) GHG intensity of motorised passenger transport modes, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/well-to-wheel-wake-wing-ghg-intensity-of-motorised-passenger-transport-modes-2>, IEA. Licence: CC BY 4.0



Energy efficient and low carbon mobility

Phasing out fossil-fuels is a priority for climate action in the transport sector. Decarbonising the sector will require a coordinated approach, with energy efficiency and energy sourcing being addressed in parallel. Trains are the most electrified of any mode of transport and are also the only ones to have reduced their emissions. Projects to electrify railways are consistently rolled out while energy efficiency is improved, and the generation of dedicated and additional renewable energy is invested in. Energy efficiency has improved by 25% in the last 15 years, with total GHG emissions from railways having halved in the same period. Investment in alternative sustainable energy solutions like battery-powered and hydrogen-powered trains demonstrate continued innovation in the energy and transport nexus.

Case Study: The Ethio-Djibouti Railway (EDR)

EDR is a great example of the multiple benefits brought by electrifying railway corridors in Africa. Inaugurated in 2018, the fully electrified 760km line gives sea access to landlocked Ethiopia, carrying over 2 million tonnes of goods per year. This line is powered by new hydroelectric plants and generates enough to reduce the per unit cost of energy, and makes the operation competitive against diesel-powered lorries. This modal shift also

reduces fuel costs and dependency as well as avoiding emitting an estimated 144,000 tonnes of CO₂.

Transforming cities and connecting communities

Global city versus rural populations are projected to increase to 58 per cent over the next 50 years, with Africa and Western Asia projected to experience the biggest shift in this respect. As well as its vital contribution to decarbonising transport, More Trains will bring broader social and economic benefits, including having healthier and more productive cities, and preventing urban sprawls. With more people and goods on trains, less vehicles are used which means that those continuing to use the roads can travel faster and more efficiently. This not only reduces greenhouse gas emissions but also benefits the economy by reducing congestion costs. Private cars are also one of the main causes of urban pollution, accounting for 60.7% of total CO₂ emissions from road transport in Europe. More Trains would mean fewer cars and cleaner air while equally reducing deaths and injuries caused by road accidents substantially.

Case Study: Inclusive transport system design in Buenos Aires

Upgrades to two commuter lines are being designed with passenger needs as the focal point, while aiming for greater and greener mobility for the people of the city. The rail improvements will serve some of the most vulnerable low-income neighbourhoods and include electrification, renovating tracks, modernising the stations, and surrounding areas, and investing in new vehicle underpasses and pedestrian bridges. Investment will deliver a better experience for passengers in general by offering a safer, faster, and more frequent railway service. In Buenos Aires, women rely more heavily than men on informal and public transport (50% versus 37%) while at the same time 72% of women say they don't feel safe on these commutes (although 58% of men say the same). Many of the upgrades respond specifically to these issues. New, brighter lights, security cameras, and emergency kiosks will improve safety for women, LGBTQ+ individuals, and anyone else who may feel insecure in a large public space. Following an extensive round of consultations, the project design also includes new ramps and signs to make it possible for people with disabilities to navigate trains and stations. In addition to benefiting travellers, this project also has clear environmental benefits as it provides an incentive for people to stop using their cars and reduce greenhouse gas emissions from transport. Furthermore, the upgraded infrastructure will be designed to withstand extreme weather events and other risks due to climate change¹.

Seamless Connectivity and Customer Experience

The future of sustainable mobility will inevitably be multimodal. Therefore, it will be necessary to shift goods and passengers to more sustainable modes of transport, finding the right mode or modes for the right journey. Railways function as a hub for all manner of journeys in a seamless and connected way and, in particular, avoid emissions by shifting multimodal transport from private cars or road heavy-goods vehicles.

¹ <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2022/10/05/an-upgraded-rail-line-focuses-on-passengers-and-climate-in-metropolitan-buenos-aires>

Case Study: In an innovative partnership, Delta Airlines and Belgian trains

This partnership is now offering the European Air+Rail programme², where passengers can purchase combined air and rail tickets. The service therefore extends the US's access to European cities as Delta does not currently fly to them. The sections by train are clearly identified throughout the process when selecting Rotterdam or Breda as the destination or origin, in the same way you book a flight. Customers also have peace of mind that should disruptions occur, they will be able to travel on the next available train or flight.

Case Study: WALK2RIDE Active travel CATCHMENT for Stations

In Singapore, by 2030, the rail network be about 360km in size. This means that 8 in 10 households will be within 10 minutes of a train station. As part of this expansion, walking and cycling infrastructure will be improved, meaning that more people can arrive easily and safely at the station through active transport. Encouraging walking and cycling is part of the overall strategy to promote Walk-CycleRide as a greener and more sustainable transport system for Singapore. Since 2018, some 200km of sheltered walkways have been added island-wide as part of the Walk2Ride programme. Pedestrians can now enjoy a sheltered walk within 400m from all MRT stations and within 200m from bus interchanges, LRT stations and selected bus stops with high commuter volumes. By 2040, the aim is for all journeys to the nearest neighbourhood or commercial hub using the Walk-Cycle-Ride method to be completed in less than 20 minutes, and for 9 in 10 peakperiod journeys using Walk-Cycle-Ride to be completed in less than 45 minutes.

Concluding remarks – what can accelerate change?

Unfortunately, rail often gets neglected in international climate policy discussions and initiatives as well as capital expenditure for infrastructure, behind more fashionable topics like e-cars and “sustainable” aviation fuels. To achieve this modal shift we need a supportive national and international policies and investment.

² <https://www.delta.com/us/en/booking-information/air-and-rail>

Digirata - Digital intelligent rail traffic in practice

Railway systems are on a verge of a big change in Finland. The main factor for this change is the ending life cycle of current automatic train protection system (ATP). The estimated end of life cycle of ATP both in the infrastructure and in rolling stock is around 2035. As the system is used nationwide the replacement must be planned and deployed well in advance. The most cost efficient way to replace ATP is to implement European standardised ATP, being ETCS (European Train Control System). Finland's ETCS deployment is coordinated by Digirail project. Digirail aims to replace ATP with ETCS for the whole Finnish rail network before the end of ATP's life cycle. Also signalling systems and traffic management systems will be renewed simultaneously to have maximum benefits into use from digitalisation.

The technological big picture in Digirail is to set up a modern radio based ERTMS (European Railway Traffic Management System). Meaning that Finland aims to move towards functionalities of ETCS Level 3. Furthermore the target is to implement enhanced train localisation methods, full utilisation of radio network functionalities and automatic train operations (ATO) with grade of automation two (GoA2) to start with. As this text is being written Digirail project is in development phase which takes place in the years 2021–2027,



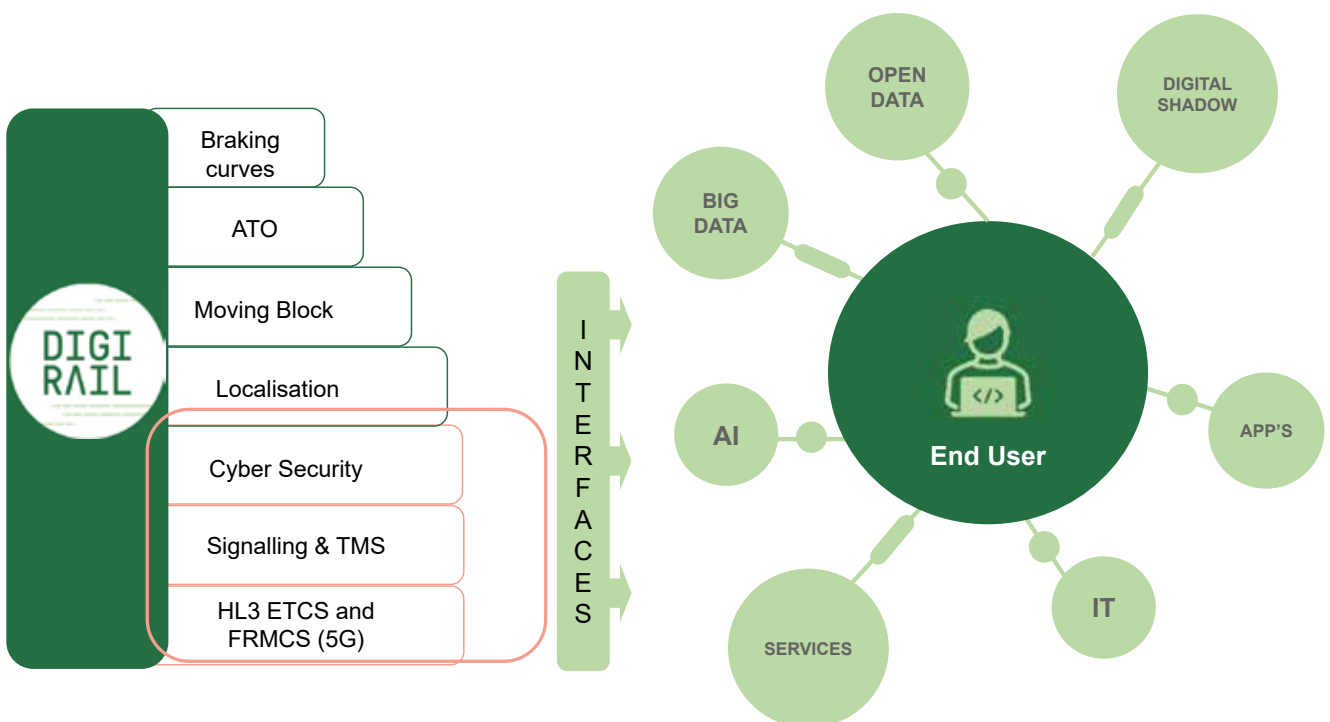
Juha Lehtola
FTIA



Jari Pylvänäinen
Fintraffic

including the deployment of first commercial track until 2027. Acquiring competence has been very important for the project and that has developed very well because of newly built ERTMS laboratory and test track, both of them being available to specialists to study and understand ERTMS in practice. At the moment the level of competence is high enough for starting up the procurement of the first commercial deployment. Especially important is that there is enough know how to create specifications for the first procurement. During the development phase Finland has strengthen its role in Europe. Many working groups have been manned and those already running are further strengthened. Influencing in Europe with the united message from Finland is necessary and that is coordinated inside Digirail.

Addition to the technological development a very important part to think of is organisational and operational development and change. Many European countries have noted that ERTMS is mostly an organisational and operational change rather than technological. Finnish railway system will also change quite dramatically when removing the trackside signals. One mentionable operational change related to this is localisation of people and vehicles at trackside. Nowadays it is quite easy to



Digirail objectives

1. Technology:
 - Hybrid Level 3
 - Radio network by MNOs
 - ATO GoA2
 - Axle counters for TVP
 - L2 functions and L3 backup
 - Localisation
 - Odometry + TIMS → L3 functions
 - Level crossing system
 - Interface for train speed dependency
2. Possibility for a technology leap
 - Migration vs. no migration
3. TSI compliance

localise and communicate the location between trackside workers and dispatcher because of unique signals are visible for both. On the other hand, we have to take into account the great possibilities arising from the big renewal process. ERTMS comes with many benefits which are not suitable to nowadays operational rules. We should remember not to copy 160 years of Finnish railway history to future systems. We need to look how to utilise this momentum of change to make railways more accessible and efficient. Digirail project has a central role in this.

How about in practise then?

So Digirail project is aiming to modernise the technology and there are reasons behind, such as replacing end of life cycle technology and the need to keep railways up and running hopefully in the future more efficient compared to today's situation. The future signalling will be based on modern radio based ETCS, where trains locate themselves and are able to observe the distance between each other automatically. Movement authority in the near future is still coming from infrastructure but who knows what happens in a long term. Eventually we are speaking about ETCS Level 3 solutions based on state of the art radio technology similar to what is available to consumers. To make this possible there is a definite need to modernize the signalling as a whole including traffic management systems. Digirail project deals with new kinds of interesting issues related to technology, not the least current geopolitical situation and cyber security in general. This brings the project to a place where resilience is becoming more and more important when designing next systems.

As mentioned earlier the organisational and operational factors are very important. Meaning that even though engineers are exceptionally good in developing new systems, now the operational people must be involved heavily from the very beginning. One key target is to help operational people to be successful in their jobs. Artificial intelligence and analytics will be there to help them. Open interfaces give the possibility to generate new services also to make railways more accessible to end customers. To achieve this objective Digirail project is very interested in hearing what the stakeholders have in their mind for the future. Digirail project is not developing railway systems for itself, the focus is on end users.

As a foundation for the future to enable the earlier mentioned, Digirail project has set targets for itself. For ETCS level 3 target the first step shall be so-called Hybrid level 3 where level 2 solution is a backbone for safety and functionalities from level 3 are brought in to make traffic more efficient, such as moving block possibility for passenger trains simultaneously using axle counters for track vacancy proving for freight trains. The development of radio network will be backed up by using commercially available radio network from mobile network operators, with a modular view in mind all the time leaving telecommunication system room to develop fast and let signalling develop at its own speed. The systems shall be built ready for automated train operations from the beginning. Using automated operations of course is in the end a decision made by railway undertakings. Level crossing safety can be enhanced by setting the road user's waiting time constant rather than depending on train speed, this presumably reduces the unfortunate habit of car drivers to drive through level crossing even it is alarming.

Fundamental objective in Digirail project is to comply with EU regulations, most importantly the technical specifications of interoperability. Finland wants to be part of the common European railway area and be involved in developing it. Maybe this will also generate something for the Finnish companies when we are part of an integrated Europe. On the other hand this is also very important regarding cost-effectiveness as ERTMS is going to be defacto standard in Europe and it seems that also globally ERTMS is what the industry will develop. Finland should be onboard and not alone doing something unique.

In the end it must be highlighted that there is a huge possibility for a technological leap. Finland has made wise decisions in the past and not rushing into ETCS first generations. It makes it possible to leap from past to the future and skip the today. We are together with all the stakeholders in a position to skip one generation of technology and operational rules.

Implementation of a future signalling and traffic management system on a rail network

Signalling and traffic management systems have a significant impact on the efficient and reliable operation of the railway line. Today's signalling and TMS are not working in the most optimal and productive way in controlling of train traffic. Investments in innovative technology provide opportunities for improvements compared to existing legacy systems.

Motivation

Train traffic has punctuality and capacity problems on the network. Traffic across state borders is not smooth due to different technical systems and operating rules, which cause the need to change locomotives or drivers or both at the border.

The availability of signalling and TMS is critical to enhance the reliability of train traffic. Reducing the number of trackside components is a natural way to improve availability. Trackside components are particularly sensitive to fault and damage caused by e.g., track work or climatic conditions. Common trackside components include train vacancy systems, track circuits, axle counters, and optical lamp signals. Advanced signalling systems can operate with reduced amount of trackside components. This is possible with continuous automatic train control systems, such as European train control system, which can also contribute to increased capacity and speed. Fewer trackside components also reduce service and maintenance cost. The implementation of ETCS can improve the safety level if a modern ATC is not yet in use on the network.

The implementation of ETCS on the railway network is a demanding task and requires the clarification of technical



Jari Jussila
Siemens

implications, economical aspects and risks. The introduction of ETCS shall be evaluated for short- and long-term impacts. Substantial initial investments are needed in many cases when cost savings are expected in the longer term.

Capacity and punctuality

Signalling and TMS have an impact on several factors for traffic quality:

- Punctuality
- Capacity
- RAMS, reliability, availability, maintainability and safety
- Interoperability

The users of trains, passengers and freight, demand high punctuality and capacity of the traffic. The capacity of a track section, which is defined as how many trains can safely run at a time at a certain speed and distance from each other, is largely determined by the functionality and performance of signalling and TMS. Reliable and safe systems with a high availability and good maintainability form the basic requirements that a modern signalling system must meet to achieve the economic goals and benefits.

The subsystems of the future signalling are ETCS with virtual blocks, ATO for automatic driving, TMS with advanced dynamic timetabling and conflict solution and FRMCS/5G enabling efficient and reliable communication between the subsystems.

ETCS enables a shorter signal or block spacing than legacy systems. The concept of train separation is a key factor that determines the railway capacity consumption of a train movement. With the publication of the TSI CCS 2022 for ETCS L3 operations,

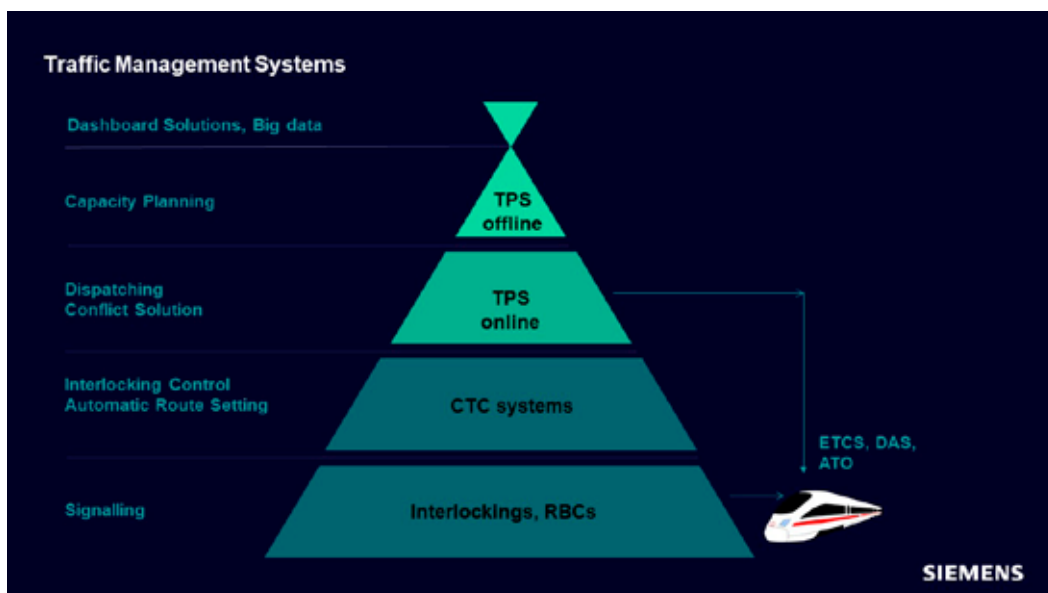


Figure 1. Modern signalling and traffic management.

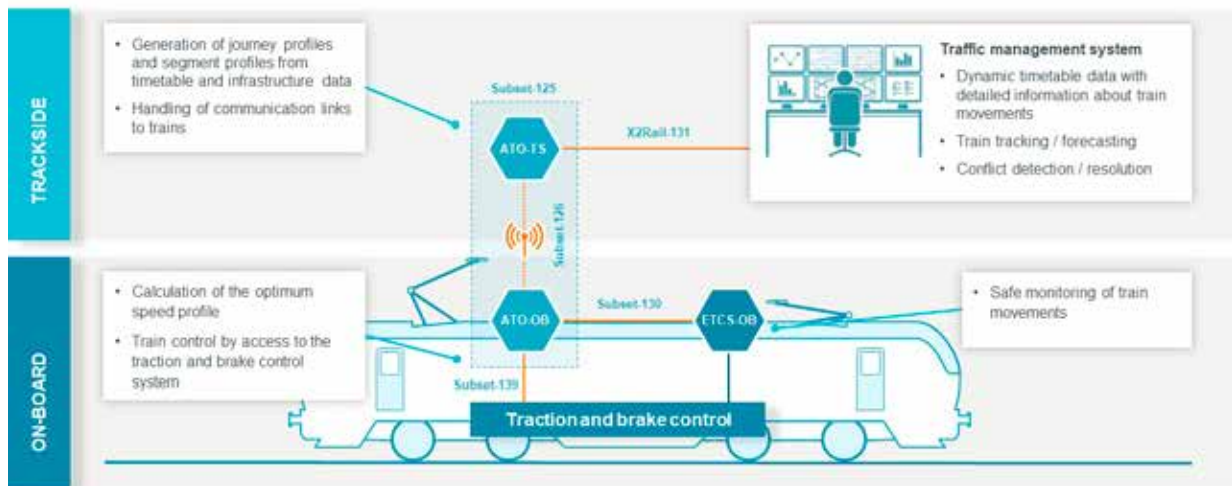


Figure 2. Reference architecture ATO over ETCS.

the principles of Hybrid ERTMS /ETCS L3 have been applied to use fixed virtual blocks to separate the trains equipped with a train integrity device. The limited installation of trackside train detection is used to connect and split trains without a train integrity device, and to deal with possible degraded situations.

The basic idea of ATO over ETCS is to complement conventional ETCS equipment with components for automatic train control. This control task primarily belongs to the on-board ATO unit, which calculates the optimal driving profile for the train based on the current timetable situation and the knowledge of the route section ahead, and then uses corresponding traction and braking commands to guide the train along the calculated driving profile. The on-board ATO unit receives information about the timetable and the infrastructure via a radio interface connected to the ATO trackside server, which stores the corresponding data and distributes it to all the ATO vehicles within its range.

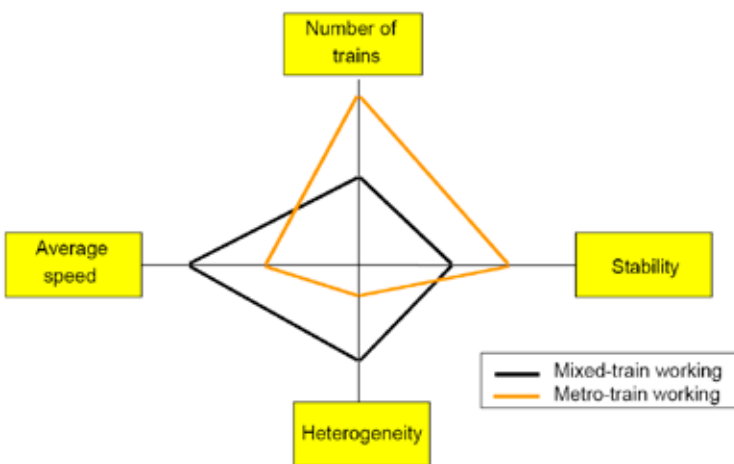


Figure 3. The capacity parameters (UIC, 2004).

Innovative TPS systems supports manual dispatch decisions, which are implemented with control rules that define train sequencing. The dispatcher can also preview the effects of change. Decision support uses rules based on optimization modules and algorithms to propose solutions to the dispatcher. Automated dispatching automatically implements rules or optimized dispatch decisions via ARS and ATO. Digital Capacity Management automates ad-hoc path requests, enabling train path as a service.

CTC	centralized traffic control
TPS	transport planning system
TMS	traffic management system
ARS	automatic route setting
ATC	automatic train control
ETCS	European train control system
ATO	automatic train operation
TS / OB	trackside / onboard
FRMCS	future railway mobile communication system

The capacity improvement is considered one of the main arguments for introducing ETCS+ATO solution. Anyhow, the mainline characteristics differ from metro traffic. The railway mainline has a more complex track structure and mixed rolling stock with different speeds and braking performance. The designer of ETCS+ATO shall consider several variables to achieve the best possible increase in capacity without endangering the traffic punctuality.

Conclusion

Sufficient capacity is required to meet demand and even increase the attractiveness of rail transport. Competitiveness can be improved by lowering the transport costs or by increasing the capacity in areas where the demand for more capacity exists. In terms of track infrastructure, more capacity can be obtained by building new tracks or by trying to run as many trains as possible on the existing tracks.

Implementing modern signalling and TMS on the railway network is a demanding task and requires the investigation of technical issues, financial aspects and risks. The evaluation of the introducing of ETCS should also be done for short- and long-term impacts. Positive cost effects may not be achieved immediately, as in many cases substantial initial investments are required, but cost savings can be expected in a longer-term perspective when the coverage on the network increases and the railway system uses the new operating rules and practices.

ERTMS testing in a simulation laboratory

Digirail project aims to deploy ETCS at least Level 2 in Finland. As a part of the Kotka–Kouvola–Hamina test track, Digirail has received an ETCS simulation laboratory from the supplier Thales. It has been installed at the Rail Training Centre (RTC) located in Kouvola in 2022. The supplier gave the project work group an in-depth training of ETCS system and the laboratory in the beginning of 2022.



Guido Triebel
Proxion

Photo 1. Lab Training in the Rail Training Centre.

The first instance of the laboratory was a fully virtualized environment in which all the components run on virtual computers without dedicated hardware. This allowed team to start our journey into ETCS simulated testing early. A laboratory instance with an On-Board Unit (OBU), a Radio Block Centre (RBC) and two Interlockings running on their own dedicated hardware will be installed by the end of 2022.

We all must learn the differences between ETCS testing and conventional JKV testing. Firstly, there will be no light signals anymore at the track side. Instead, signal aspects are transmitted to the OBU via radio transmission and displayed in the cabin. The elements involved are mainly software components and the hardware they are running at are of lower importance for the functioning of the system. Testing also follows a lot the principles of software testing. Discovered functional faults are described in defect reports with detailed steps to replicate the issue. Fixes to the defects are mainly delivered as software updates to the laboratory.

The laboratory is a production-like mirror of the Kotka–Kouvola–Hamina onsite equipment: two interlockings, one RBC, one OBU. A versatile simulator ‘SimBa’ is added, and it allows to simulate the track and its interaction with a train. In early phases team can also use an OBU simulator ‘OBUSim’ to run tests.

The lab’s usability is not at the level of consumer applications. Many testing activities require special knowledge. Our testers have learned constantly and become insiders of the testing environment.

Testing is organised by Digirail’s own ETCS test case library. Project group is developing approximately 250 test cases grouped into eight categories like Level transitions and Arrivals. Each test case is composed of header information, starting conditions and detailed test steps with expected results. Many test cases have taken inspiration from publicly available libraries of other European countries. They are still maintained in MS-Excel files but will be moved to IBM RQM environment in the

future.

Project group pursues following purposes by testing in the laboratory:

- Gaining deep ETCS competence by writing and executing test cases,
- Developing a generic test case library as basis for ERTMS roll-out,
- Creating a practical test process with work cycles and tools,
- Validating an initial set of system requirements
- Getting ready for testing future features and version updates.

Our test track laboratory will allow the Digirail project to save many physical test runs with a real test locomotive. Needed onsite test runs can be well prepared by running them beforehand in the laboratory. This will avoid surprises and failure onsite. The test track and the laboratory will likely be available to support the national ERTMS rollout for many years ahead until the track will itself be converted to ETCS.



Additional tests

The testing in the lab does not only follow a strict pass-or-fail method. Explorational testing of new features where project group simply explores the behaviour of the system is also conducted. In reflecting testing where, inspired by strict test cases, project group analyses the impact to national engineering and operating rules. Strict testing will be applied for system validation, commissioning, later upgrades and OBU interoperability testing.

What can we learn from high-speed train impact assessments in Sweden?

Building high speed rail network connecting the three biggest cities in Sweden (Stockholm, Göteborg and Malmö) has been discussed and evaluated for more than a decade. The presentation will run through some of the main findings from the studies.

Summary of findings from assessment in Sweden

The findings below are summarised and grouped into technical aspects, design and operation, environmental impact and financial and economic viability.

Technical aspects

One of the first aspects to be considered is if the high-speed network shall be constructed using conventional rail tracks or another type of train system, e.g. Maglev. The Sweden decision is that conventional rail lines are to be used as the cost is lower and gives the opportunity for operators to provide direct services between more cities as the trains can use the new high-speed network as well as the existing rail network.

Other aspects are what the design speed shall be and if ballasted tracks or slab-tracks should be used. The conclusion is that the speed is most important for the long-distance services and slab-track is more expensive to construct but offers significantly lower maintenance costs.

Design and operation

A question to be addressed is if the stations should be placed in the town centres or peripherally located. From a passenger's point centrally located stations preferred, but in the central parts of the cities the available space is often limited and there are negative aspects such as noise and safety issues that must be addressed. Operational issues to be considered is the balance between regional trains and long-distance services and if access to the high-speed network is to be granted to a single or several operators.



Christian Nilsson
WSP



Juhani Bäckström
WSP

Environmental impacts

As the high-speed tracks requires larger vertical and horizontal radiuses than conventional rail lines there is a great challenge to adapt the alignment to the existing landscape. This may have environmental impacts as well as it requires costly tunnels and bridges to be built.

The Swedish evaluation concludes that a high-speed rail network has limited effect on emissions of carbon dioxide. Emissions during the construction period, especially if slab-tracks are to be used, are great as the structures requires large quantities of concrete. This may be offset, at least to a certain degree, by change in travel pattern once it opens. Passengers may change modes from car or air to rail but given that the car fleet is rapidly changing towards electrical engines and electrically powered air crafts are under development the impact may be smaller than one could expect.

Financial and economic viability

The evaluations show that the given that the state funds the infrastructure and the track fees are about the same as today, the operators can run the train services with high profitability. The passengers will benefit from shorter travel times but may face higher ticket prices. The overall conclusion is that there are great benefits with high-speed rail, but

the construction costs are vast and greater than the benefits. As such, it has been concluded that it is not economically viable to the society.

Use of Trusted Computing Technologies in Railways

The advantages of intelligent networks with reliability and latency guarantees and the railway “digital twin” in the cloud for critical infrastructure such as railways is well-known. For example, 5G (and 6G) provides the ability to customise and slice networks, and distribute functionality via Edge cloud for specific purposes - it becomes possible to run a virtualised, digital twin signalling and management system over private and public networks. Railway functionality (FRCMS) can become, quite literally, part of the network infrastructure.

Attacks based on firmware and supply-chain are neglected in many industries, cf: StuxNet, Triton as the two canonical attacks in this area not to mention the Ukraine Power Grid Attacks. As we additionally move to commodity hardware, virtualised infrastructure, [physically and mobile] distributed equipment and a relatively standard based for IoT, firmware and supply-chain attacks will become easier to implement and deploy - not just against devices but against the supply-chain of those devices and software.

Trusted computing is a concept which relies upon a chain-of-trust from a root-of-trust grounded in a device and its supply-chain. This chain-of-trust is extended to the operating system and applications and with suitable hardware provides an auditable framework and guarantees of identity and integrity of a system.

The canonical example of hardware supporting this is the Trusted Platform Module (TPM 2.0) common in x86 hardware and increasingly found in ARM, RISC-V systems. Other [complimentary] components include Trusted Execution Environments, for example, ARM TrustZone, and secure boot mechanisms.



Ian Oliver
Nokia Bell Labs

If such trusted devices are common place then taking advantage of those at an individual device level provides a number of security guarantees. This also expands to the system level where we address three areas:

- element (trusted computing base) trust
- run-time trust
- supply-chain trust
- trust loss and forensics

Firstly [ideally!] elements in the system must be trusted. An element here denotes a piece of computing equipment, eg: a balise, driver console, a sensor, a virtual element (container, service) and so on.

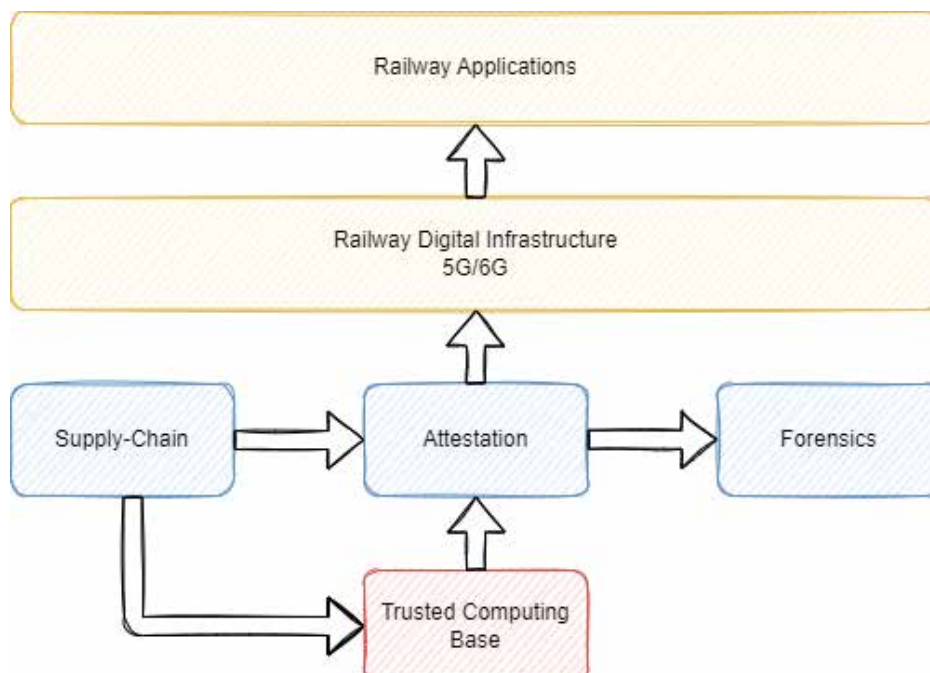
Question: How do we ground the trust (identity and integrity) of an element, such as a balise?

Secondly, elements are required to be attested - a fundamental operation of TPM, this provides proof of identity (who) and proof of integrity (what).

Question: How a balise proves who it is and ensures that it is running the correct software and configuration?

Once we establish this, how do we then utilise this information across the system? For example, if a train can establish that a given balise is “real” and not a tampered or malicious device, what additional information can be gained. This actually directly addresses the fundamental principle of establishing trust according to Zero Trust principles.

Consider the situation where a balise, signal and the ETCS computer/driver console all interact. If any of these are tampered then currently there is no or vaguely minimal system for detecting this.



Another case we term Trusted Control and Trusted Data refers to the ability to not only derive the provenance of an instruction or piece of data but also that both parties in a communication can ensure that a) the instruction or data came from a particular piece of equipment and b) what state (integrity) was that equipment in at that point in time.

Prior to run-time is the supply-chain - from where did our equipment come and did it reach us in the form we expect. There are many examples of attacks against equipment during the manufacturing and logistics processes. Firmware attacks are trivial to hide and may only reveal themselves long after installation.

Finally we address loss of trust in a system and how to respond to this. In safety-critical systems - including the communications and cloud infrastructure - it is not acceptable to “turn a system off”. Establishing that a loss of trust has occurred it is paramount to properly investigate and formulate suitable and timely responses such that the system integrity overall is not compromised and reliability of the system maintained. This area of digital forensics is little explored but has deep implications into areas such as how a signaller might react in such an event versus a “typical” equipment failure.

Our research has focussed on the application and integration of remote attestation into 5G and cloud environments. Not only how run-time attestation improves trust and how supply-chain can be protected by these means but also how having this level of trust enhances the vertical domains. How FRCMS can be better protected and how the system itself can better protect and know itself from supply-chain through to run-time. We have developed a number of proof-of-concept attestation systems and demonstrated integration with railway, medical and avionics cases (all of which specialise the base Industry 4.0 case). Extensions to areas such as blockchain, trusted AI/ML and so on are being actively researched.

60° 52' 18.7028"

26° 41' 9.16275"

VASTUULLISESTI
KOULUTUS

YHDESSÄ
ASIAANTUNTIJAT

UUDISTUEN
SIMULAATTORIT

KRAO.FI

Radio Testing for ERTMS

Current train control system

Currently railway voice communication is deployed with a public safety network based on TETRA technology. The future railway communication system in Finland will be based on 4G and 5G technology. Finland's goal is to be a pioneer in the introduction of a new railway radio network solution (FRMCS, Future Railway Mobile Communication System). In addition to modern access control technology, the aim is to digitize the entire traffic management. The aim is to create a modern system for Finland's rail network which is based on radio network data transmission. In consequence of digital traffic management, the use of the rail network becomes more efficient and e.g. positioning of trains, automatic operation of trains and up-to-date schedule and capacity management are possible. Digitization also enables other services to be built around the new traffic management system.

On the Finnish railways the train control system is in need of renewal. The automatic train protection system (ATP) is coming to the end of its lifecycle in the 2030s. System will be replaced by the European Train Control System (ETCS). ERTMS (European rail traffic management system) means pan-European interoperable rail traffic management system. Technology based on the ERTMS system promotes the possibilities of unified Europe-wide rail transport. Mobile networks

There are three separate mobile network providers in Finland: DNA, Elisa and Telia. Mobile networks are built with overlapping technologies, including 2G, 3G (Finnish mobile operators have announced 3G network will shut down by the end of 2023), 4G and 5G. The actual transmission speed experienced through mobile networks depends on multiple variables, e.g. location, available network technology, signal strength, interference level, terminal device characteristics and network load. Mobile network performance can vary on different aspects, for example depending on landforms (e.g. nearby hills), the surrounding buildings and the materials related to the use environment, (e.g. selective glass in the windows), location of the mobile network base station or momentary congestion/disturbance at the base station. Sometimes even the prevailing weather conditions, such as snowfall and amount of snow in winter affects the performance. Exploiting mobile connections for traffic management, the speed of the connection is not always the most important criterion, but also the availability of the service throughout the country needs to be investigated. For some applications, consistency and very low latency may be critical features. Correspondingly, for applications that send a lot of real-time video from moving vehicle to the network, the transmission speeds of data transmission networks become a challenge. 5G networks will develop not only in terms of speed and coverage, but also in terms of technical characteristics.



Riina Troberg
Proxion

As 5G technology develops, it offers tools to mobile network operators to implement customized network services for specific needs.

Ensuring network performance with measurements

Proxion has created measurement solution for gathering real-time information on mobile networks and satellite positioning system. Solution enables coverage, capacity and performance measurements for different network operators, technologies and frequencies and network measurements can be executed in various environments for real life scenarios. Proxion has a measurement van equipped

with rail wheels which enables network testing in railways. It is also possible to install the external measurement rack to locomotives or other vehicles. Measurement solution includes RF (radio frequency) scanning, which scans different frequencies and their signal levels. Multi-channel router enables several network's measurements simultaneously, including for example all network operators (DNA, Elisa and Telia). Scripts generate desired IP traffic and deliver that to multi-channel router, and multichannel router delivers different network's traffic through separate radio modems. Precise location is collected with GNSS satellite and data is combined to the measurement results.



Picture: Mikko Oksanen

Although mobile networks practically cover all of Finland, the railway environment presents challenges for mobile networks. The metal structure of the train isolates external signals, including the mobile network signal from the base station to the mobile device. The signal reaches inside the train only through the windows and doors. WLAN base stations and mobile network repeaters are

installed on many trains to support train passengers' network connections. However, the connections to the trains' own systems comes from the mobile communication networks located outside the train. In addition to the attenuation of the signal, challenges are brought by the large number of simultaneous users, the speed of train and the landforms and tunnels. Mobile coverage can be evaluated by signal strength, but that alone does not guarantee a smooth user experience. The signal can be interfered by another cell, base station or terminal device. Network measurements gather understanding how different variables affect to performance on the application level. For radio condition testing related to ERTMS performance, it is possible to simulate the environment with IP

application traffic simulating ETCS-traffic. This contains position report sending & additional ack, MA request and response, TCP session establishment and DNS queries. For ETCS testing purposes, prioritized network subscriptions from network operators should be used for the connectivity in the multichannel router. Measurements help with troubleshooting and finding root causes related to ERTMS and mobile communication. With analysing software it is possible to analyse ERTMS signalling in message level and see the delay in message transmission and how it correlates to the desired QoS (Quality of Service) class as it is critical in ERTMS. Measurements help and speed up ERTMS system testing, integration, and commissioning work.



Increasing importance of cybersecurity for Railways

The traditional railway industry has experienced a huge transformation in recent years whereas digitalization as a major and evolving trend has been behind many of the exciting changes.

The technical development of 5G, aiming to shape the future of railways by offering ultra-low latency and ultra-high reliability is boosting this trend for digitalization and connection even more.

Beginning with digital signal systems and various remote monitoring functions to the ever more extensive connection and networking of all components and systems, railway operators are in the midst of important changes. These changes lead to higher reliability and more capacity while at the same time reducing operating and maintenance costs. However, besides the opportunities of the increasing connectivity, there are new obstacles and challenges for the digitalized railway industry. One of the most pressing one is cybercrime, which causes heavy (financial) damages every year.

Critical infrastructures such as railroads are therefore becoming more than ever target of systematic hacking attacks. And as cyber criminals are operating very professional in organized groups to cause damage to the rail infrastructure, railroad operators are in the need to protect themselves against these threats. However, the level of expertise in cybersecurity is often very limited and railway operators will need assistance and reliable partners to protect their networks, operating systems, or applications.

Switzerland has recognized the need for cybersecurity in the railway industry as a critical infrastructure relatively early. One of the underlying reasons is that the Swiss Railway Network is noteworthy for its density, it carries over 300 million passengers a year and is considered to have the highest rail usage in the world.

A leading railway operator therefore started a project in January 2020 to build and maintain a Cyber Defense Center. To master this task, a set of competent business partners was needed to strengthen the detect-and-react ability. Siemens is one out of eight chosen business partners to make this project a success. This is the first cyber security project in the railway business with these high dimensions and can be seen as flagship project for future implementations. But the project achievement of a consistent cyber defense center in railway industry is very complicated and complex due to 4 characteristics described in the following picture.

Besides the complex systems of the railway infrastructures and their high lifecycles, partially 30 years and more, the cyberattacks to those systems increase over the years. These cyber-attacks have to be taken very seriously, because with one click, cyber criminals could damage and paralyze a whole public traffic system. To prevent this, the politics has introduced international standards in



Martin Kunz
Siemens



Sascha Lehmann
Siemens

cybersecurity by increasing regulations, legislation, laws and norms. Therefore, specialists are needed who understand the complex cyber security business, the increasing laws and norms as well as the characteristics of the critical interfaces. But experts especially in the railway infrastructure in cyber security are hard to find and the demands are extensive and complex.

For the cyber defence center project in Switzerland, Siemens offers combined knowledge of railway domain expertise and cybersecurity know-how and supports with regular assessments, penetration tests, vulnerability monitoring and security monitoring. Together as partners Siemens and the Swiss railway operator is applying a holistic approach which includes security support at all stages – from setting up to Go-Live and operate a Cyber Defence Center for the entire network (IT and OT). This includes for example auditing services, establishing incident management processes, threat detection solutions and security trainings. To meet the cybersecurity requirements, especially for OT like interlockings or Traffic Management Systems (TMS), the combination of deep rail-system knowledge of the OEM along with the cyber-domain know how has been implemented.

The Swiss railroad operator is focusing on the Security Operations Center (SOC), the Cyber Security Incident & Response Team (CSIRT), the associated

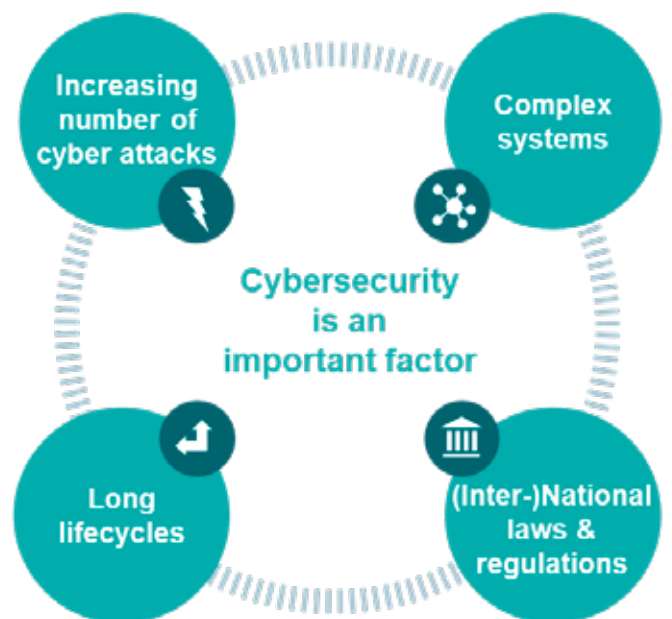


Figure 1. Importance of Cyber Security

management tasks and processes, the necessary tools, and the training and knowledge transfer of employees. Building a strong know-how in cyber security and to strive for independence in cybersecurity is a major goal of the railway operator. Siemens acts as a partner along the way and assists with strong knowledge to consult and train the operator and its employees in cyber topics.

This project is a pioneer achievement against the increasing threats of cyber criminals in the railroad business. In future the demand for cyber defense centers or comparable projects for critical infrastructures will increase. At the same time the complexity will raise due to increasing digitalization and ever more sophisticated cyber criminals. Therefore, strong business partners with strong cyber security know how are needed who understand the complex railway world.



Säästä energiaa ja ylläpito
kustannuksia

Suojaa ratavaihteesi
Osbornin vaihdeharjalla



Myynti:
Robin Wahlstedt
robin.wahlstedt@celindgren.fi
Puh. +358 40 0717 114



www.celindgren.fi

CyberSafety - integrated approach for protecting safety-critical railway systems

Preface

The general subject of the relationship and integration of functional safety and digital security in the context of railways is of course huge. In this paper, we limit the scope to the practical aspects of this integration at Generic Product, Generic Application and Specific Application levels, from the point of view of equipment designers and system integrators. The duties of infrastructure managers and other actors are outside the scope of this paper.



Anton Alexeev
Huld Oy

The landscape

The topic of integration of functional safety and digital security is not new. In different industry domains, the requirement for systematic consideration of digital security in the context of functional safety has started to appear more than 10 years ago. The standards for all the main industry domains where functional safety is important now also call for digital security to be taken into account. These domains include Machinery, Automotive, Medical Devices, Nuclear, and Marine, to name but a few.

In recent years, this topic has been attracting particular attention in the Machinery domain, due to the upcoming entry into force of the new EU Machinery Regulations. These regulations explicitly call for potential threats related to digital security to be taken into account in the functional safety lifecycle of safety-related machinery product design.

In the Railway domain, Technical Specification TS 50701, titled "Railway applications - Cybersecurity", has been released recently. TS 50701 provides high-level guidance on integrating safety and security.

The technology challenges

One of the main drivers for increased importance of digital security in safety-related applications has been the increase in connectivity of safety-related products. Customers are demanding features such as remote access, remote configuration changes and remote software updates. As such, these features are becoming much more common in safety-related railway products, whether it is Control, Command and Signalling, or Rolling Stock systems.

Other trends include increasing complexity of systems, and increased reliance on cloud services, or other network services provided by third parties.

The burden of proof

When it comes to integration of functional safety and digital security, TS 50701 calls for "co-engineering" of safety and security. The burden of proof is on the equipment designer or system integrator to demonstrate that the possible security threats have been identified and mitigated to the same level of rigour as the

safety hazards. In other words, the challenge is to demonstrate completeness.

The starting point for co-engineering is the combined hazard and threat analysis. Following a simplistic approach, all cybersecurity threats are identified already at this stage, appropriate mitigations are specified, and the subsequent product development lifecycle then proceeds very much in the normal way. However, this approach is not fully practical in the real world. Experience shows that it is not possible to produce a convincingly complete list of all security threats already at this early stage in the development lifecycle. Many security threats are technology- or implementation-specific, and as such

they only become applicable later in the development lifecycle. Furthermore, even the basic assumptions behind the hazard and threat analysis might change during the product lifecycle. For example, assumptions about the use cases of the product might be evolving during the development cycle.

In summary, an approach where the link between functional safety and digital security is made only at the hazard and threat analysis stage is not likely to result in a safety case that could be demonstrated as being complete. The implication is that the safety-related product might not be completely free of security vulnerabilities. A different approach is therefore needed.

The lifecycle approach

The answer to the completeness challenge is the integrated safety and security lifecycle approach. At Huld, this approach is referred to as the Cybersafety approach. The following paragraphs describe the key features of this approach.

Planning

A joint safety and security plan is produced. All key safety and security related assumptions are documented and periodically reviewed. Security-related activities are properly covered in project gated reviews. A safety and security impact assessment is specified for change and configuration management.

Requirements based engineering

Security requirements are identified, allocated and decomposed in the same way as safety requirements. Validation and verification (V&V) of security-related requirements is performed in the same way as safety-related requirements. V&V evidence is used in the safety and security case.

Hazard log

The hazard log is used for documenting not only safety hazards, but also security threats. This allows for possible new threats to be identified and mitigated also at the later phases of product development.

Competencies

A key enabler for this approach is the competencies of project personnel. At Huld, all safety and security professionals are cross-trained in the respective disciplines, allowing them to have a good understanding of both safety and security, and to effectively perform work tasks where the two disciplines meet.

Conclusion

An integrated Cybersafety approach is essential for achieving a sufficiently high level of safety and security in an railway product development process.

SABIK LED-OPASTIMIA RAUTATEILLE

TUOTEVALIKOIMASSAMME

- Pääopastimet
- Esiopastimet
- Raideopastimet
- Tasoristeysvalot

SABIK WE SHOW THE WAY

www.sabik.com

EBA
hyväksyntä
230 km/h asti

RENOS

FFU[®] Synteettinen ratapölkky

pitkäikäinen ratkaisu vaativiin ratakohteisiin

- vaihteet, terässillat
- millimetritarkka valmistus
- työstettävissä kuten puu
- hyvä sähköneristyskyky
- 100 % kierrätettävissä
- kevyt, tiheys 740 kg / m³
- ympäristöystävällinen
- valmistaja SEKISUI

Meiltä myös Calmmoon rail -äänenvaimennuselementit

Lisätietoja tuotteista osoitteessa renos.fi

Sami Levänen
040 150 9538

Juha Kangasniemi
0400 484 802

SEKISUI

A more resilient public transportation – How AI and ML can help develop resilience to tackle changing travel attitudes

Our world is changing faster than ever, and technology development is increasing the rate of this change. The pandemic has in some cases further accelerated this transformation and new attitudes and behaviours have been formed. New concepts such as working from home and the notion of public spaces being areas for virus spreading have taken hold in our minds. With regards to transportation, shifts in how, why and the way we travel have occurred. We now question the need for travel more than ever.

The reasons for developing strategic and resilient strategies to tackle these changes and any future implications are increasing. Public transportation cannot offer the same level of customer service as it has done in the past years and expect to win over passengers. A strategy of relying on the fact that public transportation is the most environmentally way of travelling so everyone will eventually choose this mode of travelling is not a viable plan. Nor is the continued reliance of state support for public transportation funding. The biggest challenge for public transport authorities is thus how to create a strategy for the future that has a medium to long term outlook and has the resilience to be able to endure the short disruptive trends that are occurring.

Traditional methods of developing resilient strategies such as market surveys, delphi method, focus groups, expert jury etc are slowly becoming irrelevant. These methods rely on identifying a handful of slow developing trends and using these to determine future scenarios. The reality of today's global world is that there is so much integration and interconnectivity that even trends outside our local reach are having an impact on our lives. At the same time thousands of trends are developing each day and many of these are taking hold in our societies disrupting the status quo. The war in Ukraine as an example is having worldwide implications specifically on transportation where the cost of both fossil fuels and electricity for electric vehicles have skyrocketed across the world. This means passengers are forced to make decisions such as whether travelling is necessary something which would have been almost unheard of just a few years ago.

For each new or developing trend there are many ways in which it can develop in addition to how quickly it can mature. Further, there are many things which can influence the trend either positively or negatively. In some cases, trends are accelerating growth such as with micro mobility and in others developing much slower than expected such as mobility as a service.

The pandemic has meant that people's attitude to various forms of transportation has changed. Some for the positive and some for negative resulting in that previous data, data analysis



Desmond A Wright
WSP

and conclusions have less relevance on the future. Thus, the near-term data or 'what is happening right now' or 'what has just happened is even more important than ever. One example is with the car. Previously with the environmental focus the car was a considered very negative whereas now with the advent of BEVs (Battery Electric Vehicles) the car is making a comeback with the unwanted trend of traffic increasing in cities.

Thus, when forecasting for the future the number of possible future scenarios become endless with each needing to be analysed before any strategic decision can be made. This combined unpredictability 'makes longer term predictions

even harder.

Human decision making is also becoming complex as our motivations and desires become more multidimensional. We say we are environmentalists but yet we still may drive diesel vehicles. As the number of trends that are relevant for us as humans such as future of work, population decline, automation, sharing, environment increases so does the complexity of our decision-making process. This complexity means we have to deal with future scenarios which we would otherwise have dismissed as implausible. An example is that this winter people may have to make the choice between staying to home to save on transportation cost (as inflationary pressures means less household purchasing power) and going to the office to save on heating and other energy costs at home during the day. Both of which would have been implausible only 5 years ago.

Although passengers are back to taking public transportation, passenger numbers are still around 10-20% ²below 2019 figures in Finland with similar number across the world. In some respects, this can be understood as the prevalent message during the pandemic was that one should not travel and if they do it shouldn't be via public transportation. With this background the question is how long should public transport authorities wait for minds to change to positive attitudes on public transportation? In planning forward should they accept that many passengers will never return to taking public transportation? How will public transport authorities be able to increase revenues if less people travel?

Can AI (Artificial intelligence) help with answering these questions? Yes, it can. AI specifically ML (machine learning) can help with developing more resilient strategies to tackle these new trends. Here are three ways in which AI helps

- 1 Harvard business review 'In a volatile world, your strategy must be flexible' (<https://hbr.org/2022/10/in-a-volatile-world-your-strategy-must-be-flexible>).
- 2 Google mobility data

1. Firstly AI and big data allows one to get a better understanding of what is happening right now. And what trends are occurring or developing today. Traditional sources of data such as travel surveys give a picture of what is happened 6 months ago but less so in the immediate past. More and more data are generated every single day and this can be harnessed with the power of AI. There is so much data (current estimate be 94 zetabytes a day³) to sort through to be able to get useful analysis that we need AI to support. It is just not humanly possible to review all this data and thus AI can help to collect, analyse and highlight areas which we (humans) can review and draw conclusions.
2. Secondly, AI helps to uncover insights that may be hard to detect due to the amount of data that needs to be reviewed and analysed to draw conclusions. Computers can crunch through hundreds of thousands of tweets, articles and posts; sort, classify and analyse them in real time to give an understand of real time conversations that are happening on a specific

topic in specific locations. AI can also help us to identify the things that activate certain scenarios and highlight others that indicate preference for other scenarios. This allows decision makers to have better information when making critical decisions that have wide impact.

3. Thirdly, AI can help to prioritise what to focus on and what to pursue. With so many different trends occurring at any time each with several possible way to develop and mature it is impossible to monitor and follow all developing trends. AI can helps to prioritise and monitor the scenarios, highlight the scenarios that are more important and ensure that we humans focus on the correct things to ensure we build a more sustainable future society.

In conclusion the world is becoming more complex, and AI helps us to try to make sense of the complexity and give insights to help build more resilient strategies.

³ Source Techjury, Internet live stats, Cisco, PurpleSec



Primitive research on track friendliness of freight wagon bogies

Track-friendliness of a freight wagon bogie is essential in terms of train-track interaction. The current scenario of operation allows freight to operate in two ways: one with higher axle-loads running at lower speeds, and the other running at higher speeds with lower axle-loads. With such categorization, comes the need for dedicated lines for heavier freight wagons. But such dedicated lines are not a viable option for moving normal goods. Therefore, these freight wagons share and run on the normal passenger line traffic. The bogies of the passenger vehicles have better design and suspension characteristics compared to the bogies of freight wagons. Hence, to allow such a 'heterogenous' traffic the freight wagon bogies need to be more track-friendly. So, what does 'Track-friendliness' mean?

A **track-friendly** bogie produces lower amount of wheel-rail forces, less wear on the tracks and will be able to negotiate any track conditions with ease. Track loading occurs when a train is passing along the line and the magnitude of such loading depends on the type of bogie (its sprung and unsprung weight, condition of wheels, wheelbase), suspension and damping characteristics, steering ability, and the speed at which it is travelling. Unlike the conventional passenger vehicle, the bogies of the freight wagons have only one level of suspension that dampens the impact forces occurring at the wheel-rail interface. The damage to the tracks is caused by the load imparted by the bogies. The forces that are transmitted in general between the wheel and rail is shown in Figure 1. Depending upon the position of wheel-rail contact the wheel imparts forces, both in the vertical and lateral direction. In situations like curving flange contact occurs increasing the lateral forces and also shifting from a single point contact to a multi-point contact condition.

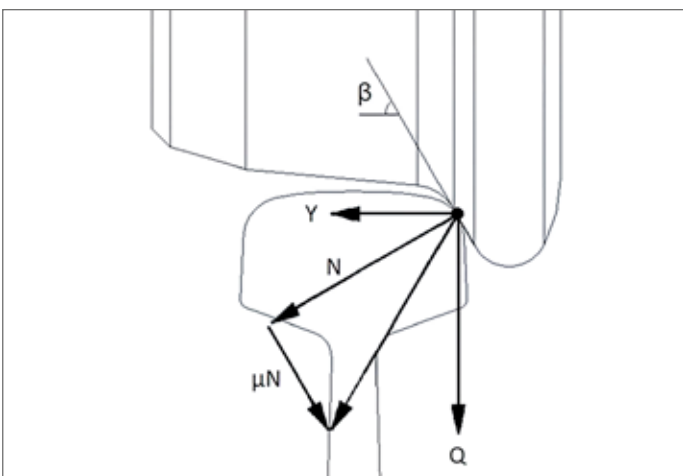


Figure 1. Wheel Rail forces (Loponen et al. 2019)



Rizwanullah Shaik
Tampere University

To understand the track damage phenomenon and assess the track-friendliness it is important to understand the running behaviour of bogies. Finland's rail network has a diverse portfolio of freight bogies – the conventional two-axle wagons, the K14s, the K16s, the K17s, the Russian three-piece bogie, and even the Y25 bogie. As shown in the figure above all the forces between the bogie and track are transmitted through the contact between wheel and rail. Results from literature paint a rough picture on the performance of different freight wagon bogies. For example, the Russian three-piece bogie has more unsprung weight as it is made up of three principle parts (two sideframes and a centre

bolster frame). These bogies are prone to warping when compared to the rigid H-framed bogies (like the Y25) leading to more flange wear (Orlova et al. 2007). The standard H-frame bogie like the Y25 is quite often prone to lock-ups of the lenoir link due to poor maintenance and such lock-ups lead to uneven weight distribution of the bogie raising the alarm for even derailment (RAIB 2016). The link suspension bogies like the K-series bogies has a softer suspension that makes the curving performance better (Johnson et al. 2006).

The ideal of such a track-friendly bogie is to minimize the track degradation (fatigue and wear) and damage to tracks. The study at Tampere University seeks to develop an assessment method (a framework) that could be used to judge the aforementioned parameter – the track-friendliness. How can this track-friendliness be analyzed? Multi-body system simulations (MBS) (Figure 2) offers the ability to run and simulate a wide range of situations, from varying curve radiuses, axle loads, friction on rails to even different track irregularities. Ty ('T-gamma') value is a parameter that is most often used to evaluate the track-friendliness of a vehicle. The product of the tangential forces (longitudinal and lateral) and creepages gives the energy dissipated at the contact patch. This parameter can be obtained from the simulation software as a direct output and can be used to indicate the expected damage at the track surface as a result of wear and rolling contact fatigue. Lower T-gamma value indicates that the bogie is more track-friendly.

The T-gamma value plays an important role in calculating the Track access charge, a cost that is associated for the damage caused by the wheel-rail loading. These charges will sharpen the need for more track-friendly vehicles as the operators that cause higher damage end up paying more than the ones causing less amount of damage. These types of charges are used by different countries to quantify track-friendliness and the current study is also looking at the possibility of implementing them in some point of the near future. Apart from the T-gamma value other quantitative indicators from simulations that can be used to study the behaviour of the freight wagons are – vertical and lateral loads that help in

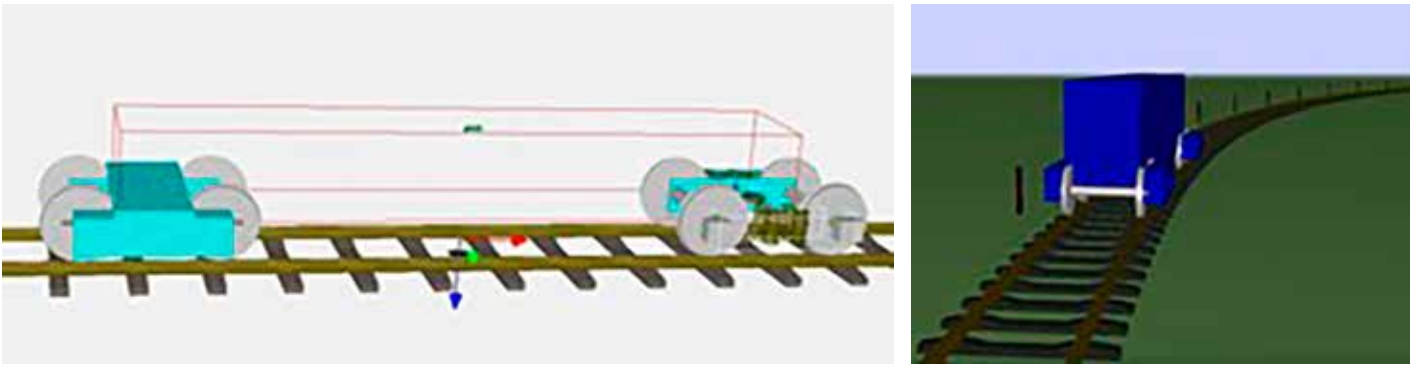


Figure 2. VAMPIRE PRO Multi-body system simulation software interface (Vampire PRO).

determining the derailment coefficient, the lateral wheelset forces (track shift forces) that help in understanding the steering effort.

On-site measurements that measure the wheel-rail forces help in bridging the gap between the simulations and real environment conditions. These measurements also help in validating the simulation models used for analyzing the track-friendliness. At

Tampere University, the research is currently under progress, to learn from simulations, what parameters can be used for assessing the track-friendliness. Measurements were carried out at a rail yard for a wider fleet of freight bogies as well as locomotives (Figure 3). A detailed report of the findings will be published later on the website of the Finnish transport and infrastructure agency.



Figure 3. Field measurements carried out at Kouvola rail yard in a sharp curve (Pictures taken by Rizwan Shaik)

References:

Loponen, T., Sangi, I., Luomala, H. 2019. Kiskon sivukulmisen vaikutus kaluston suistumisriskiin ja matkustusmukavuuteen, Tampere University.

Orlova, A., Boronenko, Y., 2010. The influence of the condition of three-piece freight bogies on wheel flange wear: simulation and operation monitoring, *Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility*, 48: S1, 37-53, DOI: 10.1080/00423111003668211.

Rail Accident Report – Freight train derailment at Angerstein Junction, 3 June 2015. 2016. Rail Accident Investigation Branch (RAIB).

Jönsson, P-A., Andersson, E. & Stichel, S. 2006. Experimental and theoretical analysis of freight wagon link suspension. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*. pp. 361-372.

Riga node - strategic timetabling as success factor for future growth in the railway network

With the ongoing joint project of three EU Members States – Estonia, Latvia, and Lithuania – by building a standard gauge highspeed railway line (Rail Baltica) connecting the three countries, the potential arises to improve the connection of the three Baltic States to Europe via Poland and potentially to Finland via the extended fixed link between Helsinki and Tallinn. In all three Baltic states local railway operators and public transport authorities are facing the challenge to adapt suburban, regional, and national railway services to provide the necessary connectivity between development centres by means of a modern railway service with short travel times and more frequent connections. While the proposed new Rail Baltica service pattern will support this from the beginning, this also applies to the existing 1520 mm network.



Jonathan Witte
Ramboll

Riga Central station is the main land transport hub in the Riga metropolitan area with more than 1 million inhabitants¹ is among the most important destinations along the Rail Baltica corridor. To connect Rail Baltica services to the existing national rail network in the Riga node and its proper functionality is crucial for the operational and commercial success of the project.

Based on the developed strategic master timetable in the “Riga Node operation optimization study”² it will be highlighted how the implementation of Rail Baltica and its operational integration into the Latvian railway network can be carried out in the best possible way to exploit the infrastructure capacity in urban areas, by applying a “Swiss” clock-face scheduling timetable and improve local 1520 mm railway services at the same time.

1 Coverage of Riga metropolitan area outlined in Action Plan for the development of the Riga metropolitan area, RPR council, 10th January 2020, https://rpr.gov.lv/wp-content/uploads/2021/01/Action-Plan-for-the-Development-of-the-RMA_Web-1.pdf
 2 Full study is available in the RB Rail documentation library: https://www.rail-baltica.org/wp-content/uploads/2021/10/2020-01-18_Riga-Node-Study-Final-report-For-Publishing-Final-with-annexes.pdf

Methodology and Approach

The Riga node study was subsequent to the elaboration of the “Rail Baltica “Operational Plan Concept for all 1435 mm on the Rail Baltica corridor, completed in 2018³, which recommended to perform a more detailed analysis for Riga node, including analysis of capacity and timetable stability and the required track layout.

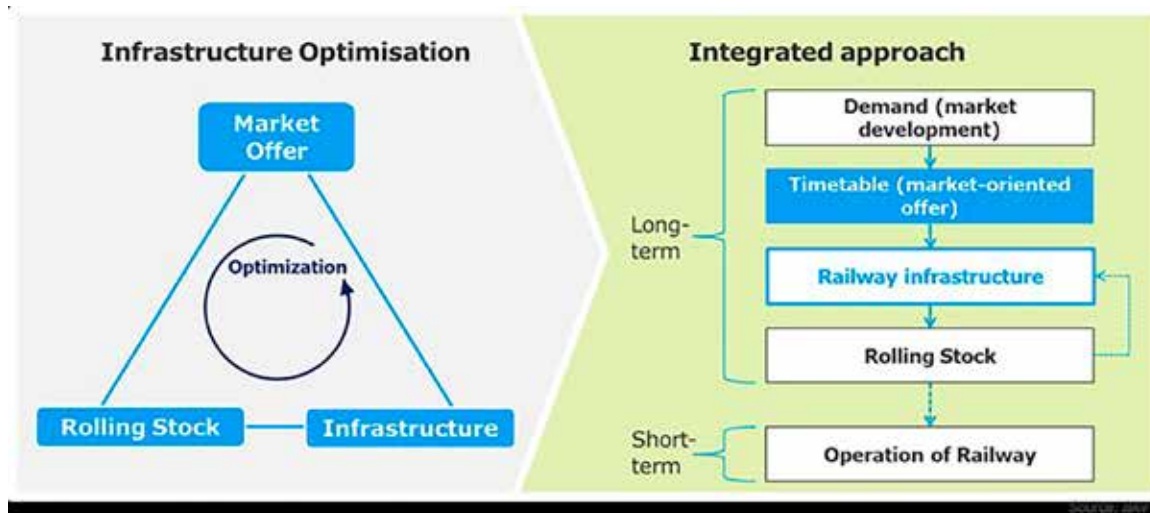
Consequently, objectives were to prepare a detailed operational study for Riga railway node for both railway gauges 1435/1520 mm, for short (2026), medium (2036), and long (2046) term incl. construction of a completely new cyclic timetable based on the business plan of the Latvian passenger operator, Pasažieru Vilciens. The focus was finally taken on all 1520 mm services in Latvia since most of the train services start and terminate in Riga node.

The methodology to reach these targets and to increase the benefits for end users was to translate the national infrastructure and transport policies into a modern state-of-the-art integrated and seamless railway transport system 1435/1520 mm, based on the “Swiss” clock-face scheduling principles which is an established standard in the international railway industry.

These service principles were initially chosen because they allowed to systematically and modular measure the capabilities and capacity of the 1435 mm Rail Baltica and Latvian 1520 mm railway network by mirroring the maximum possible features and operational requirements of the “Swiss” clock-face scheduling service pattern. The results achieved showed that for the specific

3 Operational Plan is available in the RB Rail documentation library: https://www.railbaltica.org/wp-content/uploads/2019/05/RB_Operational_Plan_Final_Study_Report_final.pdf

Figure 1. Methodology of staggered approach towards infrastructure planning



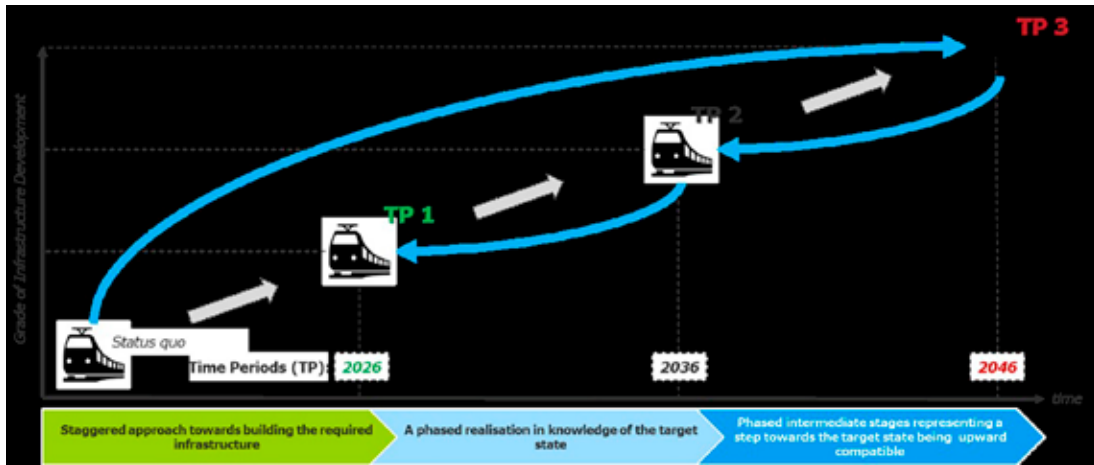


Figure 2. Market oriented “Swiss” approach for infrastructure and timetable optimization

conditions in Riga area and the Latvian passenger network, this principle will allow attractive passenger services with short travel times and interchange connections in Riga between all radial railway corridors in Latvia. At the same time, it could be shown that this principle allowed the optimal utilisation of the available infrastructure. This especially applied to future utilization of the double-track 1520 mm Daugava River bridge, which would be utilized in the future by up to 14 trains per hour in each direction in peak times (suburban, regional and freight trains).

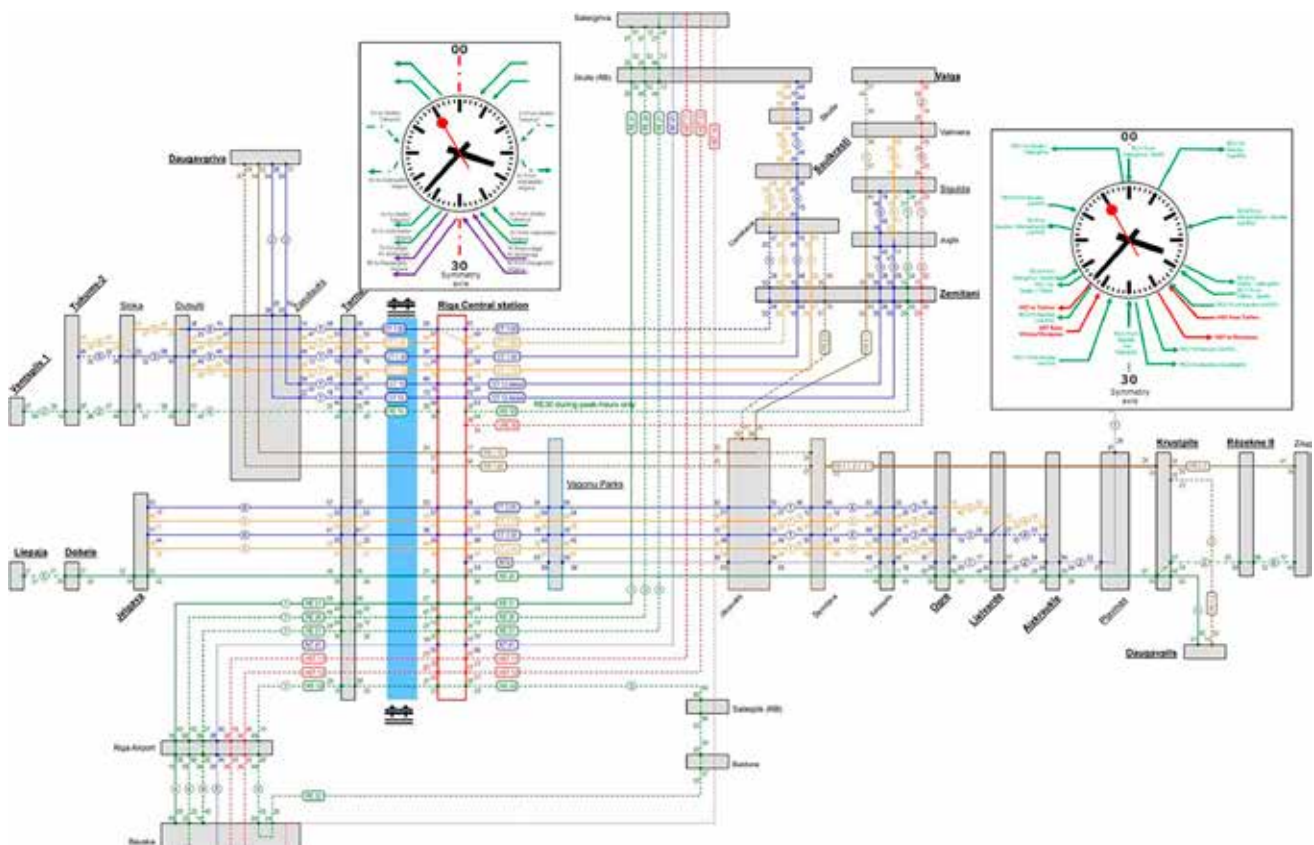
Master Timetable as a result for successful strategic infrastructure development

The result of this study is the “Master timetable” for the Latvian railway network. This service pattern describes the features possible on the railway network of a “Swiss” clock face scheduling passenger service pattern. These features e.g., are trains oriented around the symmetry minute, fixed interval, fixed stopping pattern,

dedicated passenger line products and optimal interconnectivity between railway lines in regional and international centres and to local public transport services (bus, tram, sharing services...), resulting in minimized travel time from anywhere to anywhere and optimal utilisation of available rolling stock.

Finally, the “Master timetable” and the derived infrastructure requirements are proofing the advantages of the market-oriented integrated “Swiss” service pattern since customers and the industry benefit from a significantly improved passenger service on the already existing infrastructure and guaranteed freight train slots. Furthermore, the chosen staggered planning methodology allows a more efficient use of public funds and subsidies regarding investments and operation of the infrastructure and public transport services.

Figure 3. Master Timetable for Lithuania



A bright future ahead in Finland for High Speed – Track design in High Speed Railways

High Speed railway can be defined as a system where rolling stock travels at speeds equal or higher than 250km/h. The 250 km/h barrier in railways can be understood as equivalent to the sound barrier in aviation: when exceeding this limit, new phenomenon appear and the conception of the transport system changes.

The increase of speed implies a big change for rolling stock, but how big of a change does this mean to the way we design the railway infrastructure, and in particular, the track? This article aims to summarize the differences between track design in conventional lines vs. track design in high speed lines, and to give guidelines for new high speed lines, as the case of Finland.

When increasing the speed, the dynamic forces that act over the railway are greater and even new phenomenon can appear, therefore the track design parameters and elements that define it (which can be grouped together as track subsystem) need to adapt to these new conditions.

Without this evolution in materials and design in general, the lines could still be operated at high speed levels (if the minimum requirements are met to ensure safety), but with the need for more frequent maintenance and the cost that this implies. This translates into a bigger lifecycle cost that would make the railway transport less efficient.

In order to minimize the maintenance and maximize the lifespan of the track, while ensuring the best quality, comfort and safety levels for our journey, the track subsystem needs to evolve.

After doing a comparison from the track design point of view between different countries with a large experience in high speed rail, differences in geometry values and superstructure elements were found. Therefore, it can be stated that this evolution will not be the same for all the countries, or even not the same for all the



Sergio Sanchez
AFRY

lines within the same country. In other words, the same design parameters and superstructure cannot be the same for all the high speed lines.

Next, these differences will be presented with more detail, as well as the reasons behind them: Horizontal and vertical geometry. In order to illustrate the differences regarding geometry, below can be found a comparison table between different lines and their main geometry values:

In this table we can see big disparities between the lines. The main reasons for these differences are the maximum speed, the type of traffic (and therefore the axle load), the terrain (presence of hills, mountains, forest, lakes and rivers) and the superstructure chosen.

Once the maximum speed is set, the essential parameter to determine the horizontal geometry values is the cant deficiency, since this will have a direct effect on the non-compensated acceleration (as can be seen from the table below) and the risk of lateral displacement of the track. In other words, it compromises the comfort and safety of the passenger, both essential criteria in design, as well as the need for maintenance due to the forces against the outside rail.

The value of cant deficiency will depend on the type of traffic and maximum speed. In lines with mixed traffic, the differences between maximum speeds of passenger vs. freight trains can be considerable (e.g. in the Nurember-Ingolstadt line a difference of 200km/h in maximum speeds is found). These differences lead to higher values of cant deficiency as well as cant excess. However, in passengers-only lines, cant deficiency tend to decrease when the speed go up to achieve better comfort and safety levels.

Regarding the vertical geometry, the values highly depend on the type of traffic and superstructure. Mixed traffic lines will require more restrictive values for vertical geometry.

Line	Type of traffic	Vmax (km/h)	Max. Cant (mm)	Max. cant deficiency (mm)	aqx (m/s ²)	R min. (hor.) (m)	R min. (vert.) (m)	Max. vertical gradient	Superstructure
TGV Paris - Lyon (F.)	P	300	180	85	0,56	4000	16000	3,50 %	Ballasted track
Cologne - Frankfurt (G.)	P	300	170	150	0,96	3350	14000	4,00 %	Slab track
Nuremberg - Ingolstadt (G.)	P/F	300	160	105	0,65	4000	14000	2,00 %	Slab track
Madrid - Barcelona (S.)	P	350	140	59	0,39	6500	25000	2,50 %	Ballasted track

Superstructure. Two options can be found to adapt the superstructure to the higher speed:

1. Keeping the ballasted superstructure but increasing the resilience to vertical forces and obtaining an optimum vertical stiffness for the track by improving its elements. That means heavier (>300 kg) and bigger prestressed monoblock concrete sleepers, more flexible fastening systems and rail pads (thicker, up to 10mm, with vertical stiffness around 100 kN/mm) and thicker and high quality layers of ballast and subballast (or even new solutions such as bituminous subballast, used in Japan and Italy).
2. Choosing slab track. This solution provides higher geometry stability (which allows smaller horizontal radius and bigger vertical gradients), lower maintenance need and smaller cross section in tunnels. It also gives a solution for the flying ballast phenomenon (when the ballast start acting as a fluid if the speed goes over 300 km/h). On the other hand, it has a bigger initial cost (20 % to 40 % more expensive than ballasted track, according to German experience).

Slab track is mainly used in lines with a high percentage of tunnels and bridges (experience says over 25 %) or in lines with high traffic levels due to its less frequent maintenance need. However, most lines use ballasted track except for large tunnel sections, where is common to use slab track due to the more complex maintenance and the smaller cross section required.

General guidelines for new high speed lines

Firstly, for countries that are about to implement high speed lines, like the case of Finland, it is advised to put special attention to the selection of type of traffic and optimum speed, studying each line individually and not assuming a general solution for all.

Secondly, to optimize the track lifecycle cost it is advised to use when possible design values above the absolute minimum ones to account for future needs (especially for main routes).

Thirdly, despite the solution for superstructure that is used, it must account for the efforts associated with the higher speed. Besides, the elements are in constant evolution and new solutions should be encouraged, as well as enough attention should be paid in railway research.

And last but not least, an appropriate maintenance plan and techniques are required, since the track quality requirements are higher in high speed, and so are the comfort and safety levels too.

Zero-emissions passenger railway services. First lessons from Germany

Background and aim

Declining emissions in passenger transport to contribute to the 1,5°C goal are a clear political priority in Germany. Measurable and sector-specific year-to-year goals were legally set. Thus, compared to 2020, the transport sector needs to reduce its emissions by 56 % until 2030. Therefore, efforts for the decarbonization of public rail passenger services have been strengthened in the past years – supported by federal state and state spendings. This has led to a growing number of rail services that will be operated with zero-emissions propulsion technologies instead of Diesel.

Today, about 39 % of the ~33.000 km network of Deutsche Bahn is not electrified. These tracks concern only networks of regional rail services as high-speed trains exclusively run on electrified tracks. In Germany, the public transport authorities (PTA) of the 16 federal states are responsible for the provision of regional rail services. They award ~300 public service contracts (PSC) for regional rail networks to train operating companies (TOC).

This presentation shall give an insight into zero-emissions propulsion technologies, and the market development of the decarbonization of regional rail services in Germany. Furthermore, we share our insights gained from various feasibility studies about the technological superiority of two different emission-free technologies. Last, we give an outlook of potential further market development and its most decisive parameters.

Technologies and market development in Germany

There are two main zero-emissions propulsion technologies for rail services:

- Battery-electric propulsion (BEMU - Battery-electric Multiple Units): These trains use electrical power which is either provided by catenary or – in non-electrified stretches of a network – by batteries. The batteries get recharged under catenary or at local fast charging spots at train stations.
- Hydrogen-electric propulsion (HEMU - Hydrogen-electric Multiple Units): These trains are run with electricity as well. This time it is produced by hydrogen in a fuel cell on board. HEMU contain batteries as well, but only for the peak load in case of acceleration phases.

There are several manufacturing companies which offer these train types. While there are four manufacturers of BEMU (Alstom, CAF, Siemens, Stadler), only two companies deliver HEMU as well (Alstom, Siemens).

Several PTA have tendered rail services where Diesel-propelled trains had to be substituted by BEMU or HEMU due



Thomas Petersen
Ramboll



Carolin Thalhofer
Ramboll

to the decarbonization policy. Today, about 250 BEMU and 55 HEMU have been ordered by TOC or PTA for regional rail services in total. The first operation started with 16 HEMU by the TOC EVB in Bremervoerde in 2022. A further HEMU-network will be run in Taunus with 27 trains by the TOC DB. In 2023, several BEMU services kick off in Germany, e.g. XMU with 55 BEMU and Ortenau with 20 BEMU.

Why do BEMU seem to be superior in advance?

In fact, every study on comparing both technologies for different networks resulted in a clear advantage for BEMU. Both HEMU networks (EVB, Taunus) mentioned above were planned without a pre-study but in cooperation with industrial partners – with Alstom as the train supplier and local H2 suppliers. If a thorough preliminary analysis was conducted, one or more of the following conditions favor the BEMU:

- Infrastructural pre-conditions and needs: One might argue that lacking infrastructure is favoring HEMU concepts because of their independence from electrified tracks. However, on the one hand this advantage is shrinking with growing battery capacities of BEMU and the evolvement of fast charging spots. On the other hand, the provision of hydrogen fueling stations is a challenging task. Due to safety regulations, the storage of a sufficient amount of hydrogen close to railways imposes heavy – not only financial – challenges.
- The most decisive bottleneck in the HEMU case is the current lack of sufficient production capacities for emissions-free hydrogen. Due to present infrastructure constraints, “green” H2 needs to be produced nearby. In Germany, wind and sun (photovoltaic) are the only large-scale zero-emissions primary energy carriers to be used. To meet the demand of a fleet of ~20 HEMU, you can calculate a daily consumption of 3 – 4 tons of hydrogen. This exceeds by far any local H2 production of today. Thus, the decision for operating HEMU in a specific railway network means setting up H2 production capacities dedicated to the concrete project. Consequently, there is no competitive market for purchasing H2 resulting in financial dependencies.
- Finally, there has always been a clear indication of HEMU operation being more expensive compared to BEMU. This stems from the physical fact of a poor energy conversion efficiency for H2. Therefore, the costs of energy consumption in the case of HEMU are way higher than of BEMU. This holds true even in optimistic cases of competition in the H2 supplier market. Furthermore, investments in HEMU fueling stations

Digitalizing supervision activities and documentation

Introduction

Railway maintenance oversight comes with the challenges of documenting maintenance supervision activities and analyzing observations made by the supervisors. To this end we looked for solutions with a low barrier to entry, for example avoiding purchase of expensive software or licenses. We decided to develop our own supervision application to ensure full control over our data and to be able to use the data in project management and analysis.



*Francois Got
Welado Oy*

Analysis

The application is a simple mobile app designed to easily document supervision activities.

Using the supervision application, supervision activities can be documented with comments, pictures, automatic time stamp and GPS coordinates. Reports can be produced in a timely manner, usually less than a few minutes.

The report can be submitted to the Railway Administrator and to the various maintenance contractors for comments and action planning.

The supervision application requires PowerApps, Power Automate, OneDrive for Business and Excel Online. All of which are available within the Office 365 environment and are straightforward, easy to learn tools.

We use Power BI to visualize the data collected from the application and to create maps and visuals giving meaningful insights on the supervision activities performed. For example, we can keep track of the work that was done, as well as point out locations missing inspection reports, etc.

We have recently started incorporating supervision data from the FTIA track maintenance system to our reports in order to get a bigger, more accurate view of the work being done.

Conclusions

The tools used to build the supervision application and its visual representations are all available within the Office 365 environment. While there are a lot of different options to build this kind of applications, the focus of this presentation is to show that new technologies, when developed in cooperation with railway experts, can lead to the creation of powerful applications which can save time as well as provide added value not only to supervision but also to other kinds of activities.

are worsening the balance. In fact, in most cases, a BEMU operation is way more cost-effective than current Diesel operations.

Can HEMU compete in the future?

The question is, which conclusions from future assessments on BEMU/HEMU will be drawn. After February 24th, many parameters have changed, but it turns out that the price shocks have induced no comparative advantage for any of the technologies. Consequently, planning the operation of zero-emissions trains should still be assessed in every single case; especially as there have been some cases, where the advantage of BEMU was small due to HEMU-favoring parameters.

Moreover, there might be some game changers for HEMU in the future. First of all, growing production capacities for H₂ and an increasing network of fueling stations, e.g. due to the expanding

use of dual mode locomotives for freight transports, favor the decision for HEMU. Furthermore, a tremendous progress will arise when the supply of green hydrogen from large-scale productions, e.g. from photovoltaic in Africa, will decouple the price for green hydrogen from the price for domestic electricity.

Time and real-life experiences with both technologies will tell us, which one will be the superior one – maybe differing from case to case. Let's wait for the forthcoming months when operations of BEMU and HEMU will start. Therefore, we are delighted that Ramboll supports simultaneous HEMU and BEMU pilot projects for a PTA in Rhineland-Palatinate. From approx. 2025 on, two different TOC (DB, HLB) shall undertake pilot operations with a couple of BEMU and HEMU in their respective networks. This is the only use case, where a PTA kicks off both technologies at the same time in order to have a full-scale comparison.

Use cases and trends in high-speed rail

The demand for sustainable transport is ever increasing. Besides offering shorter journey times the implementation of high-speed rail is beneficial to the environment, the economy and the society. Use cases from other countries show success factors and best practices. The trends for the next train generations are centered around life cycle cost optimization, digitalization and the design of a unique passenger experience.



Tom Kutscher
Siemens

Seville in Spain for example is a 470 km long distance which has a high-speed rail connection since 1992. With travel duration of less than 3 hours instead of more than 5 hours per car the line got increasingly popular. While 67% of travelers used a 1-hour flight and the rest a regional train connection before the Alta Velocidad Española (AVE) high-speed line was in operations, 87% took the AVE once it was in place.

“People need to choose the train over other modes of transport. And when do you choose a train? Of course, the number-one reason is an acceptable journey time.”

Increasing the usage of rail transport

The pressure to fight climate change is growing; countries are setting ever more ambitious CO2 reduction targets. The transport sector is the largest energy end-use sector; in 2018, the final energy used in transport vehicles accounted for 25 percent of the world’s direct CO2 emissions from fuel combustion. Hence, the need to fight climate change in the transportation sector is particularly pressing. At the same time, demand for mobility, particularly in urban areas, continues to increase, and cities are predicted to grow by 2.5 billion people over the next 30 years. More people and more goods need to be transported at lower cost to the environment; accordingly, there is enormous demand for more sustainable means of transportation. Rail is the most environment-friendly transportation, and no other means of transportation moves more people on the space available than rail.

Shorter travel times create more demand

In their efforts to decarbonize their transport offerings many countries rely on high-speed rail solutions. The data proves, shorter travel times are a driver for a higher market share of rail. Madrid to

Less travel time, more quality of life

But high-speed not only saves time for passengers and thus increases the quality of life but also stipulates and strengthens the economy overall, not only in the form of direct and indirect long-term jobs. A study on the currently to be implemented 2000 km long high-speed rail network in Egypt showed, that the benefits of less unproductive time spent for car transport add to socio-economic benefits and wider economic effects of 2 billion USD per year during operations – while direct and indirect job creation still comes on top. Thus, high-speed directly contributes to transforming society by offering a fast and economic transport for everyone.

On the way to carbon free transport

Take for example the new ICE 3neo Highspeed train from Deutsche Bahn. This fleet is climate protection at high speed: a total of 73 trains with 32,000 seats, speeds of up to 320 km/h and 100 percent emission-free with green electricity. Just 2.5 years after receiving



the order, first ICE 3neo trains will be put on the rails on time in December 2022.

The new 2,000-kilometer state-of-the-art high-speed rail network which is under construction in Egypt will connect 60 cities throughout the country. With a modal shift to train transport, the fully electrified network will cut carbon emissions by 70 percent compared to current car or bus transport, further supporting Egypt's efforts in transforming its mobility to a more sustainable one.

For mobility that is truly moving

Passengers no longer only want the trains to be on time and comfortable, but their design centered around their individual needs - to make travel an experience. That starts with comfortable seats, spacy toilet areas, sufficient luggage space and goes on to passenger information displays which clearly feature all needed information, and a reliable internet connection. The empty tube principle, for example, as seen on our Velaro Novo high-speed train, offers operators greater freedom when arranging interiors. This abundance of configuration options optimizes capacity – and comfort for passengers. The requirements very much vary from operator to operator so a co-creation process between operator and train manufacturer is the most effective solution for creating the best passenger experience.

Focus on reducing life cycle cost

Looking at the preservation of resources and the current energy crisis there is a clear call for action to further optimize energy consumption of trains. When travelling at high speeds the major driver for energy consumption is aerodynamic drag. On the Velaro Novo we have implemented novel technologies to drastically improve the aerodynamic performance, e.g. a completely streamlined vehicle roof, full bogie housing or aero-optimized gangways. The result is that the Velaro Novo high-speed train will consume 30% less energy compared to our previous Velaro generations.

Another crucial element of life cycle cost is the trainset maintenance. While the train is built once it will need to be maintained for the next decades of service. There is an ongoing shift in the rail sector from reactive responses and unplanned failures to data-driven digital asset management for rail systems over the lifecycle and just-in-time predictive maintenance of critical systems. Asset owners, maintainers and operators of rolling stock and rail infrastructure are facing the need for support of strategic and long-term decisions to balance performance, costs and risks. The market demand for holistic digital asset management for rail systems is growing. Predictive maintenance and unleashing the power of data planned in from the start will be a major game changer on availability and long-term costs.

A digital train

All in all, a future high-speed train from the outside will not look too different from the current ones in service in Europe. But the actual difference comes from the technology and innovation inside train. Above all, trains are no longer a large piece of metal or aluminum, but data and software enabled hardware protected by cybersecurity solutions to make the most from sustainable transport – thus, a class on its own.

Light Rail on Ring 3 Copenhagen

Light Rail on Ring 3 is a 28 km light rail system linking the Copenhagen suburbs of Lyngby and Ishoj to the West of the City Centre.

It is the third “second generation” light rail project in Denmark following Aarhus and Odense and will be the first light rail system in the Copenhagen region since the original tramway was closed down.

The project connects various S-Train lines which radiate out to the West from Copenhagen’s centre and not only provides modern public transport to the region but also is seen as a driver for regional development.

Ramboll has been providing design, management and support services to the project since 2014. Ramboll as lead consultant was responsible for the complete transportation system including Operations and Maintenance for 15 years, rolling stock, power supply and overhead line, track/permanent way, signalling as well as the technical layout of the CMC (Control and Maintenance Centre) including its equipment.

The presentation informs about the light rail project in general as well as the contractual set-up chosen including lessons learnt from the start-up phase through tender design, contract negotiation and award all the way to the currently ongoing construction phase.

Currently the project is in the construction phase for the infrastructure as well as the manufacturing of the light rail vehicles as well as major components such as equipment for the control and maintenance centre (CMC) which – as a building – has now been finished and is being equipped with track and all other parts of the transportation system.



*Steffen Plogstert
Ramboll*

The mock-up of the future light rail vehicle having been delivered to Copenhagen in 2020 and is now already in Copenhagen’s tramway museum. Meanwhile production of the first light rail vehicle has started in Siemens’ manufacturing plant in Kragujevac, Serbia.

The next major project steps will be the delivery of the first light rail vehicle to the Siemens test Centre in Wildenrath, Germany in early 2023 and delivery of this vehicle to Copenhagen following rigorous type testing – most likely after the summer in 2023.

In addition to the Ring 3 light rail project, also other projects with the involvement of Ramboll’s light rail service line will be presented, such as the ongoing involvement in rolling stock procurement for the light rail operator in the German city of Bonn, the second phase of tramway development in Aarhus, Denmark, future plans for light rail in Regensburg, Germany as well as the major project to determine the future high quality public transport system for Kiel, Germany, which will either be a bus rapid transit (BRT) or light rail solution.

We will touch on the difficulties of implementing large scale infrastructure projects in Western countries and also show how a focus both on the future passenger and the urban realm in general can be achieved but also poses conflicts – such as the need for high travelling speeds which can more easily be reached by full segregation which can conflict with the need for integration into the urban realm.



Pict. 1. Copenhagen Ring 3 Light Rail – Control and Maintenance Centre

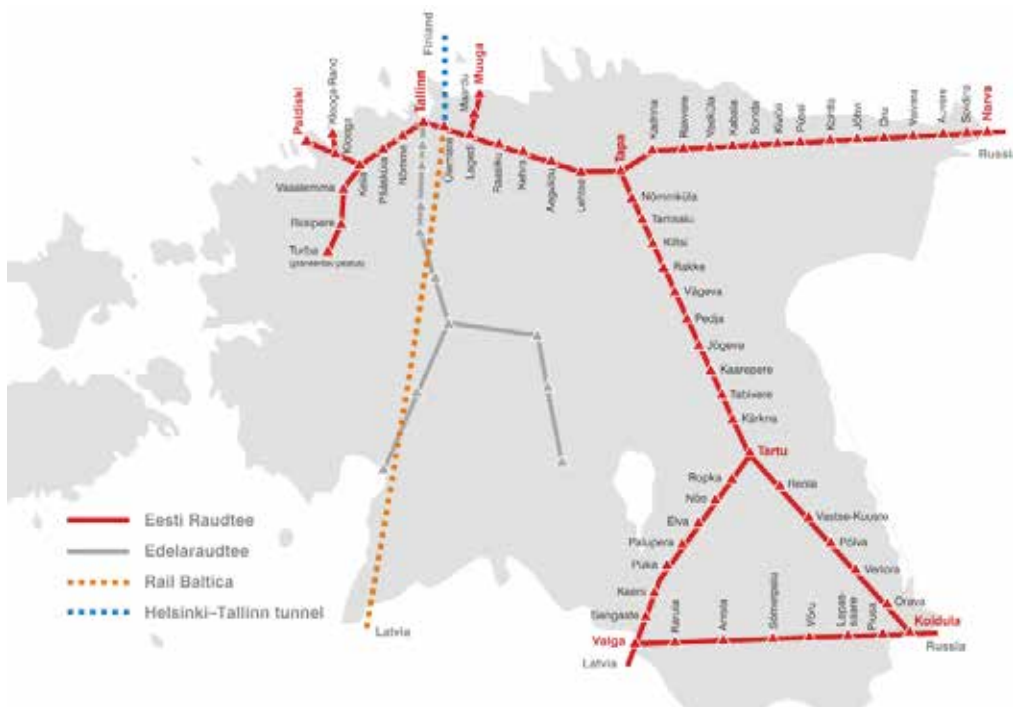


Pict. 2. Mock-Up of the Future Copenhagen Ring 3 Light Rail Vehicle.

Renewal of the CCS (Control, Command and Signalling) systems in Estonia

The current signalling systems on the Eesti Raudtee's (ER) infrastructure are mainly based on the Soviet Union era relay technology and developed between 1958 – 1992. The systems have mostly depreciated and are at the end phase of their expected service life. Eesti Raudtee's primary goal is to modernize the signalling system to achieve optimal, reliable, and safe signalling system. At the same time the objective is to be prepared for future and be compliant with EU directives and standards.

The modernization of the CCS systems was planned to be executed in three different stages in years 2020–2027. The project has started 2020 with planning and developing phase. There has been some changes in the order of the lines during the project but the main target has remained the same. Due to the world situation, the Estonian government has decided not to invest to the modernization of the signalling system in line 6 Tartu-Koidula, which leads to the Russian border.



Laura Järvinen
GRK Suomi Oy

Figure 1: Railway network in Estonia.

Modernization of railway CCS-systems and related subsystems 2019 - 2027

<p>Stage 0 (2019 - 2020) Preparation of technical concept and project documentation</p>
<p>Stage 1 (2020 - 2024) Modernization of signalling system and creation of conditions for the deployment of ERTMS</p>
<p>Stage 2 (2021 - 2024) Modernization of signalling system and creation of conditions for the deployment of ERTMS</p>
<p>Stage 3 (2025 - 2027) Deployment of ERTMS (ETCS L1 FS / LS)</p>

FOUNDATION

Figure 2: The stages of the modernization of the CCS systems.

Pikaraitioteiden pikaisuus – keskinopeustavoitteen tausta, tärkeys, toteutuminen ja tulevaisuus Helsingin seudulla

Esityksen aiheena on diplomityö, jonka Henri Miettinen teki HSL:lle syksyllä 2021. Työn tavoitteena oli kehittää pikaraitioteiden nopeuden arviointimenetelmiä alustavan tason tarkasteluissa ja tietoa pikaraitioteiden nopeudesta. HSL-alueen pikaraitioteiden suunnittelussa usean hankkeen keskinopeustavoitteena on ollut 25 km/h. Tätä nopeustavoitetta ei ole kuitenkaan saavutettu missään hankkeessa.



Henri Miettinen

Keskeisiä näkökulmia pikaraitioteiden keskinopeuteen

Pikaraitioteitä on suunniteltu tavanomaista raitiotietä nopeammaksi liikennemuodoksi ainakin 1910-luvun Saksasta lähtien. Käytännössä nykyisten pikaraitioteiden tärkeimmiksi tekijöiksi kuitenkin nähdään sopiva matkustajakapasiteetti ja korkea suunnittelun laatu.

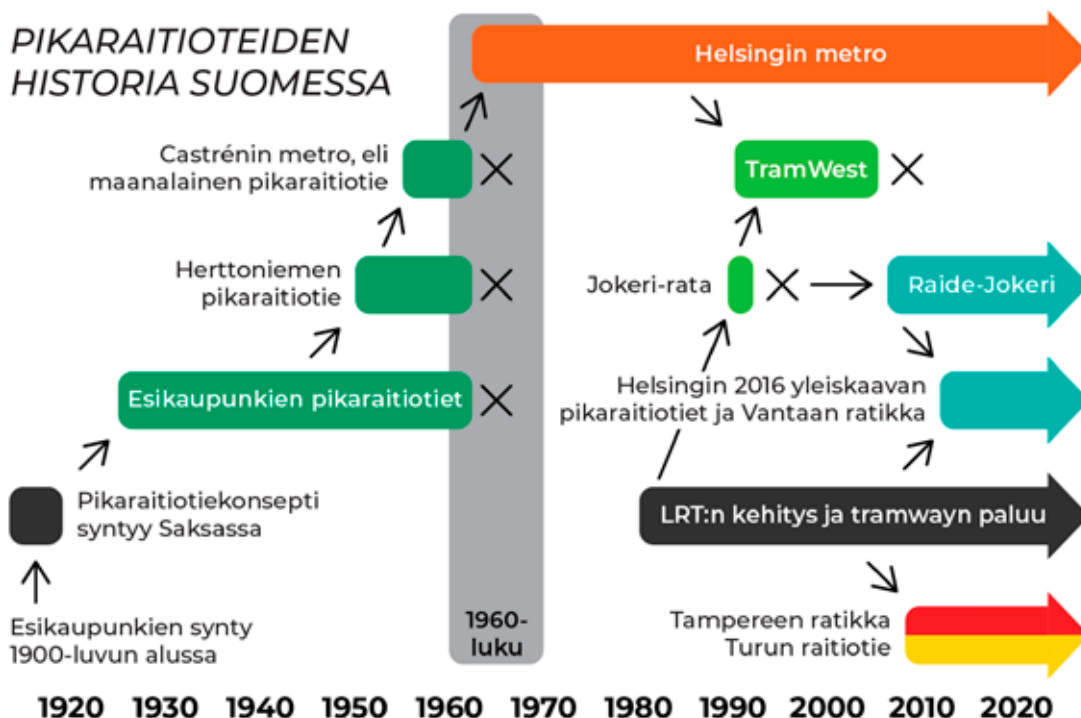
Keskinopeuden merkitys pikaraitioteille on sama kuin joukkoliikenteelle yleensäkin. Mitä nopeampaa joukkoliikenne on, sitä halvempaa se on järjestää ja sitä pidempiä matkoja ihmiset tekevät joukkoliikenteellä. Diplomityössä tätä havainnollistettiin vertaamalla HSL-alueen raide- ja runkoliikenteen keskinopeuksia sekä keskimääräisten nousujen pituutta. Keskimääräinen nousun pituus on karkeasti noin 10 minuuttia. Mitä nopeampaa joukkoliikenne on, sitä pidemmän matkan ehtii tekemään 10 minuutissa.

Nopeuteen vaikuttavat tekijät ja malli nopeuden arviointiin

Pikaraitiotien nopeuteen vaikuttavat useat tekijät. Kalusto ja matkustajat määrittävät pituussuunnan kiihtyvyyksiksi korkeintaan noin 1 m/s² ja sivusuunnan kiihtyvyyksiksi korkeintaan 0,65 m/s². Ihmiskuljettajat pystyvät ajamaan keskimäärin noin 90–95 % ajotehokkuudella teoreettiseen huippusuoritukseen nähden. Yksi pysäkkipysähtyminen viivyttää raitiovaunua noin 30–60 s. Kaarteisiin, liittymiin ja vaihteisiin joudutaan usein alentamaan nopeutta. Eri kaduilla raitiotien nopeusrajoitus on korkeintaan 70 km/h ja enimmäkseen alle tämän. Katujen muu liikenne voi aiheuttaa säännöllisiä tai

ennakoimattomia hidastuksia. Keskinopeuden lisäksi on tärkeää tunnistaa keskinopeuden hajonnan merkitys. Usein on kannattavampaa tavoitella luotettavaa liikennettä kuin mahdollisimman nopeaa liikennettä.

Tässä työssä toteutettiin lineaariregressioanalyysillä työkalu nopeuden arviointiin esiselvitysvaiheissa, joissa linjan tarkempia ominaisuuksia ei vielä tunneta. Luotu työkalu mallintaa aineiston pikaraitioteiden matka-ajan noin 90 % tarkkuudella kullekin pysäkkivälille. Mallin mukaan pikaraitiotien matka-aika on seuraavien termien summa:



Kuva 1. Pikaraitioteiden historia Suomessa (Miettinen, 2022).

- pysäkkiväljen määrä kertaa 40 s
- raitiotien pituus kilometreissä kertaa 60 s
- liittymien määrä kertaa 5 s
- kaarteiden määrä kertaa 10 s
- ruuhkaisten pysäkkien (yli 25 s pysäkkiäika) kertaa 10 s

Keskinopeustavoitteen tausta, tärkeys ja toteutuminen

HSL-alueen pikaraitiohankkeissa Raide-Jokerilla ja Vantaan ratikassa on käytetty raitioteiden keskinopeuden tavoitearvona 25 km/h. Tämä tavoite on lähtöisin Raide-Jokerin hankkeesta, jossa pikaraitiotielle tavoiteltiin suurempaa nopeutta kuin bussi-Jokerille, jonka nopeus oli 25 km/h. Tavoite ei ole kuitenkaan vaikuttanut suunnitteluun kovinkaan merkittävästi ja se on jäänyt muiden tavoitteiden alle.

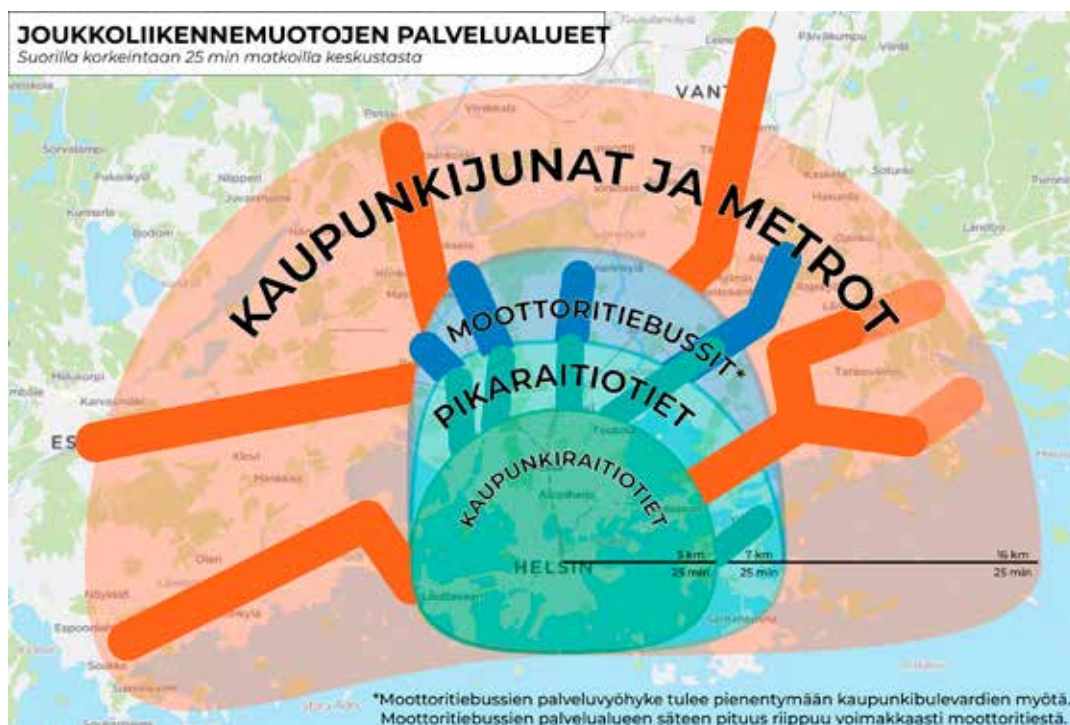
Kaikissa hankkeissa on kuitenkin tavoiteltu niin korkeaa keskinopeutta kuin on tarkoituksenmukaisesti mahdollista. Hankkeissa tarvitaan nopeustavoitteen sijaan realistista arviota keskinopeudesta. Jatkossa ei suositella keskinopeustavoitteen käyttöä. Parempia mittareita hankkeiden menestykselle ovat erilaiset kannattavuuden mittarit, jotka huomioivat paremmin nopeustavoitteiden ja niille ristiriitaisten muiden tavoitteiden kokonaisuutta.

Pohdintoja pikaraitioteiden keskinopeudesta

HSL on osaltaan tavoitellut nopeita pikaraitioiteita, jotta HSL-alueelle saisi Raide-Jokerista ja Vantaan ratikasta nopeita seudullisia runkoyhteyksiä. Toisessa koulukunnassa kaupungit ovat nähneet pikaraitiotiet maankäytön runkona. Keskinopeus 25 km/h ei palvele hyvin kumpaakaan tavoitetta, sillä keskinopeus on liian pieni seudullisille matkoille ja nopeuden vaatima pysäkkiväli on liian pitkä jatkuvalla kaupunkirakenteelle. Jatkossa kunkin pikaraitiohankkeen kohdalla on tärkeää tunnistaa, mitä pikaraitiotiellä tavoitellaan.

Vaikka pikaraitioiteista on kehittynyt paikallisia maankäytön runkoja, HSL tarvitsee silti ratkaisuja pitkille matkoille, jotka eivät ole juna- ja metroratojen suuntaisia. Näitä matkoja varten HSL voisi esimerkiksi hyödyntää moottoritiebusseja, jotka yhdistäisivät kaukana toisistaan olevia keskittymiä, jos matkustuskysyntä on riittävää.

Pikaraitioteiden palvelualue HSL-alueella rajoittuu noin Kehä I sisäpuoliselle alueelle säteittäisillä matkoilla Helsingin keskustasta. Tämän alueen ulkopuolella on syytä tunnistaa, että pikaraitioteiden keskinopeus rajoittaa ne raskaan raideliikenteen liityntäyhteyksiksi, suoriksi yhteyksiksi kantakaupungin laiduille tai esikaupunkien välisiä tai sisäisiä matkoja palveleviksi paikallisyhteyksiksi. Helsingin seuraavaan yleiskaavaan olisi hyvä tarkastella Kehä I ulkopuolisten pikaraitiotievarausten tarkoituksenmukaisuutta.



Kuva 2. HSL-alueen joukkoliikennemuotojen palvelualueet 25 min matkoilla keskustasta.

Vaikuttavaa vastuullisuustyötä Kalasatamasta Pasilaan -allianssi

Tilaaajan tahtotila mahdollistaa vaikuttavan vastuullisuustyön. Suunnitteluvaiheessa vastuullisuuden tulee olla yhtenä suunnittelua ohjaavana kriteerinä teknisten- ja laatuvaatimusten täyttämisen rajoissa ja rakentamisvaiheessa vastuulliset ratkaisut toteutetaan. Päästölaskennalla tunnustetaan merkittävimmät päästöjen aiheuttajat, jotta päästövähennysoimet osataan kohdistaa niihin.

Kalasatamasta Pasilaan -hanke

Suunnittelemme ja rakennamme noin 4,5 km uutta raitiotietä Helsinkiin välille Nihti-Kalasatama-Pasila sekä raitiotiehen kytkeytyviä katualueita, viherkaistoja, jalankulun ja pyöräilyn reittejä sekä kunnallistekniikkaa. Hanke toteutetaan Suomessa jo monessa hankkeessa käytetyllä allianssimalilla, mutta ensimmäistä kertaa Suomessa kahden allianssin yhteistyönä. Molempien allianssin tilaajana ovat Helsingin kaupunki ja Kaupunkiliikenne Oy. Palveluntuottajat muodostavat kaksi allianssia: Sörkan spora ja Karaatti. Sörkan sporan muodostavat Destia, Sweco ja WSP, Karaatin GRK ja AFRY sekä nimetyt alihankkijat Flou ja maisema-arkkitehtitoimisto Näkymä.

Vastuullisuus osana tilaaajan tavoitteita ja hankkeen johtamista

Hankkeen johtaminen perustuu päätöksenteon edellytysten luomiseen ja yhdessä sovittujen menettelyjen noudattamiseen. Hankkeen johtamista ohjaavat yhteiset arvot ja vastuullisuusperiaatteet. Ideana on, että prosessit tuottavat mahdollisimman vähän hukkaa, hanke toimii vastuullisesti ja päätöksentekotapahtuu mahdollisimman lähellä tekijöitä. Vastuullisuuden



Virva Kuvaja
AFRY



Eija Multanen
AFRY

Kalasatamasta Pasilaan -allianssin vastuullisuustekoja:

- Vastuullisuusnäkökulma tilaaajan tavoitteena
- Vastuullisuus allianssien avaintulosalueissa (ATA)
- Vastuulliset hankinnat – muistilista ja aputaulukko
- Purettavien kiveysten uudelleenkäyttö
- Purkubetonin uudelleenkäyttö
- Kaivumaiden uudelleenkäyttö
- Paahderata
- Paalulaatan ohennus sienilaataksi
- Paalutyypin muutokset
- Vähäpäästöisen betonin käyttö
- Vähäpäästöiset työmaat Green Deal -sitoumus, uusiutuvia polttoaineita rakentamisessa
- CEEQUAL-sertifiointi, muistilistana kaiken takana

todentaminen perustuu CEEQUAL-sertifiointijärjestelmän kriteereiden soveltamiseen.

Tilaaajan hankkeelle määrittelemät tavoitteet ovat elinkaarivaikuttavuus, ympäristövaikuttavuus, palvelutaso ja positiivinen kaupunkikuva. Tilaaajan prosessille asettamat tavoitteet ovat puolestaan kustannusohjaus ja tuottavuus, häiriöiden minimointi sekä vuorovaikutus ja vahva integraatio. Nämä tavoitteet ovat ohjanneet suunnitteluratkaisuja, vaihtoehtojen vertailua, johtamista ja työskentelytapoja, toteutuksen suunnittelua sekä hankkeen vaikuttavuuden arviointia.

Osana Helsingin kaupungin sitoutumista Vähäpäästöiset työmaat -sitoumukseen (ns. Green Deal) Kalasatamasta Pasilaan -hanke on myös sitoutunut siihen. Avaintulosalueet ovat osa allianssien kannustinjärjestelmää, joten ne ohjaavat vahvasti allianssien toimintaa. Kummankin allianssin avaintulosalueissa on vastuullisuuskriteereitä.

Vastuullisuusnäkökulma suunnittelussa

Suunnittelussa vastuullisuusnäkökulma on huomioitu muun muassa resurssitehokkuuden, kiertotalousratkaisuiden ja hankintojen kautta. Hankealueella uudelleenkäytettävien massojen ja materiaalien osalta päätettiin uusiokäyttää mm. hankealueelta purettavia reuna- ja pintakiviä. Suunnittelussa

on pyritty osoittamaan paikat purettavien reuna- ja pintakivien käyttöön visuaalisesti miellyttävinä kokonaisuuksina uusien kiveysten lomassa.

Kiertotalouden toteuttamista hankaloittaa uusiomateriaalien käytön luvanvaraisuus ja etenkin ympäristölupien pitkät käsittelyajat suhteessa hankkeiden keston. Kalasatamasta Pasilaan -hankkeelle haettiin ympäristölupa purettuun betonin murskaamiseen ja uusiokäyttöön raitiotierakenteissa. Lisäksi hankintainsinööreille tehtiin vastuulliset hankinnat -muistilista ja aputaulukko tarjousten vertailuun ja pisteytykseen vastuullisuusnäkökulmasta.

Vastuullisuustekojen rakentaminen

Purettavien reuna- ja pintakivien uudelleenkäyttö oli yksi merkittävä valinta, joka suunnittelussa tehtiin. Kiveysten purkaminen ja puhdistus on hidasta käsin tehtävää työtä ja vaatii käsittely- ja varastointitilaa, jota hankkeella on ollut vaikeuksia saada. Kiertotalousratkaisuja on mahdotonta toteuttaa, jos hankkeelle ei löydy sopivia välivarastointialueita tarpeeksi läheltä. Varastoalueiden on hyvä sijaita hankealueen välittömässä läheisyydessä, jotta toiminta on kustannustehokasta. Varastointiin vuokrattavilla kiinteistöillä voi olla rajoitteita varastoitavan materiaalin ja alueen tekni-

sen käytettävyyden sekä mahdollisen käyttöajan suhteen. Tarvit-
tävien väliavarastointialueiden etsiminen ja sovittaminen rakenta-
misaikatauluun on vaatinut paljon yhteensovitusta.

Suunnitteluvaiheessa tehty päätös käyttää ns. vähäpäästöistä
betonia paalulaatoissa laitto rakentamisvaiheessa aikataulu osin
uusiksi, koska vähäpäästöisellä betonilla on pidempi lujittumisaika
kuin tavanomaisella betonilla. Lisäksi vähäpäästöinen betoni on
tällä hetkellä kalliimpaa kuin tavanomainen betoni.

Vastuullisuuden huomiointi käytön aikana ja kunnossapidossa

Kalasatamasta Pasilaan -hankkeen suunnitteluvaiheessa on tilaa-
jan tavoitteiden mukaisesti mietitty pintamateriaalivaihtoehtoja
myös kunnossapidon näkökulmasta. Allianssissa on osallisena
myös Kaupunkiliikenteen kunnossapitohenkilöitä. Paahderaide
tuo vihreää kaupunkikuvaa yhtä lailla kuin nurmiraide, mutta ei
vaadi kastelua ja leikkausta. Lisäksi esimerkiksi katukiveysten ja
-laattojen valinnassa on huomioitu materiaalien käyttöikä, pestä-
vyys sekä vaihdettavuus.

Case: Hiilijalanjälkilaskennan avulla saavutetut päästö- ja kustannussäästöt Kalasatamasta Pasilaan -allianssissa

Allianssin kehitysvaiheen alussa oli tarkoitus tehdä hiilijalanjäl-
kilaskenta tai elinkaariarviointi hankkeen merkittävimpien pääs-
tölähteiden tunnistamiseksi, mutta haasteena on, että lähtötie-
doiksi tarvittavat massojen ja materiaalien määrätiedot selviä-
vät vasta suunnittelun edetessä, jolloin on liian myöhäistä tehdä
merkittäviä muutoksia. Tämän vuoksi tehtiin muutamien mate-
riaalien ja tuotteiden hiilijalanjälkivertailuja, jotta suunnittelijat
pystyivät ottamaan päästönäkökulman huomioon materiaali- ja
rakennevalinnoissa.

Hankkeella keväällä 2022 tehdyssä elinkaariarvioinnissa
pystyttiin huomioimaan vain yhden lohkon osalta seitsemästä
lohkosta päästövähennystoimenpiteinä kierrätysmaiden käyttö

täytöissä, kierrätysmurskeen käyttö, paalulaatan ohennus sie-
nilaataksi sekä paalutyypin muutokset. Näiden toimien pääs-
tövähennykset olivat 1,9 % koko hankkeen päästöistä ja 9,1 %
kyseisen lohkon päästöistä. Laskennassa ei vielä pystytty hu-
mioimaan jo sovittuja toimenpiteitä, kuten uusiutuvien poltto-
aineiden ja vähäpäästöisen betonin käyttöä. Samoja toimenpi-
teitä on toteutettu kaikilla lohkoilla. Päästölaskenta on tarkoitus
uusia hankkeen loppuvaiheessa, jotta toteutettujen toimenpitei-
den päästövähennysvaikutus saadaan selville.

Raitiotien käytön aikaisen sähkönkulutuksen päästöt arvioi-
ttiin uusiutuvalla energialla Kaupunkiliikenteen linjauksen mukai-
sesti ja ne muodostavat 36 % hankkeen päästöistä 100 vuoden
tarkastelujaksolla. Näin ollen käytön aikaisella energian tuotan-
tomuudolla on huomattava merkitys. Päästöoptimointien kus-
tannusvaikutusta ei ole vielä laskettu.



Akkukäyttöisten raitiovaunujen soveltuvuus Vantaan raitiotielinjalle

Sähköbussien vallatessa kaupungit katseet ovat kääntyneet myös akkukäyttöisyyden hyödyntämiseen raitioliikenteessä. Akkukäyttöisyys on luonut mahdollisuuden ajolangattomille osuuksille jo monissa kaupungeissa ympäri maailmaa. Euroopassa tunnettuja esimerkkikaupunkeja ovat Englannin Birmingham ja Välimeren Ranskan rannalla sijaitseva lumoavan kaunis Nizza. Myös raskaassa raideliikenteessä akkukäyttöisyyttä hyödynnetään yhä useammin.

Vantaalle vuonna 2020 tehdyssä esiselvityksessä on tutkittu akkukäyttöisten raitiovaunujen tyyppejä ja tarjontaa, lataustekniikkaa ja akkujärjestelmiä sekä olemassa olevia akkukäyttöisiä järjestelmiä Nizzassa ja Birminghamissa. Molemmissa kaupungeissa päädyttiin osittain ajolangattomaan ajoon historiallisesti arvokkaan kaupunkikeskustan vuoksi.

Selvityksessä koottiin tietoa ajolangattomista raitiotiejärjestelmistä vastaamalla seuraaviin kysymyksiin:

- Millaisia latausjärjestelmiä on käytössä ja miten latausajat ja -tiheys eroavat eri järjestelmissä
- Miten suuri osuus linjasta voidaan liikennöidä ajolangattomassa ajossa?
- Millainen on akkukäyttöisten raitiovaunujen tarjonta ja mitä mahdollisia standardeja on käytössä?
- Mitkä ovat akkujärjestelmän ja akkujen elinkaarikustannukset?

Eero Kauppinen

Tavoitteena oli tutkia kokonaisvaltaisesti, voiko akkukäyttöisyys ja sen mahdollistama ajolangattomuus tarjota järjestelmään kustannustehokkuutta vaunujen elinkaaren aikana. Akkukäyttöisen ajon soveltuvuutta on tarkasteltu kustannusvaikutusten lisäksi tarkastelemalla yhteiskäyttöisyyttä osana koko Helsingin seudun raitiotiejärjestelmää sekä erikoiskuljetusten näkökulmasta. Selvityksessä videohaastateltiin myös useita eri kalustotoimittajia.

Ajolangattoman tai edes osin ajolangattoman raitiotiejärjestelmän kallein ja tärkein osa on vaunujen akkujärjestelmä. Akkujen käyttöikä on 5–10 vuotta riippuen järjestelmän suunnittelusta ja ajolangattomien osuuksien määrästä ja pituudesta. Vantaan raitiotielinjan tarpeisiin akkujärjestelmä toisi raitiovaunuun arviolta noin 2 tonnin lisäpainon, mikä kasvattaa vaunun energiankulutusta. Toisaalta vaunussa olevat akut mahdollistavat myös jarrutusenergian talteenoton, jolla energiankulutusta voidaan vähentää.

Yleisesti ottaen ei ole olemassa yhtenäistä teknologiaratkaisua ajolangattomalle raitiotiejärjestelmälle, vaan jokainen osittainkin ajolangaton raitiotiejärjestelmä on oma yksilöllinen ratkaisunsa. Akkujärjestelmän kapasiteetti on optimoitava ajolangattoman ajon pituuden, latauspisteiden määrän ja lataussykliä pitempään perusteella. Akkukäyttöiset raitiovaunut sopivat kylmään ilmastoon kuten sähköbussitkin. Parhaiten mahdollisista ajolan-



Kuva 1. Nizzan ajolangatonta vanhempaa raitiotieosuutta. Kuva Riikka Salli.

gattomista lataustekniikoista kylmiin ja lumisiin olosuhteisiin sopii lähes jatkuva virransyöttö eli ajolangattomat osuudet olisivat vain välttämättömissä kohdissa ratalinjaa.

Esiselvityksen mukaan akkukäyttöisyys kasvattaa kustannuksia vaunujen koko elinkaaren eli 40 vuoden ajan. Kustannusten kasvun vaihteluväli on suuri, noin 6–37 miljoonaa euroa. Kustannusten vaihteluväli johtuu merkittävistä akkujärjestelmän määrittelyihin ja kustannuksiin liittyvistä epävarmuuksista. Suurten elinkaarikustannusten vuoksi Vantaan raitiotiellä on haastavaa löytää sellaista taloudellista ratkaisua, jolla akkukäyttöisyys olisi tarkoituksenmukaista toteuttaa.

Raitiovaunujen hankintavaiheessa kustannuksia kasvattaisi investointi akkujärjestelmiin, jonka kustannus on arviolta noin 3,8–10,5 miljoonaa euroa tavanomaisiin raitiovaunuihin verrattuna. Toisaalta selvityksessä tunnistettiin Vantaan raitiotieltä esimerkkitapauksia, joissa kustannussäästöjä voitaisiin saavuttaa investointivaiheessa arviolta noin 5,5 miljoonaa euroa, kun ajolankoja ja sähköneritystä ei tarvitsisi rakentaa.

Kokonaisvaltaisesti kustannusten valossa tarkasteltuna Vantaan raitiotien linjaosuuksille ei kannata toteuttaa akkukäyttöisyyttä. Ajolangattomuutta kannattaa tutkia vain sellaisissa vaativissa kohteissa, joissa ajolangattomuudesta voi olla kustannuksia vähentäviä hyötyjä. Vantaan raitiotien suunnitteluperiaatteet vas-

taavat Helsingin seudun muiden pikaraitiotiehankkeiden suunnitteluperiaatteita, mikä mahdollistaa vaunuhankintojen ja vaunujen kunnossapidon hankinnan yhtenäisin seudullisin ratkaisuin. Yhtenäisen kaluston käyttö eri linjoilla toisi myös kustannushyötyjä kaluston elinkaaren hallinnassa ja ylläpidossa. Vuositasolla nämä hyödyt voivat Vantaan raitiotien osalta olla noin 1–1,2 miljoonaa euroa.

Selvityksen perusteella akkukäyttöisyyttä ei Vantaan raitiotiellä voida perustella raitiotiehankkeen kustannustekijöillä. Ajolangattomuutta kannattaa tutkia vain sellaisissa vaativissa kohteissa, joissa ajolangattomuus voi parantaa toteutettavuutta ja siitä voi olla kustannuksia vähentäviä hyötyjä.



Kuva 2. Nizzan ajolangatonta vanhempaa raitiotieosuutta. Kuva Riikka Salli.

Tampereen Ratikka liikennöi, rakentaminen ja seudullinen suunnittelu jatkuvat

Tampereen Ratikka aloitti liikennöinnin 9.8.2021 kahdella linjalla; linja 1 liikennöi keskustan eteläosasta Tampereen yliopistollisen sairaalan kampusalueelle ja linja 3 keskustan länsiosasta Hervantaan. Liikennöinti on lähtenyt hyvin käyntiin. Matkustajamäärät ovat tavoitteiden mukaisia ja ne ovat jatkuvalla kasvu-uralla. Matkustajien asiakastytyväisyys on ollut korkealla tasolla. Samaan aikaan on käynnissä läntisen jatko-osan rakentaminen kohti Lentävänniemeä sekä seudullisen raitiotien suunnittelu.

Tampereen Ratikka nauttii suurta suosiota

Tamperelaiset ovat ottaneet Ratikan omakseen ja matkustajamäärät ovat olleet selvästi kasvussa. Ensimmäisen kerran 40 000 päivittäisen matkustajan rajapyykki ylitettiin toukokuussa 2022 ja 50 000 matkustajan raja marraskuussa 2022. Myös viikonloppuisin matkoja tehdään enemmän kuin aikaisemmin. Koko Tampereen seudun joukkoliikenne on palautunut koronasta muita Suomen suuria kaupunkiseutuja nopeammin.

Ratikan matkustajien asiakastytyväisyyden keskiarvo on erittäin hyvä 4,6 viidestä (lokakuu 2022). Tampereen kaupunkiseudun joukkoliikenneviranomaisen, Nyssen asiakastytyväisyyskyselyssä matkustajilta kysytään mielipidettä vaunun ja pysäkkien siisteydestä, matkustamisen turvallisuudesta, kuljettajan ajotavan miellyttävyydestä sekä aikataulujen noudattamisesta. Kysely toteutetaan kuukausittain molemmilla nyt liikennöitävillä raitiotielinjoilla. Ratikan suosittelevuudeksi (NPS) on 75, mikä on myös erittäin hyvä tulos joukkoliikenteen palvelusta (asteikko -100, 100).

Tampereen Raitiotie Oy selvittää lisäksi vuosittain Tampereen asukkaiden mielipiteitä kuluttajatutkimuksella. Jo kuuden-



Ville-Mikael Tuominen
Tampereen Raitiotie Oy

nen kerran toteutetun tutkimuksen mukaan syksyllä 2022 myönteisesti Ratikkaan suhtautuvia on peräti 87 prosenttia. Määrä on kasvanut 6 prosenttiyksikköä vuoden 2021 syksystä ja jopa 31 prosenttiyksikköä ensimmäisestä rakentamisvaiheen kuluttajatutkimuksesta vuodelta 2017. Samalla erittäin kielteisesti Ratikkaan suhtautuvien määrä on nyt 5 prosenttia kun vuonna 2017 heitä oli 23 prosenttia vastaajista.

Raitiotien ensimmäinen osa valmistui etuajassa ja alle valtuuston hyväksymän budjetin, toisella osalla rakennustyöt etenevät suunnitellusti

Tampereen kaupunginvaltuusto teki Tampereen Ratikan toteutusosan 1 (keskusta–Hervanta–Tays) investointipäätöksen 7.11.2016 ja rakentaminen käynnistyi alkuvuodesta 2017. Raitiotien osalle 1 rakennettiin kaksi linjaa; raitiolinja 1 kulkee keskustan eteläosasta Sorin aukion pysäkiltä Tampereen yliopistollisen sairaalan kampusalueelle ja raitiolinja 3 keskustan länsiosasta Pyynikintorilta Etelä-Hervantaan. Toteutusosalle 1 rakennettiin kaksoisraidetta 15,7 kilometriä. Toteutukseen kuului myös Ratikan päävarikko, joka sijaitsee Hervannassa Ruskon teollisuusalueella. Matkustajaliikenteen linjaraitteiden lisäksi varikkoalueella on 4 kilometriä yksiraiteista raidetta.

Tampereen Ratikan osan 1 ja 2 toteutussuunnittelusta ja rakentamisesta vastaavan Raitiotieallianssin tavoitekustannus osan 1 raitiotien rakentamiselle oli 238,8 miljoonaa euroa. Raitiotien ensimmäinen osuus valmistui etuajassa ja alitti kaupunginvaltuuston hyväksymän tavoitekustannuksen.

Tampereen kaupunginvaltuusto päätti linjan 3 läntisen jatko-osan, toteutusosan 2 rakentamisesta 19.10.2020. Päätös tehtiin ennen osan 1 raitiotieliikenteen alkamista. Toteutusosan 2 rakentaminen käynnistyi vuoden 2020 aikana. Osan 2 reitti kulkee Pyynikintorilta Sepänkadun, Santalahden alueen, Näsijärveen rakennettavan tekosaaren, Näsisaaren kautta Hiedanrantaan, Niemenrantaan ja edelleen Lentävänniemeen. Toteutusosaan 2 sisältyy 6,6 kilometriä kaksoisraidetta. Liikennöinti aloitetaan kahdessa vaiheessa. Tavoitteena on aloittaa liikennöinti Santalahteen 7.8.2023 ja Lentävänniemeen tammikuussa 2025. Osan 2 raitiotien rakentamisen tavoitekustannus on 84,9 miljoonaa euroa.

Tampereen Ratikan suunnitellaan laajentuvan vaiheittain seudulliseksi

Alkuvuonna 2021 valmistui Tampereen raitiotien seudullinen yleissuunnitelma, jossa kuvataan raitiotien mahdollisten jatkolinjojen varaukset: Tampereen keskustasta Härmälän kautta Pirkkalaan, Tays keskussairaalta Linnainmaan aluekeskukseen ja sieltä edelleen Kangasalan Lamminrahkaan. sekä Tampereen Lielahdesta Ylöjärvelle.



Kuva 1. Tampereen Ratikka on tuonut taiteen osaksi matkustuskokemusta. Tällä hetkellä 83 taiteilijaa on osallistunut Ratikka-hankkeen 54 taideprojektiin. Kuvassa Jaakko Himasen Tuulenilmät -teos Pyynikitorilla. (Kuva: Tampereen Raitiotie Oy / Pasi Tiitola)

Kuva 2. Tampereen Ratikan linjakartta. Liikennöinti on käynnistynyt elokuussa 2021 toteutusosalla 1 Pyyrikintori–Tays–Hervanta. Rakentaminen on käynnissä toteutusosalla 2 Pyyrikintori–Lentävänniemi.

Tampereen Ratikan linjalle 1 suunnitellaan parhaillaan jatkoa etelässä linja-autoasemalta, Sorin aukion pysäkiltä Pirkkalaan ja idässä yliopistolliselta keskussairaualta Linnainmaan aluekeskukseen. Pirkkala–Linnainmaa-raitiotien hankesuunnitelma valmistuu helmikuussa 2023 ja tavoitteena on, että Tampereen ja Pirkkalan valtuustot päättäisivät mahdollisesta toteutussuunniteluun ryhtymisestä maaliskuussa 2023. Tampereen kaupunginhallituksessa ja Pirkkalan kunnanhallituksessa on huhtikuussa 2022 asetettu valmistelun tavoiteaikataulu: Pirkkalan ja Tampereen valtuustot päättäisivät Pirkkala–Linnainmaa-raitiotien rakentamisesta viimeistään lokakuussa 2024, rakentaminen voisi alkaa vuodenvaihteessa 2024–2025 ja raitiotieliikenne vuodenvaihteessa 2028–2029.

Pirkkala–Linnainmaa raitiotien hankesuunnitelma sisältää toteutusosien 1 ja 2 yhteensä 22,3 kilometrin päälle 13,8 km lisää kaksoisraidetta.

Alustavan aikatauluarvion mukaan raitiotietä voitaisiin jatkaa lisäksi Tampereen Hiedanrannasta Lielahden alueen läpi Ylöjärven Soppeenmäkeen ja kirkonseudulle vuosien 2029–2032 aikana ja Linnainmaalta edelleen itään Kangasalan Lamminrahkaan asti vuosien 2033–2036



aikana. Runsaan 8 kilometrin pituisesta Lielähti–Ylöjärvi-raitiotiestä on laadittu tarkentava yleissuunnitelma vuoden 2022 aikana. Raitiotien lisähaaran Rantaperkiö–Vuores rakentamisen ajankohta voisi olla myös 2030-luvun aikana.

Useita toimijoita

Tampereen Ratikan osien 1 ja 2 toteutussuunnittelusta ja rakentamisesta vastaa Raitiotieallianssi, jossa tilaajaosapuolina ovat Tampereen Raitiotie Oy ja Tampereen kaupunki. Raitiotieallianssissa palveluntuottajia ovat rakentajat YIT Suomi Oy ja NRC Group Finland Oy ja suunnittelijat Sweco Finland Oy ja AFRY Oy.

Tampereen Ratikan kunnossapitoallianssi vastaa raitiotieratojen kunnossa-

pidon lisäksi raitiotien talvikunnossapidosta, sähkönsyöttöasemien ja varikon piha-alueiden kunnossapidosta sekä kunnossapidon päivystystoiminnasta. Kunnossapitoallianssin tilaajaosapuoli on Tampereen Raitiotie Oy ja palveluntuottajina NRC Finland Oy ja YIT Suomi Oy.

Tampereen Ratikan liikennöintiä vastaa Ratikan liikennöinnistä ja liikenteenohjauksesta. Liikennöintiä vastaa Tampereen kaupunkiseudun joukkoliikenneviranomainen (Nysse), palvelukoordinaattorina Tampereen Raitiotie Oy sekä palveluntuottajana VR-Yhtymä Oyj. Tampereen raitiovaunujen suunnittelija, valmistaja ja kunnossapitäjä on Škoda Transtech Oy.



Tampereen Ratikan vaunut

Osan 1 liikennöintiä varten Skoda on toimittanut Tampereelle 20 raitiovaunua. Osan 2 Lentävänniemeeseen asti liikennöintiä varten on tilattu kahdeksan lisävaunua. Vaunut ovat kokonaan matalalattaisia ja esteettömiä. Tampereen ForCity Smart Artic X34 -raitiovaunut ovat kolmiosaisia, nelitelisiä ja kahteen suuntaan ajettavia.

Pituus: 37,3 m
 Leveys: 2,65 m
 Raideleveys 1 435 mm
 Matkustajamäärä: 264 (mitoituksella 4 seisovaa matkustajaa per m2)
 Istumapaikat: 104
 Pyörätuolipaikat: 6
 Lastenvaunupaikat: 12
 Käyttöjännite: 750 V

Kuva 3. Tampereen Ratikan vaunu Hämeenkillalla, Skoda Forcity Smart Artic X34 Tampere.
 (Kuva: Tampereen Raitiotie Oy / Pasi Tiitola)

Raitiojunaliikenteen radan esisuunnitteluperusteet kaupunkiosuuksilla

Raitiojunalla eli duoraitiovaunulla tai Tram-Trainilla tarkoitetaan sellaista kalustoyksikköä, joka teknisten ominaisuuksiensa puolesta voi liikennöidä sekä valtion rataverkolla että raitiotiejärjestelmissä. Raitiojunin operoidun järjestelmän perusajatuksena on yhdistää toisistaan erilliset kaupunki- ja rautatieverkot yhdeksi toiminnalliseksi kokonaisuudeksi, joka mahdollistaa vaihdottomat matkaketjut järjestelmien välillä. Raitiojunaliikenteessä pyrkimyksenä on hyödyntää jo olemassa olevaa infraa sekä tehostaa sen käyttöä, jolloin jo tehdyistä investoinneista pystytään hyötymään nykyistä enemmän. Raitiojunaliikennejärjestelmiä on useissa Euroopan maissa eri kaupungeissa, lähimpänä Suomea on Tanskan Århusin järjestelmä.

Työn tausta

Vuonna 2017 Liikennevirasto tilasi Proxionilta diplomityön, jossa tarkasteltiin raitiojunan mahdollisuuksia Suomessa. Työn keskeisiä osa-alueita olivat voimassa olevan suomalaisen sekä EU-lainsäädännön tarkastelu raitiojunaliikenteen näkökulmasta sekä raitiojunaliikenteen teknisten ratkaisujen ja niiden soveltuvuuden tarkastelu. Työhön perustuen voitiin todeta, että raitiojunaliikennettä on mahdollista harjoittaa myös Suomessa niin lainsäädännön kuin teknisten näkökohtienkin puolesta.

Työn jälkeen Proxion on tehnyt esiselvityksiä raitiojunaliikenteestä kuudella eri seudulla Suomessa. Näiden töiden myötä on noussut esiin tarve selvittää tarkemmin raitiojunaliikenteen käytännön toteuttamisen mahdollisuuksia. Tästä syystä Proxion on teettänyt lopputyönä tarkastelun Raitiojunaliikenteen radan esisuunnitteluperusteista kaupunkiosuuksilla, jotta järjestelmäsuunnittelussa on mahdollista edetä ja tarkastella raitiojunareittejä esisuunnitelmatasolla.



Aarne Alameri
Proxion

Työn tarkoitus ja menetelmät

Jotta raitiojunaliikenteen uusien järjestelmien tarkempi suunnittelu on mahdollista, on esisuunnittelun tueksi tarpeellista määritellä peruseriaatteen raitiojunaliikenteen kaupunkiverkkojen osuuksien toteuttamiselle. Työssä on perehdytty suomalaisiin raitiojunaliikenteen suunnittelua koskeviin ohjeisiin ja koottu näistä sekä eurooppalaisista esimerkeistä tietoa suunnitteluperusteista ja mahdollisuuksien mukaan myös niiden määrätymisen perusteista. Tämän lisäksi valikoiduille alan asiantuntijoille on tehty täydentäviä teemahaastatteluja. Näin työssä on pystytty muodostamaan kokonaiskuva raitio- ja raitiojunaliikenteen suunnittelun tietoudesta.

Tämän ohella työn toisena keskeisenä tarkoituksena on ollut muodostaa jäsenelty kokonaisuus esisuunnitteluperusteiksi, jotta työn tuloksia voidaan hyödyntää raitiojunaliikenteen käytännön jatkosuunnittelussa.

Työn tarkastelutaso

Työn tarkastelutasoksi on valittu esisuunnitelmataso, joka tarkoittaa käytännössä asemakaava- ja katusuunnittelun välimaastoon asettuvaa suunnittelun tarkkuustasoa. Tällä suunnittelutasolla on mahdollista suunnitella uusien raitiojunaosuuksien sijoittaminen kaupunkirakenteeseen, eli erilaisten reittivaihtoehtojen yksityiskohtaisempi suunnittelu ja vertailu on mahdollista. Samoin kyseisen suunnittelutason pohjalta tehtyjen tarkastelujen tuloksia on mahdollista hyödyntää lähtötietoina sekä tarkempaan jatkosuunnitteluun että kaavoitukseen. Varsinaiseen toteutussuunnitteluun kuuluvat, yksityiskohtaisen katu- ja rakennussuunnittelun kaltaiset ratkaisut eivät kuulu tämän työn laajuuteen.

Kuva 1. Aarne Alameri; Karlsruhe, Kaiserstraße 22.11.2013.



Työn tulokset

Työssä esitetään olemassa olevaan tietoon perustuvat raitiojuna-liikenteen suunnittelun kannalta keskeiset osa-alueet sekä tarpeel-lisilta osin näiden arvot ja niiden muodostumisen taustaa. Näiden pohjalta on muodostettu ehdotus keskeisistä esisuunnitteluperus-teista raitiojuna-liikenteen jatkosuunnittelun tueksi.

Työn tuloksissa on tunnistettu myös tarkempaan jatkosuunnit-teluun liittyvät tarpeet sekä liikennöinnin käytännön toteuttami-seksi vaadittavan säädännön ja toimintamallien kehittämistarpeet, jotta Suomessa raitiojuna-liikenteen käytännön toteuttaminen on uutena liikennekonseptina mahdollista.

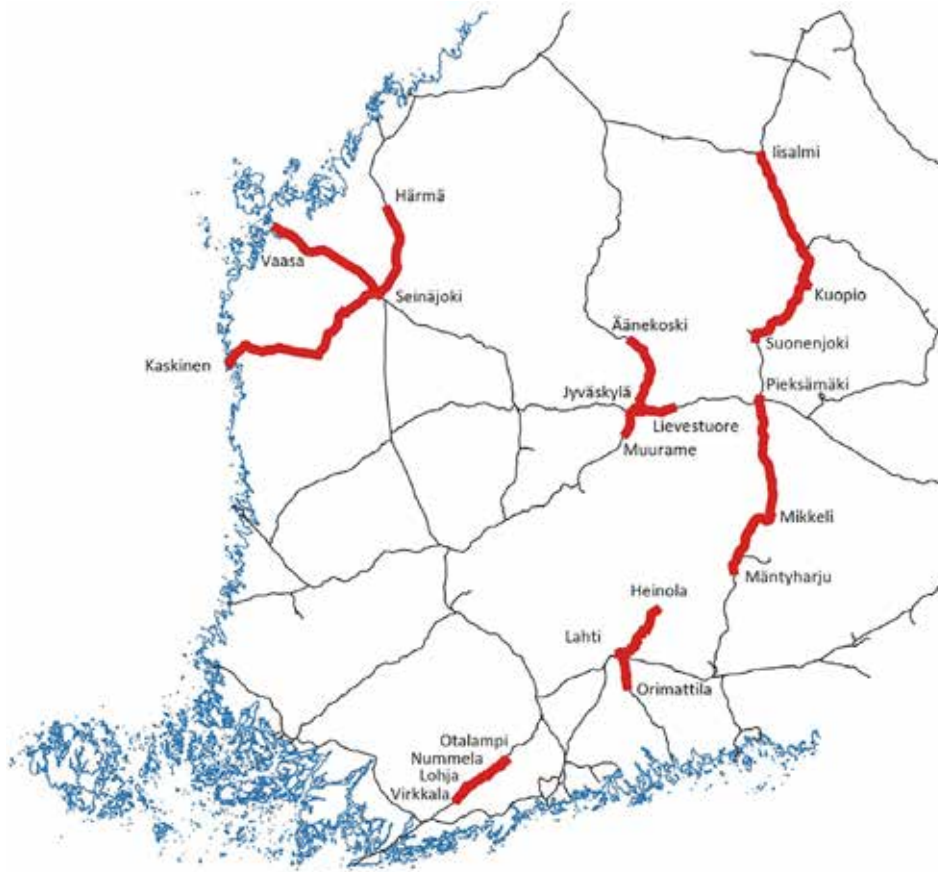
Raitiojuna eli duoraitiovaunu tai Tram-Train

- Yhdistää rautatie- ja raitiojärjestelmän, sama kalusto voi liikkua molemmilla verkoilla
- Euroopassa 21 kpl järjestelmiä käytössä (tilanne 11/2022)

Raitiojuna-liikenteen radan esisuunnitteluperusteet kaupunkiosuuksilla

Työn keskeiset osa-alueet:

- Koostaa aihepiirin olemassa olevaa tietoutta
- Muodostaa esisuunnittelmatason suunnitteluperiaatteet



Kuva 2. Tähän mennessä tehdyt raitiojunaselvitykset Suomessa. Kuva: Proxion.



-tuotteet, maahantuonti, myynti ja huolto

Raitiotien kiintoraiteen rakentamisesta saatujen oppien hyödyntäminen rautateillä

Kiintoraide on päällysrakennerratkaisu, jossa kivianeksesta koostuva tukikerros on korvattu kiinteällä rakenteella, joka koostuu yleisesti betonista. Kiintoraideratkaisuja on toteutettu Suomessa kymmenien kilometrien edestä viime vuosina raitiotierakentamisessa, mutta valtion hallinnoimalla rataverkolla ne ovat edelleen harvinaisia. Miksi kiintoraide on rautateillä harvinainen ratkaisu? Tulisiko raitiotierakentamisesta saatuja oppeja hyödyntää myös rautateillä? Mitkä voisivat olla mahdollisia käyttökohteita?

Puolipölkky

Tyypillinen Suomessa uusilla raitioteillä käytetty kiintoraideratkaisu koostuu puolipölkkyistä ja kiintoraidelaaatista. 1000 mm raidelevyvedellä kiintoraidelaaatan leveys on noin 2000 mm ja laatan korkeus on noin 300 mm. Raitiotielaaatassa käytetty betoni on pääsääntöisesti laadultaan C35/45 XF3 ja laatta on vahvistettu teräskuiduilla. Teräskuitujen määrä määräytyy kuidun muodon, pituuden ja materiaalin mukaan, mutta kuituja on kiintoraidelaaatassa kuitenkin vähintään 30 kg/m³. Kiintoraidelaaatan betonina voidaan käyttää myös ns. vähähiilistä betonia, jonka valmistuksessa on hyödynnetty terästeollisuuden sivuvirtoja. Näin on mahdollista vähentää betonin hiilijalanjälki puoleen perinteisestä. Tarpeen mukaan kiintoraidelaaatan ympärille asennetaan runkomelua vähentävä eriste. Kiintoraidelaaatan valun sisälle tässä ratarakenteessa jää puolipölkky, jossa on perinteiset kiskon kiinnikkeet. Puolipölkky koostuu kahdesta betoniosasta, niiden välisestä ansarautoitteesta sekä kiskonkiinnikejärjestelmästä. Puolipölkkyt asennetaan oikeaan korkeuteen pölkyn läpi menevän kierrätettävän ruuvien avulla. Kiskot kiinnitetään puolipölkkyihin ja niiden ympärille asennetaan tarvittaessa hajavirtaeristys, jolla vähennetään tasovirtajärjestelmässä ilmenevää hajavirtakorroosiota. Puolipölkkyjen etäisyys voi vaihdella 0,6–2 m välillä riippuen ratageometriasta ja kiintoraidelaaatan valukorkeudesta.



Kuva 1. Puolipölkkyillä toteutetun kiintoraiderakenteen poikkileikkaus ja sekä rakennetta asennettuna Helsingin Kalasatamassa [Kuva Samu Lappalainen]



Tero Savolainen
Sweco

Top down -asennusmenetelmä

Toinen yleinen Suomen raitiotierakentamisessa käytetty kiintoraiderakenne on kuvien 2 ja 3 kaltainen (top down -asennusmenetelmä). Tässä rakenteessa kiskoja roikotetaan asennusvaiheessa jigien avulla. Kiskon ympärille asennetaan hajavirtaeristys, joka toimii samalla myös jatkuvana kiskonkiinnikkeenä. Lopulta hajavirtaeristuksen ympärille valetaan kaukukset sekä varsinainen kiintoraidelaaatta.

ERS

Kolmas Suomen raitiotierakentamisessa käytetty kiintoraiderakenne on ERS (Embedded Rail System). Tässä menetelmässä radassa on kaukalorakenne,

joka voidaan toteuttaa betonista tai teräksestä, ja tähän kaukalorakenteeseen valetaan kiskot paikalleen kumimassalla. Kumivalmassa toimii rakenteessa jatkuvana kiskon kiinnikkeenä sekä myös kiskon hajavirtaeristeenä.



Kuvat 2 ja 3. QTrack-kiintoraiderakenteen asennusta Tampereella ja sekä kuva lopullisesta pinnasta [Kuva Tampereen raitiotieallianssin kuvapankki]



Kuva 4 ja 5. Pasilan sillalle toteutettu raitiotieraide ERS-menetelmällä [Kuva edillon)(sedra]

Hyödyt ja haitat

Kiintoraidetta käytetään usein suurnopeusradoilla, jossa kaluston aiheuttama ilmavirta aiheuttaa haasteita sepelin paikallaan pysyvyydelle. Kiintoraide on nimensä mukaisesti kiinteä ratarakenne. Rakenne ei vaadi raiteen kunnossapidollista tukemista ja sillä on korkea geometrinen pysyvyys, mutta toisaalta rakenne ei myöskään mahdollista geometrista uudelleenasetointia. Kiintoraidetta rakennettaessa raiteen oikeaan asemointiin tulee käyttää erityistä huolellisuutta.

Kiintoraidteen investointikustannus on perinteistä radan päällysrakennetta korkeampi, mutta elinkaaren aikana kustannusero tasoittuu. Yhtenä kiintoraidteen etuna on alhaisempi pystysuuntainen tilantarve. Tästä ominaisuudesta saattaa olla etua esim. siltojen alla tai tunneleissa. Uutta tunnelia louhittaessa matalampi päällysrakennekorkeus saattaa vaikuttaa louhittavan tunnelin kokoon ja sitä kautta alentaa kustannuksia. Alhaisempi kunnossapidon tarve on myös kiintoraidteen etu vilkkaasti liikennöidyssä tunnelissa.

Siltakannen siirtomenetelmää käytettäessä etukäteen rakennettu kiintoraide lyhentää asennusaikaa ja alentaa siten myös rakentamisesta aiheutuvaa liikennehaittaa. Suomessa on paljon tasoristeyksiä, joten voisiko kiintoraide tuoda myös siellä etuja? Vilkaasti liikennöidyn tasoristeyksen kohdalla betonisen tasoristeyskannen ja kiintoraidteen kombinaatio toisi etua, kun tasoristeyskantta ei tarvitsisi purkaa ja liikennettä järjestellä uudelleen raiteen tukemistyön ajaksi. Mahdollinen käyttökohde voisi olla myös satamien kuorma-alueet, jossa liikutaan jatkuvasti raiteen yli sekä raidetta pitkin.

Kiintoraidetta on hyödynnetty Suomen ratarakentamisessa melko vähän. Kiintoraide on tavanomaista rakennetta kalliimpi, mutta kiintoraidteen eduksi on myös löydettävissä useita hyötyjä. Kiintoraidetta on tutkittu Suomessa melko vähän ja kehitys tulisi aloittaa tutkimuksen saralla.

Modernin raitiotien rakentaminen osana kaupunki-infraa

Nykyaikainen raitiotie istuu saumattomasti osaksi kaupunkia ja se huomioidaan toteutuksessa alusta asti. Esityksessä käydään tiiviisti läpi mitä nykyaikaisella raitiotiellä tarkoitetaan ja miten eri rajapinnat huomioidaan.

Kaupunki-infra

Vain pieni osa kaupungin infrastruktuurista näkyy maan pinnalle ja se aiheuttaa haasteita yhteensovitukselle. Jos nykyaikainen raitiotie rakennetaan olemassa olevaan kaupunkiin, tarkastellaan ensimmäiseksi raitiotielinjauksen läheisyydessä olevien teknisten verkostojen, kuten vesijohtojen, viemäreiden, hulevesijärjestelmien, kaukolämmön ja -kylmän sekä kaapelireittien kunto ja uusimistarve. Teknisten verkostojen jälkeen tutkitaan, miten syvälle ja kattavasti rakennekerrokset vaativat uusimista. Vaikka uusittava väylä olisi päällisin puolin kunnossa, nykyaikainen rakennustapa ja vaatimukset rakennekerroksille poikkeavat usein merkittävästi muutaman kymmenen vuoden takaisista ja uusimistarve voi ulottua hyvin syvälle.

Eri liikennemuotoja pyritään myös huomioimaan nykyaikaisessa kaupungissa monipuolisesti ja se luo omalta osaltaan haasteita uusien järjestelmien sovittamiseksi rakennettuun ympäristöön. Esimerkiksi kevyen liikenteen väylien puolet voivat vaihdella vanhassa kaupungissa korttelikohtaisesti ja raitiotiehankeiden yhtey-



Janne Järvinen
GRK Suomi Oy

dessä väylät pyritään päivittämään loogiseksi kokonaisuudeksi.

Liikkuvuuden sujuvuus

Joukkoliikenteen tavoite on tehdä ihmisjoukkojen liikkumisesta sujuvaa ja ympäristöystävällistä. Kokonaisuudessaan tämä tarkoittaa, että mm. raitiotien linjat ja reitit suunnitellaan palvelemaan mahdollisimman hyvin suuria ihmisjoukkoja ja parhaassa tapauksessa ennakoiden tulevaisuuden kaupungin tarpeita. Rakentamisen aikaisen haitan minimoiminen ihmisten liikkumiselle ja eri liikennemuotojen huomioiminen työnaikaisissa liikennejärjestelyissä on oleellista rakennushankkeen ja toteuttajan maineelle sekä työn valmistuttua uuden linjan vetovoimaisuudelle.

Hiilijalanjälki

Kaupunki-infrahankkeen merkittävin ympäristövaikutus syntyy siitä, kun parannettujen yhteyksien vuoksi matkustajat päättävät jättää oman auton kokonaan hankkimatta. Elinkaaren eri vaiheista rakentamisen aikaiset päästöt ja eri toiminnoilla saavutettavat päästövähennykset ovat melko helposti laskettavissa ja monet urakoitsijat suorittavat laskentaa jo nyt osana omaa toimintaansa. Päästötavoitteiden ja toteumien vertailun kannalta olisi hyvä, että alalle sovitaisiin yksinkertaiset ja helposti seurattavat mittarit.



Kuva 1. Hermannin rantatie (Kuva: Aarni Salomaa).

Kaupunkikuvan päivitys

Onnistunut moderni raitiotiehanke päivittää kaupunkikuvan, parantaa kokonaisvaltaisesti liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta sekä tekee kaupungista vetovoimaisen. Kaupunginosa yhdistävä raitiotieväylä voi lisätä yhteenkuuluvuuden tunnetta koko kaupungissa ja toisaalta pienillä valinnoilla voidaan korostaa kaupungin osan omaa identiteettiä.



Kuva 2. Opaste (Kuva: Aarni Salomaa).



Kuva 3. Konttigrffitit (Kuva: Aarni Salomaa).

Ratasuunnittelu ammattilaisten käsissä

The Smart City Company
Olemme ratatekniikan suunnittelun ammattilaisia. Vankka kokemuksemme raideliikennejärjestelmien turvallisuudesta ja riskienhallinnasta tuovat lisäarvoa asiakkaillemme.

www.sitowise.com

SITOWISE

Rataomaisuuden hallinnan kehittäminen Väylävirastossa

Väyläviraston omaisuushallinnan tavoitteena on valtion omistamien tie-, rata- ja vesiväylien tehokas ja elinkaaritaloudellinen hallinta. Onnistuneella omaisuushallinnalla varmistetaan väyläomaisuuden arvon säilyminen, rahoituksen tehokas käyttö ja omaisuuden suorituskyvyn vastaavuus palvelutasotarpeeseen. Väyläomaisuushallinnan tehokkuus edellyttää seuraavien kriittisten menestystekijöiden toteutumista:

1. Meillä on laadukas tieto väyläomaisuuden nykytilasta ja siihen kohdistuvista kustannuksista.
2. Meillä on kehittyneet menettelyt väyläomaisuuden kunnonkehityksen ennustamiseen sekä kyky pitkäjänteiseen suunnitteluun ja ennakoivaan kunnonhallintaan.
3. Meillä on kokonaistilannekuva ja ennuste väyläverkon suorituskyvystä ja väylien kunnossapidon rahoitustarpeesta.

Väyläviraston omaisuushallintaa ja edellä kuvattuja menestystekijöitä kehitetään strategisessa omaisuushallinnan kehittämishankkeessa (STOHA) ja siihen kytkeytyvissä väylämuotokohteisissa osahankkeissa. R-OMHA-hanke keskittyy rataomaisuushallinnan kehittämiseen. Hankkeessa tehdään tiivistä yhteistyötä eri toimialojen ja kehityshankkeiden (mm. RAIDE) kanssa. Yhteistyöllä varmistetaan mm. kehitystulosten parempi implementointi käytäntöön.



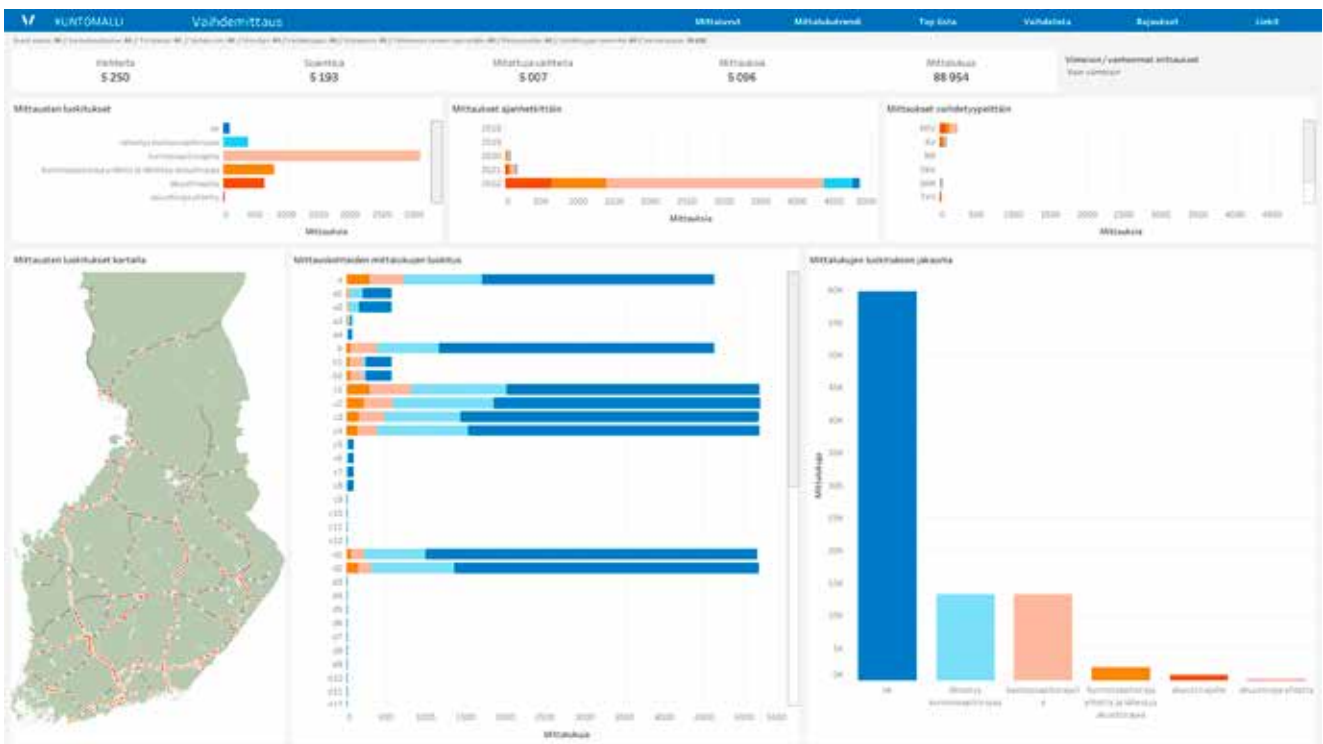
Virpi Kukkonen
Väylävirasto

Dataan pohjautuvia menetelmiä päätöksenteon tueksi

R-OMHA-hankkeessa kehitetään dataan pohjautuvia menetelmiä ja toimintatapoja omaisuushallintaan liittyvän päätöksenteon tueksi. Kehittämisessä hyödynnetään mm. Ratainfra-tietojen hallintajärjestelmässä (RAIDE) olevia tietoja sekä Väyläviraston analytiikkapalveluja. Hankkeessa on kehitetty dataan pohjautuvia kuntoluokitteluja keskeisille omaisuuslajeille ja tehty visuaalisia näkymiä rataomaisuuden kunnon kuvaamiseksi. Tuloksia voi hyödyntää eri tavoin, mm. toimenpiteiden kohdentamisessa.

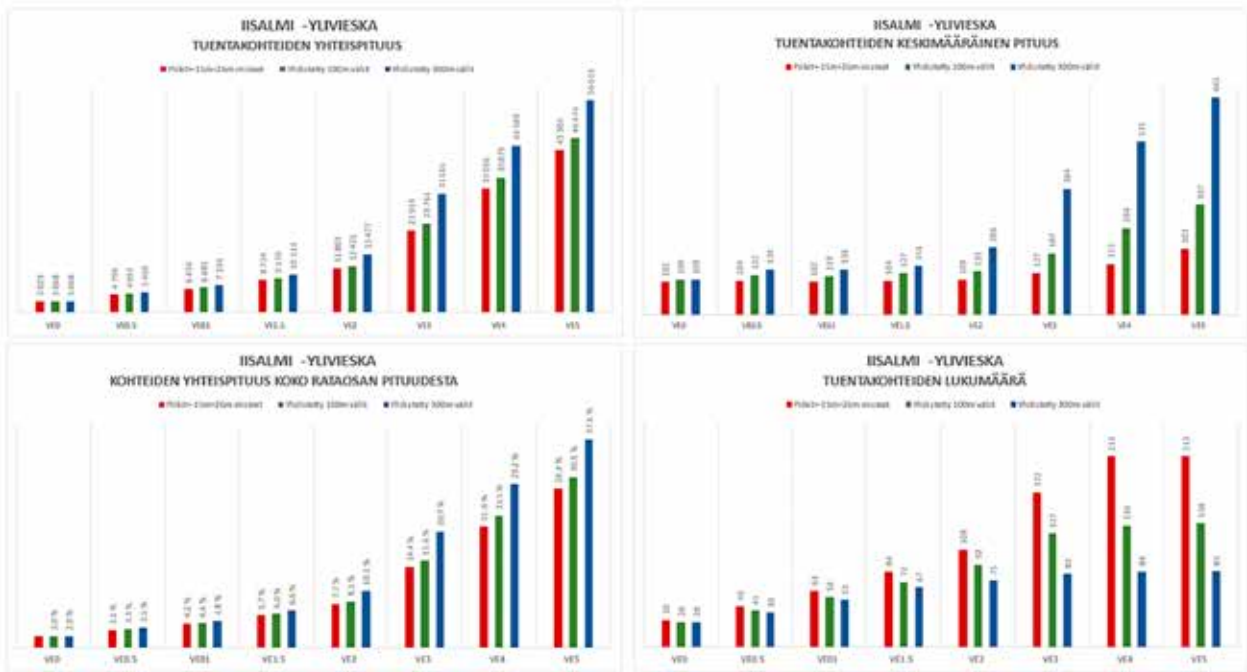
Rataomaisuuden kunnonkehityksen ennustamiseksi on luotu ennustemallien viitekehukset keskeisille omaisuuslajeille. Lisäksi toteutettiin pilottiprojekti, jossa kehitettiin radan geometrisen kunnon ennustemalli sekä menetelmä tuentatarpeen ennustettavuuden laskentaan eri aikajaksoille.

Elinkaarikustannusten ja väyläverkon suorituskyvyn hallintaa kehitetään osana STOHA-hanketta. Elinkaarikustannuslaskennan kehittämisen tavoitteena on varmistaa mm., että elinkaarikustannusarviointien teko ja niiden hyödyntäminen saadaan osaksi omaisuuden hallinnan prosesseja. Lisäksi tavoitteena on kehittää vaikutusmalleja, eli lisätä ymmärrystä siitä, miten esim. ennakoivalla kunnossapidolla voidaan vaikuttaa elinkaarikustannuksiin. Rataomaisuuden osalta on edistetty päällysrakenteen ja vaihteiden elinkaarikustannuslaskentaa.



Kuva 1. Ote vaihdemittauksiin liittyvästä Tableau-näkymästä.

TUENTOJEN STATISTIIKKA ILM-YV

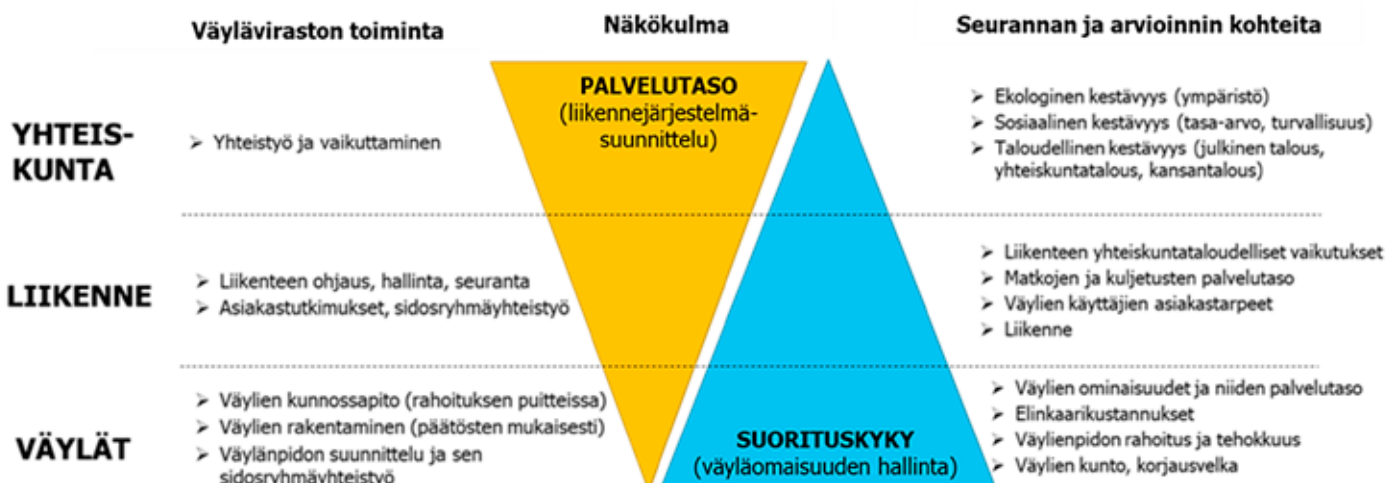


Suorituskyvyn hallintaa kehitetään STOHA-hankkeessa, tiiviissä yhteistyössä eri väylämuotojen ja toimintojen kanssa. Työssä tarkastellaan väylien ja väylänpidon ominaisuuksia väylien asiakkaiden ja muun yhteiskunnan palvelutasovaateiden ja tavoitteiden suhteen matkojen ja kuljetusten palvelutason, turvallisuuden, ympäristön ja talouden näkökulmista.

Yhteenveto

Väyläomaisuuden hallinta on haastavaa ja pitkäjänteistä työtä, jossa on eri kehityshankkeiden myötä edistytty merkittävästi. Kehityksen nopeuttamiseksi Väylävirasto haastaa alan toimijoita aktiiviseen, yhteiseen kehitystyöhön, jotta omaisuuden hallinnalla saavutetaan yllä mainitut kriittiset menestystekijät.

Kuva 2. Ote pilottiprojektissa toteutetusta tuentatarpeen ennusteesta eri aikajaksoille (nyt (VE0) –5v (VE5)).



Kuva 3. Väyläomaisuuden suorituskyky mittareiden käsitteellinen jaottelu.

Rataverkon korjausvelka - määrittely ja laskenta

Valtion väyläverkon korjausvelka laskettiin ensimmäisen kerran yhtenäisellä tavalla eri väylämuodoille vuonna 2011 ja vuodesta 2016 alkaen laskelma on päivitetty vuosittain. Väyläverkon korjausvelka oli 1.1.2022 noin 2,9 miljardia euroa, josta rataverkon osuus on noin 1,3 miljardia.

Korjausvelkaluvun etuna on, että siinä eri omaisuuslajien korjaustarpeet yhteismitallistetaan euroiksi, jolloin niitä voidaan vertailla ja laskea yhteen. Erityisen hyödyllistä tämä on viestittäessä väylien korjaustarpeista kansalaisille ja päättäjille. Varsinkin korjausvelan muutos vuosien välillä on ollut käyttökelpoinen luku kuvaamaan väyläverkon kunnon kehittymistä.



Janne Junes
Ramboll CM

Korjausvelan määritelmä

Korjausvelka ei ole yksikäsitteinen asia ja eri organisaatiot voivat määrittellä sen eri tavoilla. Väyläviraston käyttämässä määritelmässä korjausvelka muodostuu huonokuntoisen, korjaustarpeessa olevan väyläomaisuuden korjauskustannusten yhteenlasketusta summasta. Määritelmän etuna on, että se kuvaa todellisia korjauskustannuksia, joissa on myös huomioitu vallitsevat kunnossapitokäytännöt. Korjauskustannuksiin lasketaan mm. mukaan se infran ei-huonokuntoinen osa, joka kunnossapitokäytännön mukaisesti on välttämätöntä korjata samassa yhteydessä.

Vaihtoehtoisissa määritelmässä korjausvelka on monesti määritetty laskennallisena kustannuksena, jolla kaikki väyläomaisuus saataisiin korjattua ns. tavoitetasoon tai optimitasoon. Tämä kuntotaso on määritetty yleensä jonkin verran juuri korjattua tai uusittua matalammalle tasolle ja se voi riippua väylän hierarkkisesta asemasta. Tässä määritelmässä korjauskustannukset ovat laskennallisia, sillä väyläomaisuutta korjataan käytännössä harvoin esim. 75 prosenttiseen kuntoon. Lisäksi haasteena on tavoitetason oikea asettaminen.

Väyläviraston käyttämän määritelmän mukaista korjausvelkaa ei ole tarkoituksenmukaista poistaa kokonaan. Joissain omaisuuslajeissa on syytä olla korjaustarpeessa olevaa infraa tehokkaiden korjauskohteiden muodostamista varten. Lisäksi usein korjaustarpeen toteamisesta kestää useita vuosia, ennen kuin korjaus on suunniteltu, kilpailutettu ja toteutettu. Tämän ajan kyseinen kohde on mukana korjausvelassa. Rataverkon vähäliikenteisimpien rataosien odotettavissa olevat liikennemäärät voivat myös olla niin pieniä, että niiden korjaaminen ei ole käytännössä järkevä investointi.

Korjausvelan laskenta Väylävirastossa

Yksi tärkeimmistä kohdista korjausvelkalaskelman laadinnassa on korjaustarpeessa olevan väyläomaisuuden määrittely. Käyttökelpoisimpia ovat sellaiset rataverkkotason kuntotiedot, jotka ker-

tovat suoraan korjaus- tai uusimistarpeesta, mutta ratainfraalle näitä on käytettävissä toistaiseksi melko vähän. Poikkeuksena ovat sillat ja rummut, joiden korjaustarpeen määrittelyssä käytetään tarkastustietoihin perustuvaa viisiportaista kuntoluokitusta. Linjaosuuksien päällysrakenteen korjausvelka määritellään laskennallisesti perustuen kumulatiiviseen kuormitukseen ja ikätietoon. Kuormitus- ja ikäpohjainen laskenta ei kuitenkaan kuvaa rataosuiden korjaustarvetta erityisen tarkasti. Esimerkiksi vähäliikenteisillä osuuksilla kiskoille kertyvät bruttotonnit jäävät vuosikymmenienkin aikana laskennallisten vaihtorajojen alle. Useimmissa rataomaisuuslajeissa korjaustarve on määritetty laatimalla

kyseisen kunnossapito-organisaation kanssa luettelo kunnon takia välittömässä korjaustarpeessa olevista kohteista. Tämä on sinänsä käyttökelpoinen, mutta työläs tapa. Lisäksi haasteena on määrittellä vuodesta toiseen samoilla kriteereillä, mitkä kohteet ovat ylittäneet korjaustarpeen rajan.

Korjausvelkalaskelmaa kehitetään vuosittain vastaamaan vallitsevaa kunnossapitokäytäntöä ja siihen lisätään tarvittaessa uusia omaisuuslajeja.

Haasteita

Korjausvelan laskentaan vaikuttaa kuntokehityksen lisäksi muita tekijöitä, kuten kustannustasomuutokset, uudet omaisuuslajit sekä muutokset kuntoluokituksissa, joiden vaikutus korjausvelkaan voi olla suurempi kuin vuosittaisilla kuntomuutoksilla. Nämä muutokset tulee huomioida laskelmassa, jotta korjausvelkaluku kuvaa jatkossakin huonokuntoisen, korjaustarpeessa olevan väyläomaisuuden korjauskustannuksia. Muutosten huomiointi kuitenkin vaikuttaa korjausvelkaluvun käyttöön kuntokehityksen kuvajana.

Maanrakennusalan kustannukset pysyivät vuoteen 2021 asti suhteellisen vakaina, jolloin korjausvelan muutos johtui lähes yksinomaan verkon kunnossa tapahtuneista muutoksista. Viime aikojen voimakas kustannusnousu vaikuttaa yksikkökustannuksiin niin, että korjausvelka kasvaa merkittävästi, vaikka väyläverkon kunto säilyisi ennallaan.

Rataomaisuuslajeista korjausvelkalaskelmasta puuttuvat toistaiseksi esimerkiksi ratapihojen raiteet, radan alusrakenne sekä asemien rakenteet. Kaikkiin näihin arvioidaan liittyvän merkittävä korjausvelka, mutta korjausvelkaa ei ole toistaiseksi laskettu kuntotietojen puutteen vuoksi. Kun kuntotiedot tarkentuvat, voidaan omaisuuslajeja lisätä laskelmaan. Tämä tulee kuitenkin huomioida vertailtaessa eri vuosien korjausvelkalukuja.

Rautatierakentamisen kustannustietoisuuden uusi vaihde Ihku-laskentapalvelun avoimien kustannusmallien avulla

Ihku-laskentapalvelu soveltuu erityyppisten infra-hankkeiden kustannuslaskentaan eri suunnittelu-vaiheissa. Järjestelmän kehittäminen toteutetaan allianssimallilla. Allianssin palveluntuottajia ovat Arkance Systems Finland Oy, Mittaviiva Oy, Ramboll Finland Oy ja Solita Oy. Tilaajakonsortioon kuuluvat Väylävirasto, Helsinki, Espoo, Vantaa, Tampere, Turku ja Jyväskylä.

Ihku-laskentapalvelun rakennusosien hinnoittelu perustuu niiden sisältämiin panoksiin ja panosmääriin. Ihku-laskentapalvelussa käyttäjä näkee alla olevan esimerkin mukaisesti mistä rakennusosan yksikköhinta muodostuu.

Ihku-laskentapalvelussa esitetyn kustannustiedon avoimuus lisää Ihku-laskentapalvelun luotettavuutta sekä lisää eri osapuolten ymmärrystä kustannusten muodostumisesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä.

Ihku-laskentapalvelun rakennusosakirjasto sisältää rakennusosat erityyppisten ratakankkeiden kustannuslaskentaan. Rakennusosakirjasto sisältää esimerkiksi alus- ja päällysrakenteen, rata-sähköistyksen ja turvalaitteiden kustannuslaskentaan soveltuvia rakennusosia niin uusien ratojen kuin olemassa olevien ratojen perusparantamiseen liittyen. Ihku-laskentapalvelun avulla voidaan huomioida myös erilaisten olosuhteiden kuten työrajojen kustannusvaikutuksia, jotka kohdistetaan hankkeille rakennusosien ja hanketehtävien avulla.



Aki Peltola
Mittaviiva

Ihku-laskentapalvelussa hankeosat koostuvat rakennusosista alla olevan esimerkin mukaisesti.

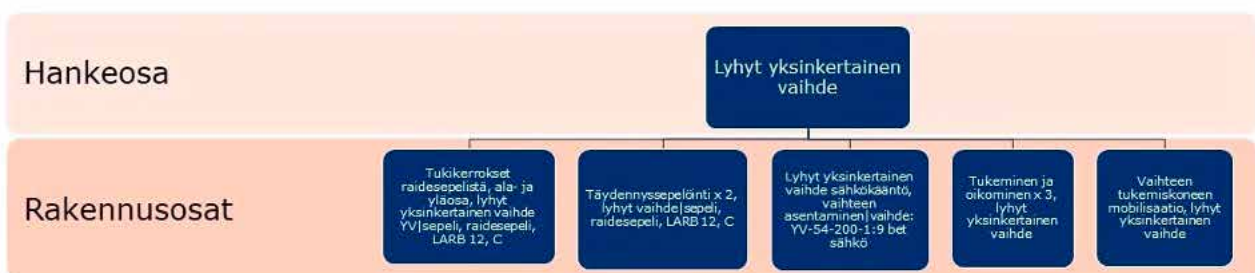
Käyttäjä syöttää hankeosille lähtötietoja, esimerkiksi ratatyyppiin ja suurimman sallitun liikennöintinopeuden. Lähtötietojen ja hankeosakohtaisten laskentamallien avulla lasketaan hankeosan sisältämät rakennusosamäärät, joita käyttäjä voi halutessaan tarkastella. Kustannusarvion suuruus määräytyy rakennusosien määrien ja yksikköhintojen kautta. Hankeosakohtaisia lähtötietoja voidaan tarkentaa suunnittelun edetessä, mikä tarkentaa hankeosalaskennalla laadittuja kustannusarvioita.

Ihku-laskentapalvelu on Ihku-allianssin kehittämä ja ylläpitämä uudenlainen infrahankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä, jossa käyttäjä näkee, mistä hanke- ja rakennusosien hinnat muodostuvat. Laskennan läpinäkyvyys lisää Ihku-laskentapalvelun luotettavuutta sekä lisää eri osapuolten ymmärrystä kustannusten muodostumisesta ja niihin vaikuttavista tekijöistä. Ihku-laskentapalvelu sisältää paljon erilaisia rakennusosia niin uusien ratojen kuin olemassa olevien ratojen perusparantamiseen liittyen. Ihku-laskentapalvelun avulla voidaan huomioida myös erilaisten olosuhteiden vaikutuksia rakentamisen kustannuksiin.

KOODI	NIMI	MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA €	YHTEENSÄ €	
2422.2	Betonipölkky: uusien betonipölkkyjen jakaminen, sis. materiaalikustannukset	2 200	rd-m	136,14	299 502,16	
TUOTANTO-OSAT JA PANKSET				YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ	
Betonipölkkyjen jako (1,64 kpl/rd-m)				1,45 €/kpl	5 233,68 €	
PANOS						
	RESURSSI/MENEKKI	PANKSHINTA	TYÖSAAVUTUS	YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ	
	kuorma-auto, KA 4-akselinen, sis. kuljettaja	1	76,08 €/kone-h	160,00 kpl/h	0,48 €	1 715,60 €
	pyöräkuormaaja, KUP 100-130 (13-19 t), sis. kuljettaja	1	67,40 €/kone-h	160,00 kpl/h	0,42 €	1 519,87 €
	työntekijä, rakennusammattimies (RAM), sis. sos.kulut	2	44,31 €/1th	160,00 kpl/h	0,55 €	1 998,20 €
Materiaali: betonipölkky (1,64 kpl/rd-m)				81,56 €/kpl	294 268,48 €	
PANOS						
	RESURSSI/MENEKKI	PANKSHINTA	TYÖSAAVUTUS	YKSIKKÖHINTA	YHTEENSÄ	
	pölkky, betoni, rautatie	1,00 kpl/kpl	81,56 €/kpl		81,56 €	294 268,48 €

Kuva 1. Ihku-laskentapalvelussa käyttäjä näkee mistä rakennusosien yksikköhinnat muodostuvat.

Kuva 2. Ihku-laskentapalvelussa käyttäjä näkee mitä rakennusosia ja rakennusosamääriä hankeosat sisältävät.



Omaisuu sriskienhallinnan prosessin luominen ja pilotointi

Omaisuu sriskienhallinnan pilottiprojektin tausta

Väylävirasto on vuonna 2019 käynnistänyt Strategisen omaisuudenhallinnan kehittämishankkeen. Vuoden 2020 yhtenä osatavoitteena oli kehittää Väyläviraston riskienhallintaa niin, että se tukee nykyistä paremmin myös omaisuudenhallintaa. Työ toteutettiin omaisuusriskienhallinnan pilottiprojektina.

Pilottiprojektin tavoitteena oli kehittää omaisuuteen kohdistuvien uhkien tunnistamista ja riskien seurausten arviointia sekä yhdenmukaistaa riskienhallinnan prosessia eri väylämuodoilla. Projektin alussa tunnistettuja haasteita olivat omaisuuteen liittyvän riskitiedon hajaantuminen useisiin eri järjestelmiin ja tiedostomuotoihin sekä riskinarvioinnin kohteena olevan omaisuuden ja siihen liittyvän tiedon suuri määrä. Tahtotilana oli hyödyntää pilotin aikana tie- ja rautatiesilloista ja ratavaihteista jo olemassa olevaa tietoa ja kuvata, miten esimerkiksi kuntotietoa voidaan yleisemmin hyödyntää osana omaisuuden riskienhallintaa. Pilotin tuloksia oli tavoitteena laajentaa myös muihin omaisuuslajeihin sitä mukaa, kun tietoa niistä on saatavilla.

Pilotissa kehitettiin Väyläviraston infraomaisuuden uhkien tunnistamisen ja riskien arvioinnin toimintamalli, jota sovellettiin rajattuun joukkoon rautatiejärjestelmän vaihteita.

Väyläviraston infraomaisuuden uhkien tunnistamisen ja riskien arvioinnin toimintamalli

Omaisuu sriskienhallinnan kehittämisen lähtökohta on esitetty kuvassa 1. Rataomaisuuteen liittyen on olemassa suuri määrä operatiivisia havaintoja ja kirjauksia, jotka kuvaavat omaisuuteen kohdistuvia uhkia. Tätä tietoa voidaan hyödyntää riskin tunnistamisen, analysoinnin ja arvioinnin lähtötietona. Nämä tiedot ovat hajallaan eri tietojärjestelmissä ja koostuvat esimerkiksi omaisuuden perustiedoista ja kuntotiedosta, kunnossapidon kirjaamista havainnoista, sekä omaisuuden eri elinkaarenvaiheissa syntyneistä jäännösriskeistä.

Laura Noukka
Väylävirasto

Tiedon ja Väyläviraston hallinnassa olevien omaisuuslajien suuren määrän vuoksi tätä kuvan 1. esittämää prosessia ei ole mahdollista toteuttaa manu-

aalisesti asiantuntijatyönä esimerkiksi jokaiselle ratavaihteelle erikseen. Kohteet riskinarviointiin on valittava uhkaperusteisesti tunnistamalla esimerkiksi vaihteet, joihin kohdistuu useita uhkia, joiden tiedetään aiheuttavan keskeytys- ja kustannusriskejä.

Pilotissa kehitettiin malli uhka-analyysille, jonka avulla suuresta määrästä operatiivista tietoa voidaan tunnistaa kohteita tarkemman asiantuntija-arvion piiriin. Tavoitteena on, että malli toimisi tulevaisuudessa täysin automaattisesti omaisuuslajien ensivaiheen vaarojen tunnistamisessa. Uhka-analyysi perustuu omaisuuslajikohtaiseen kriteeristöön, joka koostuu pää- ja alikriteereistä (kuva 2). Kriteerien perusteella jokainen analyysin piirissä oleva kohde pisteytetään ja suurimman pistemäärän saaneet kohteet otetaan riskinarvioinnin piiriin. Vaihteiden osalta pisteytyksen tavoitteeksi asetettiin, että uhka-analyysin perusteella maksimissaan noin 1–2 % vaihteista (50–100 kpl) nousisi esille. Vaihteille laadittua kriteeristöä voidaan hyödyntää muiden omaisuuslajien kriteeristön laadinnan lähtötietona, kuitenkin jokaisella omaisuuslajilla on omat erityispiirteensä, joiden pohjalta kriteeristö on räätälöitävä omaisuuslajikohtaiseksi.

Pilotin aikana mallia kehitettiin ja testattiin rataosien 1309, 1803 ja 2105 ja Oulun V330 vaihteiden tiedoilla. Pilotointi tehtiin hyödyntäen nykyisiä tietolähteitä ja tietojen hakeminen ja analysointi tehtiin täysin manuaalisesti. Mallin testaaminen osoitti, että uhka-analyysi ja luonnostellut kriteerit toimivat tavoitellusti käytännössä. Analyysistä nousi esiin kohtuullinen määrä relevantteja vaihteita.

Kaikkea analyysissa tarvittavaa tietoa ei ole nykyisellään saatavissa kattavasti kaikista vaihteista tai sen hyödyntäminen automatisoidussa analyysissä ei ole mahdollista nykyisessä kirjausmuodossa. Puuttuvia tietoja ovat esimerkiksi suunnittelu- sekä rakentamis- ja asennusvaiheen jäännösriskit, jotka aiheuttavat käytön aikaisia riskejä.



Kuva 1. Omaisuu sriskienhallinnan prosessi ja pilottiprojektin rajaus.

Suunnittelun jäännösriski	Rakentamisen jäännösriskit	Kunnossapidon riskit	Ikääntyminen	Liikenne	Liittyvät rakenteet / järjestelmät	Käytön rajoitus	Vikaantumisriski	Erikoisvaihteet
Tingitty suunnitteluratkaisu	Tingitty rakentamisratkaisu	Kunnossapidon laatu	Rakenteen ikä	Kuormituskertymä	Tunnelit	Nopeusrajoitus	Materiaalien saatavuus	Pitkät vaihteet
	Asennustyön laatu	Tuentatyön laatu		Liikennemäärä	Sillat		Vaihteen mittausvirheet	Sovitetut raideristeykset
				Liikennetyyppi	Tasoristeykset		Kääntöongelmat	Kaarrevaihteet
				VAK			Aiheettomat aukiajoilmaisut	
				Allegroreitti				
				Kääntömäärä				

Uhka-analyysi perustuu numeeriseen tietoon ja siinä ei ole mahdollista huomioida kattavasti laadullisia kriteereitä. Analyysin esiin nostamien vaihteiden osalta on mahdollista täydentää riskinarviointia näillä puuttuvilla näkökulmilla. Vaihteiden osalta tällaisia täydentäviä näkökulmia ovat esimerkiksi kunnossapitoosaamisen, liikenteen erityispiirteiden, vaihteen sijainnin kriittisyyden ja vaihteen alusrakenteen arviointi sekä havaittujen huomautusten ja määritettyjen toimenpiteiden läpikäynti, luonto- ja arvokohteiden arviointi vaihteen läheisyydessä ja säävaihtelusta kärsivien rakenteiden tunnistaminen.

Pilotissa kehitetyn toimintamallin tavoitekuvaussessa riskinarvioinnin toteuttaa omaisuuslajikohtainen asiantuntijaryhmä. Tulokset on suunniteltu kirjattavan Väyläviraston vuoden 2023 lopussa käyttöönotettavaan uuteen riskienhallinnan tietojärjestelmään. Mallin tavoitteena on tuottaa riskiperusteista tietoa omaisuudenhallinnan päätöksenteon tueksi ja esimerkiksi auttaa priorisoimaan vaadittavia investointeja ja muita toimenpiteitä osana viraston ohjelmoinnin prosessia.

Kuva 2. Vaihteiden uhka-analyysin pää- ja alikriteerit.

Jatkokehitys

Pilotoitua prosessia ei ole vielä otettu aktiivisesti käyttöön. Vuoden 2022 aikana on jatkettu uhkamatriisien laatimista useille omaisuuslajeille ja riskinarvioinnin pilotoitua vaihteiden osalta. Riskienhallinnan kyvykkyyden kehittämistä viedään eteenpäin osana Väyläviraston rataomaisuudenhallinnan kehittämisprojektia sekä viraston riskienhallinnan prosessien, ohjeiden ja työkalujen kehittämistä. Väylävirastn tulee asettamaan aikaisemman tarkempia vaatimuksia riskien kirjaamiselle ja kohdistamiselle tiettyyn sijaintiin tai omaisuuslajiin, jotta riskitiedon hyödynnettävyyttä osana omaisuudenhallinnan kokonaisuutta voidaan parantaa.

Kattavin valikoima raiderakentamiseen

Kaapeliratkaisut kaikkeen energian ja datan siirtoon alan edelläkävijältä

Nähdään Rata 2023 -tapahtumassa Osasto 62

www.prysmiangroup.fi

Prysmian Group

Ratatyöt ja ratakapasiteetin analytiikka

Proxion on tutkinut ratatöitä ja ratakapasiteetin analytiikkaa erilaisilla menetelmillä, kuten simuloimilla ja erilaisilla kapasiteettitarkasteluilla. Nyt keskitytään kahteen erilaiseen tapaan lähestyä aihetta: toisessa tarkasteltiin Kaakkois-Suomen ratakapasiteetin ja ratatyöhankeiden vaikutuksia, ja toisessa tarkastellaan Lielähti–Seinäjäki-välin läpäisykykyä häiriötilannesimuloinnin avulla. Molemmat projektit on tehty Väyläviraston toimeksiantoina.

Ratakapasiteetin ja ratatyöhankeiden vaikutusten tarkastelu

Työssä tutkittiin junaliikenteen ja ratakantojen kapasiteettivaikutuksia sekä työrajojen ajoittamisen vaikutuksia. Tarkastelualueena oli Hamina/Kotka–Joensuu välin rataosuus.

Työn tuloksia hyödynnettiin ratakantojen ajoituksen suunnittelussa minimoiden häiriöt liikenteelle. Tavoitteena oli selvittää alueen töiden työvaiheita, kapasiteettimuutoksia ja pullonkauloja sekä analysoida näitä työvaiheiden ja liikenteellisten vaikutusten näkökulmista. Analysointityössä on hyödynnetty aikatauluja, ratatyösuunnitelmia sekä ratainfra-tietoja.



Katriina Viljanen
Proxion

Analysoinnissa menetelminä olivat kapasiteetin käyttöastelaskenta, häiriötarkastelut sekä kapasiteetin tilaa kuvaavan useamman tekijän mittarin luominen. Alue jaettiin tarkastelua varten kymmeneen osaan, sillä eri osien rajalla joko liikennemäärät tai radan ominaisuudet muuttuvat merkittävästi (Kuva 1).

Liikenne: Lähtökohtana käytettiin vuoden 2021 säännöllistä sekä vuoden 2019 toteutunutta liikennettä. Tarkastelussa liikenne oli vilkkainta Kouvolan ja Luumäen välillä. (Venäjän liikenne oli vielä mukana tarkastelussa täysmääräisesti.)

Ratakantojen: Työssä tutkittiin 2021–2025 vuosien välisiä suunniteltuja ratakantoja: Luumäki–Imatra-ratakanto (LUIMA), Kouvola–Kotka/Hamina-kokonaisuus (KOKOHA), Joensuun ratapiihanke (JOERA) sekä päällysrakennetyöt väleille Kouvola–Luumäki ja Parikkala–Säkäniemi.

Häiriöherkkyyttä tarkasteltiin GPS-seurantadatan (Kupla GPS) ja liikenteen toteuman myöhästymiskertyminen mukaan. Ratakapasiteettia tarkasteltiin UIC406-menetelmän mukaisella kapasiteetin käyttöastelaskennalla.

Näiden kaikkien tekijöiden perusteella muodostettiin tilanne koko tarkastelualueen ratakapasiteetin hallinnan tilasta (kuva 2).



Kuva 1. Tarkastelualue jaoteltuna liikennemäärien sekä radan ominaisuuksien mukaan.

Yhteenveto

Luumäki–Imatra-hanke ja Kouvola–Luumäki-hanke ovat käynnissä samanaikaisesti ja katkotarpeet on syytä kohdistaa samoihin ajankohtiin. Erityisesti viikonloput olivat haastavia yhteensovittamiseen. Luumäki–Imatra-hanke aiheuttaa merkittäviä viivästyksiä henkilö- ja tavaraliikenteelle katkojen ulkopuolellakin. Tarkastelualueen pitkät liikennepaikka- ja suojastusvälit aiheuttavat haasteita ratatöille. Vaikka työryhmä olisi työkohteen vieressä, pitkien suojavälien takia työtä ei voi aloittaa heti junan mentyä ohi. Kiskopyöräkaivinkoneiden nousupaikkoja on rajallisesti. Kaivinkoneella voidaan joutua kulkemaan radalla pitkiä etäisyyksiä työkohteelle.

Kapasiteetin/läpäisykyvyn tippuessa hyväksyttävän tason alapuolelle voisi olla järkevää muuttaa liikennetarkennetta haetusta aikataulusta (purskeittainen liikenne samaan suuntaan) sekä pohtia reititysmuutoksia (esim. Kouvola–Joensuu-tavaraliikenteen ohjaaminen Pieksämäen kautta).

Matkustajaliikenteessä tilanne olisi pääosin ratkaistavissa peruutuksilla ja korvaavilla linja-autokuljetuksilla.

Isojen ratatyöhankeiden alussa tulisi mahdollisuuksien mukaan tarkastella rataosuutta kokonaisuutena ja lievittää liikennehaittoja. Haittoja voisi lievittää esimerkiksi ylimääräisen kohtausraiteen rakentamisella kaksiraiteiselle liikennepaikalle tai uudella puolenvaihtopaikalla.

Rataosuus	Vakavia haasteita	Huomattavia haasteita	Jonkin verran haasteita	Tasapainossa	Kohtalaisessa tilassa	Hyvässä tilassa	Erinomaisessa tilassa
Kouvola–Juurikorpi							
Juurikorpi–Hamina							
Juurikorpi–Kotka							
Kouvola–Luumäki							
Luumäki–Vainikkala							
Luumäki–Imatra							
Imatra–Parikkala							
Parikkala–Säkäniemi							
Säkäniemi–Joensuu							
Säkäniemi–Niirala							

Kuva 2. Kapasiteettia mahdollistavien tekijöiden ja rajoittavien tekijöiden muodostama osuuskohtainen arvio.

Simulointi apuna ratakapasiteetin kartoittamisessa

Lielähti–Seinäjoki-välillä tarkastellaan häiriötilanteiden toimivuutta nykyliikenteellä. Nykyluonnetta ja aikataulurakenne on muodostettu useamman tarkastelupäivän liikennettä yhteensovittaen, jotta laadittu aikataulu kuvaisi mahdollisimman hyvin tyypillisen vilkkaan päivän liikennettä. Tämän aikataulurakenteen pohjalta tarkastellaan mustien raiteiden (eli lumityösuunnitelmissa korkeimmalle prioriteetille määritettyjen raiteiden) mahdollistaman kapasiteetin suuruus sekä vaikutus suuren kysynnän liikennöintiin. Aikataulurakenteen toimivuus on varmistettu perussimuloinnilla toimivaksi.

Simulointia varten infrastruktuurin mallinnukseen on tehty oletukset, joissa Tampereen ja Seinäjoen todellista kapasiteettia ei tarkasteluissa huomioida. Tampereä ei tarkastella, mutta se on mallinnettu ”virtuaalisesti”, ja Seinäjoki puolestaan on mallinnettu kokonaan. Junien mallinnuksessa on huomioitu talviolosuhteet, eli kitkakerroin on arvioitu vastaamaan lumista keliä.

Työssä tarkastellaan kolmea erilaista skenaariota:

- Talvivarautumissuunnitelman mukaisesti vain mustat raiteet käytössä
- Vain mustat raiteet käytössä ja yksi kolmesta kohtauspaikasta pois käytöstä
- Kohtauspaikkoja ei käytössä, priorisoidaan vuorosunnittaista ajoa.

Työn tulokset valmistuvat syksyn 2022 aikana ja niitä esitellään Rata 2023 -päivillä.

SUNDSTRÖM

Rautateiden
rakentamispalvelut
meiltä!

www.sundstroms.fi

Ratageometrian heikkenemisen mallintaminen käytännössä

Riittävän pitkää radantarkastushistoriaa mallintamalla voidaan tuottaa lukuarvoja ratageometrian pysyvyydestä, tehdyn kunnossapidon tehokkuudesta ja tulevasta kunnossapitotarpeesta. Tampereen yliopiston tutkimuskeskus Terrassa tutkittiin, miten nämä tulokset saadaan mahdollisimman ymmärrettävällä tavalla välitettyä käytännön kunnossapitoon.

Radantarkastusvaunu Meeri mittaa valtion rataverkon ratageometriaa useita kertoja vuodessa, ja samaa tehtävää toimitti aiemmin Emma-vaunu. Radantarkastustuloksista katsotaan heti mittaus-ten jälkeen mm. virherajat ylittävät poikkeamat ratageometriassa, ja niitä lähdetään välittömästi katselmoimaan ja korjaamaan. Pitemmällä aikavälillä tuloksista katsotaan mm. kunnossapitosopimusten bonuksiin tai sanktioihin vaikuttavia yleisiä tunnuslukuja kuten GKPT tai TQI. Toisinaan näitä tunnuslukuja käytetään myös pitemmän aikavälin ratageometrian kunnon seurantaan. Esimerkiksi GKPT:n ”sahaamisesta” vuodenaikojen mukaan on pyritty tunnistamaan routaongelmaisia rataosia. Edellä mainitut tulkinnat voidaan tehdä nykyisin saatavien radantarkastusraporttien perusteella joko suoraan raporteista tai kohtuullisella Excel-harjoituksella.

Radantarkastushistoria sisältää kuitenkin paljon enemmän tietoa, mitä päivittäisessä työssä on totuttu käyttämään. Tämän tiedon tuottaminen vaatii ratageometrian heikkenemisen mallintamista, jossa pitkän aikavälin radantarkastushistorian perusteella muodostetaan tunnuslukuja ratarakenteen kunnon heikkenemisen etenemisestä, tehdyn kunnossapidon tehokkuudesta ja tulevasta kunnossapitotarpeista.

Mallintamisen lähtökohdat

Mallintaminen aloitetaan valitsemalla mallinnettava parametri. Tyypillinen valinta aihetta käsittelevissä julkaistuissa tutkimuksissa on korkeuspoikkeama. Korkeuspoikkeamien käyttämistä perustellaan usein sillä, että pystysuuntaiset muodonmuutokset eli painumat aiheuttavat suuren osan tukemistarpeista. Myös muita parametreja sekä parametriyhdistelmiä voidaan mallintaa, mutta kunkin parametrin tai niiden yhdistelmien osalta on varmistuttava niiden heikkenemistrendityypistä, eli onko heikkeneminen esimerkiksi lineaarista vai eksponentiaalista. Kun mallinnettava parametri on valittu, tulee kaikki mittaushistorian eri mitauskertojen signaalit kohdistaa keskenään oikein. Mittausteknisistä syistä mikään mittaus ei ole täysin identtinen edellisen tai seuraavan kanssa, vaan signaalit tulee kohdistaa esim. ristikorrelointimenetelmillä.

Korkeuspoikkeamien mallintamisessa käytetään yleensä korkeuspoikkeamien 20–200 m keskihajontaa, joka voidaan laskea joko kiinteille osuuksille rataa tai liukuvana ikkunana. Keskihajonnan käyttö helpottaa signaalien kohdistumista ja yleisesti virhepaikkojen havaittavuutta, kun signaalin heilunta vähenee. Signaalien



Mikko Sauni
Tampereen yliopisto

kohdistamisen ja keskihajonnan laskemisen jälkeen voidaan aloittaa itse mallintaminen.

Mallintaminen pähkinäkuoressa

Mallintamisessa luodaan ratageometrian heikkenemistrendit kunnossapitokertojen välille jokaiselle poikkileikkaukselle kerrallaan eli 25 cm välein rataverkolla (kuva 1). Ensin datasta tulee tunnistaa kunnossapitotapahtumat, mikä voidaan tehdä kunnossapitohistorian avulla, jos sellainen on käytössä. Mikäli kunnossapitohistoriaa ei ole saatavilla, voidaan tehdä takaisinlaskentaa riittävän isojen ja laajojen geometrisen kunnon parannusten osalta. Mikäli parannus on huomattava ja parannettu alue

vastaa loogista tuettavaa aluetta, voidaan laskennan perusteella todeta tähän kunnossapitotapahtuma.

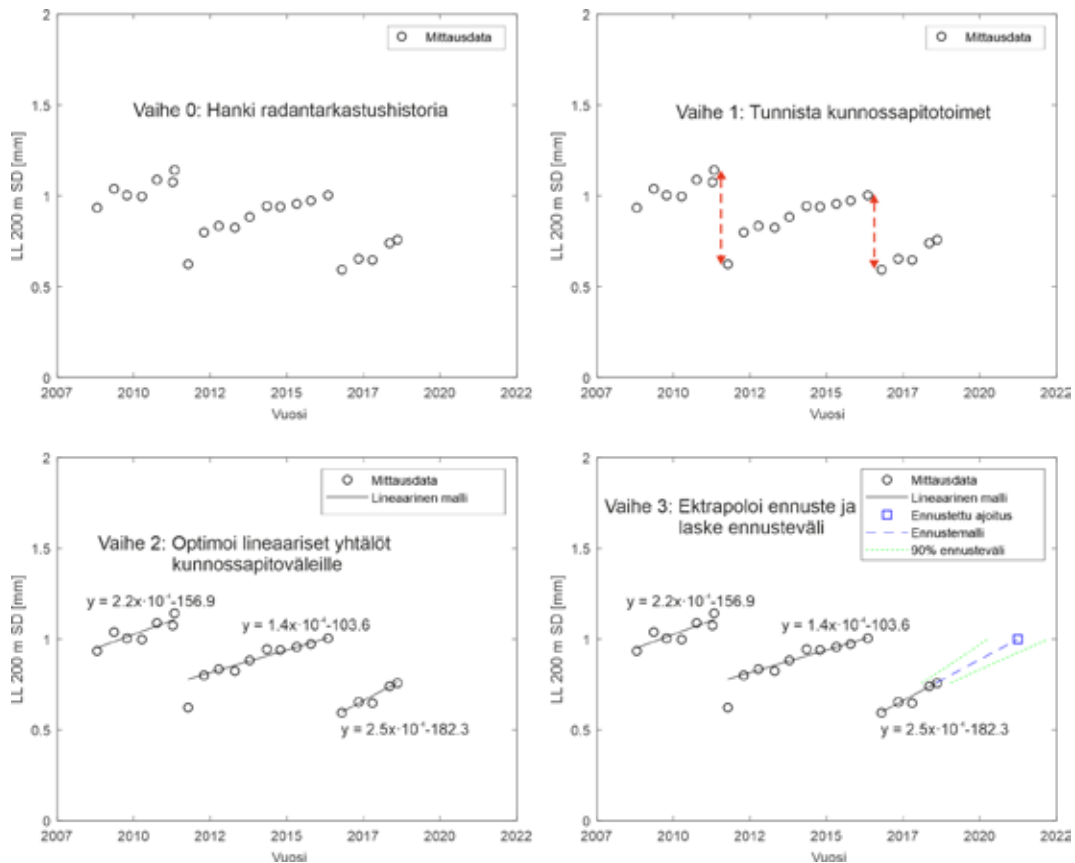
Kunnossapitotapahtumien välinen geometrian heikkenemisyksikkö mallinnetaan tyypillisesti lineaarisella mallilla eli suoralla. Suoran yhtälö kannattaa laskea lineaarisesta optimointia hyödyntäen, jolloin minimoidaan yksittäisten poikkeavuuksien tai esim. tuennan alkupainuman haitalliset vaikutukset pitkän aikavälin geometrian heikkenemisen kuvaamiselle. Muitakin laskentamenetelyjä on käytetty tutkimuksissa: Ulkomailla erittäin suurten liikennemäärien rataosilla eksponentiaalisten mallien on havaittu kuvaavan paremmin heikkenemistrendiä. Oli laskentatapa mikä tahansa, viimeisintä trendiä voidaan jatkaa (ekstrapoloida), jolloin saadaan ennusteita ajankohdista, jolloin poikkeamat tulevat ylittämään annetun kynnyksen. Tämä ajankohta on seuraava kerta, jolloin rataa tulee kunnossapitää tavalla tai toisella. Ennusteelle tulee laskea aina ennusteväli, jolloin voidaan arvioida, kuinka varmoja ennusteesta ollaan.

Kun heikkenemistrendit ja ennusteet on laskettu sekä kunnossapitotapahtumat tunnistettu, saadaan lopputuloksena geometrian heikkenemisnopeus kunnossapitovälille, ennusteet seuraavasta kunnossapitotarveajankohdasta sekä kunnossapidolla saavutettu välitön parannus geometrian laatuun. Nämä tulokset ovat jo numeerisina arvoina käyttökelpoisia, mutta jotta näitä voitaisiin todella hyödyntää käytännössä, ne tulee esittää sellaisessa muodossa, että niistä saa oikean käsityksen.

Mallinnustulosten tulkinta ja hyödyntäminen

Geometrian heikkenemisen mallinnustulokset visualisoidaan kolmella eri tasolla: 1) poikkileikkaus, 2) rataosa ja 3) rataverkko. Kaikilla tasoilla tuloksia voidaan tulkita geometrian heikkenemishistorian, kunnossapidon tehokkuuden tai kunnossapitotarpeen ennusteiden osalta. Kuvassa 2 on esitetty eri visualisointikeinot.

Poikkileikkauksen visualisointi on helppoa, sillä mallinnus tehdään poikkileikkaustasolla, jolloin voidaan yksinkertaisesti piirtää kuvaajia näistä tuloksista. Vaaka-akselilla esitetään aika ja pystyakselilla mm. korkeuspoikkeamien keskihajonta. Näistä kuvaajista voidaan tulkita pistemäisen kohteen heikkenemistrendejä,



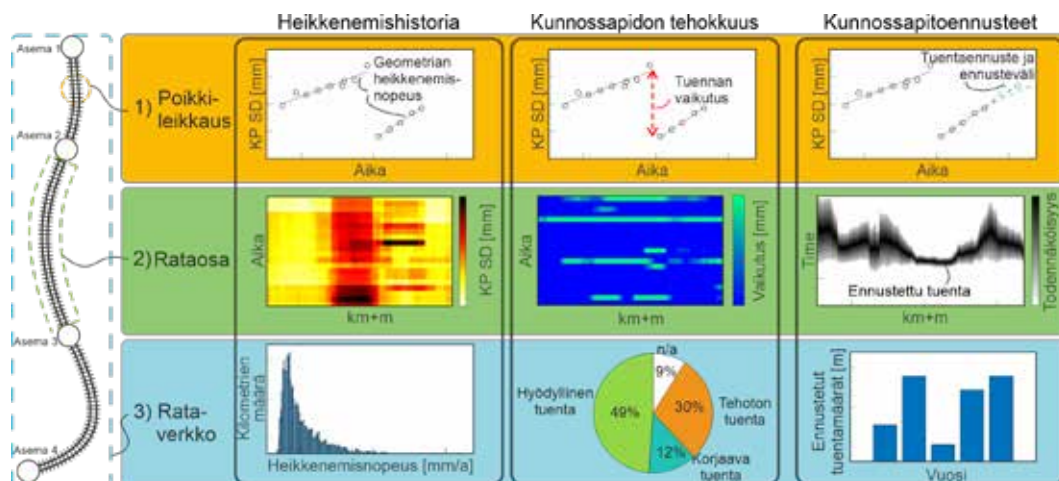
Kuva 1. Geometrian heikkenemisen mallintamisen vaiheet.

kunnossapitohistoriaa ja tulevaa kunnossapitotarvetta. Käytännössä tällainen paikka voisi olla esim. vaihde tai sillanpäätty, jossa on havaittu olevan toistuvia geometriaongelmia. Näiden kuvaajien avulla voidaan tarkastaa milloin ongelmat ovat alkaneet, ovatko ne pahentuneet ajan myötä, kuinka kunnossapidon tehokkuus on vaihdellut ja milloin on seuraava ajankohta, kun kohdetta tulee jälleen korjata.

Rataosaston visualisoinneissa vaakaa-akselilla esitetään sijainti radalla (km+m), pystyakselilla aika ja värikarttoja käytetään esittämään korkeuspoikkeamien keskiahjontaa, geometrian heikkenemisnopeutta, kunnossapidon parantavia vaikutuksia tai ennusteita tulevasta kunnossapitotarpeesta. Heikkenemishistorian kuvaajasta nähdään kätevästi, mitkä alueet ovat pysyneet kunnossa vähäisellä huomiolla ja mitkä alueet vaativat toistuvaa

kunnossapitoa. Tämä kuvaaja voidaan myös piirtää käänteisesti, jolloin havaitaan vielä paremmin ne kohdat radasta, jotka ovat vaatineet paljon kunnossapitoa. Seuraavan kunnossapitoajankohdan ennusteet visualisoidaan varjovärein. Tummin sävy merkitsee todennäköisintä ajoitusta seuraavalle kunnossapitotoimelle ja sen ympärillä olevan varjosävy korkeus edustaa epävarmuutta. Mikäli viiva on melko ohut ja tumma, ennuste on tarkka. Jos taas mustan värin ympärillä on erittäin laaja harmaa alue, ennuste on vielä epävarma ja tulee odottaa seuraavia radantarkastusajoja ennen kuin ennustetta saadaan varmemmaksi. Näiden kuvaajien avulla tunnistetaan ongelmalliset kohdat rataverkolta ja voidaan suunnitella samalla kerralla kunnossapidettäviä osuuksia.

Mallinnustuloksia visualisoidaan myös laajemmille kokonaisuuksille kuten kunnossapitoalueelle tai koko rataverkolle. Tämän



Kuva 2. Geometrian heikkenemisen mallintamisen visualisointi.

tason kuvaajat eivät ota enää kantaa ratageometrian heikkenemisen alueisiin, vaan ennemmin eri tavalla heikkenevien rataosuuksien kokonaismääriin. Histogrammin avulla visualisoidaan geometrian heikkenemisnopeuden jakauma, eli kuinka paljon rataverkosta heikkenee eri nopeuksilla. Toivottu tulos olisi nähdä mahdollisimman paljon hitaasti heikkenevää rataverkkoa eli kaikki data olisi kuvaajassa mahdollisimman vasemmalla. Vertaamalla histogrammin muodon kehitystä samalla alueella eri ajankohdilta, voidaan havaita, onko alueen yleinen kunto kehittymässä parempaan vai huonompaan suuntaan ja kuinka laajalti. Kunnossapidon vaikutukset lasketaan yhdistelmäparametriin, jonka perusteella arvioidaan, onko kunnossapito parantanut rakennetta, korjannut rakennetta vain tilapäisesti vai ollut käytännössä merkityksetöntä. Seuraamalla näitä eri kunnossapidon vaikutusten jakauman kehitystä saadaan käsitys alueiden kunnossapidettävyydestä. Mikäli kunnossapidon vaikutusten merkittävyys vähenee tällä yleisellä

tarkastelutasolla, se viittaa siihen, että rata on jo niin huonossa kunnossa, että seuraava peruskorjaus tulisi toteuttaa pian. Kunnossapidon ennusteita voidaan tarkastella vuotuisina kokonaismäärinä, mikä antaa käsityksen tulevien vuosien kunnossapitotarpeista, ja joiden perusteella voidaan hahmottaa tarvittavia kunnossapitoresursseja ja rahoitusta.

Ratageometrian heikkenemisen mallintamiseen ja siitä tehtävien analyysien tekemiseen on jo tällä hetkellä edellytykset. Dataa tuotetaan ja mallinnus- ja visualisointikeinoja on testattu paljonkin. Tällä hetkellä tarvitaan enää tietojärjestelmäkehitystä, jotta radantarkastusdata saadaan tarjolle alan toimijoille hyödynnettäväksi. Tätä viimeistä tarvittavaa kehityskaskelta odotetaan, sillä se avaa radantarkastustulosten hyödyntämisen laajemmalle yleisölle kuin koskaan aiemmin. Tällöin luodaan aivan uusia mahdollisuuksia tehostaa kunnossapitoa, suunnitella peruskorjaushankkeita ja hallita rataomaisuutta mitattuun tietoon perustuen.



GRK Rakentaa
infran

Datasta tietoa: Päälysrakenteen kuntoindikaattorit

Digitaalinen kaksonen ja rataverkon digitalisaatio ovat yleiseurooppalaisesti pinnalla olevia ilmiöitä. Digitaalista kaksosta usein konkretisoidaan näytävillä kolmiulotteisilla mallinuksilla, mutta mallien todellinen arvo syntyy visualisoinnin sijaan liiketoimintaprosesseissa, joita digikaksosen avulla voidaan tehostaa.

Rataverkon kunnossapidon ja käytön alati kasvava datamassa mahdollistaa tulevaisuudessa paremmin ennakoitavaa ja kustannustehokasta kunnossapitotoimintaa. Matkalla kohti ennakoivaa kunnossapitoa ja älykästä rataomaisuuden hallintaa suoritimme yhdessä Väyläviraston kunnossapitoyksikön ja Rambol CM:n kanssa kokeiluprojektin, jossa RATKO-sovelluksen rataverkon paikkatietoon yhdistettiin radantarkastuksen tuloksia ja kunnossapidon RAIKU-sovelluksen kiskovika-kirjauksia.



Anssi Krooks
Proxion

Projektin tavoitteena oli luoda koko rataverkosta yhteismitallinen ja erilaiset kunnossapitotasot huomioiva päälysrakenteen kuntoa kuvaava aineisto. Aineiston avulla on mahdollista mm. seurata vuositasolla toteutettujen kunnossapidon toimenpiteiden vaikutusta päälysrakenteen kuntoon. Aineisto muodostettiin vuosien 2017, 2018, 2019 ja 2020 datasta, ja se on jaoteltu raidekohtaisesti 100 metrin pituisiin segmentteihin, joille laskettiin luokitus viisitasoisella laatuasteikolla. Aineisto on paikkatietomutoista ja sitä voidaan jaella esimerkiksi seläinkäyttöisen paikkatietopalvelun avulla. Esimerkkejä aineistosta ja sen avulla havaittavista muutoksista päälysrakenteen kunnosta on esitetty kuvissa 1 ja 2.

Projektin lopputuloksena ymmärrys eri datalähteiden yhdisteltävyydestä ja hyödynnettävyydestä kunnossapidon seurannassa kasvoi. Aihepiirin kehitystyö jatkuu Väyläviraston rataomaisuuden hallinnan kehitysprojekteilla ja laajentuu kattamaan radan omaisuuslajeja vaiheittain.



Kuva 1. Esimerkki vuoden 2020 aineistosta Lahden kaupungin alueella olevista radoista.

Rataverkon kunto 2017-2020



Kuva 2. Päälysrakenteen kunnan muutos 2018–2020.

Kuivatusratkaisujen toimivuuden ja vaikutusten arviointi

Radan kuivatuksen merkitys korostuu lähitulevaisuudessa suurempien akselipainojen ja ilmastomuutoksen aiheuttaman sademäärien kasvun vuoksi. Tutkimushankkeessa on selvitetty kuivatusratkaisujen vaikutusta ja niiden kohdistamista oikein. Tutkimusten perusteella erityisesti rakennekerrosten yläosan suuri vesipitoisuus on haitallista raskaan liikenteen akselipainoilla.

Maarakenteiden kuivatuksen merkitystä on tyypillisesti korostettu erilaisissa ohjeissa, mutta sen todellisista vaikutuksista on ollut olemassa yllättävän vähän tutkittua tietoa. Tulevaisuudessa Suomen rataverkolla liikenteen ennustetaan olevan entistä raskaampaa ja nopeampaa, mutta samaan aikaan ilmastomuutos kasvattaa maarakennemateriaalien epäsuotuisia olosuhteita. Erityisesti sulan maan aikana tapahtuva sademäärien lisääntyminen ja yksittäisten sateiden voimakkuuden kasvu voivat nostaa alusrakennemateriaalien vesipitoisuutta lähelle kyllästynyttä tilaa, jonka tiedetään olevan maarakenteille usein haitallista. Myös kansainvälisten tutkimusten perusteella ilmastomuutoksen vaikutukset infrarakenteille on syytä huomioida riittävän aikaisessa vaiheessa, jotta niitä voidaan hallita. Suomessa aiheeseen on panostettu merkittävästi ja rataverkon kuivatusratkaisujen vaikutusta onkin tutkittu Väyläviraston ja Tampereen yliopiston tutkimusprojekteissa vuodesta 2015 lähtien. Tutkimuksen myötä kuivatuksen merkityksestä tiedetään nyt paljon aiempaa enem-



Juha Latvala
Tampereen yliopisto

män ja se helpottaa erilaisten kuivatusratkaisujen ja toimenpiteiden oikeaa kohdistamista.

Suomen rataverkosta merkittävä osa on rakennettu 1800- ja 1900-lukujen taitteessa, jolloin käytössä olleet työmenetelmät olivat nykyiseen verrattuna hyvin erilaisia. Suurten massamäärien siirtäminen oli mahdotonta ja radan rakentamisessa käytettiin siksi läheltä saatavia materiaaleja. Nämä materiaalit ovat edelleen monin paikoin käytössä radan alusrakennekerroksissa, vaikka päällysrakennetta onkin uusittu useampaan kertaan. Tyypillisesti näiden vanhojen materiaalien ongelmana on ollut niiden pieni raekoko ja hienoaineksen liiallinen määrä. Tämän kaltaiset materiaalit ovat karkearakeisempia

materiaaleja selvästi herkempiä vesipitoisuuden vaikutukselle ja siten vesipitoisuus vaikuttaa voimakkaasti niiden kuormituskestävyyteen ja routimiseen.

Suomen rataverkon kuivatus tilanne vaihtelee huomattavasti rataosittain. Perusparannetuilla rataosilla kuivatus on yleensä hyvässä kunnossa, mutta kevyemmin parannetuilla rataosilla kuivatuksessa esiintyy usein jo perustason ongelmia. Tyypillisesti radan sivuojat ovat usein vesakoituneet tai liettyneet umpeen, eivätkä rummut tai salaojat johda vettä toivotulla tavalla. Kyselytutkimuksessa kävi myös ilmi, että monin paikoin kuivatus heikentyy niin nopeasti, että parin vuoden jälkeen ei uskoisi, että kohteiden kuivatusta on parannettu esimerkiksi perkaamalla ojia.



Kuva 1. Rantaradalla sijaitseva kohde, jonka kuivatus voisi toimia paremminkin. Ongelmia on jo perustason kuivatuksessa, ojat ovat vesakoituneet umpeen ja niiden syvyys on liian pieni.

Tutkimuksessa selvisi, että tilannetta on edesauttanut aiemmin käytetyt kunnossapitosopimukset, joissa kuivatuksen kunnossapito oli toteuttava ”tarpeen mukaan”. Nykyisissä kunnossapitosopimuksissa tehtävät toimenpiteet ovat määritetty selkeämmin toteutettavaksi, esimerkiksi perkaamalla ojat määrärajoin. Esiin nousi myös silmämääraisten (laadullisten) havaintomenetelmien käytön ongelma, sillä arvioinnin taso vaihteli huomattavasti tarkastelijan mukaan. Tulevaisuudessa onkin toivottavaa ottaa käyttöön enemmän menetelmiä, esim. laserkeilaus, jonka avulla kuivatuksen kunnon kehittymisestä voidaan saada mitattavissa olevaa tietoa ja siten ajoittaa tehtävät toimenpiteet oikein.

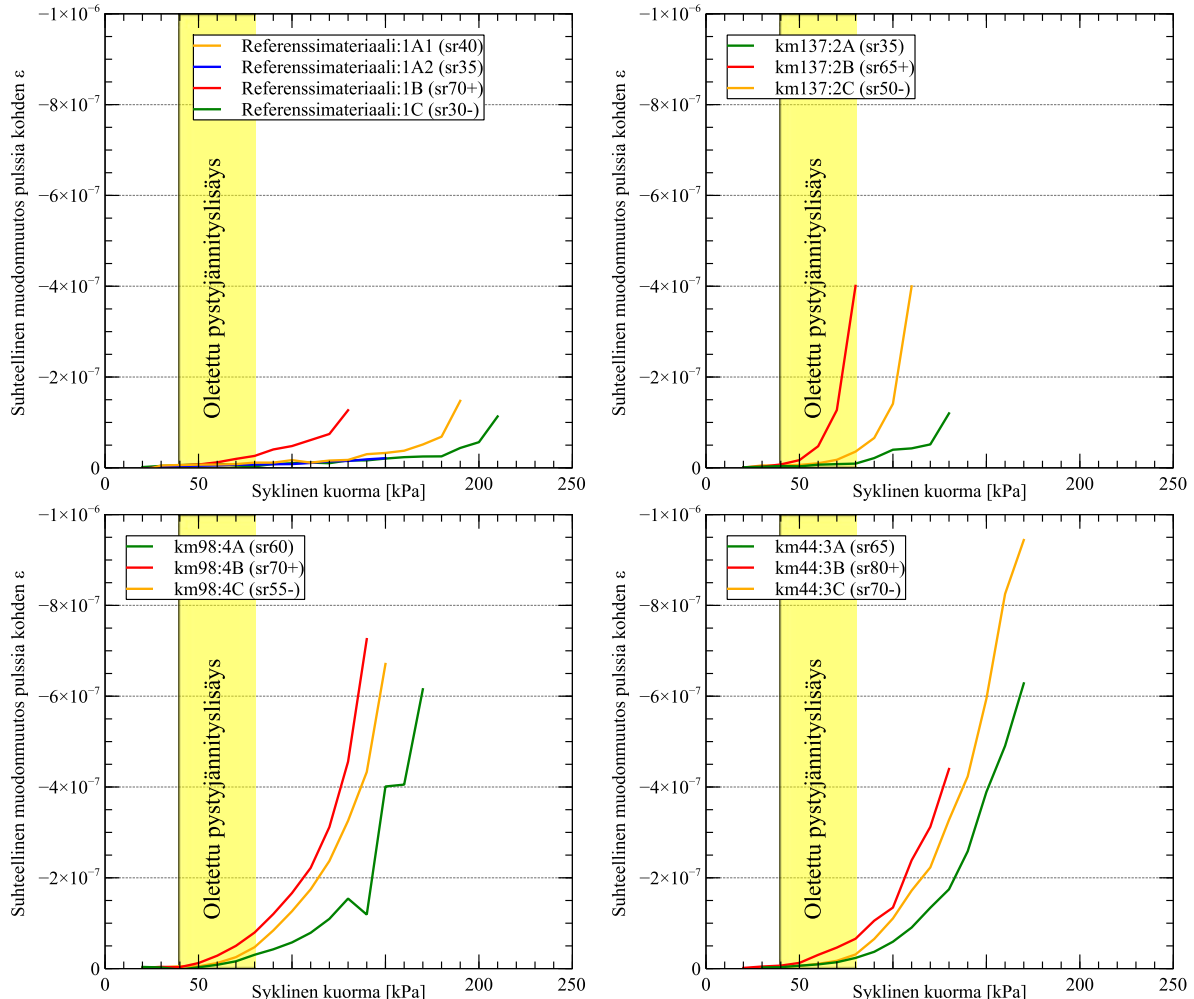
Tutkimuksen yhteydessä Rantaradalle rakennettiin kolme radan kuivatuksen mitta-asemaa. Näiden mitta-asemien avulla on saatu tietoa radan alusrakennekerrosten vesipitoisuudesta ja tätä tietoa on hyödynnetty laboratoriokokeiden analysoinnissa. Radasta otetuille alusrakennemateriaaleille tehdyissä kuormituskokeissa on havaittu, miten erityisesti pieni keskiraekoko ja liiallinen hienoainespitoisuus heikentävät materiaalien kykyä sietää junakuormituksesta aiheutuvaa syklistä kuormaa, kun materiaalien vesipitoisuus on lähellä kyllästynyttä tilaa. Kuitenkin analyysien perusteella havaittiin, että junakuormasta aiheutuvat jännityslisäykset alenevat melko nopeasti syvyyden kasvaessa. Nämä havainnot korostavat tukikerroksen ja välikerroksen merkitystä ja sitä, että niiden vesipitoisuus on syytä pitää alhaisena. Eristyskerroksen osalta tilanne ei ole enää niin kriittinen, varsinkin, jos liikenne on pääosin henkilöliikennettä eikä raskasta 225/250 kN akselipainon tavaraliikennettä. Laboratoriotutkimuksissa on myös havaittu, että veden saatavilla olo lisää routimista. Routivat materi-

aalit pidättävät kuitenkin jo itsessään siinä määrin vettä, että vesipitoisuutta on kenttäolosuhteissa kuivatuksen avulla vaikea saada riittävän alhaiseksi, etteikö routalinssiä lainkaan muodostuisi.

Ratakohteet, joissa esiintyy ratageometrian pysyvyydessä ongelmia, ovat usein moniongelmaisia ja kuivatuksen toimimattomuus on vain yksi niistä. Havaintojen perusteella syy ongelmiin on usein joko pehmeän pohjamaan painuminen, routimisen aiheuttama sulamispehmeneminen tai muu rakenteen epäjatkuvuus. Nykyisillä akselipainoilla junakuorman seurauksena alusrakennekerrokseen syntyvät pysyvät muodonmuutokset ovat pieniä. Tilanne kuitenkin heikkenee, jos liikenne on nykyistä raskaampaa ja vedenpinta on lähellä alusrakennekerroksen yläosaa. Johtopäätöksenä radan kuivatukselta voidaan siis edelleen todeta, että rakenteet on syytä kuivattaa hyvin. Vakavasti oireilevissa kohteissa pelkällä kuivatuksen parantamisella ei todennäköisesti ole saavutettavissa riittävän suurta vaikutusta. Erityisesti on syytä pitää huolta siitä, että radalle ei pääse muodostumaan tulvatilannetta. Samoin myös erityisrakenteiden, kuten siirtymävyöhykkeiden, kuivatukselta on syytä panostaa, koska niissä esiintyvät dynaamiset voimat ovat huomattavasti linjaraidetta suurempia.

Suurin osa tutkimusartikkeleista on vapaasti ladattavissa ja listaus niistä löytyy osoitteesta <https://researchportal.tuni.fi/fi/persons/juha-latvala>

Kuva 2. Kentältä otettujen alusrakennemateriaalien muodonmuutoksia syklistä kuormituksessa. Vesipitoisuuden kasvu lisää selvästi muodonmuutoksia ja alentaa maksimilujuutta.

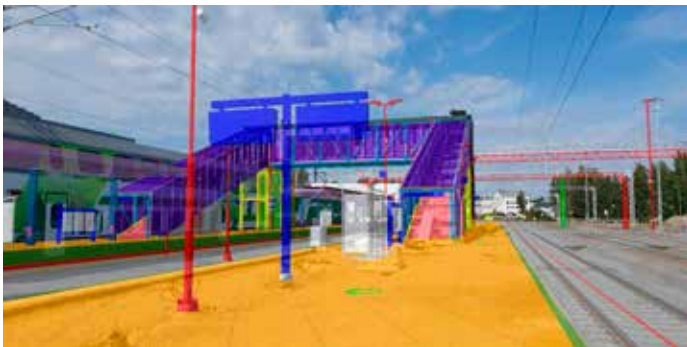


Joensuun ratapiha: Uusien teknologioiden hyödyntäminen hankkeen ohjauksessa

Joensuun ratapiha -hankkeessa uusitaan koko rata-piha ja parannetaan liikenteen palvelutasoa. Iso osa hanketta ovat myös uusi sammutusvesijärjestelmä ja sammutusvesiasema. Rakentamissuunnittelu on toteutettu mallintamalla, jossa suunnittelijat ovat koonneet eri tekniikkalajien mallit yhteen yhdistelmämalliin. Hankkeen ohjauksessa hyödynnettiin uusinta lisätyn todellisuuden järjestelmää (Trimble SiteVision), jonka avulla suunnitelmamalleja pystyi visualisoimaan työmaalla valvontakäynneillä. Laitteen avulla työmaan tilannetta on voinut tarkastella maastokäynneillä helpommin ilman paperisia suunnitelmia ja erityisesti aluerajalle tulevia rakenteita on ollut helppo esitellä kaupungin edustajille ja asukkaille (kuva 1).



Katja Puolitaival
Welado Oy



Kuva 1. Joensuun aseman uusi ylikulkusilta ja laiturirakenteet Trimble SiteVision -laitteella tarkasteltuna.

Joensuun ratapiha -hankkeen tavoitteena on parantaa liikenteen palvelutasoa

Joensuun ratapihan nykyiset mekaaniset liikenteenohjaus- ja turvalaitteet korvataan modernilla tietokonepohjaisella järjestelmällä ja samalla raiteistomalli ja ratatekninen rakenne uusitaan. Joensuussa tärkeä kehittämiskohde on myös henkilöliikenteen palvelutason parantaminen laitureita korottamalla ja välilaiturille rakennettavalla sillalla, joka helpottaa matkustajien liikkumista. Toimenpiteillä pyritään mahdollistamaan täyspitkien junien saapuminen ja lähteminen, mikä parantaa tavaraliikenteen toimintaedellytyksiä. VAK-raide tulee säilymään tavararatapihalla ja Joensuun ratapihan osana oleva Sulkulahden liikennepaikka varustetaan nykyaikaisella sammutusvesijärjestelmällä ja sammutusvesiasemalla.

Joensuun ratapihan kehittämisen ensisijaiset tavoitteet ovat liikenteen palvelutason parantaminen sekä operatiivisten kustannussäästöjen lisäksi nykyistä parempi joustavuus.

Turvalaiteinvestoinneilla parannetaan liikennöinnin hallittavuutta ja kokonaisturvallisuutta. Hankkeen myötä myös matkustajien ja ratapihatyöntekijöiden turvallisuus paranee. Rautatiejärjestelmän toimivuus ja täsmällisyys paranevat ja hanke

mahdollistaa nykyistä toimivammat matkaketjut henkilöliikenteessä.

Budjetti ratapihan osalta on 77 M€. Hankkeen rakentamissuunnitelma on valmistunut huhtikuussa 2021 ja rakentaminen aloitettiin toukokuussa 2022. Koko hanke valmistuu vuoden 2023 lopulla.

Tietomallinnuksessa hyödynnettiin uusinta teknologiaa

Joensuun ratapihan rakentamissuunnittelua teki samanaikaisesti kolmen eri suunnittelutoimiston suunnittelijat. Ratapihahanke on haastava suunnittelu ympäristö, jossa oli mukana erityisen monta tekniikkalajin suunnittelijaa. Alueella on paljon vanhoja rakenteita ja suunnitelmien yhteensovittamista tarvittiin paljon. Kaikki eri tekniikkalajien suunnitelmamallit koottiin yhdistelmämalliin Trimble Connect -ohjelmiston avulla. Myös tilaajalla ja rakennuttajakonsultilla oli pääsy tietoihin.

Rakentamisen aikana Trimble Connect -ohjelmiston lisäksi käytettiin urakoitsijan Infrakit-ohjelmistoa, johon myös rakennuttajaorganisaation henkilöillä oli pääsy. Suunnitelmien päivittyessä suunnitelmamalleja päivitettiin Trimble Connect -alustalle, josta urakoitsija sai ne käyttöönsä. Erityisen hyödyllisiä valvonnanne ovat olleet urakoitsijan tietyn väliajoin ottamat ja Infrakittiin päivitetty tarkat ortokuvat. Urakan aikana valvoja hyväksyi tarke- ja toteumatiedot Infrakitissä. Urakoitsija on käyttänyt myös Infrakitin GNSS-mittalaitteita rakentamisen toteuttamistauksiin ja laaduntarkkailuun.

Suunnittelun loppuvaiheessa keväällä 2021 hankkeelle otettiin käyttöön Trimble Sitevision -laite. Sen avulla voi tarkastella Trimble Connect -alustalla olevia 3D-suunnitelmamalleja todellisessa ympäristössä ja visualisoida suunnitelmia samalla, kun kävelee rakennuspaikalla (kuva 2 tai 2a).



Kuva 2. SiteVision -laitteen käyttöä Joensuun ratapihahankkeella (kuva Jetro Matilainen).



Kuva 2a. SiteVision -laitteen käyttöä Joensuun ratapihahankkeella (Kuva Jetro Matilainen).

Tietomallien hyödyntäminen hankkeen ohjauksessa

Trimble SiteVision -laitetta on hyödynnetty työmaan aloituskatselmuksissa ja viikoittain tehtävillä valvontakäynneillä. Joensuun ratapihan muutokset ovat isoja ja alueella on paljon sekä purettavia että uusia rakenteita. Yhdistelmämallissa purettavat ja uudet rakenteet sähköradan, turvalaitteiden ja vahvavirran osalta on mallinnettu eri väreillä. Punaisella on mallinnettu uudet rakenteet ja vihreällä purettavat. Suunnitelmien visualisointi työmaalla on ollut laitteella helppoa ja auttanut hahmottamaan työmaan tilannetta valvojille (kuva 3)



Kuva 4. Uuden meluseinän ja huoltotien linjauksen tarkastelu toukokuussa 2022.

Laitteella on esitelty suunnitelmaratkaisuja kaupungin edustajille ja asukkaille. Erityisesti alueen rajalle tulevia meluseiniä on pystytty havainnollistamaan katselmuksissa lähellä asuville asukkaille (kuva 4). Myös Väyläviraston aluerajoja ja työmaa-alueita on ollut helppo tarkastella (kuva 5).

Laitteen hyödyntäminen suunnittelun aikana jäi valitettavan vähäiseksi. Suunnitelmamallien hyödyntäminen ja visualisointi maastossa ei onnistu, jos yhdistelmämallin tilanne ei vastaa suunnittelun tilannetta. Lisäksi suunnitelmamallien määrä on Joensuun ratapihahankkeella sen verran iso, että kaikkia malleja ei saatu kerralla ladattua SiteVision -laitteelle. Tämä vaati viilausta mallikokonaisuuksiin ja työtunteja ennen kuin laitetta päästiin käyttämään. Laitteen hyödyntäminen hankkeella kannattaa suunnitella hyvin ja erityisesti miettiä, mitkä kohteet ovat sellaisia, joille visualisoinnista on hyötyä. Joiltain suunnitelmaratkaisujen muutoksilta olisi välttytty, jos aineistoa olisi tarkasteltu jo hyvissä ajoin suunnittelun aikana.

Kuva 3. Uuden ratageometrian ja sähköratapylväiden tarkastelu kesäkuussa 2022.

Kuva 5. Väyläviraston aluerajan tarkastelu työmaalla.



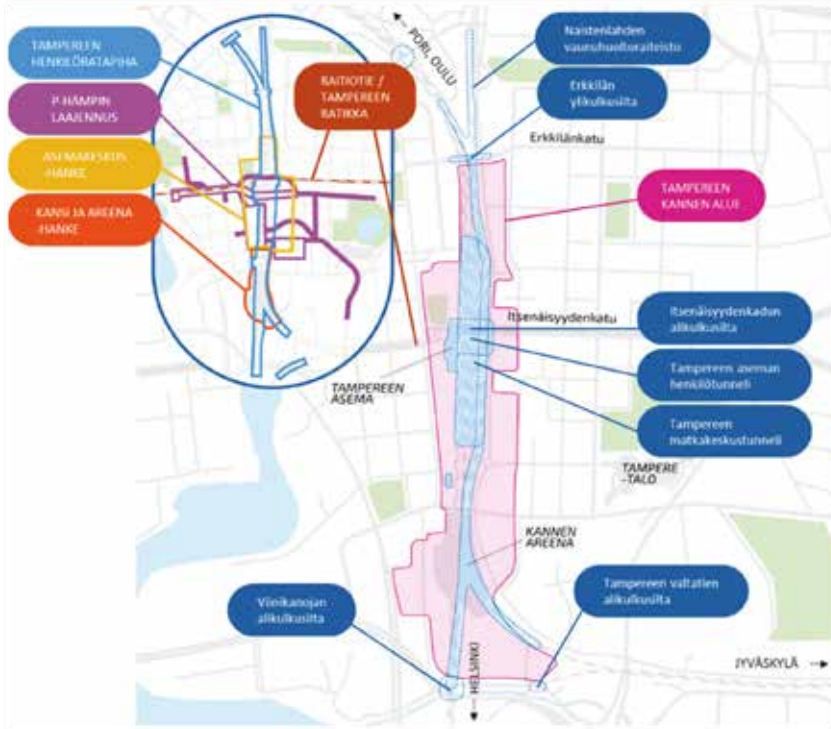
Tampereen henkilöratapiha

Tampereen henkilöratapiha -hankkeella suunnitellaan siltojen uusiminen, uuden kolmannen välilaiturin toteuttaminen, uusien katosten rakentaminen kaikille laitureille, vaunuhuollon siirtäminen uuden 3. välilaiturin alueelta Naistenlahteen ja asema-alueen esteettömien reittien nykyaikaistaminen. Kuvassa 1 on esitetty hankealueen osakokonaisuudet.



Kimmo Laatusen
Welado Oy

Kuva 1. Hankealueen osakokonaisuudet karttapohjalla.



Itsenäisyydenkadun alikulkusilta (aks) määrittää toteuttamisaikataulun

Itsenäisyydenkadun aks uusitaan, sillä nykyiset siltakannet ovat kunnoltaan elinkaarensa lopussa, ja uudella sillalla mahdollistetaan Tampereen kaupungin viiden tähden keskustan edistyminen henkilöratapihan alueella, josta lisäinfoa

<http://www.viidentahdentampere.info/#/11>

Itsenäisyydenkadun aks:n toteuttamisen työvaiheistus määrittää koko Tampereen henkilöratapihan toteuttamisen aikataulun, sillä siltakohde on hankkeen vaativin yksittäinen rakennuskokonaisuus. Siinä yhdistyvät erittäin korkealuokkaiset infra- ja talotekniset lopputuotteet. Työn toteutusajankaus suunnitellaan alueen eri liikennemuotojen ja Tampereen kaupungin keskustan toiminnan ehtoilla. Siltakansien perustamiseen tuo oman haasta-

vuutensa alla olevat kalliorakenteet pysäköintilaitos P-Hämpin osalta ja asemakeskuksen päällerrakentamiseen varautumiset.

Suunnitteluympäristössä on erittäin monia pakopisteitä (nykyisiä infrarakenteita esimerkiksi raitiotien sijainti, Scandic-hotellin sijainti, vesi- ja viemäriinjien sijainnit, asemarakennuksen rakenteet ja radan raiteiden sijainnit), jotka tuovat vaativuutta rakenteiden suunnitteluun. Oman haastavuuden suunnitteluun tuo asemarakennuksen suojeleasiat ja pelastustoiminnan huomioon ottaminen rakentamisen aikana ja valmistumisen jälkeen. Kuvissa 2 ja 3 kuvakaappaukset Itsenäisyydenkadun aks:n suunnitteluvaiheen tietomalleista.

Tukikerroksettomien siltojen uusiminen ruhjevyöhykkeiselle kalliolle

Hankkeeseen kuuluu tukikerroksettomien siltojen uusimiset tukikerroksellisilla silloilla. Tällaisia siltoja ovat Viinikanojan ja Tampereen valtatie alikulkusillat. Kohteissa vaativuutta tuo siltojen perustamiset ruhjeiselle peruskalliolle, rakentaminen vilkkaasti liikennöidyn kadun alueella, jossa on merkittävä määrä kunnallistekniikan putki- ja johtolinjoja sekä Viinikanojan vesistön tuomat suojele- ja lupa-asiat. Tampereen valtatie aks:n osalta myös radan geometria tuo sillan ja radan päällysrakenteen suunnitteluun oman haasteensa, sillä sillan pituus on reilusti yli 100 metriä pitkä ja silta sijoittuu kaarteeseen. Kuvassa 4 kuvakaappaus tietomallista tukikerroksettomien siltojen suunnittelukohteista.

Vaunuhoitajärjestelmät tulevaisuutta ajatellen

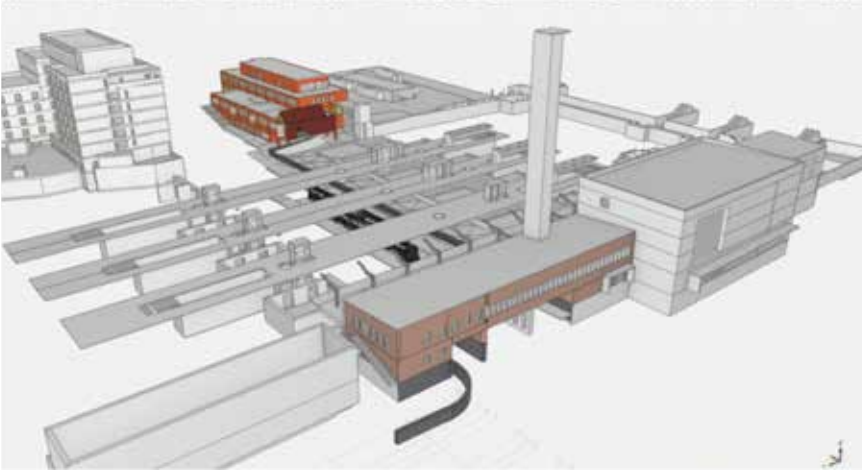
Naistenlahden suunnitellaan vaunuhoitajärjestelmä, jonka suunnittelussa vaativuutta vaaditaan sopimusteknisten asioiden hoitamisessa ja oikeanlaisen lopputuotevaatimuksien määrittelyn työstämisessä. Alueen ja teknisten järjestelmien suunnittelussa otetaan huomioon kalustokehitys ja matkustajaliikenteen kilpailun vapautuminen.

Lähiliikenteelle kolmas välilaituri

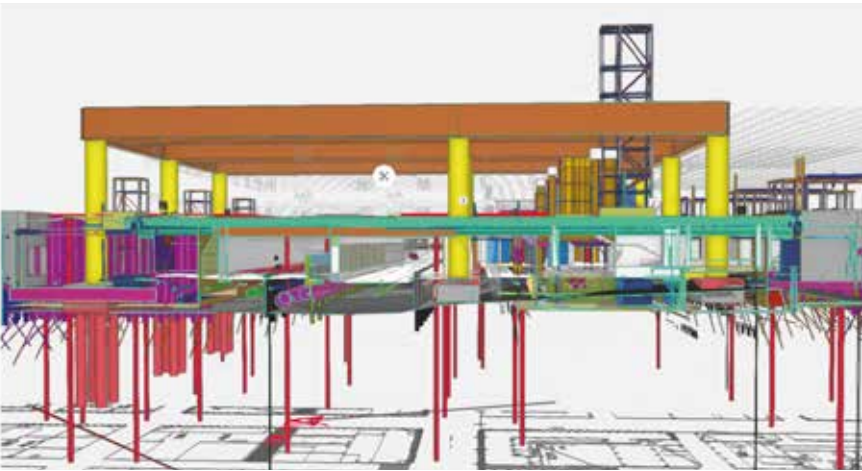
Uuden kolmannen välilaiturin suunnittelun osalta otetaan huomioon asemarakennuksen suojele vaatimukset. Näkymä radan itäpuolen veturitalilta asemarakennuksen suuntaan muuttuu. Kuvassa 5 on esitetty näkymä laitureista tietomallissa.

Toiminta perustuu pienryhmä työskentelyyn ja säännöllisiin tilannepalaveriin

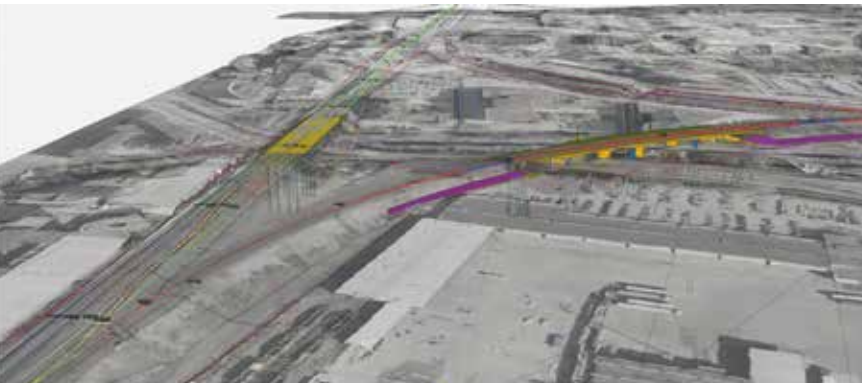
Hankkeen toiminta perustuu pienryhmätyöskentelyyn. Pienryhmiä perustetaan ja niiden kokoonpanoja muutetaan hankkeen edis-



Kuva 2. Itsenäisyydenkadun aks:n suunnitelmamalli lännestä itään.



Kuva 3. Itsenäisyydenkadun aks:n suunnitelmamallista poikkileikkäuskäymä eri rakenteista.



Kuva 4. Viinikanojan ja Tampereen valtatie alikulkusiltakohteet tietomallissa.



tymisen mukaan. Pienryhmät kokoontuvat säännöllisesti ja jokaisen tapaamisen aikana viedään hanketta askel askeleelta eteenpäin. Hankkeen haastavuutena on, että hankkeeseen liittyy useita organisaatioita ja toiminnan harjoittajia hankkeen aikana. Suunnitteluvaiheessa viikossa on parhaimmillaan yli 40 kokousta, joilla hanketta viedään eteenpäin. Hankkeen teknisen lopputuotteen saamiseksi hankkeella panostetaan erityisen paljon yhteistyön toimivuuden parantamiseen ja tiedon välittämisen varmistamiseen.

Mahdollistetaan uusien tekijöiden pääseminen alalle

Hankkeen tavoitteena on luoda edellytykset Tampereen keskustan ja koko kaupungin kehittymiselle, parantaa Tampereen henkilöratapihan matkustajamukavuutta ja rautatieinfran kapasiteettia ja toimintavarmuutta. Näiden teknisten toiminnallisten tavoitteiden lisäksi tavoitteena on saada rautatiealalle uusia tekijöitä. Hankkeessa on saatu tähän mennessä aktivoitua kaikilla toimittajatasoilla uusien tekijöiden mentorointia ja edesautettu nuorien osaajien pääseminen alalle. Samalla myös kiinteistö- ja talotekniikan osaajien osaamista hyödynnetään hankkeella poikkitieteellisesti, sillä Itsenäisyydenkadun aks:n nykyisten ja tulevien liikekiinteistöjen suunnittelu ja rakentaminen vaatii kiinteistö- ja talotekniikan asiantuntemusta rautatie- ja katuliikennetekniikan lisäksi.

Hankkeen rahoitustilanteen ottaminen huomioon

Hankkeen suunnittelu sai EU-rahoitusta (CEF-rahoitus) kesän 2022 aikana, josta lisäinfoa <https://www.lvm.fi/-/suomi-sai-eu-rahoitustaliikennehankkeille-ennatykselliset-80-78-miljoonaa-euroa-1784063>. Hankkeen suunnittelu saadaan pääosin valmiiksi vuoden 2023 aikana, jolloin on suunnitelmien puolesta mahdollista käynnistää rakentaminen. Hanke on valtakunnallisen Liikenne12-suunnitelman listalla kärkipäässä. Rahoitustilanne joudutaan ottamaan erityisesti huomioon toteutamis sopimuksien laadinnassa (ehdot rahoituspäätöksestä) ja työvaiheistuksien suunnittelussa (toteutusajankohta ei vaikuta töiden järjestykseen).

Kuva 5. Näkymä veturitallilta asemalle tietomallissa.

Metron kapasiteetin ja luotettavuuden kehittämisen tiekartta

Pääkaupunkiseudun metrojärjestelmän tausta ja nykytila

Metro on pääkaupunkiseudun joukkoliikenteen itä-länsiakselin selkäranka, jonka varaan matkustajia hyvin palveleva ja houkutteleva liikennejärjestelmä rakentuu. Tämän vuoksi metron palvelun tulee olla laadukasta ja luotettavaa, ja riittävä kapasiteetti on oleellista pääkaupunkiseudun joukkoliikennejärjestelmän toimivuuden kannalta.

Metron junaturvallisuuden varmistavaa asetinlaitejärjestelmää on uudistettu viime vuosina merkittävästi. Länsimetron ensimmäisen vaiheen liikenteenohjausjärjestelmä (asetinlaite ja rautatie-liikenteen kauko-ohjausta vastaava ATS) on otettu käyttöön vuonna 2017. Tammikuussa 2019 otettiin käyttöön sama asetinlaitejärjestelmä myös kantametron alueella, ja siitä lähtien koko metrolinjalla on ollut yhtenäinen liikenteenohjausjärjestelmä. Tuorein laajennus on länsimetron jatke loppuvuodelta 2022, jolloin otettiin käyttöön viisi uutta asemaa ja kokonaan maan alla oleva varikko. Kantametron alueen ulkolaitteet ovat pääosin peräisin 1980-luvulta, kun taas länsimetrossa ulkolaitteet ovat suhteellisen uusia. Osa laitteista on elinkaarensa loppupäässä ja niiden häiriöitiheys on kasvanut ja aiheuttaa lisääntyvässä määrin liikennehäiriöitä.

Metron nykyinen junakulunvalvontajärjestelmänä toimiva pakkopysäytysjärjestelmä on elinkaarensa päässä. Järjestelmä on toiminnallisilta periaatteiltaan kiintein suojaväleihin ja pistemäisellä tiedonsiirrolla toimiva pakkopysäytysjärjestelmä. Järjestelmän huoltoon ja varaosien saatavuuteen liittyvien ongelmien takia merkittävät investoinnit ovat välttämättömiä, eikä järjestelmän turvallisuustaso täytä uusien raskaan raideliikenteen turvalaitejärjestelmille asetettavia vaatimuksia. Vanheneva järjestelmä asettaa haasteita koko metroliiikenteen luotettavuudelle ja toimintavarmuudelle. Vanhenevan järjestelmän ylläpito on myös haastavaa, sillä vanhenevan teknologian osajien määrä pienenee ajan myötä,



Julius Vuoriluoto
Kaupunkiliikenne Oy

kun taas uudempien teknologioiden vaatimaa osaamista on helpompi löytää.

Pääkaupunkiseudun metroa liikennöidään tällä hetkellä 50 metrojunalla, joista liikenteeseen sitoutuvia vuoroja on 41. Junia on kolmea eri sarjaa: M100, M200 ja M300. Yhden metrojunan muodostaa yksi nelivaunuinen M300-sarjan junayksikkö, joita on 25, tai kaksi kaksivaunuista M100- tai M200-sarjan junayksikköä.

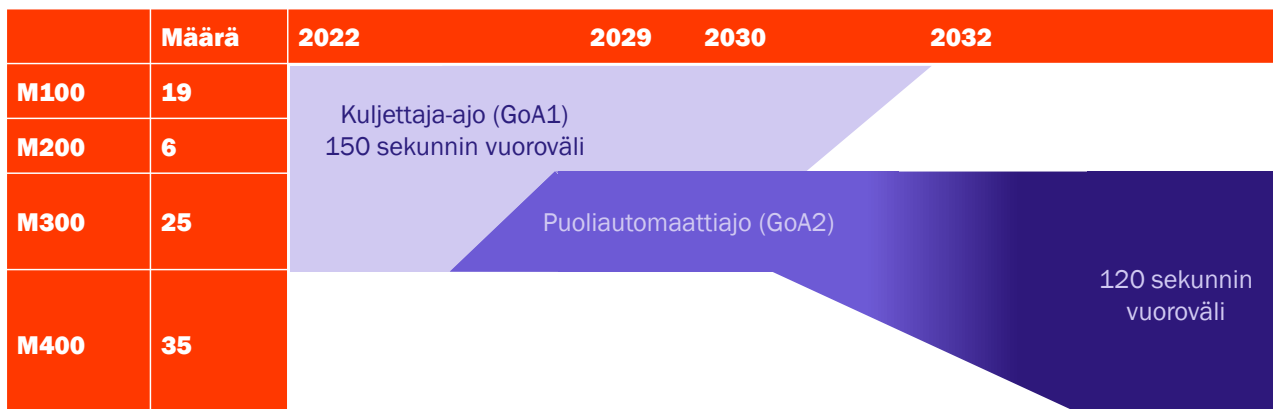
Vanhimmat M100-sarjan junat ovat vuosilta 1980–1984 ja M200-sarjan junat vuosilta 2000–2001. Nämä junat ovat valmistusajankohtansa mukaista tekniikkaa ja niiden täysautomaatio-osoittautui aiemmassa automaatiointiprojektissa

haasteelliseksi. M100- ja M200-junasarjat korvataan 2030-luvun alussa M400-sarjan junilla. M300-sarjan junista valtaosa on vuosilta 2017–2018, ja niiden optiohankinta viidestä lisäjunasta toteutettiin vuoden 2022 aikana länsimetron jatkeen lisäkalustotarvetta varten. M300-sarjassa on varauduttu täysautomaatioajoon edellisen automaatiointiprojektin tarpeiden mukaisesti.

Vaiheittain sekaliikenteestä puoliautomaattiseen metron

Metraa tulee kehittää ennakoivasti, koska kulunvalvontajärjestelmän uudistaminen kustannustehokkaasti käytössä olevaan järjestelmään edellyttää huolellista suunnittelua ja työ kestää useita vuosia. Liikenteenohjauksen kehittäminen on joukkoliikenteen kapasiteetin nostotoimenpiteenä erittäin kustannustehokas ja ympäristöystävällinen. Parantamalla olemassa olevan metrolinjan kapasiteettia päästään vastaavaan kapasiteettilisäykseen, johon muissa liikennemuodoissa tarvittaisiin merkittäviä infrastruktuurihankkeita.

Hankkeen ensimmäisen vaiheen tavoitteeksi on asetettu kiintein suojaväleihin toimiva, radioverkkoa tiedonsiirtoon hyödyntävä jatkuvatoiminen kulunvalvontajärjestelmä, joka mahdollistaa teknisesti puoliautomaattisen (GoA2) liikennöinnin 120 sekunnin vuorovälillä. Uudistus toteutetaan siten, että vain M300-junat



Kuva 1. Vaiheittainen siirtymä puoliautomaattiseen operointiin ja 120 sekunnin vuoroväliin

Nyt laadittu tiekartta esittää toteutusta, jossa mahdollistetaan 120 sekunnin vuoroväli ja puoliautomaattinen ajo, luodaan edellytykset siirtyä 100 sekunnin vuoroväliin eikä poissuljeta automaatiotason nostoa. Siirtyminen täysin automaattiseen liikennöintiin vaatii kuitenkin lisäinvestointeja Helsingin kantametrin tunneleihin ja kaikkiin maanalaisiin asemiin, joten ajomuodon valintaan liittyvä taloudellinen tarkastelu täytyy tehdä myöhemmin, jos korkeampi automaatiotaso nähdään tarkoituksenmukaiseksi.

varustetaan uudella kulunvalvontajärjestelmällä. Tämä johtaa ns. sekaliikenteeseen, jossa M100- ja M200-sarjan junia operoidaan edelleen pakkopysäytysjärjestelmän turvin. Ennen puoliautomaattiseen liikennöintiin siirtymistä korvataan myös kantametrin raiddevirtapiirit uudella vapaanaolon valvontajärjestelmällä järjestelmän luotettavuuden turvaamiseksi.

Kun M400-sarja on korvannut M100- ja M200-sarjan junat, voidaan aloittaa operointi puoliautomaattisesti (GoA2) ja tiheää vuoroväliä 120 sekuntiin. Metron vuorovälien lyhentäminen ja 25 % kapasiteetin nosto edellyttää siis junakulunvalvontajärjestelmän uusimisen lisäksi muita toimenpiteitä. Näitä ovat mm. ratasähkön syöttöasemien tehon ja metrokaluston määrän lisääminen sekä vanhojen kalustosarjojen korvaaminen, ja ne toteutetaan kulunvalvontajärjestelmän käyttöönoton jälkeen.

Kohti tiheämpää vuoroväliä ja korkeampaa automaatiota

Hankittavien osajärjestelmien elinkaaritavoite on asetettu 30 vuoteen, minkä takia järjestelmän tulee olla päivitettävissä siten, että se vastaa myös tulevaisuuden tarpeisiin. Tämä tarkoittaa 100 sekunnin vuorovälän mahdollistamista, eikä siirtymistä täysautomaattiin (GoA3) tai ilman kuljettajaa toimivaan metroon (GoA4) poissuljeta. Näihin siirtyminen vaatii kuitenkin lisäinvestointeja Helsingin kantametrin tunneleihin ja kaikkiin maanalaisiin asemiin, joten ajomuodon valintaan liittyvä taloudellinen tarkastelu täytyy tehdä myöhemmin, jos se nähdään tarkoituksenmukaiseksi.

Puoliautomaattiseen metroon siirtymisen ei odoteta vaativan merkittäviä uudistuksia olemassa olevaan asetinlaitteeseen ja ulkolaitteisiin, mutta 100 sekunnin vuoroväliin siirryttäessä asetinlaitteiden korvaaminen uudella keskusjärjestelmällä on todennäköistä. Tässä yhteydessä pyritään myös vähentämään radikaalisti tai poistamaan kokonaan käytöstä radalla olevat ulkolaitteet (opastimet, vapaanaolon valvonta). Näihin kysymyksiin odotamme ratkaisuehdotuksia laitetoimittajilta, joilla on mahdollisuus metroympäristössä esittää keskenään hyvin erilaisia, juuri meidän metromme operointimalliin sopivia ratkaisuja.

AUTAMME ASIAKKAITA MENESTYMÄÄN



Lujabetonin vahvasta betonitietämyksestä on hyötyä asiakkaille. Tarjoamme ratkaisut kaikkeen infrarakentamiseen.

Tuotevalikoimaan kuuluvat ratapölkkyt, tasoristeuselementit, paalut, sähkörataperustukset, kaapelikourut ja -kannet, laiturielementit ja tukimuurit.



Lisäksi valmistamme betonuotteita kuten erilaisia pylväsjalustoja. Muita betoniratkaisuja ovat esimerkiksi raitiotien rakentamiseen kiintoraideelementit sekä ratikkapölkkyt.

Kysy lisää asiantuntijoiltamme!

Lujabetoni

VAHVIN BETONIOSAAJA

Ratatekniikka: Sampsa Lehmusksa 044 585 2021

Muut infratuotteet: Tuomo Eilola 044 585 2407

**KAIKESSA BETONIRAKENTAMISESSA
OTA YHTEYS VAHVIMPAAN BETONIOSAAJAAN!**

PUH. 020 789 5500 | WWW.LUJABETONI.FI

Vuoden 2023 ratatyöt ja perusväylänpidon kohteet

Esityksessä käydään läpi Väyläviraston Hankkeet-toimialan vuoden 2023 käynnissä olevien kehittämismomentilla toteutettavien isompien ratatöiden tilannekatsaukset. Ratahankkeista esitetään yleis-tilanne ja vuoden 2023 merkittävimmät työkohteet. Merkittävimpiä kehittämishankkeita vuonna 2023 ovat mm. Helsinki–Riihimäki kapasiteetin lisääminen, Hyvinkää–Hanko ja Ylivieska–Iisalmi sähköistykset, Turun ratapihan kehittäminen, Kouvola–Kotka/Hamina, Espoon kaupunkirata, Luumäki–Imatra, Joensuun ja Kuopion ratapihat.

Lisäksi esitellään vuonna 2023 perusväylänpidon rahoituksella tehtäviä isompia ratatöitä, joita ovat peruskorjauskohteet rataosuuksilla Jyväskylä–Pieksämäki, Oulu–Laurila, Turku–Uusikaupunki ja Kouvola–Luumäki.

Luumäki–Imatra–Venäjän raja, ratayhteyden parantaminen

Luumäki–Imatra-ratahankkeen tavoitteena on kehittää rataosuiden palvelutasoa parantamalla välityskykyä, toimintavarmuutta ja häiriötilanteiden hallintaa. Se tähtää tavaraliikenteen toimintaedellytysten ja henkilöliikenteen palvelutason parantamiseen. Hankkeen toteuttaminen tukee myös elinkeinoelämän kilpailukyvyn ylläpitoa ja kehittämistä, sekä parantaa alueen asukkaiden ja muiden toimijoiden viihtyvyyttä vähentämällä liikenteen melua ja päästöjä.

Välille Joutseno–Imatra rakennetaan uusi kaksoisraide nykyisen yksiraiteisen osuuden rinnalle. Välillä Luumäki–Joutseno tehdään nykyisen raiteen perusparannusta. Osana hanketta kunnostetaan korjausvelkakohteet Saimaan kanavan ratasilta, Mansikkakosken ratasilta ja vanhan vt6:n alikulkusilta.

Rakentaminen käynnistyi vuonna 2018. Hanke on aikataulutettu valmistumaan kesällä 2024. Luumäki–Imatra-välisellä alueella tehtäviin toimenpiteisiin on myönnetty rahoitusta 210 miljoonaa euroa.

Helsinki–Riihimäki kapasiteetin lisääminen

Helsinki–Riihimäki-hankkeen ensimmäinen vaihe (n. 150 M€) keskittyi liikennepaikkojen parantamiseen. Lisäksi on rakennettu tavaraliikenteen lisäraide Keravalle ja lisäraide Järvenpään Ainolan ja Purolan välille. Kesällä 2021 Keravalla otettiin käyttöön uusi, junien turvallista liikennöintiä valvova asetinlaite, joka on edellytys toisessa vaiheessa rakennettaville lisäraiteille.

Hankkeen 2. vaiheessa rakennetaan lisäraiteet Kerava–Järvenpää ja Järvenpää–Jokela väleille, jolloin Keravan ja Jokelan välille muodostuu noin 20 kilometriä pitkä neliraiteinen rataosuus. Tavaraliikenneraiteet rakennetaan Keravalta Lahden oikoradan suuntaan sekä Hyvinkäältä Riihimäen suuntaan. Lisäksi toteutetaan



Jussi Lindberg
Väylävirasto

muutoksia laitureihin ja asemien kulkuyhteyksiin Ainolassa ja Jokelassa sekä tehdään muutoksia siltoihin, turva- ja sähköratalaitteisiin ja meluntorjuntaan. Helsinki–Riihimäki-hankkeen 2. vaiheen kustannusarvio on 273 milj. €. Hanke on Euroopan Unionin osarahoittama.

Turun ratapihan kehittäminen ja Kupittaa–Turku kaksoisraiteen rakentaminen

Hanke sisältää Kupittaa ja Turun ratapihan välisen kaksoisraiteen toteutuksen sekä Turun aseman ratapihan ja Turun tavararatapihan parannustöiden toteutuksen.

Hankkeen myötä junaliikenteen edellytykset paranevat Turun alueella ja keskusta-alueen maankäyttö tehostuu. Turun alueen ratayhteyksien, ratapihojen ja rautatieasemien parannustyöt mahdollistavat Helsinki–Turku välin nopean junayhteyden kehittämisen.

Hanke parantaa ja sujuvoittaa raideliikennettä niin Rantarakadalla kuin Turku–Toijala-radalla lisääntyneen liikennöintikapasiteetin takia.

Myös lähialueen asukkaiden kokemat meluhaitat vähenevät, kun hankkeessa parannetaan melusuojuuksia. Turun rautatieasemalla rakennetaan esteettömiä kulkuyhteyksiä matkustajalaitureille. Kokonaiskustannusarvio hankkeessa on 108 M€. Hanke valmistuu vuonna 2026.

Kouvola–Kotka/Hamina

Hankekokonaisuus kattaa Kouvola–Kotka/Hamina-välin peruskorjausta, akselipainon noston 250 kN, turvalaitteiden uusimista, sekä Kotkan Kotolahden ratapihan raiteiston laajentamisen ja Hovinsaaren ratapihan muutostarpeet sekä Kouvola–Kotka välin linjaosuuden välityskykyä parantavat toimenpiteet.

Hankkeen kustannusarvio on 133,5 M€. Hanke on kokonaisuudessaan valmis 2025.

Joensuun ratapiha

Ratapiha uudistetaan nykypäivän vaatimusten ja liikennöintitarpeiden mukaiseksi. Radan rakenteet ja vaihteet uusitaan ja ratageometriaa muutetaan toimivammaksi. Raiteet sähköistetään tarvittavilta osin ja valaistusta uusitaan ja lisätään määräysten mukaisesti. Lisäksi keskitetyille vaihteille tehdään vaihteenlämmitys.

Ratapihalle tehdään kokonaan uusi asetinlaite ja se varustetaan moderneilla turvalaitteilla, opastimilla ja keskitetyillä vaihteilla. Asema tehdään paremmin palvelevaksi uusimalla laiturit esteettömyysvaatimusten mukaisesti. Tavara- ja henkilöratapihan sivuraiteiden K43-tyyppiset raiteet ja vaihteet uusitaan 54E1-tyypiseksi. Pääraide siirretään itäreunasta länsireunaan ja uusitaan 60E1-tyypiseksi.

Sulkulahden ratapihaa jatketaan etelään noin 250 metriä ja välittömästi Sulkulahden eteläpuolelle tehdään uusi liikenteenhoitoraide, jolta otetaan yhteys Sulkulahden ratapihalle. Joensuu Peltolan kohdalla olevat puunkuormausraiteet puretaan. Joensuu Sulkulahti ja Joensuu Peltola erotetaan toisistaan vaihdekujalla.

Hanke valmistuu 2024. Hankkeen kustannusarvio on 77 M€.

Kuopion ratapihan parantaminen, 1. vaihe

Hankkeessa Kuopion henkilöasema uusitaan nykyisiä vaatimuksia vastaavaksi esteettömyys huomioiden ja uusitaan raiteistoa tavararatapihalla. Hankkeen merkittävimpiä töitä ovat laitureiden korottaminen, katoksien peruskorjaus, hissit laitureille, asematunnelin kunnostus, asetinlaite tietokonepohjaiseksi, Puijonkadun AKS uusiminen.

Hankkeen tavoitteena on palvelutason nostaminen sekä turvallisuuden ja liikennöinnin sujuvuuden parantaminen. Hankkeen kustannusarvio 36 M€. Hanke valmistuu vuonna 2024.

Vuonna 2023 mm. uusitaan välilaituri, peruskorjataan asematunneli sekä laiturikatokset, raide- ja sähköratatöitä henkilöaseman alueella ja uusitaan Puijonkadun AKS:n eteläinen lohko

Iisalmi–Ylivieska rataosuuden sähköistys ja Iisalmen kolmioraide

Tavoitteena on parantaa rautatiekuljetusten kustannustehokkuutta, teollisuuden kilpailukykyä ja vähentää kuljetusten aiheuttamia haitallisia päästöjä.

Hanke sisältää rataosien Iisalmi–Ylivieska ja Siilinjärvi–Ruokosuo sähköistämisen sekä Iisalmen sähköistetyin kolmioraiden rakentamisen. Sähköistettävää raidetta on yhteensä 166 km. Hankkeeseen sisältyy myös kahden ristikkosillan avartaminen sekä raidteen alentaminen kymmenen ylikulkusillan kohdalla.

Hanke ei raiteen alennuksia lukuun ottamatta aiheuta pitkiä liikennekatkoja junaliikenteelle, vaan liikennöinti voidaan hoitaa rakentamisen aikana liikennettä ja ratatöitä yhteen sovittaen. Hanke valmistuu joulukuussa 2023. Hankkeen kustannukset ovat n. 55 miljoonaa euroa.

Hyvinkää–Hanko rataosuuden sähköistys ja tasoristeyksien parantaminen

Hanke sisältää Hyvinkää–Karjaa–Hanko-rataosuuksien, Kirkniemen tuotantolaitoksen pistoraiteen sekä mahdollisesti Lappohjan satamaraiteen sähköistyksen. Sähköistettävää raidetta on yhteensä noin 165 km. Tavoitteena on parantaa rautatiekuljetusten kustannustehokkuutta ja vähentää liikenteen aiheuttamia haitallisia päästöjä.

Tasoristeyksien parantamisen tavoitteena on parantaa rataosan tasoristeyksien turvallisuutta joko niitä poistamalla tai turvallisuutta parantavilla toimenpiteillä. Tasoristeysturvallisuuden parantamiseksi tehtävät toimenpiteet kohdistuvat useisiin rataosalla sijaitseviin tasoristeyksiin. Koko hankkeen kustannusarvio on 62 miljoonaa euroa. Hanke valmistuu kokonaisuudessaan vuoden 2024 aikana.

Espoon kaupunkirata

Helsingin seudun MAL-sopimuksessa valtio ja kunnat ovat sopineet, että valtio käynnistää Espoon kaupunkiradan Leppävaara–Kauklahti toteuttamisen ratasuunnitelman mukaisesti.

Hanke sisältää kahden lisäraiteen rakentamisen nykyisten raiteiden viereen välille Leppävaara–Kauklahti. Lopputilanteessa kaksi eteläisintä raidetta on tiheään kaupunkijunaliikenteen käytössä ja kaksi pohjoisinta raidetta nopeamman lähiliikenteen ja Turun suunnan kaukoliikenteen käytössä. Hanke sisältää Kilon, Keran, Kauniaisten, Koivuhovin, Tuomarilan, Espoon keskuksen sekä Kauklahten liikennepaikkojen kehittäminen, yhteydet muuhun maankäyttöön sekä liityntäpysäköinti.

Ratahanke toteutetaan yhteisrahoitteisena hankkeena Espoon ja Kauniaisten kaupunkien kanssa. Espoon kaupunkiradan toteutus on käynnistynyt rakentamissuunnittelulla alkuvuodesta 2020 ja hanke valmistuu arviolta 2028.

Espoon kaupunkiradan kustannusennuste on 275 miljoonaa euroa.

Suuret peruskorjaushankkeet

Suunnittelu ja peruskorjaustöiden valmistelu on käynnissä rataosuuksilla Oulu–Laurila, Tuomioja–Raahe, Jyväskylä–Pieksämäki, Kouvola–Luumäki ja Turku–Uusikaupunki. Työt maastossa näissä hankkeissa käynnistyvät isommin vuodesta 2024 alkaen.

Pasilan aseman ja kauppakeskus Triplan opastussuunnitteluprosessi

Pasilan asemalle suunniteltiin kaikille sopiva esteetön ympäristö osana Triplan kauppakeskuksen opastuksen ja esteettömyyden suunnittelukokonaisuutta.

WSP Finland Oy vastasi Pasilan aseman ja koko Triplan kauppakeskuksen kaikkien julkisten tilojen (kauppakeskus, Pasilan asema, hotelli, pysäköintilaitos, toimistot) henkilöopastuksen (dynaaminen ja Staattinen opastus) ja esteettömyyden (Esteetön opastus ja esteettömyys julkisissa tiloissa ja rai-dealueella) suunnittelusta sekä toteutuksen ohjauksesta koko hankkeen elinkaaren ajan eli alkaen hankesuunnitelmavaiheesta ja päättyen hankkeen käyttöön- ja vastaanottoon sekä jatkokehitykseen.

Hanke toteutettiin joukkoliikenteen merkittävään solmukohtaan ja raideliikenteen välittömään läheisyyteen. Sen asiakasvirroista erittäin merkittävä osa muodostuu joukko- ja junaliikenteen käyttäjistä. Rakentamisen aikana tarvittiin väliaikaisen aseman ratkaisua, joka toteutettiin esteettömyyden ja opastuksen osalta kuin se olisi ollut pysyvä ratkaisu. Hankkeen suunnitteluvaiheissa hyödynnettiin erilaisia menetelmiä ja työtapoja (palvelumuotoilu, haastattelut, Big Room-työskentely, malliasennukset) lähtien suunnittelun reunaehdoista ja periaatteista sekä päättyen aina käytännön toteutukseen. Työ tehtiin tietomallipohjaisena ja se vaati vaiheesta riippuen tiivistä yhteensovitusta eri suunnittelualojen kanssa sekä yhteistyötä lukuisten osapuolten kanssa. Opastusta ja esteettömyyden ratkaisuja testattiin ennen lopullisen opastusilmeen valintaa ja ratkaisujen toteutusta myös virtuaalimallilla, joka oli rakennettu Unity-pelimallin päälle. Virtuaalimallin perusteella voitiin mm. väliaikaisen aseman ratkaisuja sekä toteutusvaihtoehtoja arvioida ja parantaa huomattavasti ennen toteutusta.

Työssä laadittiin EU-direktiivien ja esteettömyysasetuksen (241/2017, Valtioneuvoston asetus rakennuksen esteettömyydestä) mukainen esteettömyyssuunnitelma Pasilan asemalle, kauppakeskukseen, hotelliin sekä aseman välittömään lähiympäristöön ja joukkoliikenteen jatko yhteyksille. Samassa yhteydessä päivitettiin Rata teknisen ohjeiden (RATO) osan 16 ohjeistusta tarvittavilta osin. Työssä määritettiin Triplan kauppakeskuksen, pysäköintilaitoksen, hotellin ja toimistotilojen sekä Pasilan aseman EU-vaatimukset täyttävät esteettömät reitit, tilat ja opastettavat esteettömät toiminnot. Suunnitteluun kuuluivat mm. tilaopasteet ja näkövammaisten opasteet eri käyttäjäryhmät huomioiden sekä laadukkaita toteutusmenetelmiä ja tuotteita käyttäen. Kohteiden suunnittelu ja toteutus työmaalla kulkivat koko ajan rinnakkain, joten suunnitelmia päivitettiin jatkuvasti arkkitehtuurin ja työmaan tarpeet huomioiden.



Sirpa Laitinen
WSP



Juho Kero
WSP

Triplan opastusreitit tukeutuvat alueen YJK-reitteihin. Näin ollen opastus ja esteettömyys tuli suunnitella yhtenä kokonaisuutena erilaisten käyttäjien ja toimijoiden tarpeet huomioiden. Opastuksen ja esteettömyyden suunnittelua ohjasi hankkeen puolelta opastuksen ohjausryhmä, joka esitteli ja hyväksytti suunnitelmaratkaisut kaikissa suunnitteluvaiheissa ja ennen toteutusta Helsingin kaupungin esteettömyysasiamiehellä ja rakennusvalvonnan asiantuntijalla. Suunnitteluratkaisuja käytiin yhdessä läpi ennen niiden lopullista valintaa. Myös toteutuksen aikana tehtiin tiivistä yhteistyötä opasteryhmän ja Helsingin kaupungin edustajien kanssa. Poikkeuksellista oli, että opaste- ja esteettömyyssuunnittelija sekä kaupungin edustajat olivat mukana kaikissa suunnitteluvaiheissa ja vielä opasteiden asennustöiden valvonnassa ja vastaanottotarkastuksissa.

Pasilan aseman puolella henkilöopastus toteutettiin yhteistyössä Väylän opastussuunnittelijoiden kanssa. Opasteiden tukirakenteita hyödynnettiin mm. kauppakeskuksen ja Väylän opasteiden yhteisasennuksiin ja tietosisällöt yhteensovitettiin. Esteettömyyden osalta huomioitiin myös Pasilan aseman uusi lisäraide ja sen käyttöönoton vaiheistus. Dynaamisen informaation osalta yhteensovitettiin myös HSL:n ja Väylän aikataulunäytöt ja varmistettiin esteettömyyden toteutuminen aikatauluinformaation osalta.

Hanke oli äärimmäisen haastava kokoluokastaan, yhteistyötahoistaan, osapuolistaan ja rajapinnoistaan johtuen. Useat eri osapuolet sekä rajapinnat ja sitä kautta erilaiset tahtotilat, ohjeistukset ja rajoitukset asettivat opastuksen ja esteettömyyden suunnittelulle ja koordinoinnille jatkuvia haasteita ja yhteensovitustarpeita. Hanke suunniteltiin ja toteutettiin useissa eri lohkoissa ja poikkeavilla valmistumisaikatauluilla, mutta opastus ja esteettömyys suunniteltiin lohkorajoista riippumatta luonnollisesti kokonaisuutena. Esteettömän opastuksen ohjeistusta SUJUVA (www.sujuva.info) kehitettiin Triplan hankkeen aikana ja voidaan sanoa, että Tripla toimi loistavana testialustana SUJUVA-ohjeistuksen testaamiselle käytännön tasolla. Kokemukset olivat positiivisia.

Vammaisneuvosto ilmoitti alkuvuonna 2022 pitävänsä Pasilan asemaa erinomaisena esteettömänä ympäristönä. Tästä huolimatta toteutus ei täysin vastaa alkuperäisiä suunnitelmia. Monelle hankkeelle tyypillisesti lopputarkastuksessa esille tulleita puutteita tai osin vielä tarkastuksen aikaan asentamattomia laitteita ei ole toteutettu tai päivitetty tai niiden toteutusvastuuta ei ole määritetty. Triplan valmistuminen osui hankalimpaan Korona-aikaan puutteiden korjaamisen valvonnan osalta, jolloin tarkastuskäyntejä kohteessa oli vaikea järjestää. Merkittävimmät puutteet koskevat

Ratahankkeet urakoitsijan näkökulmasta

Näkemyksiä hankkeista

Ratahankkeet itsessään, karkeasti ottaen, ovat kovin samankaltaisia. Näin voidaan todeta, jos näkymää yksinkertaistetaan voimakkaasti; työllä on tilaaja, joka maksaa ja tekijä joka työn tekee. Suurimmat eroavaisuudet ovat löydettävissä näiden kahden tahon keskinäisistä rajapinnoista hankkeen sisällä. Tähän on iso vaikutus hankkeen toteutustavalla. Kysymys ja vastaus siihen, että ovatko osapuolet, tilaaja ja tekijä, toteuttamassa hanketta yhdessä vai täysin eri puolilla voi vaikuttaa merkittävästi hankkeen sisältöön ja laatuun. Puhumattakaan ilmapiiristä missä hanketta toteutetaan.

Oliko hankkeita erilaisia?

Perinteisten kokonaishintahankkeiden lisäksi ratamaailmassa on löydetty paikkansa myös toisen lähestymistavan hankkeille. Esimerkiksi ST-hankkeet ja allianssimallilla toteutetut hankkeet ovat löytäneet paikkansa ratahankkeiden laajassa kirjossa. Haastaako allianssimalli toteutustapana perinteisen kokonaishintamallin ja jos haastaa, mistä löytyvät sisällön eroavaisuudet? Kokemuksia erilaisista toteutustavoista on kertynyt ja niiden vertailulla on saatu näkyville mielenkiintoisia eroavaisuuksia erilaisten ratahankkeiden toteutuksista.



Anssi Ämmänkoski
GRK Suomi Oy

Kokemuksia hankkeista löytyy

Kokemukset ratahankkeiden sisällöistä ovat monenlaiset. Toiset hankkeet saadaan vedettyä laadukkaasti maaliin rallatellen ja vihellellen, laadukkaasti ja hyvässä hengessä. Ja toiset taas ei. Missä on erot näiden ääripäiden välillä? Löytyykö vastaus hankkeissa mukana olevista vetäjistä ja heidän persoonistaan vai löytyykö avaimet laadun parantamiseen hankkeiden kilpailutus- tai suunnitteluvaiheista?

Miten sitten se aikataulu

Aikataulullinen paine on useissa hankkeissa vastaan tullut haaste. Urakoitsijana saatujen kokemusten mukaan liian kireälle laaditut hankeohjelmat ovat merkittävästi lisänneet kitkaa toteuttavassa organisaatiossa. Hankkeiden laatu ei suurella todennäköisyydellä parane, jos jo lähtömetreillä ollaan hyvin kireiden aikataulullisten haasteiden edessä. Aikataullisten haasteiden syntypohja voi olla puhtaasti hankkeen aikataulu tai sitten materiaalin toimitukseen liittyvä.

jo toteutettujen induktiosilmukka-asennusten silmukkasymboleja ja kuuluvuuskarttoja. Koho-kartoissa nämä on kerrottu, mutta niiden asennuspaikoilla ei. Esteettömyyssuunnitelmassa määrittelyjä äänimajakoita ei ole toteutettu, koska niiden asennussuunnitelu- ja toteutusvelvollisuutta ei ollut selkeästi kirjattu määrävänä ohjeistuksessa. Aseman pääaulan WC-tilat ovat vain esteettömiä, jolloin niitä käytetään runsaasti myös muiden käyttäjien osalta, mikä on esimerkki koko suunnitteluvaihetun puutteesta.

Huomionarvoista on, että myös hankkeen elinkaaren aikana opastusta ja esteettömiä ratkaisuja tulisi tarkastella ja päivittää aika-ajoin, kun käyttäjäkokemuksia ja mahdollisia puutteita ilmenee. Suunnittelun aikana ei välttämättä osata varautua kaikkiin todellisiin tilanteisiin ja tarpeisiin. Loppukäyttäjän näkökulmasta juuri nämä ”pienet” asiat vaikuttavat paljon asiakaskokemukseen kohteessa, vaikka ne saattavat tuntua pieniltä suuren hankkeen valmistumisen yhteydessä.

Väyläverkon investointiohjelma

Väylävirastossa valmisteltava väyläverkon investointiohjelma perustuu valtakunnalliseen liikennejärjestelmäsuunnitelmaan. Investointiohjelma 2023–2030 on julkaistu kesäkuussa 2022 ja sen päivitys vuosille 2024–2031 on parhaillaan käynnissä.

Valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma (Liikenne12-suunnitelma)

Ensimmäinen 12-vuotinen valtakunnallinen liikennejärjestelmäsuunnitelma, Liikenne12-suunnitelma hyväksyttiin eduskunnassa kesällä 2021. Sen laatimisesta vastasi liikenne- ja viestintäministeriö. Suunnitelma laadittiin parlamentaarisessa ohjauksessa ja laajassa vuorovaikutuksessa sidosryhmien kanssa. Suunnitelmaa tullaan päivittämään hallituskausittain neljän vuoden välein aina 12 vuodeksi kerrallaan.

Suunnitelma sisältää kuvauksen liikennejärjestelmän nykytilanteesta ja toimintaympäristön muutoksista, vision liikennejärjestelmän kehittämiseksi vuoteen 2050, suunnitelman tavoitteet linjauksineen sekä valtion ja kuntien toimenpiteitä sisältävän ohjelman. Lisäksi suunnitelmaan sisältyy valtion rahoitusohjelma.

Liikenne12-suunnitelman mukaan Väylävirasto vastaa valtion väyläverkkoja koskevan investointiohjelman laatimisesta seuraavaksi 6–8 vuodeksi. Investointiohjelman tulee perustua mm. Liikenne12-suunnitelman tavoitteisiin, kriteereihin ja rahoitustasoihin, liikenneverkon strategisessa tilannekuvassa tunnistettuihin tarpeisiin sekä väylälakeihin. Talousarviopäätöksistä vastaa edelleen eduskunta.

Liikenneverkon strateginen tilannekuva kertoo tietoa liikenneverkkojen nykytilasta ja keskeistä tarpeista. Tilannekuva päivitetään kahdesti vuodessa ja se on osa laajempaa liikennejärjestelmäanalyysiä. Väylävirasto tuottaa ratoja, maanteitä ja vesiväyliä koskevan tiedon tilannekuvaan ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom vastaa tiedon yhteensovittamisesta muita verkkoja koskevan aineiston kanssa.

Investointiohjelma

Ensimmäinen investointiohjelma 2022–2029 valmisteltiin Väylävirastossa vuonna 2021 ja julkaistiin tammikuussa 2022. Päivitys vuosille 2023–2030 julkaistiin kesäkuussa 2022. Päivitys vuosille 2024–2031 käynnistyi syksyllä 2022 ja valmistuu keväällä 2023. Investointiohjelma on Väyläviraston ehdotus investoinneiksi valtion väyläverkolla ja sitä hyödynnetään talousarvioesitysten valmistelussa. Ohjelman toteutumista seurataan vuosittain. Investointiohjelman laatimisen aikana kuullaan sidosryhmiä.

Investointiohjelmassa käsitellään isoja kehittämisinvestointeja ja pienempiä perusväylänpidon parantamishankkeita. Mukana ei ole jo rahoituksen saaneita hankkeita. Investointiohjelma perustuu vaikutusten arvioinnin tuottamaan tietoon. Ohjelma sisältää niin hankkeiden merkittävien vaikutusten arviointia kuin ohjel-



Erika Helin
Väylävirasto

matason arviointia. Arvioidut kokonaisvaikutukset kertovat sen, kuinka ohjelma kaikkiaan toteuttaa Liikenne 12 -suunnitelmaa ja sen tavoitteita.

Rautatiet investointiohjelmassa

Investointiohjelman 2023–2030 kehitys uusiin kaudella käynnistyviin rautateiden kehittämishankkeisiin on 1,47 mrd. euroa. Parantamishankkeisiin on käytössä noin 400 milj. euroa. Investointiohjelma ei sisällä hankeyhtiöiden suunnittelemien yhteyksien toteutusta eikä Digirata-hanketta.

Liikenne12-suunnitelman mukaisesti kehittämisen teemat ovat:

- Rataverkon toimivuuden ja välityskyvyn kannalta kriittisimmät ja vaikuttavimmat kohteet (ml. isot peruskorjaukset)
 - Rataverkon välityskyky maakuntakeskusten välillä, ml. poikittaisyhteydet
 - Asemanseutujen ja ratapihojen toimivuus, ml. raakapuun kuormauspaikat
 - Muu kuin pääväyläverkko (ml. vähäliikenteinen), välttämättömät korjaukset ja kehittäminen
- Teemat mahdollistavat rautateiden peruskorjaushankkeita, mutta lähtökohtaisesti rataverkkoa korjataan perusväylänpidon rahoituksella. Ohjelmalla poistetaan pääväylien merkittävimpiä välityskyky- ja toimivuusongelmia huomioiden niin yhteysvälit kuin ratapihat. Matka-aikoja lyhennetään maltillisesti maakuntakeskusten välillä. Ohjelma sisältää muutamia eri kokoisia asemien kehittämishankkeita. Pääväylien ulkopuolella turvataan joidenkin ratojen toimivuutta korjauksin sekä tehdään joitain elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä parantavia investointeja.

Hankkeiden nostaminen investointiohjelmaan vaatii riittävää tietopohjaa. Hankkeiden sisällöstä, kustannuksista ja vaikutuksista on oltava riittävää tietoa, jotta hankkeita voidaan tarkastella. Tavoitteena on se, että ohjelman hankkeista on tehtynä kattavasti hankearviointeja.

Parantamishankkeisiin sisältyy Liikenne12-suunnitelman mukaisesti kaupunkiseutujen kestävä liikunnan edistämistä, linjaosuuksien ja ratapihojen toimivuuden parantamista, tasoristeysturvallisuuden parantamista sekä raakapuun kuormauspaikkojen parantamista.

Liikennesuunnittelun rooli ratahankkeissa

Liikenteen suunnittelu on olennainen osa ratahankkeiden suunnittelua eri suunnitteluvaiheissa. Ratahankkeiden suunnittelu on pitkä prosessi ja iteraatiivista suunnitteluprosessia radan ja liikennöinnin suunnittelun välillä olisi tarpeen kehittää.

Merkittävämpien ratahankkeiden suunnittelu jakaantuu 1) esiselvitysvaiheeseen, 2) YVA- ja yleissuunnitelmavaiheeseen, 3) ratasuunnitelma- ja 4) rakentamissuunnitelmavaiheeseen. Investointipäätös tehdään ennen rakentamissuunnitelmaa. Eri vaiheet voivat olla 1–4 vuoden mittaisia, eivätkä välttämättä ala välittömästi edellisen vaiheen päätyttyä. Yleissuunnitelma on voimassa 8 vuotta, ratasuunnitelma 4 vuotta ja niitä voidaan tarvittaessa vielä jatkaa neljän vuoden jaksolla. Näin ollen on selvää, että esimerkiksi ratasuunnitelman alkuvaiheessa tehty liikenteellinen tarkastelu voi vaatia päivittämistä ennen investointipäätöstä, ja tämä päivitys voi tuoda esiin tarpeen muuttaa jotain rakennettavan radan ominaisuutta.

Hyvänä esimerkkinä ratahankkeen liikennesuunnitteluprosessin kehittämistarpeesta on Espoon kaupunkirata, jonka yleissuunnitelma Leppävaaraan on valmistunut jo maaliskuussa 2003 ja yleissuunnitelma Kauklahteen vuonna 2011, hankkeen tavoitteellinen valmistumisajankohta on 2028. Ensimmäisen vaiheen yleissuunnitelmasta koko hankkeen valmistumiseen ehtii kulua siis 25 vuotta ja seuraavan vaiheenkin osalta 17 vuotta. Tänä aikana kaupunkikehityksessä, toimintaympäristössä ja teknologiassa ehtii tapahtua monenlaisia muutoksia.

Espoon kaupunkiradalle tehtiin erillinen liikennöintiselvitys ratasuunnitelmavaiheen yhteydessä vuonna 2013, eli noin kymmenen vuotta ennen rakennustöiden aloittamista. Tuolloin ei vielä onnistuttu tunnistamaan kaikkia tarpeellisia toimivan liikenteen varmistavia toimenpiteitä, kuten häiriötilanteissa tarvittavia vaihteyhteyksiä, vaan näitä on tunnistettu liikennöintisuunnitelman valmistumisen jälkeen. Suunnitteluprosessin jatko ei kuitenkaan mahdollistanut tarkistuksia liikennesuunnittelun osalta, osittain myös MAL-yhteistyön asettamien rajoitteiden takia.



Antti Lautela
Väylävirasto



Johanna Wallin
HSL

Liikennesuunnitteluun tehtävät tarkennukset eivät välttämättä vaadi ratasuunnitelman muuttamista, vaan voivat olla toteutettavissa ratasuunnitelman sisällä. Tämä on edullista suunnittelukustannusten ja -aikataulun näkökulmasta. Tällöin on kuitenkin huomioitava, ettei investointipäätöstä tule tehdä suoraan ratasuunnitelman pohjalta, vaan pohjana on oltava yhdistelmä ratasuunnitelmaa ja sen jälkeen laadittuja suunnitelmia. Muutosten taustalla voi olla muitakin kuin liikenteellisiä syitä.

Työkaluna infrahankkeisiin liittyvien tulevaisuuden liikennemallien päivittämisessä tullaan Väylävirastossa uutena työkaluna hyödyntämään TTR-kapasiteettiprosessia. TTR (Redesign of the International Timetabling Process) on RailNetEuropen projekti eurooppalaisen rautateiden aikataulusuunnitteluprosessin kehittämiseksi. Yksi TTR:n osa on kapasiteettistrategia, jossa eri rataosien liikenne-rakennetta ja infran kehityssuunnitelmia kootaan eri lähteistä yhteen ja ennakoidaan viiden vuoden aikajännteellä eteenpäin. Strategia on vuosittain päivittyvä dokumentti, ja sen yhteydessä on Suomessa tarkoitus laatia rataosakohtaiset aikataulut ennakoitujen tulevaisuuskuvan pohjalta. Näin ollen strategian päivitysprosessi soveltuisi eri rataosille suunniteltujen infrahankkeiden liikennetarkastelujen säännölliseksi tarkistusprosessiksi. Aikataulusuunnitelmien päivitystarpeen laajuudesta riip-

puen suunnittelun voi tarvittaessa toteuttaa erillisenä projektina. Pidempien hankkeiden osalta liikennesuunnitelma tulee tarvittaessa huomioida myös TTR:n kapasiteettistrategian normaalin viiden vuoden aikaikkunan yli.

Pitkissä hankkeissa, joissa on tarkoitus rakentaa matkustajia mahdollisimman hyvin ja laadukkaasti palvelevaa infrastruktuuria, suunnitellun liikenne-rakenteen ajantasaisuuden systemaattinen ylläpito ja mahdollisten suunnitelman päivitysten huomioiminen investointipäätöksessä on tärkeää.

Toteumatiedon hyödyntäminen liikenteen suunnittelussa - Rantaradan tapaustutkimus

Rautatieliikenteen toteumatieto

Automaattiset asetinlaitteilta saatavat raideosuuk-sien varautumis- ja vapautumisviestit antavat erit-täin tarkkaa tietoa toteutuneesta junien kulusta. Tietoa kertyy jatkuvasti, eikä sitä tarvitse erillisin ponnisteluin kerätä. Suomessa liikenteenohjausyh-tiö Fintraffic tarjoaa rautatieliikenteen toteumatie-toa avoimena datana Digitraffic-rajapinnan kautta.

Rantaradan tapaus

Rantaradalla oli vuonna 2020 paljon ratatöiden vuoksi asetettuja tilapäisiä nopeusrajoituksia, mikä oli johtanut suuriin täsmällisyysongelmiin Helsingin ja Turun välisessä kaukojuna-liikenteessä. Väylävi-rasto tilasi Ramboll Finland Oy:ltä selvityksen liikenne-rajotteiden vaikutuksista Rantaradan liikenteelliseen toimivuuteen. Tavoit-teena oli, että ratatyöt ja junaliikenne voitaisiin jatkossa sovittaa yhteen entistä paremmin.

Helsingin ja Turun yhdistävän Rantaradan pituus on 193 km. Kirkkonummen ja Turun välillä Rantarata on yksiraiteinen lyhyttä Karjaan liikennepaikan itäpuolella sijaitsevaa kaksiraiteista osuutta lukuun ottamatta. Henkilöliikenteessä Rantaradalla liiken-nöi VR Yhtymän kaukojunia ja Siuntion itäpuolella myös runsaasti HSL:n lähijunia. Vakioaikataulurakenteessa kaukojunat kohtaavat toisensa kaksiraiteisella osuudella Kaukalahden länsipuolella sekä kaupallisilla pysähdyspaikoilla Karjaalla, Salossa ja Kupittaalla.

Selvityksen tarkoitus ja käytetyt menetelmät

Työssä selvitettiin junaliikenteen toteumatiedon analyysiä käyt-täen, kuinka paljon Rantaradan aikataulurakenteessa on peliva-uraa eli kuinka paljon yhtäaikaista ratatyörajoitteita voidaan aset-taa rataosuudelle ilman, että aikataulurakenne lakkaa toimimasta. Keskeinen määritettävä tunnusluku oli maksimaalinen ajoajan kasvu, jonka aikataulurakenne kestää kullakin junakohtauspaik-kojen välisellä osuudella. Selvitystyöhön osallistuivat Ramboll Fin-land Oy:llä artikkelin kirjoittajan lisäksi Sami Iikkanen (projekti-päällikkö) ja Ilpo Ratinen.

Toteumatietoa käsiteltiin Treno-ohjelmistolla, joka on suun-niteltu rautatieliikenteen toteumatiedon analysointiin ja visuali-sointiin. Tieto oli peräisin Digitraffic-rajapinnasta, josta voi lukea junien tulo- ja lähtöaikoja liikennepaikoilta. Aikaleimat on esti-moitu asetinlaitteiden lähettämien raideosuuk-sien varautumis- ja vapautumisviestien perusteella. Toteumatiedon analyysin rin-nalla käytettiin työkaluna myös OpenTrack-simulointiohjelmaa.

Selvitystyössä tarkasteltiin myös vaihtoehtoisia liikenne-rajotteiden aikaisia aikataulurakenteita Rantaradalle sekä esimerkiksi yksittäisten junavuorojen perumisen vaikutusta häiriötilanteista toipumiseen, mutta ne on rajattu tämän artikkelin ulkopuolelle.



Juho Björkman
Ramboll Finland Oy

Aikataulurakenteen pelivarojen määrittäminen

Aikataulun pelivara määritellään yleensä junan nopeimman mahdollisen ajoajan ja aikataulunmu-kaisen ajoajan erotuksena. Teoriassa koko pelivaran voisi käyttää ratatöiden aiheuttaman ajoajan piden-nyksen kompensoimiseen, mutta tällöin ei jäisi lain-kaan pelivaraa normaalia ajoajoissa esiintyvää vaih-telua ja muita häiriölähteitä varten. Käytännössä toimivan tunnusluvun määrittämiseksi laskettiin pelivara työssä kolmella tavalla:

- Pelivara **toteutuneen keskimääräisen** ajoajan perusteella
- Pelivara **toteutuneen nopeimman** ajoajan perusteella
- Pelivara **simuloidun nopeimman** ajoajan perusteella.

Simuloidun nopeimman ajoajan sekä toteutuneen nopeimman ajoajan perusteella laskettuja pelivaroja voidaan pitää maksimi-arvona, jota ratatyörajoitteiden aiheuttama ajoajan pidennys ei saisi koskaan ylittää. Jos näin käy, myöhästymisen on varmaa. Toteumatiedon perusteella laskeminen on kuitenkin aina simu-lointia realistisempaa edellyttäen, että toteumatieto on laadultaan hyvää. Keskimääräisen ajoajan perusteella laskettu pelivara on tur-vallinen lähtökohta ratatyörajoitteiden liikenteellisten vaikutusten arvioinnissa, mutta sitä käytettäessä saatetaan myös aliarvioida aikataulurakenteen kykyä viiveistä toipumiseen.

Rataosuus jaettiin seuraaviin tarkasteluväleihin kaukojunien kaupallisten pysähdysten perusteella: Leppävaara–Karjaa, Karjaa–Salo ja Salo–Kupittaa. Havaintoaineistosta määritettiin nopein toteutunut ja keskimääräinen ajoaika kullakin tarkasteluvälillä. Käytetty tietokanta oli ajalta 12.8.–26.10.2019. Ajankohta valittiin sillä perusteella, että voimassa olevien nopeusrajoitusten määrä olisi ollut mahdollisimman pieni ja esimerkiksi talviolosuhteista johtuvia häiriötilanteita olisi ollut mahdollisimman vähän. Simu-loitu nopein ajoaika määritettiin simuloimalla OpenTrack-ohjel-mistolla. Työssä määritetyt pelivarat on esitetty taulukossa 1.

”Hyväksyttävä ajoajan pidennys”

Nopeimman toteutuneen ajoajan perusteella laskettu pelivara antaa luotettavan ylärajan pelivaran määrälle, mutta mikäli kaikki tämä pelivara käytetään kompensoimaan ratatöiden aiheuttamaa ajoajan pidentymistä, liikenteessä seuraa lähes varmasti täsmälli-syysongelmia. Tästä syystä käytännön ylärajaksi ratatöiden aihe-uttamalle ajoajan pidennykselle esitettiin nopeimman toteutuneen ajoajan ja keskimääräisen toteutuneen ajoajan perusteella lasket-tujen pelivarojen keskiarvoa. Tätä tunnuslukua nimitettiin ”Hyväk-syttäväksi ajoajan pidennykseksi”. Tarkasteluväleittäin määritetyt arvot on esitetty taulukossa 2. Hyväksyttävää ajoajan pidennystä

Helsinki–Turku

	Pelivara suhteessa nopeimpaan simuloituun ajoikaan (min)	Pelivara suhteessa nopeimpaan toteutuneeseen ajoikaan (min)	Pelivara suhteessa keskimääräiseen toteutuneeseen ajoikaan (min)
Leppävaara-Karjaa	4,5	3,0	0,0
Karjaa-Salo	4,0	4,0	2,0
Salo-Kupittaa	4,0	3,0	2,0

Turku–Helsinki

	Pelivara suhteessa nopeimpaan simuloituun ajoikaan (min)	Pelivara suhteessa nopeimpaan toteutuneeseen ajoikaan (min)	Pelivara suhteessa keskimääräiseen toteutuneeseen ajoikaan (min)
Kupittaa-Salo	4,0	2,5	1,5
Salo-Karjaa	5,0	4,5	2,5
Karjaa-Leppävaara	5,5	3,5	0,5

Taulukko 1. Työssä määritellyt erityyppiset pelivarat minuutteina.

voi käyttää työlukuna arvioitaessa ratatöistä johtuvien nopeusrajoitusten vaikutusta aikataulurakenteen toimivuuteen. Sen noudattaminen ei kuitenkaan takaa sitä, että liikenne olisi ratatöiden aikana yhtä täsmällistä, kuin rajoitteettomassa tilanteessa.

Lopuksi

Toteumatietoa kannattaa hyödyntää ennakkoluulottomasti rautatieliikenteen suunnittelussa. Kun tiedon hankintaan ja käsitteilyyn liittyvät edellytykset ovat kunnossa, analyysien tekeminen on nopeaa ja vaatii verraten vähän resursseja. Usein toteumatiedon analyysiä kannattaa hyödyntää rinnakkaisena työmenetelmänä esimerkiksi simuloinnin tai sidosryhmähaastattelujen kanssa.

	Hyväksyttävä ajoajan pidennys (min)
Leppävaara-Karjaa	1,5
Karjaa-Salo	3,0
Salo-Kupittaa	2,0

Taulukko 2. Työssä määritellyt hyväksyttävän ajoajan pidennykset minuutteina tarkasteluväleittäin.



COMATEC®

Comatec Mobilityn suunnittelu- ja asiantuntijapalvelut käytettävissäsi – suuriin sekä pieniin projekteihin!

Meiltä myös ratatyökonetarkastukset sekä hyväksynnän (NoBo ja DeBo) konsultointi.

COMATEC - BRAIN POWER FOR ENGINEERING SINCE 1986

Ratatöiden onnistumisen seuranta

Väylävirasto ja Fintraffic ovat yhteistyössä VR:n kanssa kehittäneet useamman vuoden ajan mittaristoa ratatöiden onnistumisen seurannalle. Tavoitteena on ollut tukea yhteistä onnistumista kerättävän tiedon avulla. Työkauden aikana mittarit antavat tietoa töiden toteutumisesta suhteessa suunniteltuun sekä töiden vaikutuksista junaliikenteeseen. Työkauden jälkeen tuloksia on hyödynnetty osana laajempaa töiden onnistumisen arviointia ja tavoitteena on saada tieto tulevien töiden suunnittelun tueksi.

Kehityspolku

Ensimmäiset mittarit perustuivat manuaalisesti kerättyyn dataan sekä olemassa oleviin raportteihin, joiden pohjalta laskettiin tunnuslukuja pääasiassa manuaalisesti. Alusta asti mittareilla on seurattu työrajojen toteutumista sekä töiden liikenteellisiä vaikutuksia (kuva 1). Vuonna 2020 mittaristo vietiin silloiseen Finrailin raportointityökaluun. Työrajojen seuranta perustui edelleen pääasiassa hankkeiden manuaalisesti kirjaamaan dataan. Hankkeet syöttivät tietoja päiväkohtaisesti tätä tarkoitusta varten rakennettuun Microsoft Forms -lomakkeeseen. Lomakkeen luomasta tietokannasta tiedot luettiin raportoinnissa käytettävään Power BI -analytiikka-työkaluun. Power BI:hin rakennettiin mittareita, joiden avulla jokaista hanketta oli mahdollista seurata. Täsmällisyysvaikutusten ja aiheutuneiden myöhästymisten osalta tiedot saatiin suoraan raportointijärjestelmästä ilman merkittävää manuaalista työpanosta. Tässä vaiheessa pilotissa oli mukana kolme hanketta: Luumäki–Imatra (LUIMA), Tampere–Seinäjäjoki (TASE) sekä Rantarata.

Vuonna 2021 mittaristoa ja datan keruuta kehitettiin edelleen. Pilotointia laajennettiin ja mukana oli kahdeksan hanketta. Mittareilla seurattiin edelleen työrajojen ja nopeusrajoitusten pitävyyttä, käyttämättömien työrajojen määrää, töiden vaikutusta liikenteen täsmällisyyteen sekä hankkeen alueella aiheutuvaa keskimääräistä lisämyöhästymistä (kuva 1). Täsmällisyystietojen osalta tiedot saatiin automaattisesti liikennelajeittain määritellyltä työn vaikutusalueelta. Sovittujen työrajojen pitävyys perustui myös aiheutuneisiin myöhästymisiin. Luku kuvasi sitä, kuinka monena päivänä työrajojen ylityksistä oli aiheutunut myöhästymisiä. Sovittujen nopeusrajoitusten pitävyys sekä käyttämättömien työrajojen määrä perustui edelleen hankkeiden manuaalisesti kirjaamiin tietoihin.

Vuonna 2022 seurannassa oli mukana yhdeksän hanketta. Työrajojen pitävyyden seuranta automatisointiin nykyisiä järjestelmiä hyödyntäen. Seurannassa yhdistetään JETI-järjestelmän rata-



Aki Mankki
Väylävirasto



Juha Smalin
Fintraffic



Maria Pohjamo
Fintraffic

töitä koskevien ennakoilmoitusten tietoja RUMA-järjestelmän ratatyöilmoitusten työnosiin ja LOKI-järjestelmän ratatyölupakirjauksiin. Lisäksi hyödynnetään LIIKE-järjestelmän kulkutietodataa, jonka avulla ratatöiden aiheuttamia aikataulupoikkeamia lasketaan hankekohtaisesti. Hankkeiden tehtäväksi jäi merkitä hankkeelle kuuluvat työt JETI-järjestelmässä töiden ennakkosuunnitelmiin. Samalla työrajojen seurannan osalta mittaristoa muokattiin (kuva 2). Datan yhdisteleminen sisältää tiettyjä haasteita, mutta ennakkosuunnitelmissa olevan yksilöivän tunnuksen avulla raportille on pystytty rakentamaan logiikkaa ja tunnistamaan tietyille alueelle annettuja ratatyölupia. Nopeusrajoitusten pitävyyttä ei seurattu, mutta myös sen automatisointia tutkittiin.

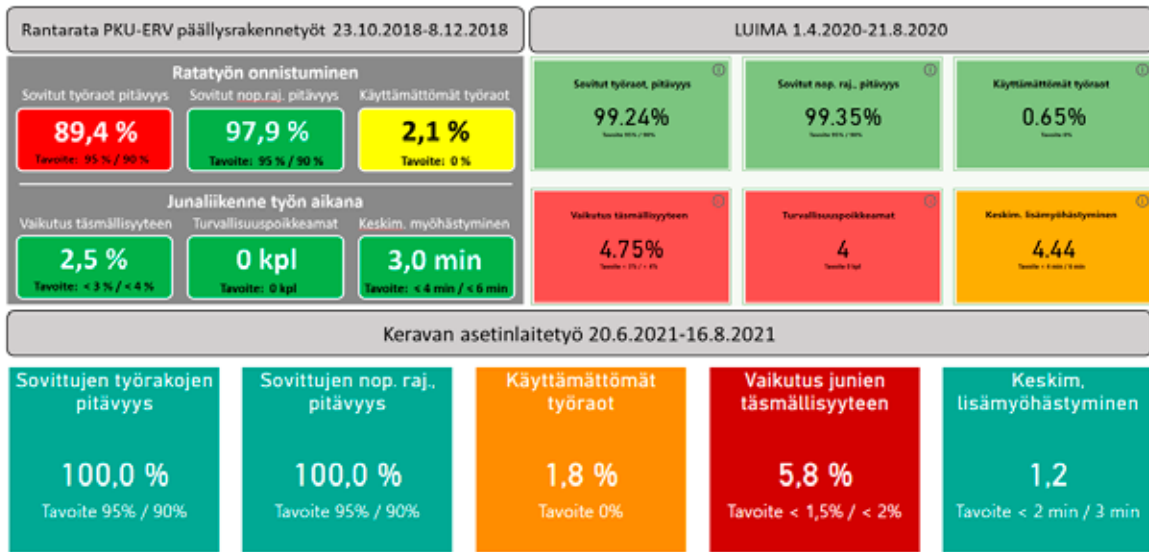
Tulosten hyödyntäminen

Mittareiden antamia tuloksia on tarkasteltu yhdessä hankkeiden kanssa. Vuonna 2021 ja sitä ennen työrajoihin ja nopeusrajoituksiin liittyvät mittarit antoivat hyvin tarkkoja tuloksia, koska ne pohjautuivat hankkeiden omiin kirjauksiin ja manuaaliseen seurantaan. Vuonna 2022 pilotoitu työrajojen seurannan automatisointi antoi hyviä tuloksia. Esiin nousi kuitenkin muutamia selkeitä haasteita esimerkiksi ennakoilmoitusten ja toteutuneiden työrajojen toisiinsa yhdistämisessä. Täsmällisyysvaikutuksia ja aiheutuneita myöhästymisiä kuvaavien mittarien osalta nykyisillä seurantakäytännöillä ei ole mahdollista erotella tarkasti ainoastaan tietystä hankkeesta johtuvia vaikutuksia. Nyt määritellyt mittarit antavat kuitenkin hyvän kuvan hankkeiden vaikutuksista.

Yleisesti on todettu, että tulosten tulkinta vaatii joka tapauksessa myös asiantuntija-arviota. Mitattaviin tuloksiin vaikuttavat useat eri tekijät, kuten töiden määrä ja tyyppi sekä liikennemäärä ja rakenne hankkeen vaikutusalueella. Yleisesti mittareista voidaan kuitenkin helposti todeta selkeät onnistumiset ja mahdolliset ongelmakohdat. Esimerkiksi Keravan asetinlaitetyöt sujuivat vuonna

2021 täysin suunnitellusti (kuva 1). Yhdessä samaan aikaan käynnissä olleen Pukinmäen siltatyömaan kanssa vaikutukset liikenteeseen olivat kuitenkin merkittäviä.

Tuloksia on toistaiseksi hyödynnetty lähinnä kuvaamaan töiden onnistumista yleisesti. Tuloksista on saatu dataa erityisesti siitä, kuinka merkittäviä töiden vaikutukset ovat olleet koko työkauden aikana. Yksittäiset isot häiriöt jättävät helposti sen kuvan, että hanke on onnistunut erityisen huonosti. Mittariston avulla on helppo osoittaa, ovatko ongelmat olleet yksittäisiä vai toistuvia.



Kuva 1. Esimerkkejä ratatöiden onnistumisen mittareista eri vuosilta.

Havaittuja kehitystarpeita

Aiempien vuosien pilotointi on osoittanut, että rajallista määrää seurantaan sitoutuneita hankkeita pystytään seuraamaan kehite-tyillä mittareilla. Tämä kuitenkin vaatii jonkin verran työpanosta hankkeilta sekä seuranta tekeviltä tahoilta. Vuonna 2022 tavoit-teenä oli löytää keinoja automatisoida mittaristoa mahdollisim-pan paljon. Kehitystyö on osoittanut, että periaatetasolla mitta-reiden automatisointi on mahdollista. Oleellisin asia on, että jär-jestelmien tuottamassa datassa on oltava merkintä siitä, kuuluuko tietty työ jollekin hankkeelle vai kunnossapidolle. Tämän tiedon tulisi olla datassa aina ennakkosuunnitelmista toteutuneeseen työraokoon asti. Nyt seuranta toteutettiin hyödyntämällä JETI-jär-jestelmässä olemassa olevaa vapaata tekstikenttää. Jos seuran-taa halutaan tulevaisuudessa tehdä systemaattisemmin, niin tämä tieto tulisi saada järjestelmistä formaalissa muodossa ja sen kir-jaamisen tulisi olla osa perusprosessia.

Toinen selkeästi tunnistettu kehitystarve on, että tällä hetkellä ratatöihin liittyvien poikkeamien syitä ei kirjata systemaattisesti mihinkään järjestelmään. Hankkeilla on erilaisia käytäntöjä ja tie-toja on kerätty tarvittaessa erikseen pyytämällä jälkikäteen. Toi-minnan kehittämisen kannalta olisi hyödyllistä, jos mahdollisten poikkeamien syyt kirjattaisiin systemaattisesti ja kootusti yhteen järjestelmään. Myös tämä tulisi saada osaksi perusprosessia.

Ratatöiden onnistumisen seurannalle on kehitetty perusmit-taristoa useamman vuoden ajan. Pilotointi on osoittanut, että yksinkertaisten tunnuslukujen avulla saadaan oleellista tietoa töiden onnistumisesta. Mittaristo on myös pitkälle automati-soitavissa, mutta osittain se vaatii vielä järjestelmä- ja pro-cessikehitystä.



Ylivieska–Iisalmi-hanke
11.1.2022–26.10.2022

Kuva 2. Esimerkki vuoden 2022 ratatöiden onnistumisen seurannan mittareista Ylivieska–Iisalmi-hankkeen osalta.

Rataverkon käytön ajankohtainen aihe – kapasiteetin hallinta ratapihoilla

Taustaa ratapihojen kapasiteetin hallinnan kehittämiseksi

Rataverkon haltijalla, Väylävirastolla, on jo pitkään ollut tarve tarkentaa kapasiteetin hallintaa ratapihoilla vastaamaan mm. monitoimijaympäristön tarpeita ja lisäämään joustavuutta. Väylävirasto vastaa kapasiteetin hallinnan kokonaisprosessista, koordinoimista ja kehittämisestä sekä ohjeiden tuottamisesta. Fintraffic Raide vastaa kapasiteetin hallintapalvelun tuottamisesta, sekä siihen liittyvistä järjestelmistä.

Vuonna 2019 Väylävirasto ja Fintraffic perustivat projektin, johon sisällytettiin uuden kapasiteettiohjaustoiminnon perustaminen raiteiston käytön hallintaan, aluksi Helsingin asemalla ja Ilmalan ratapihalla, sekä uuden kapasiteetin hallintajärjestelmän (SAAGA) kilpailutus ja hankinta. Uusi toiminto uusilla toimintamalleilla käynnistettiin marraskuussa 2020 ja SAAGA-järjestelmä otettiin käyttöön helmikuussa 2021.

Fintraffic on myös laatinut kapasiteettiohjaustoiminnon ja SAAGA-järjestelmän laajentamissuunnitelman. Suunnitelman laatimisen yhteydessä pilotoitiin toimintoa ja järjestelmää Kouvolassa ja Kuusankoskella.

Tavoitteet ja hyödyt - kapasiteetin hallinnan kehittäminen raidetasolle

Raidekapasiteetin hallinnan kehittäminen liikennepaikoilla kapasiteettiohjaustoiminnon ja SAAGA-järjestelmän myötä mahdollistaa ensi kertaa ajantasaisen raiteiston käytön tilannekuvan kaikkien toimijoiden käyttöön. Uudet ja yhtenäiset toimintamallit ja työkalut sekä ennakoiva ja aktiivinen uusi kapasiteettiohjausröoli hyödyttävät sekä rautatieliikenteen harjoittajia, rataverkon haltijaa, että liikenteenohjausyhtiön eri toimintoja. Kattavamman, toteut-



Asko Vaak
Väylävirasto



Tiina Kiuru
Fintraffic

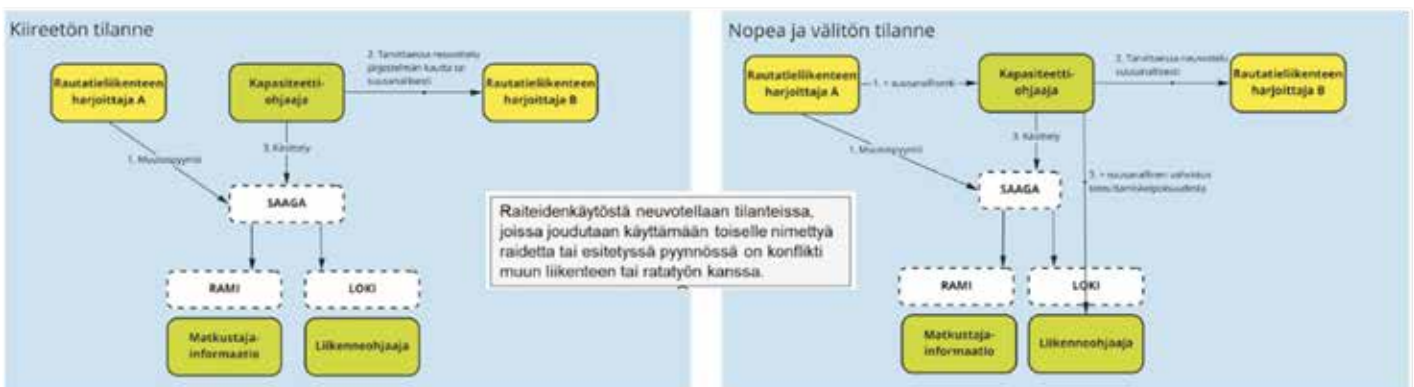
tamiskelpoisemman ja ajantasaisemman raiteiston käytön suunnitelman ja tiedon ansiosta on arvioitu, että operatiivisen tilanteen ongelmat ja selvitystarpeet vähenevät, mistä hyötyvät lisäksi niin matkustajat kuin kuljetusten loppuasiakkaat. Tavoitteena on joustava, läpinäkyvä, tasapuolinen ja tehokas raiteiden käyttö monitoimijaympäristössä sekä saada kattavasti tietoa raiteiston käytöstä erityisesti rataverkon haltijan, Väyläviraston, käyttöön.

Operatiivisen raidekapasiteetin hallinnan toimintamallit, raidetyypit ja eri roolit

Operatiivisen raidemuutos tilanteen toimintamallit on määritelty eri aikajännteille; kiireetön ja nopea/välitön tilanne. Kiireettömässä tilanteissa tieto kulkee pääasiassa järjestelmien kautta ja nopeassa/välittömässä tilanteissa tieto kulkee järjestelmien kautta ja lisäksi varmistetaan suusanallisesti.

Raidekapasiteetin jakamiseen on määritelty kolme raidetyyppiä: nimikoidut raiteet, kiintiöidyt yhteiskäyttöraiteet ja vapaasti varattavat yhteiskäyttöraiteet. Muiden rautatieliikenteen harjoittajien tarpeet toisen rautatieliikenteen harjoittajan nimikoiduille raiteille neuvotellaan aina kapasiteettiohjauksen kautta. Kiintiöidystä yhteiskäyttöraiteista rautatieliikenteen harjoittaja voi varata

sovitun kiintiöidyn määrän vapaan kapasiteetin periaatteella. Jos tarvitaan enemmän raiteita käyttöön kuin mitä on kiintiöity, rautatieliikenteen harjoittaja neuvottelee kapasiteettiohjauksen kautta raiteiden käytöstä. Vapaasti varattavilta yhteiskäyttöraiteilta varataan järjestelmän kautta vapaata raidekapasiteettia. Molemmilta yhteiskäyttöraidetyypeiltä edellytetään SAAGAssa raiteiston käytön tarkkaa tilannekuvaa.



Kuva 1. Rautatieliikenteen harjoittajan muutospyyntö raiteiston käyttöön.

Uuden toimintamallin eri osapuolet ja heidän tehtävänsä raiteistonkäytön suunnittelussa ja kapasiteetinhallinnassa ovat seuraavat

- **Rautatieliikenteen harjoittaja**
 - o Toimittaa suunnitelman raiteistonkäytöstä ja ilmoittaa SAAGA-järjestelmällä ja/tai tarvittaessa suusanallisesti kapasiteettiohjaukselle raiteistonkäytön muutoksista. Osallistuu neuvotteluihin raiteistonkäytöstä, pitää omat raiteistonkäytön tiedot ajan tasalla ja on yhteydessä kapasiteettiohjaukseen raiteistonkäyttöön liittyvissä asioissa.
- **Fintraffic Kapasiteettiohjaus**
 - o Kapasiteettiohjaustoiminto (24/7) toimii erikseen sovitulla liikennepaikoilla. Kapasiteettiohjaaja toimii linkkinä liikenteenohjauksen ja rautatieliikenteen harjoittajien välillä raiteistonkäyttöön liittyvissä asioissa. Kapasiteettiohjaus varmistaa tasapuolisen kohtelun kaikille toimijoille ja ajantasaisen raiteistonkäytön tilannekuvan SAAGAn raidenäkyvässä sekä seuraa aktiivisesti liikennetilannetta, ennakoii raidemuutostarpeita ja ratkoo konflikteja.
- **Fintraffic Liikenteenohjaus, Rataliikennekeskus**
 - o Liikenteenohjaus saa raidemuutostiedot järjestelmien kautta ja/tai suusanallisesti kapasiteettiohjaajalta. Liikenteenohjaus pyrkii toteuttamaan suunniteltua raiteistonkäyttöä omassa työssään.
 - o Alueohjaus ja rataliikennekeskus ovat tarvittaessa kapasiteettiohjaustoiminnon tukena akuuteissa tilanteissa.
- **Fintraffic Infokeskus**
 - o Infokeskus saa raidemuutostiedot järjestelmien kautta ja/tai suusanallisesti kapasiteettiohjaajalta ja hyödyntää tietoa omassa työssään matkustajien ajantasaisessa informoinnissa.

SAAGA-järjestelmä

SAAGAn raidenäkyvässä voidaan esittää ja suunnitella seuraavia asioita:

Junien tulo- ja lähtöraidetiedot, kaupalliset pysähdykset

- Pohjasuunnitelma + operatiiviset raidemuutokset

Käyttötarvevaraukset

- Pitkäaikainen varaus raiteen käytöstä, voidaan tehdä esim. rautatieliikenteen harjoittajille ratapihasopimuksessa nimetyille raiteille sekä laskumäkikäyttöön varatuille raiteille

Raidevaraukset

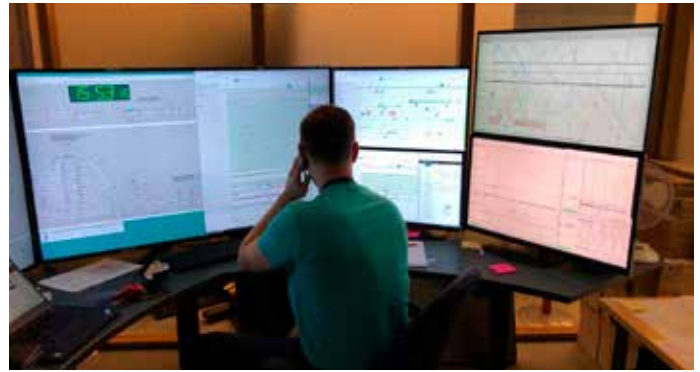
- Junasta junaan (kalustokytökset), junasta aikaan (saapuva juna), ajasta junaan (lähtevä juna), ajasta aikaan (kaluston säilyttäminen raiteella)
- Tarkat raidevaraukset voidaan edellyttää joko yhteiskäyttöraiteilta tai kattavammin

Raidekohtaiset ennakoilmoitukset mm. ratatyöt, jännitekatkot ja kaluston säilyttäminen (JETI)

- Suljettu liikennöinniltä, suljettu sähköjunaliikenteeltä, kapasiteettivaraukset

Vaihtotyömerkinnät

SAAGAssa nähdään myönnetyin kapasiteetin lisäksi **perutut junat, lähtötoteumat ja kulkuennusteet.**



Kuva 2. Kouvolan pilottityöpiste.

Pilotti Kouvolassa ja Kuusankoskella

Kapasiteettiohjaustoiminnon ja SAAGA-järjestelmän laajentamissuunnitelman laatimisen aikana suoritettiin Kouvolan ja Kuusankosken liikennepaikoilla pilotti, joka alkoi marraskuussa 2021. Pilotti kesti 15 viikkoa, ja siihen osallistuivat rautatieliikenteen harjoittajat VR Yhtymä Oy, Operail Oy ja Fenniarail Oy sekä Fintrafficin kapasiteettiohjauksen lisäksi liikenteenohjaus, rataliikennekeskus, liikennesuunnittelu ja matkustajainformaatio. Väylävirasto neuvotteli rautatieliikenteen harjoittajien kanssa erilliset ratapihasopimukset pilotin ajalle. Pilotin aikana kapasiteettiohjaus oli miehitettyä 24/7 Kouvolan liikenteenohjauskeskuksessa omana työpisteenä. SAAGA toimi ensisijaisena työkaluna raiteistonkäytön hallinnassa pilotin ajan rautatieliikenteen harjoittajilla ja kapasiteettiohjaajilla.

Pilotin kokemukset yllättivät positiivisesti. Yhteistyö, neuvottelut ja toimintamallit onnistuivat erittäin hyvin. SAAGAn käyttö oli hyvää ja aktiivista, ja yhteiskäyttöraiteita käytettiin tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti. Raidekapasiteettia riitti kaikille kaikissa tilanteissa sekä kapasiteettiohjauksen rooli ja tarpeellisuus että SAAGAn raidenäkyvä nähtiin toimivana ja hyödyllisenä raiteistonkäytön hallinnassa.



Raiteilla ratkaisuja muuttuviin tarpeisiin

Suomi on teollistettu rautateiden ja junaliikenteen avulla. Suomineidon selkäranka on terästä. Maanteyhteydet ovat syntyneet vuosikymmeniä myöhemmin. Junamatkailu oli ennen autoistumista keskeinen liikumisen muoto pitkillä matkoilla.

Muuttuvassa maailmassa junaliikenteen on uudistuttava, jotta se vastaisi ihmisten ja yritysten tarpeisiin nyt ja tulevaisuudessa.

Asiakkaat, teknologia ja talous

Uudistuminen tapahtuu kolmen kulmakiven kautta. Ensisijaista on, että **asiakkaiden** tarpeet toimivat lähtökohtana kaikelle teemiselle. Asiakkaiden tarpeet täyttyvät palveluissa.

Toiseksi: ollakseen tehokasta ja tuottavaa, junaliikennejärjestelmässä on hyödynnettävä **teknologiaa**. Junaliikenteen teknologiaa on myös kehitettävä edelleen, jotta voidaan varmistua siitä, että palvelut, tehokkuus ja tuottavuus lisääntyvät myös tulevaisuudessa.

Kolmanneksi: junaliikennejärjestelmän **talouden** on uudistuttava ja rahoituksen on oltava vaikuttavaa. Entistä enemmän olisi hyödynnettävä julkisen ja yksityisen sektorin investointeja sekä kehitettävä uusia malleja vaikuttavuuden kasvattamiseksi.

Parhaimmillaan junaliikenne voi tarjota ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä rungon kansantaloudellemme, liikennejärjestelmällemme sekä kaupunki- ja aluerakenteellemme. Usein samoja kiskoja hyödyntävät kaksi markkinaa: henkilö- ja tavaraliikenne. Molemmille on tilaa raiteilla ja kapasiteettikapeikkoja poistetaan.

Markkinat ovat kuitenkin erilaiset. Tavaraliikenteessä junaliikenne perustuu pitkälle markkinaehtoiseen toimintaan. Raiteilla kulkevat lähes kaikki ne tavarakuljetukset, jotka sinne ominaisuus- ja puolesta luontaisesti kuuluvat. Tuotantorakenteen muutos ja Ukrainan tilanne vaikuttavat myös tavaraliikenteeseen raiteilla. Kuljetusketjut, reititykset ja tavaravirrat ovat muuttuneet.

Henkilöjunaliikenteessä muuttuva toimintaympäristö ja sääntely sekä pääomavaltaiset kalustoinvestoinnit edellyttävät jatkossakin julkisia hankintoja, mikäli tietyistä liikennepoliittisista tavoitteista, palveluista ja palvelutasoista halutaan varmistua.

Jani von Zansen
LVM

Junaliikenteen sääntely on pitkälti jäsenvaltioita velvoittavaa EU-lainsäädäntöä. Muuttunut sääntely on otettu Suomessakin käyttöön. Suorahankintana tehdyt ostot eivät ole mahdollisia siirtymäaikojen umpeutumisen jälkeen enää 2030-luvulla. Ainoastaan henkilöjunaliikenteen hankintojen kilpailuttaminen mahdollistaa valittavien palveluiden jatkuvuuden turvaamisen ja edelleen kehittämisen. Kilpailuttamalla hankinnat voidaan varmistua julkisen varainkäytön läpinäkyvyydestä. Myöhemmin kilpailuttaminen voi tuottaa myös tehokkuutta lisääviä synergiahyötyjä ja yhä parempia palveluja.

Käytännössä seuraavan hallituksen on otettava kantaa henkilöjunaliikenteen tavoitteisiin, palveluihin, rahoitukseen ja hallintoon vuoden 2030 tilanteessa. Kilpailutuksen valmisteluun on kaikkine liikenteeseen ja kalustoon liittyvine yksityiskohtineen varattava vähintään 5 vuotta aikaa. Ollakseen kiinnostava markkina kansainvälisille yrityksille Suomen raideliikennettä olisi kehitettävä kokonaisuutena.

Palvelut muutoksessa

Tulevaisuudessa osa nykyisistä palveluista vahvistuu, osa lakkaa ja syntyy myös uusia.

Henkilöjunaliikenteessä hahmotan suurimpien kaupunkien väliset nopeat palvelut. Tässäkin on eroa etäisyyksien ja kysynnän suhteen Helsingin, Tampereen, Turun ja muiden kaupunkien välillä.

Taajama- ja kaupunkijunat ovat keskeisiä erityisesti suurimilla kaupunkialueilla. Toki pienemmillekin asukasmäärille voidaan junaliikennettä järjestää, mutta julkisen tuen tarve kasvaa helposti suureksi verrattuna alueisiin, joilla on enemmän kysyntää.

Lapin yöjunaliikenne on tuote, jolla voisi olla enemmänkin kysyntää.

Uudistuneella junaliikenteellä on keskeinen merkitys Suomelle myös tulevaisuudessa.

Autonominen juna -kehityshanke

Autonominen juna -kehitysprojektin juuret ovat vuodelta 2019, jolloin Proxionin johto pohti tarvittavia tulevaisuuden teknologioita ja Proxionin mahdollisuuksia osallistua niiden kehittämiseen. Autonomisuus oli ajankohtainen aihe tie- ja meriliikenteessä, mutta raideliikenteessä sen tulevaisuus ja toteuttamiskelpoisuus näytti olevan selkeästi kauempana. Suurimpina haasteina olivat kehitystyö ja tarvittavat investoinnit raiteiden ja kaluston digitalisointiin, mikä mahdollistaa autonomisen raideliikenteen.

Proxionissa nähtiin kuitenkin mahdollisuus autonomisen raideliikenteen kehittämiseen yksityisraiteilla, joita Suomessakin on noin 1000 kilometriä pääosin satamissa ja teollisuusalueilla. Rahoitusta kehittämiseen haettiin Business Finlandilta ajatuksena toteuttaa kehittäminen kolmessa vaiheessa, jotka olivat konseptointi, verifiointi ja teollinen pilottikohde.

Konseptointivaihe

Konseptointivaiheessa tehtiin läheistä yhteistyötä metsä- ja terästeollisuuden yritysten kanssa. Yrityksissä lähikuljetukset toteutettiin lähinnä maantiekuljetuksina, joko standardimittaisilla rekoilla tai kuljetukseen paremmin soveltuvien erikoisajoneuvoin. Tyypillisesti metsä- ja terästeollisuudessa kuljetuksista vastaavat alihankkijat keskipitkillä sopimuksilla. Toimintamalli on sinänsä tehokas ja joustaa hyvin vaadittavaan kuljetustarpeeseen. Haasteita nykyisessä toimintamallissa kuitenkin aiheuttavat tehdasalueiden suuri liikennemäärä turvallisuusriskeineen, päästöt ja kustannukset.

Perinteinen juna ei ole autonomisenakaan lyhyillä välimatkoilla taloudellisesti kilpailukykyinen eikä riittävän ketterä kuljetusmuoto. Vaihtotyön vaatima tilantarve ja sen kustannukset ovat esteenä käytölle tehdasympäristössä. Konseptoinnissa päädyttiin eri vaiheiden jälkeen ”pienjunaan”, jossa on sähkökäyttöinen veturi ja kiinteästi 2–4 vaunua. Yksikön kapasiteetti on moninkertainen verrattuna maantieajoneuvoon ja kiinteänä junana vältytään vaihtotyön aiheuttamilta kustannuksilta.

Tutkimuksessa keskityttiin konseptin **turvallisuuteen, ympäristöystävällisyyteen ja taloudelliseen kilpailukykyyn**. Tulokset olivat rohkaisevia, joten kehityshankeelle päätettiin hakea jatko-rahoitusta verifiointivaiheeseen.



Reijo Viinonen
Proxion

Autonominen juna -järjestelmän verifiointi

Järjestelmän verifiointiin tarvittavaan tutkimus- ja kehittämistyöhön Proxionin omat resurssit eivät riittäneet, joten tarvittavat kumppanit ja osaaminen toteutettiin eri yritysten yhteistyönä Business Finlandin Co-Innovation projektina. Konsortioon tulivat mukaan Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, Steelwheel Oy ja Electric Power Finland Oy. Läheinen yhteistyö suomalaisen teollisuuden kanssa jatkui myös verifiointivaiheessa.

Proxion vastasi projektin koordinoinnista, teollisuusyhteistyöstä ja konsepti- sekä tietojärjestelmän kehittämisestä. VTT:n vastuulla oli ympäristön

havainnointi ja paikantaminen sekä saatuaan dataan perustuva päätöksenteko-ohjelmisto. Steelwheel vastaa akkukäyttöisen veturin kehittämisestä ja EPF raidedigitalisaatiosta.

Keväällä 2022 suoritettiin Autonominen junan testiajot Voikkaalla, Kouvolassa. Testiajoissa junayksikkö toteutti annettuja tehtäviä autonomisesti, GoA4 (Grade Of Automation 4) -tasolla. GoA 4-tasolla juna tekee itsenäisesti päätökset annetun tehtävän suorittamiseksi. Nämä päätökset voivat olla esimerkiksi vaihteen kääntäminen oikeaan asentoon, nopeuden hidastaminen tai pysäyttäminen, liikkeellelähtö ja kiihdytys. Autonominen sähkökäyttöisen veturin sijaan testit toteutettiin autonomiseksi muu-
tetulla dieselveturilla. Testijakso huipentui 31.5.2022 pidettyyn julkiseen esittelyyn. Järjestelmä todettiin toimivaksi, joskin teollisessa mittakaavassa toteutettuna tarvitaan vielä tutkimusta ja kehittämistä.

Pilotointi teollisessa ympäristössä

Perustuen aikaisempaan tutkimukseen ja kehittämiseen sekä niistä saatuihin tuloksiin olemme konsortiossa päättäneet siirtymään projektin kolmanteen vaiheeseen eli pilotointiin teollisessa ympäristössä ja mittakaavassa. Sen toteuttamiseen ja rahoituksen hakemiseen konsortio tarvitsee pilotointikohteen ja operaattorin.

Tavoitteenamme on, että 2023–2025 aikana järjestelmä on teollisessa käytössä ja valmis näyttämään kilpailukykyä osana tulevaisuuden toimitusketjuja.

Alueellisen junaliikenteen lisäysmahdollisuudet

Raideliikenne jakautuu markkinaehtoiseen eli kaupallisesti kannattavaan kauko- ja tavaraliikenteeseen sekä julkisin varoin hankittuun ja kilpailutettuun ostoliikenteeseen. Lähijunaliikenne ja alueellinen henkilöjunaliikenne on käytännössä aina ostoliikennettä.

Alueellista junaliikennettä on viime vuosikymmeninä harjoitettu käytännössä vain pääkaupunkiseudulla ennen kuin Tampereen seutu sai oman lähijunalinjansa joulukuussa 2019 – vaikka toki R-lähijunalinja ulottui jo aiemmin Tampereen asemalle asti. Keskustelu aiheen ympärillä keskittyi kauan lähinnä väittelyyn siitä, kenen vika alueellisen junaliikenteen puuttuminen eri alueilta oli, vaikka yhteinen nimittäjä olisi voinut löytyä helposti katsomalla, millä tavalla asia järjestetään muissa kaupungeissa ja alueilla Länsi-Euroopassa: arkiliikkumisen mahdollistava lähijunaliikenne vaatii aina yhteiskunnan rahoitusta lipputulojen lisäksi. VR ei myöskään aiemmin osannut asiaa avata ja sanoittaa riittävästi, mutta nyt tuntuu siltä, että yhteinen kieli keskusteluun lähi- ja alueellisen junaliikenteen kehittämiseksi ja aitojen mahdollisuuksien hyödyntämiseksi on löytynyt.

HSL ja sen edeltäjät ovat jo kauan hankkineet lähijunatarjontaa omalle alueelleen – ei irralliseksi erilliseksi joukkoliikennevälineeksi vaan hyvin integroiduksi osaksi pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmää, jossa samalla lipulla voi vaihtaa liikennevälineestä toiseen. Nykyinen hankinta on tehty ensimmäistä kertaa EU:n laajuisena kilpailutuksena. Myös liikenne- ja viestintäministeriö LVM on jo kauan hankkinut VR:ltä HSL-alueen ulkopuolelle ulottuvia lähijunalinjoja ja -vuoroja aiemmin kaukoliikenneostopimuksesta erillisenä, mutta nykyisen yhden ostosopimuksen alla. Lippujen yhteiskäyttösopeimus HSL:n ja VR:n välillä on lisäksi mahdollistanut HSL-lipuilla matkustamisen myös LVM:n ostamassa junaliikenteessä HSL-alueen sisällä ja juuri tämä sopimus mahdollistaa nopeimpien junien käyttämisen esimerkiksi Keravalta Helsinkiin, kun kyytiin voi nousta HSL-alueen sisäisten K-lähijunien lisäksi LVM:n ostamiin D-, R- ja Z-juniin. Muita toimivaltaisia viranomaisia kuin HSL ja LVM junaliikenteen hankkijoiksi ei nykyisen lainsäädännön mukaan Suomessa ole – asia, joka monimutkaistaa, muttei estä lähijunaliikenteen syntymistä myös muille kuin nykyisille alueille.

Tampereen seutu esimerkkinä

Tampereen seutu sai oman seudun sisäisen lähijunalinjansa käyttöön joulukuussa 2019 yhtenä LVM:n ostoliikennepiloteista vuodelle 2020 solmittuun ostoliikennesopimukseen. Kun kahdella muulla alueella pilotti oli lähinnä aikataulujen uudelleen suunnittelua ja vuorotarjonnan kasvattamista, Tampereen seudulle perustettiin uusi M-lähijunalinja kulkemaan Nokian, Tampereen, Lempäälän ja Toijalan (Akaan) välille. Tässä ensimmäisessä vaiheessa vuorot sijoitettiin olemassa olevan samojen rataosien



Juho Hannukainen
VR

muun vuorotarjonnan välisiin harvoin aikatauluaukkoihin, mikä ei luonut tehokkainta ja tiheintä mahdollista vuorotarjontaa, muttei toisaalta vaatinut LVM:ltä kovin suurta rahoituspanostusta liikenteen käynnistämiseen. Lähiliikenteen Tampereen seudulla rahoitti tällöin siis kokonaisuudessaan valtio toisin kuin pääkaupunkiseudulla, jossa HSL:n kautta yhteiskunnan rahoitus joukkoliikenteeseen tulee HSL:ään kuuluvilta kunnilta. Suurempi muutos nähtiin hieman myöhemmin: VR suunnitteli rataosien Tampere–Nokia–Pori ja Tampere–Toijala–Riihimäki(–Helsinki) aikataulurakenteen täysin uudelleen mahdollistamaan tehokkain ja tihein mahdollinen lähijunatarjonta Nokian ja Tampereen sekä Toijalan ja Tampereen välille, vaikka se tarkoitti myös olemassa olleiden R-junavuorojen sijoittamista uusille paikoille. Lopputuloksena oli tunnin vuoroväli M-junalla Nokialta Tampereelle yhdistettynä Porin junien 1–2 h vuoroväliin sekä M- ja R-junavuorojen yhteinen tunnin vuoroväli Tampereen ja Toijalan välillä.

Kokonaisuudelle ei kuitenkaan ollut riittävästä LVM:n rahoituksesta, joten mukaan tulivat linjan varren kunnat: Tampereen kaupunkiseudun joukkoliikennelautakunta hyväksyi kokouksessaan 10.11.2021 M-junalinjan lisävuorojen hankinnan VR:n tarjouksen perusteella ja vuoden 2022 puolella solmittiin lisärahoitussopimus, jolla seudun neljä kuntaa Nokia, Tampere, Lempäälä ja Akaa rahoittavat lisävuorot osaksi LVM:n jo voimassa ollutta ostoliikennesopimusta. Näin siksi, ettei kunnilla tai esimerkiksi Nysellä ole toimivaltaa ostaa junaliikennettä suoraan – asia, jonka mahdollistava lakimuutos VR kannattaa. Kuntien rahoittama lisäliikenne käynnistyi suunnitelman mukaisesti 15.8.2022. Mukana linjan pysähdyspaikkana on myös Tampereen kaupungin alueella Tesoman seisake, joka otettiin käyttöön elokuussa 2021 kaupungin ja Väyläviraston yhteisrahoittamana hankkeena (lisätietoja: vayla.fi/tesoma). Kuten maankäytön ja tehokaan joukkoliikenteen suunnitteluun ja yhteistyöhön tuleekin kuulua, Tampere on kaavoittanut alueelle merkittävästi lisää liike- ja asuinrakennuksia, joita nyt palvelee nopea joukkoliikennetarjonta Tampereen ja Nokian keskustoihin.

Kalustoyhtiö ostoliikenteeseen

Alueellinen junaliikenne voi koostua yksittäisistä junavuoropareista tai tiheästä lähijunatarjonnasta – tai jostain siltä väliltä. Kuten jo Tampereen seudun esimerkissä, vastaavanlaiset junaliikenteen hankinnat ovat mahdollisia muillakin alueilla, vaikka toimivalta viralliselle hankinnalle onkin vielä LVM:llä. On selvää, että nykyisen ostoliikennesopimuksen päättyessä 2030 ostoliikenne kilpailutetaan. Ostoliikenteessä julkinen ostaja määrittää liikenteen laajuuden ja laatutason. Tämän vuoksi on luontevaa, että myös kaluston omistaa julkinen kalustoyhtiö. Pääkaupunkiseudun Junakalustoyhtiö Oy esimerkkinä kalustoyhtiömallista HSL:n lähiliikenteessä osoittaa, että julkinen kalustoyhtiö on käytännössä

toimivaksi koettu malli ja yhteiskunnan kannalta järkevä tapa toimia silloin, kun kyseessä on kilpailutettava ostoliikenne. VR on valmis myymään ostoliikenteeseen soveltuvaa sähkömoottori- ja dieselmoottorikalustoa (Sm- ja Dm-junat) julkiseen kalustoyhtiöön, joka sitten vuokraisi kalustoa operaattoreille tasapuolisin ehdoin.

Sen sijaan markkinaehtoisessa henkilöliikenteessä vain lipputulojen perusteella operoitavan kaukoliikenteen kalustoa ei ole järkevää eriyttää operaattorista, sillä junakaluston ominaisuudet ja palvelut ovat yksi isoista erottautumistekijöistä, joilla markkinaehtoiset liikennekokonaisuudet kilpailevat asiakkaista ihan kuten jo aiemmin kilpailulle auenneessa Ruotsissa on tapahtunut Tukholman ja Göteborgin välillä, tai kuten monelle on tuttua muiden liikennemuotojen alalla, kuten vaikkapa laivaliikenteessä. Julkisen kalustoyhtiön perustaminen markkinaehtoisesti toimivaan liikenteeseen ei ole julkisten varojen käytön kannalta järkevä ratkaisu.

Osalla alueista Väyläviraston rataverkon kapasiteetti ja asematai seisakeinfrastruktuuri ovat jo riittäviä, osalle nykyistä tiheämpi liikenne mahdollistuisi infran parannuksilla ennen varsinaisen lisäliikenteen rahoittamista ja aloittamista. Keskustelua aiheesta voidaan käydä kuitenkin melko avoimesti: ehdotuksia, ideoita ja suunnitelmia lisäliikenteestä voivat tehdä esimerkiksi kunnat ja alueet tai junaliikenneoperaattorit, kuten VR teki jo syksyllä 2021 (lisätietoja: vrgroup.fi/fi/vrgroup/uutiset/vr-yhtymän-nakemykset-henkilöjunaliikenteen-lisaamisesta-ja-kehittamisesta-200920211457/). Operaattorit monikossa, sillä vaikka VR:llä ei ole ollut yksinoikeutta enää vuoden 2009 jälkeen niille reiteille, joilla se ei matkustajaliikennettä operoi (kuten Uusikaupunki–Turku), yksinoikeus myös kaikilla muilla reiteillä päättyi 1.1.2021 alkaen. Keskusteluja onkin jo käyty tarkemmistakin vuoromääristä ja aikataulurakenteista sekä hintatasosta useiden alueiden kanssa sekä eteläiseen, pohjoiseen, läntiseen että itäiseen Suomeen.

Uusia liikennekokonaisuuksia tai yksittäisiä vuorolisäyksiä nopeastikin

Yksi konkreettisimmista kohteista on Rantarata Hanko–Karjaaraosuuden sähköistyksen valmistuttua: VR on jo valmistautunut dieselkäyttöisten Dm12-kiskobussien vaihtamiseksi Sm4-sähkömoottorijuniin LVM:n hankkimassa Hanko–Karjaa-junaliikenteessä, jonka vuorotarjonta säilyisi ennallaan. Osa vuoroista voitaisiin kuitenkin jatkaa suorina vuoroina reittiä pidentämällä Helsinkiin ja Helsingistä asti; Rantaradan ratakapasiteetin niukuudesta johtuen ei parhaimpaan työmatka-aikaan, mutta varsinkin mahdollistamaan kasvava vapaa-ajanmatkustus Hankoon ja Hangosta. Muita nopeasti, esimerkiksi aikataulukauden vaihteessa joulukuussa 2023 tai jopa aiemmin, lisärahoituksella toteutettavia ostojunaliikennekohteita voisivat olla yksittäiset vuorolisäykset: aikaiset aamuvuorot Mikkelistä, Lappeenrannasta ja Ylivieskasta Helsinkiin jatkamalla nykyistä ostoliikenteen tai markkinaehtoisesta liikenteen junavuoroa alkupäästään. Myös lisävuorot esimerkiksi nykyiseen Pori–Tampere-rataosan liikenteeseen nykyisiä vuoroja myöhemmin illalla ovat teknisesti helposti ja nopeasti toteutettavissa. Ratakapasiteetin haun yhteydessä vuorot täytyy toki myös sovittaa yhteen saman rataosan tavaraliikenteen kanssa.

Hieman pidemmällä aikavälillä Väyläviraston ratainfra kehittämisellä alueellista junaliikennettä voisi hyvin kehittää Varsinais-Suomeen tai esimerkiksi Haaparannan ja Oulun välille. VR:n käynnissä olevan SmX-lähijunakalustohankinnan optioilla voidaan turvata riittävä kalustomäärä uusille reiteille vuosikymmenen puolivälin jälkeen ja jo pelkästään rakentamalla matkustajalaituri Raisioon voisi ulottaa nykyisiä Turun-junia ostoliikenteenä sähköradalla Raisioon tai myöhemmin sähköistyksellä Naantaliin asti. Tampereen seudun lähijunalinjastoakin olisi hyvä laajentaa esimerkiksi uudella linjalla Tampereelta Oriveden keskustaansäilytyksellä myös Kangasalla ja muilla mahdollisilla uusilla väliasemilla.

Suomessa on paljon mahdollisuuksia kehittää alueellista junaliikennettä ja VR haluaa olla vahvasti tukemassa tätä kehitystä. On selvää, että ostoliikenne kilpailutetaan tulevaisuudessa – ja ostoliikenteen kalustoyhtiö on yksi tämän mahdollistaja.

Heinrich Krug
rails • track material turnouts • crane rails

TRACK MATERIAL
CRANE RAILS
TURNOUTS **RAILS**
FASTENING SYSTEMS

WWW.HEINRICH-KRUG.DE

VR Transpoint tähtää saumattomiin ja hiilineutraaleihin kuljetusketjuihin

Sami Turunen, haastattelija



VR Transpoint on osa ilmastotavoitteiden ratkaisua. Keinovalikoimassa ovat energiatehokas kalusto, hiilineutraalit kuljetukset, datan hyödyntäminen sekä kunnianhimoiset päästöstrategiat yhdessä asiakkaiden kanssa.

Yleiset ympäristötietoisuuden megatrendit tukevat raideliikenteen suosiota, oli kyse henkilö- tai tavaraliikenteestä.

– Me pyrimme omilla toimillamme kasvattamaan rautatieliikenteen osuutta ja vastaamaan asiakkaidemme päästövähennysodotuksiin. Tavoite on, että Suomen tavaraliikenteen osuus rai-teilla kasvaa 30 prosenttiin, sanoo VR Transpointin johtaja **Eljas Koistinen**.

Jo tällä hetkellä kaikista Suomen maakuljetuksista lähes kolmannes, 28 prosenttia, tehdään junilla. Silti rautatieliikenteen osuus päästöistä on vain yksi prosentti.

Junan onkin ylivoimaisesti ympäristöystävällisin kuljetusmuoto. Mitä enemmän tavaraa siirretään rautateille, sitä tehokkaammin pienennetään liikenteen kokonaispäästöjä. Hiilineutraalien kuljetusketjujen tavoittelussa tehdään jatkuvaa yhteistyötä suurten teollisuusasiakkaiden kanssa.

– Päästöttömyys ja päästöstrategioiden luominen ovat myös asiakkaillemme tärkeitä teemoja. Ensinnäkin tunnistamme yhdessä, missä mennään ja sitten asetetaan tavoitteet hiilidioksidipäästöjen suhteen. Sen jälkeen luodaan suunnitelmat, miten tavoitteisiin päästään, Koistinen sanoo.

– Keskeinen keino hiilineutraaleissa kuljetusketjuissa on sähkövedon maksimointi. Toinen ovat kuljetusratkaisut, joilla pyritään tehokkaihin toimintamalleihin ja junakokojen kasvattamiseen. Asiakkaiden kuljetuksia pyritään myös siirtämään kumipyöriltä raiteille silloin, kun se on järkevää.

Koska nykyään teollisuudessa ei juuri enää pidetä varastoja, kuljetusketjujen oikea-aikaisuus ja varmuus korostuvat. VR Transpoint pitääkin toiminnallaan suomalaisen teollisuuden pyörät pyörimässä.

Uutta tehokasta kalustoa

VR Transpointin tavoite on kasvattaa sähköllä kulkevien tavarakuljetusten osuutta nykyisestä noin 80 prosentista 90 prosenttiin seuraavien 5–10 vuoden aikana.

– Tavoite vaatii rataverkon sähköistämisen jatkamista. Lyhyellä aikavälillä on tulossa Iisalmi–Ylivieska- sekä Hanko–Hyvinkää-välisen sähköistys. Muita pullonkauloja on silti edelleen niin pääradalla kuin Savon ja Karjalan radoilla, ja niille sekä ratapihoille kaivataan lisää välityskykyä, sanoo VR Transpointin suunnittelujohtaja **Ilkka Anttila**.

Tärkeässä osassa päästöjen vähentämisessä ovat myös kalustohankinnat. Uusi kalusto tarjoaa energiatehokkuutta, ympäristöystävällisyyttä ja toimintavarmuutta.

Vectron-sähköveturien jopa 2 500 tonnin vetokykyä hyödynnetään täysimääräisesti, ja uusia Dr19-vetureita on testattu Suo-

men olosuhteissa. Ne pääsevät tositoimiin vuoden 2023 alkupuolella. Dr19-vetureita on tilattu 60, ja VR Transpointilla on optio vielä sataan lisäveturiin.

– Dr19 on räätälöity ja tehokas veturi. Siinä on kaksi dieselmoottoria, jotka syöttävät sähköä generaattoreiden kautta ajomoottoreille. Dieselkoneita voidaan tehontarpeesta riippuen käyttää erikseen tai yhtä aikaa, Anttila kertoo.

Hiukkaspäästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin aiemmissa malleissa ja veturit täyttävät uusimmat päästönormit. Myös polttoainetehokkuus on aivan toista kuin vanhemmissa malleissa.

Dr19:ssä on tulevaisuudessa myös mahdollisuus käyttövoiman vaihtamisen; toinen tai molemmat moottorit voitaisiin korvata akuilla. Veturi voisi siis toimia diesel-akkuhybridinä tai kokonaan akkuveturina, kunhan teknologia kehittyy ja akkujen kapasiteetti saadaan riittävän suureksi.

– Tulevaisuus näyttää, mitkä vaihtoehdot ylipäättään menestyvät. Vedystä on myös ollut keskustelua, mutta sillä on haasteensa jakeluinfraan ja varustoinnin vaatiman tilavuuden suhteen. Vety ei vielä tunnu toimivalta ratkaisulta ainakaan tavaraliikenteen osalta. Kukaan ei vielä tiedä, mikä on voittava teknologia, mutta VR tutkii aktiivisesti vaihtoehtoja, joilla voimme parantaa ympäristöystävällisyyttä riittävän kustannustehokkaasti.

Päästöttömyyttä myös biopolttoaineilla

Koska osia radoista on vielä vailla sähköä ja kaikkea ei voida ajaa sähkövedolla, VR Transpoint tarjoaa asiakkailleen myös päästöjen kompensointimahdollisuutta Gold Standard -sertifioituihin hankkeisiin. Maantielogistiikassa VR Transpoint on ottanut käyttöön nesteytettyä maa- ja biokaasua käytäviä kaasurekkoja ja myös biodieselin käyttöä lisätään. Oleellista on myös liikenteen suunnittelu niin, että kuormat ovat täysiä ja vajailla kuormilla ajoja vältetään.

– Rautateiden puolellakin uusiutuva biodiesel tarjoaa huomattavasti vähäpäästöisemmän kuljetusketjun fossiiliseen polttoaineeseen verrattuna. Kuitenkin valtaosa Suomen ratapihojen järjestelyraiteista ovat sähköistämättömiä, joten kompensointia voi hyödyntää lähtö- ja määränpään dieselkalustolla tehtävien vaihtotöiden osalta, Anttila sanoo.

Yksi ympäristöystävällisyyttä edistävä kalustoratkaisu ovat myös modulaariset ja taarapainoltaan kevyet Finnowagon-vaunut.

– Modulaarisuus myös mahdollistaa, että kapasiteetti on nopeammin muunneltavissa kuljetettavan tuotteen ja muuttuvien tarpeiden mukaan.

Datalla tehokasta reagointia

Dataa hyödyntämällä VR Transpoint parantaa prosessejaan – juna-kokoja voidaan kasvattaa, sähkövetoa maksimoida ja myös maantieliikenteen kuljetuksia voidaan optimoida. Tätä kautta asiakkaille tarjotaan entistä laadukkaampia palveluja.

– Mitä tarkempaa dataa meillä on, sitä paremmin ja nopeammin pystytään reagoimaan muutoksiin. Pystymme myös raportoimaan esimerkiksi päästöistä tarkemmin ja sitä kautta tekemään ohjaavia toimenpiteitä mahdollisimman tehokkaasti, sanoo Eljas Koistinen.



Eljas Koistinen
VR Transpoint



Ilkka Anttila
VR Transpoint

– Algoritmeilla pystymme parantamaan suunnittelun nopeutta ja tarkkuutta ja muokkaamaan kuljetussuunnitelmia asiakkaan tarpeisiin. Näitä algoritmeja hyödynnetään jo laajalti esimerkiksi raaka-
puukuljetusten suunnittelussa. Myös tuontipuun kuljetusten loppumisen myötä tullessiin kuljetusvirtojen muutoksiin kyettiin reagoimaan nopeasti datalla ja algoritmipohjaisella suunnittelulla, täydentää Anttila.

Esimerkki digitalisaation tuomista hyödyistä on asiakkaiden käytössä oleva Logistics360-palvelu. Verkkopohjaisen palvelun kautta asiakkaat voivat tilata ja aikatauluttaa kuljetuksia, seurata niitä reaaliaikaisesti sekä saada kattavat raportit volyymeista.

– Palvelu luo kaikille yhteisen tilannekuvan siihen, miten kuljetukset toimivat. Sitä kautta se auttaa kehittämään kuljetusketjuja entisestään, Anttila sanoo.

Kuljetusketjun tehokkuuden ratkaiseekin kaikkien yhteinen ymmärrys ja toiminta. Ketjussa ovat mukana VR Transpointin ja asiakkaan eli rahdin lähettäjän lisäksi myös ulkopuoliset lastaus- ja purkooperaattorit.

Kohti älykkäämpää ratainfraa

Rautatiekuljetusten hiilineutraaliuden ja tehokkuuden edellytys on moderni rataverkko. Se edesauttaa myös Suomen kansainvälistä saavutettavuutta.

Siksi Anttilan mukaan pitäisi panostaa intermodaalikuljetusten infrastruktuuriin.

– Se tarkoittaa esimerkiksi sitä, että siirtokuormausta onnistuu junasta junaan länsirajalla tai siirtokuormausta on sujuvaa myös satamissa. Intermodaalisten kuljetusten tarve korostuu poikkeustilanteissa tai uusissa tarpeissa.

Oikein kohdennetut ratainvestoinnit ovat äärimmäisen tärkeitä tavaraliikenteen vihreälle siirtymälle ja välityskyvyn kasvattamiselle. Tätä mahdollistaa osaltaan myös Digirata. Se on liikenne- ja viestintäministeriön, Väyläviraston ja Fintrafficin hanke, jossa VR on vahvasti mukana. Tavoitteena on korvata nykyinen kulunvalvontajärjestelmä uudella, digitaalisella järjestelmällä. Se tuottaa nykyistä tarkempaa ja reaaliaikaista tietoa junien kulusta, joten se tekee liikenteestä turvallisempaa ja ennakoitavampaa niin henkilö- kuin tavaraliikenteelle.

Kun liikennöinti raiteilla on houkuttelevampaa, liikennettä siirtyy enemmän raiteille ja päästöt vähenevät.

– Digirata luo edellytyksiä sille, että meillä on pohjaa lähteä kohti täysin uuden sukupolven ratkaisuja. Se voi tarkoittaa esimerkiksi autonomisia ratkaisuja – ei heti, mutta se mahdollistaa sen joskus tulevaisuudessa. Digiradan tuomat ratkaisut ovat voimassa vuosikymmeniä, ja siksi pohjatyo ja päätökset on tehtävä nyt huolella.

Niin yhteiset infrahankkeet kuin eri toimijoiden omat ratkaisut luovat kaikki parempaa ja päästöttömämpää tulevaisuutta. VR Transpoint on omilla toimenpiteillään myös mukana – yhteisellä matkalla maailman parhaaksi.

FRMCS-määrittysten mukaisten viestintäpalveluiden toteuttaminen Suomessa

EU:n rautatievirasto sääntelee rautateiden toimintaa Euroopassa monin eri tavoin. Sääntelyn tavoitteena on mm. parantaa rautateiden yhteentoimivuutta ja turvallisuutta sekä varmistaa, että sekä maan sisäinen että rajat ylittävä rautatieliikenne toteutuu turvallisesti ja yhtenäiseen markkinaan perustuen kustannustehokkaasti käyttäen yhteisesti sovittuja ja yhteensovitettuja laitteistoja ja järjestelmiä.

Euroopan rautateiden radiojärjestelmät GSM-R ja FRMCS

GSM-R-järjestelmä on ollut käytössä Euroopan rautateiden ainoana ns. Class A puheviestinnän ja kulunvalvontajärjestelmien radiojärjestelmänä yli 20 vuotta. GSM-R toteutuksien palveluja ovat aina puhepalvelut, joiden avulla kommunikoidaan eri junaoperoinnin tilanteissa, saadaan helposti yhteys sijaintiin perustuen halutulle liikenteenohjaajalle sekä muodostetaan tarvittaessa rautateiden hätäpuhelu. Puhepalvelujen ohella käytössä on myös datansiirtopalvelu, jotta ns. ETCS L2 -kulunvalvontajärjestelmälle ja muille sovelluksille, kuten esimerkiksi laiturinäyttöille, voidaan tarjota radiotietoliikenneyhteys.

GSM-R-järjestelmä perustuu taajuushallintojen rautateille osoittamaan taajuusalueeseen ja toisen sukupolven matkaviestinjärjestelmään GSM-standardiin. Koska palvelutarpeet ovat kasvaneet mm. videokuvan siirtoon liittyen ja koska toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmän elinkaari alkaa lähestyä loppuaan seuraavan arviolta 10 vuoden kuluessa, on jo v. 2012 aloitettu GSM-R-järjestelmien korvaajan, ns. FRMCS-järjestelmän määrittely ja käyttöönoton valmistelu. FRMCS-määrittelyä ovat tehneet taajuushallintojen ohella EU:n rautatievirasto ERA, maailman rautatieorganisaatioiden yhteistyöjärjestö UIC sekä standardointijärjestöt 3GPP ja ETSI.

Seuraavassa OHM YTE -päivityksessä GSM-R toteutus säilyy ainoana sallittuna Class A radiojärjestelmänä. Päivityksessä määritellään tulevan FRMCS-toteutuksen perusteet. Sitä seuraavassa päivityksessä tavoitteena on sallia GSM-R- ja FRMCS-toteutuksien rinnakkaiskäyttö. Määrittelyn siirtymäkauden jälkeen FRMCS jäisi ainoaksi sallituksi radiojärjestelmäksi, arviolta aikaisintaan vuonna 2032.

FRMCS:n suunnittelussa on pyritty hyödyntämään 3GPP:n määrittelyjä mahdollisimman paljon. Rautatievaatimuksiin perustuen 3GPP:n määrittelyjä on täydennetty päätelaiteiden lähetystehon osalta sekä lisätty 5G-määrittelyihin kaksi taajuusaluetta N100 (FDD, 900) ja N101 (TDD,1900).

FRMCS:n etuja

FRMCS perustuu viidennen sukupolven matkapuhelinjärjestelmän määrittelyyn ja täten FRMCS:n elinkaaren voi olettaa jatkuvan pitkälle 2040-luvulle. Yksi merkittävimmistä muutoksista GSM-R:n ja FRMCS välillä on sovelluksen ja siirtotien erottaminen toisistaan.



Peteveikko Lyly
Väylävirasto

Tällä mahdollisestaan useamman eri siirtotieratkaisun yhtäaikainen hyödyntäminen, jolloin ne voivat varmentaa toisiaan. FRMCS-toteutus 5G-tekniikkoihin perustuvana tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet yhteyksien ylläpitämiseen eri sovellusten ja laitteiden välillä ottaen huomioon kunkin liikennetyypin prioriteetti. Priorisoinnin ansiosta voidaan tarvittaessa hidastaa tilapäisesti esimerkiksi vähemmän tärkeää kameravalvonnan yhteyttä, jotta tärkeämpi äänipuhelu onnistuu. Priorisointia ei yleensä tarvita normaaleissa käyttöolosuhteissa lainkaan, mutta huonon peiton olosuhteissa tai ruuhkatilanteissa voidaan joutua priorisoimaan tärkeitä kulunvalvonnan datansiirtoa ja puhepalvelua ja tilapäisesti huonontaa muille sovelluksille tarjottavaa kapasiteettia.

Suomen FRMCS-toteutuksen kokeilu KoKoHa-hankkeessa

Suomessa KoKoHa-hankkeessa tehdään ns. pre-FRMCS-tekniikan kokeilu kaupallisissa radioverkoissa toimivan monikanavareitittimen avulla. Monikanavareititin yhdistää veturissa olevan OBU-laitteen ratainfran RBC-radiosuojastuskeskukseen. RBC huolehtii ns. ETCS L2 -kulunvalvonnan signalointiviestinnästä, kuten mm. rataosakohtaisten nopeusrajoitusten ilmoittamisesta veturille. KoKoHa-hankkeen pre-FRMCS toteutuksessa sovelluksena on ainoastaan ns. machine-to-machine datakommunikaatio, ei puhe-sovellusta.

FRMCS-toteutuksen suunnittelu Suomessa

Suomessa käyttöön tulevan FRMCS-toteutuksen valmistelu tapahtuu pääosin Digirata-hankkeessa. Tavoitteena on hankkia rataosuudelle, jossa tehdään ETCS L2 toteutuksen kaupallisen liikenteen käynnistys, FRMCS-radiolaitteisto ja -järjestelmä, joka on mahdollisimman paljon eurooppalaisen FRMCS-määrittelyn mukainen. Täten Digiradan toteutus on päivitys KoKoHa-hankkeen ns. pre-FRMCS toteutukseen. Digirata-hankkeessa toteutettavassa FRMCS-järjestelmässä käytetään samaa ETCS L2 -datansiirtosovellusta kuin KoKoHa-hankkeessakin. Tällä hetkellä myös FRMCS-määrittysten mukaisen puhe-sovelluksen sisällyttäminen Digirata-hankkeeseen on harkinnassa. Puhe-sovelluksen käytöstä kaupallisessa pilotissa tehdään erillinen päätös.

Migraatio FRMCS-järjestelmään Suomessa

Suomi aloitti migraation FRMCS-järjestelmään käytännössä jo v. 2014, kun päätettiin lopettaa GSM-R-verkon käyttö silloin laitteiston elinkaaren päättyessä. GSM-R-järjestelmän uusimisen sijasta sen puhepalvelut päätettiin toteuttaa lyhyehkön siirtymäkauden ajan käyttämällä Virve-verkkoa, kunnes FRMCS-järjestelmä on saatavilla. Siirtyminen Virveen onnistui ja GSM-R-järjestelmän käyttö päättyi v. 2019. Päätöstä tehtäessä v. 2014 arvioitiin, että FRMCS-laitteita olisi kaupallisesti saatavilla noin v. 2022 mutta nyt

arvioidaan FRMCS-laitteita olevan saatavilla aikaisintaan v. 2025. Suomi hyötyy tehdystä välivaiheen ratkaisusta, kun kustannukset (investointi ja käyttö) ovat pienentyneet ja käyttöön on saatu paremmin toimivat päätelaitteet. Siirtymä FRMCS-järjestelmään on helpompi, kun junien FRMCS-päätelaitteet voidaan hankkia kerralla pysyviksi, eikä tarvita molempia järjestelmiä tukevia ylläpidon kauden päätelaitetoteutuksia.

Pyrkimys toimia pääosin kaupallisissa radioverkoissa

FRMCS-määrittelyt mahdollistavat teknisesti minkä tahansa suorituskykyvaatimukset täyttävän radioverkon käytön. Suomessa olevat matkapuhelinverkot on testattu ja ne tarjoavat riittävän teknisen tason ETCS L2 ja nykyisille puhe-sovelluksille. Tällä hetkellä valmisteilla oleva OHM YTE ei salli kuin omilla, rautateille osoitetuilla ns. RMR-taajuuksilla toimimisen, mutta lähivuosina pyritään sallimaan kaupallisten verkkojen käyttö myös rautateiden turvallisuuskriittisten sovellusten varayhteytenä. Suomessa Digirata-hankkeen FRMCS-toteutuksessa tavoitteena on käyttää mahdollisimman suurelta osin kaupallisia radioverkkoja. Kaupallisten verkkojen kautta toimittaessa saavutetaan edullisempi kustannustaso ja monen verkon käytettävyyden kautta myös parempi yhteysvarmuus. Viimesijaisena vaihtoehtona on derogaatio eli poikkeuslupa olla soveltamatta YTE:n vaatimuksia koskien mm. RMR-taajuuksien käyttöpakkoa. RMR-taajuuksia tarjoavaa radioverkkoa ei tällä hetkellä tarvitse tarjota naapurimaiden junille Suomessa.

FRMCS-toteutus valtakunnan laajuisesti

Kaupallisen pilotin toteutuksen jälkeen voidaan arvioida, onko FRMCS-toteutukseen edellytykset valtakunnan laajuisesti. Tällöin sekä puhe- että datapalvelut toteutettaisiin FRMCS-laitteilla ja nykyinen Virve- ja RAPLI-sovelluksiin perustuva tietoliikenne korvataan FRMCS-määrittelyyn perustuvalla järjestelmällä. Siirtymisen onnistuminen edellyttää kaupallisesti saatavilla olevia junareititimiä, ns. On-Board FRMCS-laitteita sekä päätöksen käytettävistä taajuusalueista. Priorisointi aktivoidaan käyttöön sekä 4G- että 5G-verkoissa. Puhetoteutus siirretään FRMCS-perustaiseksi valtakunnanlaajuisesti ensin, viimeistään nykyisen Virven loputtua, ja kuluvalvontajärjestelmän datansiirtokäyttö laajenee alueellisesti Digiradan kuluvalvontaratkaisun alueellisen toteuttamisen rytmissä.

Termit

FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GSM-R	Global System for Mobile Communications adapted for Railways
ETCS L2	(L2=radiopohjainen) European Train Control System
OHM YTE	Rautatiejärjestelmän ohjaus-, hallinta- ja merkinanto-osajärjestelmän yhteentoimivuuden tekninen eritelmä
FDD	Frequency Division Duplex
TDD	Time Division Duplex
KoKoHa	Kouvola-Kotka-Hamina
RBC	Radio Block Centre, radiosuojastuskeskus
RMR	Railway Mobile Radio
On-Board FRMCS	ns. junareititin

ERTMS/ETCS-mittaukset

Junien kulunvalvonta ja radan turvalaitejärjestelmä ovat tulossa tiensä päähän 2030-luvulla, ja tulevaisuudessa tarvitaan seuraavan sukupolven tekniikkaa. Tulevaisuuden ERTMS (European rail traffic management system) perustuu FRMCS-verkkojen (Future Railway Mobile Communication System) käyttöön 4G- ja 5G-tekniikkaan pohjautuen. Nykyisin Suomessa junien liikenteenohjauksen puheviestintä on toteutettu TETRA-tekniikkaa käyttävällä Virve-verkolla. Muualla Euroopassa liikenteenohjaukseen käytetään tällä hetkellä GSM-R-verkkoja, jotka pohjautuvat 2G-teknologiaan, ja tulevaisuudessa ne tullaan korvaamaan puhtaasti liikenteenohjauksen tarpeisiin toteutetulla FRMCS-verkolla.



Riina Troberg
Proxion

muutostöiden vaikutuksen tutkiminen. Vertailumittausten avulla saadaan tarkasteltua eri verkkojen (esimerkiksi kaupalliset verkot DNA, Elisa ja Telia) laatua samanaikaisesti. Lisämodeemeilla voidaan testata myös esimerkiksi priorisoinnin merkitystä radioliikenteessä ja vertailla tuloksia muihin mittauksiin. Monikanavareititin mahdollistaa usean verkon hyödyntämisen kommunikoinnissa samanaikaisesti. Radiotaajuusmittauksilla voidaan kartoittaa kaikki alueella kuuluvat taajuusalueet ja niiden signaalitasot. Sovellustason mittauksissa voidaan joko simuloida erilaista liikennettä tai mitata dataa passiivisella mittaustavalla asiakkaan todellisessa sovellusympäristössä olemassa olevilla laitteilla.

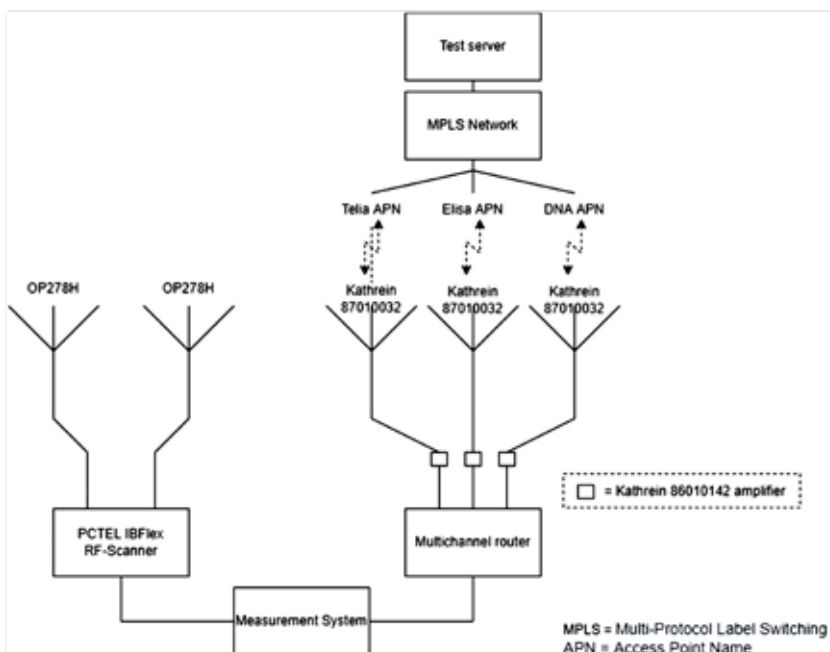
Tietoliikenneverkkojen mittausratkaisu

Proxion on kehittänyt tietoliikenneverkkojen mittausratkaisun, jossa kerätään tietoa verkkojen kuuluvuudesta, kapasiteetista ja laadusta. Kokonaisvaltaisessa mittausratkaisussa kartoitetaan tarve, tunnistetaan tarvittavat testitapaukset ja räätälöidään mittauksen toteutus, jonka jälkeen mittaustulokset analysoidaan ja raportoidaan. Ajomittauksiin on käytettävissä pakettiauto, johon on asennettu kiskopyörät raideliikennöintiä varten. Käytössä on myös siirrettävä mittausyksikkö asiakkaan ympäristössä tai kuluneuvossa tapahtuvia mittauksia varten. Proxion suoritti tietoliikenneverkon mittaukset Digirata-hankkeelle EMMA-radantarkastusvaunulla, jossa mitattiin kolmen suurimman teleoperaattorin signaalivahvuudet eri puolella maata.

Tietoliikennemittausten ohella mitataan satelliittipaikannuksen avulla GNSS-järjestelmän tarkkuutta. Mahdollisia testauskohteita voivat olla mm. varhaiset integraatiotestit, häiriötilanteet tai

ETCS-liikenteen simulointi mittauksissa

Mittausten avulla on mahdollista simuloida ETCS-liikennettä ja seurata sen laatua ja luotettavuutta. -TCP (Transmission Control Protocol) -yhteyden muodostaminen, DNS (Domain Name System) kysely ja HTTP (Hypertext Transfer Protocol) -sivun lataus sisältyvät mittaukseen. Mittauksissa simuloidaan sijainnin raportointia ja MA (Movement Authority) -pyyntöjä. Simuloidussa ETCS-liikenteessä MA-pyyntö lähetetään 10 sekunnin välein ja RBC (Radio Block Centre) -simulaattori vastaa MA-viestillä. Sijaintiviesti (Position report) lähetetään 1 sekunnin välein. Testissä viestien edestäkaiseen matkaan kuluva aika mitataan ja dataa verrataan ETCS-järjestelmän vaatimuksiin. ETCS-mittauksissa käytetään priorisoituja liittymiä. ERTMS (taso 3) perustuu tarkkaan junien paikantamiseen ja GNSS-paikannuksen avulla voidaan varmistaa mittausten sijainnin tarkkuutta.



Kuva 1. Mittaukset yllätasolla.
Kuva: Kimmo Kolehmainen, Proxion

Junaskanneri, kokemukset HSL-liikenteestä

Tausta

Suurin osa junien kuntotarkastuksista on edelleen ihmissilmin tehtävää visuaalista ja manuaalista tarkastamista. Rinnalle on tulossa kovaa vauhtia koneälyn suorittamaa ja automaatioon perustuvaa kunnonvalvontaa. VR FleetCare ja koneälypohjaisia IoT-ratkaisuja tuottava suomalainen Vire Labs ovat kehittäneet isojen kalustomassojen tarkastamiseen junaskannerin. Laite kehitettiin havaitsemaan kaluston visuaaliset muutokset, kuten junan kylkeen ilkkivaltana tehdyt graffitit tai silmännähtävät muut tekniset viat. Graffitit ovat ongelma etenkin lähiliikennejunissa ja ne vaikuttavat siisteyteen ja asiakaskokemukseen. Lisäksi osa niistä ovat loukkaavia, jolloin tavoitteena on tunnistaa ja poistaa ne mahdollisimman nopeasti.

VR FleetCaren ensimmäinen junaskanneri otettiin asiakaskäyttöön syksyllä 2021 Ilmalan raiteelle 634, Pasilan autojuna-aseman läheisyyteen. Pääkaupunkiseudun lähijunaliikenteen Flirt-junat tarkastetaan ajamalla ne junaskannerin ohi ennen Helsingin varikolle saapumista sekä varikolta lähtiessä. Tähän mennessä on skannattu noin 17 500 Flirt-junaa.

Teknologia ja toimintaperiaate

Junaskanneri koostuu radan molemmille puolille asennettavista 6 600 mm korkeista skanneritolpista, jotka kuvaavat viivakameroilla ohi ajavan junan. Kuvaus tapahtuu junan ollessa liikenteessä ja kuvan tarkkuus on muutamien millimetrin luokkaa. Ohittavasta junasta saadaan kalusto-



Jani-Pekka Lindberg
VR FleetCare



Miska Jukkola
VR FleetCare

tieto RFID-lukijalla ja raiteen kulkutiedot haetaan Digitrafficin avoimesta rajapinnasta. Kalusto- ja kuvaustietoa on mahdollista kehittää tarkemmaksi mm. tekstintunnistuksella, kuvien pilkkomisella alueisiin sekä erillisillä induktiivisilla pyöräsensoreilla. Näiden ratkaisujen lisäksi junaskannereissa on myös valmius Lidar-pohjaiseen ulottumamittaukseen.

Junista skannatut kuvat ovat kohtalaisen suuria, joten kuvauksesta saatu data käsitellään reunalaskentana hyödyntäen koneälypohjaisia vikojen tunnistusmalleja. Analyysin pohjalta saadaan ilmoitus mahdollisesta poikkeamasta, minkä lisäksi data tallentuu pilvipalveluun jatkoanalyysiä varten. Reunalaskenta myös säästää kustannuksissa, joita pilvilaskennasta aiheutuisi.



Kuva 2. Junaskannerin havaitsema poikkeama (Junaskanneri).

Ihmisen antaman palautteen perusteella tekoäly oppii jatkuvasti tarkemmaksi. Automaation hyödyt näkyvät erityisesti tarkastuksen nopeutena ja kattavuutena.

Jatkokehitys

Junaskanneria kehitetään jatkuvasti. Kehityksen haasteina ovat olleet mm. vuodenajan vaikutukset taustavalaisuuteen sekä heijastumien synty junien kiiltopinnasta. Näihin löytyvät onneksi ratkaisut niin hardware- kuin software-puoleltakin.

Junan kyljen visuaalisten poikkeamien lisäksi junaskanneria kehitetään havaitsemaan telin alueen poikkeamia. Jään kerrostumat, vioittuneet kaapelit sekä jousitus ovat potentiaalisia poikkeamantunnistuskohteita. Junaskanneriin on myös käynnistymässä pilotti pyörien ja telin akustiseen valvontaan mikrofoneja hyödyntämällä.

Toistaiseksi junaskanneri on ollut käytössä matkustajaliikenteen kaluston parissa, mutta se on skaalattavissa myös muun kiskokaluston tarkastamiseen. Esimerkiksi tavarajunapuolella junaskannerilla voitaisiin toteuttaa kuormien (esimerkkinä raakapuuvaunut) ulottumamittauksia, konttien kunnonvalvontaa sekä vauvujen vikojen tunnistusta.



Kuva 1. Junaskanneritolppa Ilmalan raiteella 634 (kuva: Jani-Pekka Lindberg).

Kaksitoiminen baliisi ratkaisuna siirtymäajaksi JKV-aikakaudelta ERTMS-aikakaudelle

Suomen rataverkoston siirtyessä kansallisesta junakulunvalvontajärjestelmästä (JKV) yhteiseurooppalaiseen ERTMS-kulunvalvontajärjestelmään tulee nykyisen järjestelmän osien elinkaarten tukea siirtymää kannattavalla tavalla. Tässä työssä selvitettiin kaksitoimisen baliisin etuja siirtymäajan ratkaisuna.

Junakulunvalvontajärjestelmän elinkaari

Suomen rataverkolla käytössä oleva junakulunvalvontajärjestelmä (JKV) perustuu Bombardierin (nyk. Alstom) kehittämään sarjaliikenteiseen EPICAB 900 -järjestelmään. Kyseessä on pistemäinen kulunvalvontajärjestelmä, jossa rataa kiinteästi asennetut baliisit välittävät junalle tietoa mm. radan opasteista ja nopeuksista joko ohjatuksi tai esiohjelmoidusti. Tällä hetkellä Suomessa on käytössä kahdenlaisia sarjaliikenteisiä baliiseja, joita ei sellaisenaan voi käyttää osana eurooppalaisia ERTMS/ETCS-järjestelmiä. Lisäksi käytössä olevat JKV-baliisit on kehitetty jo v. 1995, joten ne alkavat olla vanhoja ja elinkaaren päähän tullessaan vaihdettava. Tämä synnyttää merkittävän baliisien vaihtotarpeen tuleville vuosille, jotta kulunvalvontajärjestelmän elinkaaresta voidaan huolehtia siirtymäkauden ajan. Toisaalta baliisien iän vuoksi niiden sisältämien komponenttien saatavuudessa on tunnistettu huomattavia haasteita, mikä aiheuttaa huomattavan riskin elinkaaren varmistamiselle siirtymäkauden ajaksi.

Kaksitoiminen baliisi, case Balise2020

Vastatakseen komponenttien saatavuusongelmaan laitevalmistaja Alstom tunnisti kehitystarpeen Suomessakin käytössä olevalle sarjaliikenteiselle baliisille. Samalla se tunnisti, että kansallisten JKV-järjestelmien asteittainen alasajo on alkanut yhteiseurooppalaisen ERTMS-järjestelmän tieltä, jolloin tarve sarjaliikenteisille baliiseille pienenee lisääntyneen eurobaliisituotannon vuoksi, ja sarjaliikenteisten baliisien tuotanto voi sen vuoksi vaarantua. Vastatakseen Väyläviraston vaatiman elinkaaren hallinnan tarpeisiin laitevalmistaja aloitti tuotekehityksen, jonka tuloksena syntyi kaksitoiminen baliisi, tuotenimeltään Balise2020. Uuden tuotteen etuna on, että yhdellä baliisilla voidaan välittää sekä sarjaliikenteinen baliisisanoma että eurobaliisisanoma sen sijaan, että siihen tarvittaisiin kaksi erillistä baliisia. Lisähyötynä valmistaja saa yhdistettyä kaksi tuotantolinjaa, mikä pienentää tuotannon ympäristövaikutuksia. Samalla Väyläviraston näkökulmasta varaosien varastointikapasiteetti pienenee, kun ERTMS-aikakauteen vuoteen 2040 mennessä siirryttäessä ei tarvitse ylläpitää kahden eri baliisityypin varastoa. Yksi baliisi vastaa sekä JKV:n elinkaaren tarpeisiin siirtymäkaudella ERTMS:ään että itse ERTMS-järjestelmän



Harry Nyström
Sweco



Sebastian Tapia
Sweco

tarpeisiin siirtymäkaudella ja sen jälkeen siltä osin, kuin baliiseja esim. paikkatietotarpeisiin tarvitaan.

Yhteistyö eri sidosryhmien välillä

Väylävirasto tunnisti tarpeen JKV-järjestelmän ylläpitämisen varmistamiseksi siirtymäkauden ajalle ja sitoutui tilaamaan laiteoimittaja Alstomilta uutta Balise2020-tuotetta sekä tarjosi asiantuntija-apua Alstomille konsulttiyhtiö Sweco Infra & Rail Oy:n kautta tuotehyväksynnän tueksi. Sweco Infra & Rail Oy:n arviointi- ja hyväksyntäpalvelut on jo vuosia tarjonnut asiantuntijatyötä tuotehyväksynnän tueksi projekteissa ja hankkeissa, joihin se ei ole osallistunut arviointilaitoksena, minkä vuoksi se soveltui tehtävään erityisen osaamisensa vuoksi. Projekti jakaantui kolmeen osaan: selvitys-, testaus- ja hyväksyntävaiheisiin. Projekteissa tehtiin asennusten osalta yhteistyötä GRK Suomi Oy:n kanssa sekä testiajojen osalta VR Groupin ja VR Fleetca- ren kanssa.

Selvitys- ja esitestausvaihe

Alussa keskityimme analysoimaan nykyisen sarjaliikenteisen baliisin elinkaarta ja sen soveltuvuutta siirtymäajan ratkaisuksi. Melko pian kävi ilmi, ettei baliisin suunniteltu elinkaari tule kestäämään koko siirtymäkauden ajan, jolloin tunnistimme vaihtotarpeen, joka tulisi hallita asianmukaisesti. Kun siihen

yhdisti laiteoimittajan komponenttisaatavuusongelmat ja heidän sisäisen tarpeensa virtaviivaistaa tuotantoa kohti eurooppalaista tarvetta, syntyi selkeä näkemys siitä, että tarve tuotekehitykselle oli perusteltu ja sen edut olivat kiistattomat nykyiseen malliin verrattuna. Hankintaperusteiden laatimisessa avustamisen jälkeen laitevalmistaja toimitti ensimmäiset prototyypit Suomeen esitettäväksi. Turvallisuussyistä ja riskien hallitsemiseksi ensimmäiset kenttätestit tehtiin yhdellä baliisiryhmällä, matalilla nopeuksilla ja ilman kiinteitä asennuksia Ilmalan ratapihalla kesällä 2021 yhteistyössä laiteoimittajan kanssa. Testit sujuivat ongelmitta ja virheettä, ja tämän esitestin perusteella olimme valmiit siirtymään prototyypillä kenttätesteihin rataympäristössä.

Testausvaihe

Testausvaihe käynnistettiin suunnittelulla ja riskienhallinnalla sekä tarvittavien testauslupien hakemisella Väylävirastolta ja samalla Traficomia tiedotettiin projektin etenemisestä. Prototyypin kenttätestit toteutettiin Oikoradalla Kerava-Haarajoki-liikenneväylällä alkusyksystä 2021 joulukuun saakka. Testausta varten Oikoradalle asennettiin 2 baliisiryhmää eli yhteensä 4 baliisia ns. liikenteen vastasuuntaan. Testiajoja suoritettiin ratatyöluvilla viisi kertaa, joiden aikana ei havaittu ongelmia baliisin rakenteessa tai

virheitä sen JKV-toiminnallisuudessa. Testiajot suoritettiin Siemens Vectron Sr3-veturilla, joka tarjosi mahdollisuuden suunnitella ja ajaa Balise2020-testiajoja myös eurobaliisina, jotka suoritettiin virheittä. Kuukausittaisten testiajojen lisäksi baliisit saivat jäädä radalle testien välissä, jolloin vähintään yksi juna ajoi joka päivä baliisien yli myös myötäsuuntaan, mikä lisäsi testikertojen määrää merkittävästi. Prototyypin testaustulokset vahvistivat entistään näkemystä tuotteen toimivuudesta oikeissa kenttäolosuhteissa ja mahdollistivat siirtymisen hyväksyntävaiheeseen eli testeihin tuotantoversiolla.

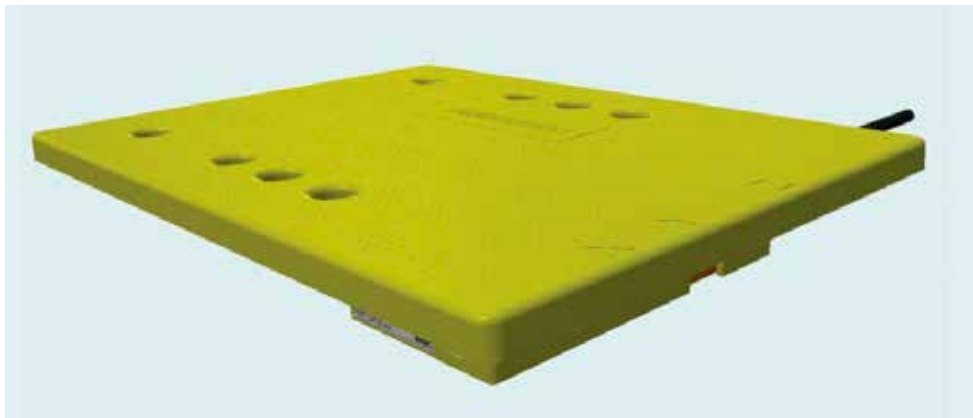
Hyväksyntävaihe

Hyväksyntävaihe käynnistettiin vaihtamalla asennetut Balise2020:t tuotantoversiomalleihin. Asennustyöt ja ensimmäiset testit suoritettiin tammikuussa 2022, ja testejä jatkettiin aina toukokuulle 2022 saakka kerran kuussa yhteensä viisi kertaa, joista jokaisella ajettiin sekä JKV-baliisi- että eurobaliisitestejä. Testijakson ajaksi saimme luvan asentaa lisäksi yhden baliisiryhmän myötäsuuntaiselle raiteelle, jolloin jokainen kalustoylitys toisi lisätietoa baliisien luotettavuudesta. Lisäasennuksen myötä testibaliiseilta luet-

tiin baliisisanoma arviolta vajaa 20 000 kertaa 13.1.-31.10.2022, kun laskennassa käytetään keskiarvona 30 junaa vuorokaudessa. Testiajoissa ja niiden välissä ei rekisteröity vikakoodeja tai muuta virheellistä toiminnallisuutta yhdeltäkään testibaliisilta. Onnistuneen testijakson perusteella tuotehyväksyntäprosessi aloitettiin kesällä CENELEC EN ISA -arviointilaitoksen sekä ilmoitetun laitoksen (NoBo) toimesta. Artikkelin kirjoittamishetkellä sekä EN ISA että NoBo-sertifioinnit ovat viimeistelyä vaille valmiita ja nime- tyn laitoksen (DeBo) arviointi on aikataulutettu joulukuulle 2022. Lopullisen FI-tarkastustodistuksen oletetaan olevan valmis heti alkuvuodesta 2023.

Käyttö

Kun laitetoimittaja on laatinut sertifikaatteihin perustuvat EY- ja FI-vaatimustenmukaisuusvakuutukset Balise2020-tuotteelleen, sitä voidaan käyttää Suomen rataverkolla JKV-baliisina sekä tulevaisuudessa myös ERTMS-radoilla eurobaliisina vakuutusten luet- telemien ehtojen mukaisesti. Näin se takaa turvallisen, luotetta- van ja tarpeisiin mukautuvan baliisiratkaisun siirtymäajalle JKV- järjestelmästä ERTMS-järjestelmään ja sen jälkeen.



Kuvassa Alstomin kaksitoiminen baliisi: Balise 2020

Korkeusviiva vai kiskonselkä? Raiteen korkeusaseman määrittelyn mahdollisuudet

Raidegeometriaa käsittelevää ratateknisten ohjeiden (RATO) osaa 2 päivitettiin loppukesästä 2020 alkaneessa projektissa. Uudistettu ohje tuli voimaan 1.6.2021. Päivityksen yhteydessä pohdittiin mm. raiteen suunnitellun korkeusaseman määrittelyn tapaa. Suomessa on rautateillä pitkään käytetty korkeusaseman esittämisessä raiteen korkeusviivaa, mutta olisiko kiskon selän korkeuden käyttö mahdollista meilläkin, kun se onnistuu niin monessa paikassa muuallakin? Olisiko kiskon selän korkeuden käyttämisestä hyötyä?



Pasi Hölttä
Sweco

Vaikka RATO 2:n päivitystarve ei ensisijaisesti syntyntykään raiteen korkeusaseman tarkastelutarpeesta, tämäkin teema otettiin ryhmätyöskentelyssä käsiteltäväksi. Kiskon selän korkeuden (ksk) käyttö raiteen korkeusaseman määrittelyssä sai asiantuntijoiden parissa varovaista kannatusta, mutta keskusteluissa toki tiedostettiin asian melko suuret vaikutukset sekä se, että kaikki aiempi suunnitelma-aineisto on esitetty korkeusviivan mukaisesti. Siksi ohjeesta olisi tullut enemmän mahdollistava kuin velvoittava. Vaikka lopulta päätettiin pitäytymään entisessä toimintatavassa, ohjeen sanamuotoja kuitenkin muutettiin niin, ettei toisenlaisen korkeusmäärittelyn käyttöönotto vaadi erityisen suuria muutoksia itse ohjetekstiin.

Korkeusviiva – tuttu ja turvallinen

RATO 2:n mukaan raiteen korkeusviivalla (kv) tarkoitetaan viivaa, joka sijaitsee aluslevyn tai välilevyn alapinnan tasossa kiskon kulkureunan kohdalla. Kallistetuissa kaarteissa korkeusviiva määritellään alemman kiskon kulkureunan kohdalla.

Korkeusviiva siis useissa tapauksissa osoittaa ratapölkyn yläpinnan tasoa, joka on usein myös tukikerroksen eli raiteen rakenekerrosten yläpinnan korkeus. Raiteen rakenekerrosten paksuuksia ja pintojen korkeuksia on totuttu esittämään havainnollisesti etäisyyksinä korkeusviivasta. Korkeusviiva on myös raiteen

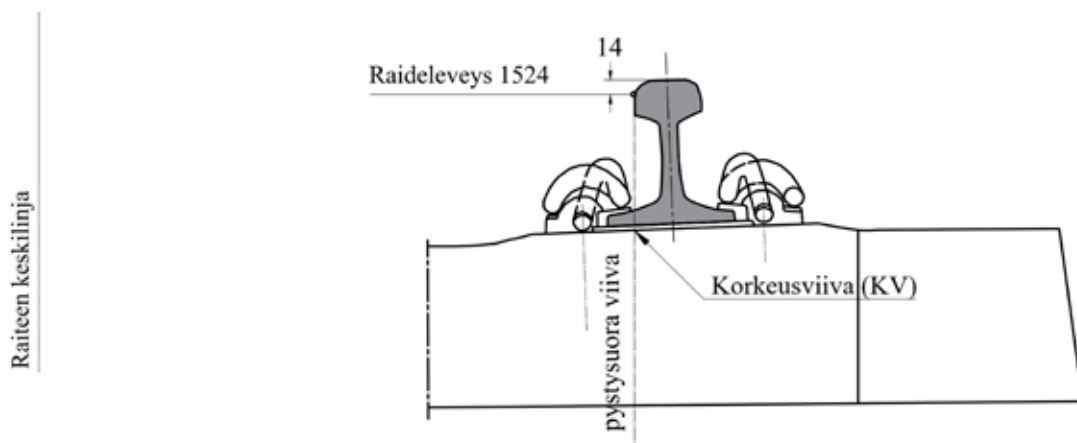
kunnossapidon kannalta käytännöllinen, koska sen määritelmä tekee siitä muutoksia sietävän. Kiskojen pystysuuntainen kuluminen tai kiskojen vaihtaminen eri painoisiin ei muuta raiteen määriteltyä korkeusasemaa.

Lähes kaikessa olemassa olevassa suunnitelma-aineistossa raiteen korkeusasema on ilmaistu korkeusviivan korkeutena. Vaikka ryhdyttäisiinkin siirtymään kiskon selän korkeuden käyttöön, vanhaa korkeusviivassa olevaa aineistoa hyödynnettäisiin radan kunnossapidossa ja suunnittelun lähtötietona vielä pitkään. Raidegeometriatiedon hallinnassa olisi olennaista säilyttää ja välittää tietoa kunkin raidegeometria-aineiston korkeusaseman määrittelytavasta, jos useampia tapoja olisi käytössä. Nykyisessä Infra-model-määrittelyssä ei ole vakioitu tapaa, jolla ilmaistaisiin, mitä korkeutta xml-tiedostossa olevat raiteen korkeudet tarkoittavat.

Kiskon selän korkeus – uhka vai mahdollisuus?

Junan pyörä kulkee kiskon selkää pitkin, joten kiskon selän tasaisuus on yksi tärkeimmistä ratateknisistä tavoitteista raidetta rakennettaessa. Se, millä korkeudella ratapölkkyt ovat, ei ole raiteen käyttämisen kannalta kiinnostavaa. Jotta kiskon selkä olisi tasainen myös kiskopainon vaihtumiskohdissa ja vaihteissa, eli kun esimerkiksi kiskon korkeus tai kiskon kiinnitystapa muuttuu, korkeusviivaan olisi tehtävä kynnys. Tällä tarkkuudella raiteen korkeussuunnittelua ei kuitenkaan käytännössä tehdä. Käyttämällä suunnittelussa kiskon selän korkeutta asian pohtiminen ei olisi suunnitteluvaiheessa edes tarpeen, mutta se siirtyisi otettavaksi huomioon toteutuksessa.

Ratainfrastruktuurin ja liikkuvan kaluston yhteensopivuuteen liittyvät olennaisesti aukean tilan ulottuma (ATU) ja sen sukulaisena laiturinreunojen sijainti raiteen suhteen. Sekä ATUn että laiturinreunojen korkeudet on Suomessa määritelty korkeuksina



Kuva 1. Raiteen korkeusviiva (RATO 2).

kiskon selästä. Ratasuunnittelun eri vaiheissa on siis oltava tarkka siitä, milloin on käytettävä mitäkin raiteen korkeutta ja minkä korkeuden käsillä oleva raidegeometria-aineisto ilmaisee. Kiskon selän korkeuden lähtökohtainen käyttö suunnittelussa voisi vähentää erehtymisen tai huolimattomuuden aiheuttamaa vaaraa.

Mittaustekniikan kannalta kiskon selkä on selkeää mitattavaa. Kohta, jossa korkeusviiva määritelmän mukaan sijaitsee, on kiskon jalan alla, jolloin sitä ei voi siltään mitata. Yleensä raidetta kartoitettaessa mitataan käytännössä kiskon selkä, ja keskilinjalle ja korkeusviivalle pääsemiseksi mittaustulosta siirretään mittauskohdan ja keskilinjän nimellisetäisyyden verran sivulle sekä kiskon nimelliskorkeuden ja alus- tai välilevyn paksuuden verran alaspäin. Raidelevyden poikkeamien tai kiskon kulumisen vaikutus jää ottamatta huomioon, joskin niiden vaikutus lopputulokseen on yleensä mittaustarkkuutta pienempi. Aineiston muokkaamiseen sisältyy kuitenkin aina virheen vaara, joka pienenee, jos muokkuausta tarvitaan vähemmän.

Kiskon selkää käytetään yleisesti maailmalla raiteen korkeusaseman määrittelyssä. Suomessakin kiskon selän tai sitä lähellä olevan korkeuden käyttö on tuttua raitioteiltä ja päällystettyjen kenttien raiteilta esimerkiksi satamissa. Ratasuunnittelussa käytettäviä tietokoneohjelmistoja on aina mukautettava kunkin rataverkon tarpeisiin, ja Suomessa on raiteen korkeusaseman määrittelyn lisäksi otettava toki huomioon myös raideleveys. Osa ohjelmistojen mukauttamistarpeesta mahdollisesti poistuisi, jos käytössä olevat menetelmät olisivat vastaavia kuin muualla. Toisaalta jo valmiiksi mukautettuja järjestelmiä olisi muutettava ymmärtämään muita toimintatapoja.

Kenttätesti Helsingissä

Helsingin ratapihan toimivuuden parantamishankkeessa (HELRA) määriteltiin koko Helsingin ratapihalle ja Helsingin ja Pasilan asemien välille raidegeometria Helsingissä nykyisin käytettävässä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä. Helsingin ratapihalla on paljon vaihteita ja raiteita, ja molemmissa on käytetty vaihtelevasti 54- ja 60-kiloisia kiskoja. Hankkeen suunnitteluperusteissa määriteltiin, että laadittavassa raidegeometriassa käytetään kokeilulluontoisesti raiteen korkeusasemana kiskon selkää. Tällä saavutettiin helppo mittaustulosten käsittely ja yksikäsitteinen ja yksinkertainen raiteen korkeusaseman esitys.

Jotta poikkeuksellinen korkeuden määrittely tuli otetuksi huomioon myös toteutuksessa, asian viestimiseen oli kiinnitettävä erityistä huomiota. Huomautus kiskon selän käytöstä oli merkittävä suunnitelmadokumentteihin ja raidegeometriassa Inframodel-tiedostojen kuvauskenttiin, sekä muistettava mainita asiasta kaikissa sähköposteissa, joissa pystygeometriasta keskusteltiin. Selostuksissa rakennepaksuuksia ilmaistaessa käytettiin korkeutta sekä ksk:sta että kv:sta, aina molempia yhdessä. Vaivannäkö kuitenkin palkittiin, sillä kiskon selän korkeuden käyttö ei aiheuttanut rakentamisaikavaiheessa ongelmia.

Käytännössä on siis osoitettu, että raiteen korkeusaseman määrittely kiskon selän korkeuden perusteella on mahdollinen toimintatapa. Käytettävä korkeuden määrittely ei sinänsä vaikeuta raidegeometriassa mitoitukseen. Alan halua ja valmiutta kiskon selän käyttöön raiteen korkeusaseman määrittelyssä on hyvä tarkastella, kun raidegeometriassa käsitteleviä ohjeita päivitetään seuraavan kerran.

Radan kunnonvalvonnan uudet menetelmät

VR FleetCare on tehnyt yhteistyötä kesästä 2019 lähtien rataverkon ylläpidosta, kehittämisestä sekä kunnossapidosta vastaavan Väyläviraston kanssa vaihteiden ja raidevirtapiirien digitaalisen kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Piloteissa mukana olleet noin 400 mittauskohdetta ovat kerryttäneet jo miljoonia mittaustapahtumia ja rakentaneet pohjan ratalaitteiden kunnonvalvonnan kehittämiseksi. Perusteita tutkimuksille ei tarvitse kaukaa etsiä, sillä vuonna 2022 suurimmat syyt rautatieliikenteen myöhästymisille olivat jälleen ratalaitteisiin liittyvät häiriöt. Kunnonvalvonnalla pystytään parantamaan väylien käytettävyyttä ja luotettavuutta, kun laitteiden vikoihin voidaan reagoida ennen kuin ne aiheuttavat liikennehäiriöitä.



Sami Saloheimo
VR FleetCare

devirtapiirissä kulkevaa virtaa seuraamalla on mahdollista havaita virtapiirin ongelmia, vuotoja ja häiriöitä. Jatkuvalla ja tarkalla mittauksella voidaankin näin kerätä laitteista sellaista tietoa, jota kunnossapitäjä ei normaalisti pysty keräämään. Tämä mahdollistaa tunnuslukujen luonnin, raja-arvojen määrittämisen ja hälytysten rakentamisen. Seuraamalla laitteen toimintaa korkealla tarkkuudella ja taajuudella on mahdollista havaita pieninkin poikkeama laitteen toiminnassa ja käynnistää sen pohjalta kunnossapidolliset prosessit.

Häiriöiden tunnistus ja ehkäisy kunnonvalvonnan avulla

Viat ratalaitteissa aiheuttavat liikenne rajoituksia sekä katkoksia ja sitä kautta myöhästymisiä. Jokaisesta liikennehäiriöstä aiheutuu vuorostaan sidosryhmille kasvavia kustannuksia, viiveitä ja mainehaittoja. Pilottien tulokset osoittavat, että kunnonvalvonnan myötä nämä häiriöt tulevat tapahtumaan harvemmin ja kestämään lyhyemmin. Kunnonvalvontajärjestelmällä voidaankin häiriöiden ehkäisyn lisäksi myös tunnistaa ja kohdentaa häiriöiden sijainti toimilaitteessa nopeuttaen vian korjausta ja siten häiriöstä palautumista.

Mittaamalla vaihteiden kääntöjä, on mahdollista tunnistaa vaihteen kääntöön vaikuttavia tekijöitä. Näistä yleisimmät ovat Suomessa syksyllä rataliikennettä häiritsevät lehdet ja talvella lumi. Vaihteen puhdistustoimenpiteitä on aiemmin johdettu pitkälti arvioon ja kokemukseen perustuvalla päätöksenteolla, tai vasta kun häiriö on ilmennyt. Pilottien tulokset osoittavat, että vaihteen kielen väliin kertyvä lika, lehdet ja lumi on mahdollista havaita seuraamalla kääntölaitteiden sähkömoottoreiden virtasignaaleita. Virtasignaaleista pystytään erottamaan vaihteen kääntöön kuuluva energia, joka luonnollisesti kasvaa kääntöä vaikeuttavan esteen vuoksi. Jatkuva mittaus tarjoaa kunnossapitäjille helpon tavan monitoroida useita vaihteita yhdellä rata-alueella ilman tarkastuskäyntejä helpottaen työnohjausta päivinä, jolloin olosuhteet ovat muutenkin resursseja kuormittavia.



Ratalaitteiden digitaalinen kunnonvalvonta pätkinänkuoressa

Ratalaitteet kuten vaihteet ja raidevirtapiirit ovat toimilaitteita, joista mitatut sähköiset suuret avaavat ikkunan laitteiden sisälunmaailmaan. Raidevirtapiirien kohdalla mittaustapahtuma käynnistyy, kun juna ajaa raidevirtapiirin ylitse aiheuttaen virtapiirin muutoksen. Vaihteet sen sijaan muodostavat antureihin vasten kääntötapahtuman aikana, kun kääntölaitteiden sähkömoottorit työntävät vaihteen kielen kiskolta toiselle. Vaihteen kääntölaitteiden sähkömoottoreiden syöttövirtaa seuraamalla on mahdollista havaita vaihteen kääntöön liittyviä ongelmia, ja vastaavasti rai-



Raiteen poikittaisvastus

Raiteen koneellisen tukemisen, pölkyn vaihdon tai tukikerroksen puhdistuksen seurauksena tukikerros löytyy ja tästä seuraa alentunut raiteen poikittaisvastus. Raiteen poikittaisvastus, joka on raide-elementin ja tukikerroksen vastus kumulatiivisia poikittaisvoimia vastaan. Täydestä tiiveystilasta jopa puoleen alentunut poikittaisvastus on erityisen kriittistä heti itse työn jälkeen ilman ollessa kuuma. Eri teorioiden valossa liikenteen kuormitusta 100 000–500 000 bruttotonnin välissä voidaan pitää sellaisena, että tukikerros on täysin stabiloitunut. Tänä aikana on erityisen suuri riski raiteen nurjahtamiselle.

Radan tukikerrokseen kohdistuvien töiden jälkeen meidän on edelleen oltava poikittaisvoimissa paremmalla puolella. Jos raiteen nurjahtaminen tapahtuu, poikittaisvoimat ovat kasvaneet liiallisiksi siihen nähden mitä poikittaisvastuksen piti ottaa vastaan. Kiskojen lämpötila on kasvanut ja ehkä raiteessa on ollut jokin heräte, esimerkiksi nuolikorkeusvirhe. Kaluston edellään työntämä painealto on kohottanut rai-



Henri Seppälä
Väylävirasto

detta vähentäen poikittaisvastusta tai kohotus on muodostunut kaluston alle. Tämä voidaan toki lähes sivuuttaa betonipölkkyosuuksilla.

Nurjahtaminen voidaan ymmärtää myös niin, että kun mennään x verran kiskonlämpötilassa yli neutraalilämpötilasta, raiteen nurjahtaminen tapahtuu. Tässä on monta tulokulmaa millä lähestyä ja on juurisyy mikä tahansa tai ovat herätteet mitkä tahansa, on kunnossapidon työt mitä tahansa, tai rataa ollaan vasta rakentamassa, meidän ja meidän ratojemme on kestävä. Niin ensi kesänä kuin sadan vuoden päästäkin. Tässä muuttuvassa tilanteessa pitää katsoa tukevasti tulevaisuuteen, oppia menneisyyden virheistä ja ottaa olemassa

olevat työkalut käyttöön. Mahdollisten muuttuvien ohjeistuksien purnaamisen sijaan meidän on otettava ne vastaan haasteina ja rakentaa tulevaisuuden raiteet kestäväan kalustoa, kunnossapitoa ja ilmastoa.

Raidevirtapiirit puolestaan häiriintyvät, mikäli niiden virtapiiri muuttuu, kuten esimerkiksi lastuamisen tai kaapelivian vuoksi. Virtapiirin muutokset vaikuttavat vuorostaan suoraan piirissä kulkevaan virtaan ja jännitteeseen, ja nämä muutokset on mahdollista havaita tarkoilla antureilla. Pilotit ovat osoittaneet, että raidevirtapiirien seuranta tarjoaa ennennäkemättömän kuvan raidevirtapiirin häiriöihin. Tapahtumista voidaan tunnistaa niin häiriön sijainti kuin häiriön syy, mikä mahdollistaa korjaavien ja ehkäisevien kunnossapitotoimenpiteiden kohdentamisen.

Piloteista kilpailutukseen ja voiton kautta yhteistyöhön

Pilotit osoittivat Väylävirastolle, että kunnonvalvonta on mahdollista, ja sellainen järjestelmä voi tarjota jopa useita päiviä aikaa reagoida syntyvään vikaan. Positiivisten tulosten vuoksi Väylävi-

rasto päätyikin kilpailuttamaan keväällä 2022 vaihteiden kunnonvalvonnan, jonka VR Fleetcare onnistui voittamaan parhaalla tarjouksella. Yhteistyö vaihteiden kunnonvalvonnasta Väyläviraston kanssa jatkuu ainakin vuoteen 2027 asti. Tänä aikana piloteissa tunnistetut hyödyt siirtyvät rataomaisuuden hallinnan kehittämiseen ja ratalaitteiden kunnossapidon ohjaukseen.

Marko Lehtosaari, radan kunnossapidon asiantuntija, Väylävirasto:

"Digitaalisella kunnonvalvonnalla ja sen mahdollistamalla reaaliaikaisella seurannalla on ehdottomasti potentiaalia. VR FleetCaren kanssa tehty yhteistyö ja pilotit ovat osoittaneet, että varsin yksinkertaisilla järjestelmillä saadaan hyödyllistä tietoa. Ratainfran ja -laitteiden digitaalinen kunnonvalvonta ei ole vaikeaa, kun mukana on osaavat kumppanit ja riittävää rohkeutta."

Pori–Mäntyluoto-koerataosuuksien tärinä-, runkomelu- ja melupäästötutkimukset

Porin ja Mäntyluodon väliselle radalle Ulasoorin alueelle toteutettiin vuonna 2020 ennen varsinaista perusparannushanketta testirata, jolla vertailtiin pohjainpölkyn ja erikokoisten synteettisten pölkkyjen vaikutusta tavarajunan tärinä- ja runkome-lutasoihin sekä melupäästöön. Vuoden 2020 tutkimuksessa saatiin lupaavia tuloksia pohjainpölkyn tärinän vaimennuskyvystä verrattuna perinteiseen betonipölkkyyn. Jatkotutkimusta varten perusparannuksen yhteydessä vuonna 2021 toteutettiin seitsemän uutta testirataosuutta, joihin asennettiin erityyppisillä pohjaimilla varustettuja pölkkyjä. Lisäksi radalle toteutettiin kaksi testiosuutta tavanomaisilla betonipölkkyillä mittaustulosten vertailua varten. Tutkimuksen tulosten perusteella oikein valittu pohjainpölkky vaimentaa raskaan tavarajunan tärinää tavanomaiseen betonipölkkyyn verrattuna ja näin ollen voidaan arvioida sen soveltuvan tärinän torjuntakeinoksi. Erityisesti päällysrakenteen uusimisen yhteydessä pohjainpölkky on todennäköisesti hyvin kustannustehokas tärinän vaimennuskeino. Pohjainpölkkyllä saavutettiin myös hieman vaimennusta runkomelun osalta, joka oli odotettavissa, koska ratkaisua on ulkomailla usein käytetty ja testattu. Synteettisillä pölkkyillä yli 40 Hz taajuuksilla esiintyvät resonanssit puolestaan voimistivat runkomelutasoja merkittävästi. Melupäästömittausten perusteella synteettiset pölkkyt tuottavat betonipölkkyyn verrattuna enemmän melua. Pohjainpölkky ei kokonaisäänialtistustasoiltaan ollut merkittävästi meluisampi tai hiljaisempi kuin normaali betonipölkky. Kaikkien pölkkyjen määritettyjen junavakioiden perusteella lasketut äänialtistustasot olivat Suomessa käytössä oleviin junavakioihin verrattuna hiljaisemmat. Tulos on yllättävä ja näin ollen onkin käynnistynyt junatyypivakioiden osalta erillinen tutkimushanke, jonka esiselvitysvaihe valmistuu vuoden 2022 loppuun mennessä.

Koejärjestelyt

Vuoden 2020 mittauksia varten oli käytettävissä erillinen testijuna, joka oli yli 700 metriä pitkä ja painoi noin 4500 tonnia. Testijunalla suoritettiin ohiajoja kahtena erillisenä päivänä tavoitenopeuksilla 50 km/h ja 70 km/h. Vuoden 2021 testijunan pituus oli noin 650 metriä ja kokonaispaino noin 3900 tonnia. Aikaisempien tavoitenopeuksien lisäksi mittauksia tehtiin myös 40 km/h tavoitenopeudella. Kuvassa 1 on esitetty molempien vuosien koerataosuuksien sijainnit sekä käytetyt pohjaintyytit.



*Timo Huhtala
A-Insinööri*



*Benjamin Oksanen
A-Insinööri*



*Ville Kovalainen
A-Insinööri*

Mittaukset

Kunkin testirataosuuden puolivälissä mitattiin värähtelyä kahdesta mittauspisteestä eri etäisyyksillä radasta. Värähtelyä mitattiin kolmiaksaalisesti eli pystysuuntaan sekä radansuuntaisesti ja rataa vasten kohtisuoraan. Mittarit kiinnitettiin betonilaattoihin, jotka asennettiin mittauspisteisiin maanvaraisesti. Betonilaattojen alta poistettiin mahdollinen maanpinnan kasvipeite niin, että betonilaatat olivat tukevasti kiinni maan pintakerroksessa. Vuoden 2020 mittauksissa etäisyydet olivat keskimäärin 7 ja 14 metriä ja vuonna 2021 14 ja 28 metriä. Vuonna 2020 toteutetuissa melupäästömittauksissa mittauspisteet sijoitettiin tutkittavan koerataosuuden puoleen väliin noin 1,2 metrin korkeudelle kiskonselästä standardin ISO 3095:2006 mukaisesti. Mittausetäisyys oli maisemoinneista ja muista maasto-olosuhteista johtuen 10 metriä.

Tulokset

Tehtyjen melupäästömittausten perusteella synteettiset FFU-pölkkyt tuottavat lähtökohtaisesti 1–2 dB enemmän ääntä kuin perinteiset betonipölkkyt. Tämä näkyy erityisesti taajuusalueella 200–500 Hz äänialtistustason noin 2–4 dB kasvuna. Pohjaimella varustettu betonipölkky voi joissain tapauksissa olla hieman hiljaisempi tai meluisampi kuin normaali betonipölkky, mutta erot eivät välttämättä näy äänialtistustasojen kokonaistasoissa merkittävinä muutoksina. Mitatut erot voivat johtua kiskon muuttuneesta äänensäteilystä pitkittäisvaimennuksen heikentyessä ja pölkyn oman äänensäteilyn muuttumisesta. Kiskon pitkittäisvaimennuksen heikentyminen johtuu todennäköisesti vähentyneestä pölkyn massasta, kun pölkky materiaali vaihdetaan betonista FFU:hun. Määritettyjen junavakioiden perusteella mitatut äänialtistustasot ovat yleisesti käytössä oleviin junien junavakioihin verrattuna merkittävästi pienempiä (noin 5–10 dB). Poikkeama äänialtistustasoissa on yllättävä ja sillä voi olla merkittäviä vaikutuksia meluselvitysten tarkkuuteen sekä

meluntorjunnan mitoitukseen. Aiheen tiimoilta on käynnistynyt erillinen tutkimushanke, jonka esiselvitysvaihe valmistuu vuoden 2022 loppuun mennessä.

Runkomelutason muutoksen yksilukuarvojen perusteella ainoastaan pohjainpölkkyllä saavutettiin vaimennusta kaikissa mittaus suunnissa. Kuitenkin värähtelyn vaakasuunnissa esiintyy voimistumista alle 80 Hz taajuuksilla ja vaimentumista tätä korke-



Kuva 1. Vuosien 2020 ja 2021 koerataosuudet sekä käytetyt pohjaintyytit, jotka jakautuivat staattisen jäykkyyden perusteella kolmeen luokkaan: pehmeä, normaali ja jäykkä.

ammilla taajuuksilla. Pystysuuntaisessa värähtelyssä alle 80 Hz taajuuksissa esiintyy vaimentumista ja 100 Hz korkeammilla taajuuksilla voimistumista. Synteettisillä FFU-pölkkyillä runkomelun vaimennusta esiintyy joillakin taajuusalueilla, mutta huomattavasti merkittävämpiä olivat FFU-pölkkyjen resonansseista johtuvat värähtelyn voimistumspiikit, joissa runkomelutaso voi kasvaa kymmeniä desibelejä. Resonanssi johtuu todennäköisesti pölkyn alimmasta ominaisvärähtelymuodosta, jonka vaikutus on havaittu myös ulkomaalaisessa tutkimuskirjallisuudessa.

Vuosina 2020 ja 2021 tehtyjen mittausten perusteella havaittiin tiettyjen pohjaimien vaimentavan ääntä betonipölkkyihin verrattuna. Samankaltaisella maaperällä verrattaessa betonipölkkyjen ja pohjainpölkkyjen ääntäeroja todettiin jäykkyydeltään normaalien ja pehmeiden pohjaimien vaimentavan ääntäero riippumatta junan nopeudesta tai maaperästä. Jäykimmät pohjaimet käyttäytyivät betonipölkyn tapaan eikä niillä siten havaittu saavutettavan vaimennusta ääntäeroihin. Pohjaimen vaikutus ääntäeroon ei ole kuitenkaan niin merkittävä kuin maaperän jäykkyyden. Vaikutus on enimmillään samaa suuruusluokkaa kuin nopeuden muutos 70...50 km/h testiratojen maaperäolosuhteissa. Normaalilla pohjaimella (Pandrol USP-R-07e) ääntä havaittiin vaimenevan tehokkaimmin ja betonipölkkyyn verrattuna noin 10–30 % taajuusalueella 1–80 Hz pystysuunnassa ja noin 15–40 % ääntäeron kannalta merkittävimmillä 1–20 Hz taajuuksilla.

Johtopäätökset

Tutkimuksen tulosten perusteella oikein valittu pohjainpölkky vaimentaa raskaan tavarajunan ääntä ja runkomelua tavanomaiseen betonipölkkyyn verrattuna. FFU-pölkkyillä ei havaittu merkittävää vaimennusta ääntäeroon mutta ne voivat korottaa runkomelutasoja merkittävästi. Ääntäerot ovat pohjainpölkkyillä pienempiä betonipölkkyihin verrattuna maaperän jäykkyydestä tai junan nopeudesta riippumatta. Tulosten perusteella pohjainpölkky voidaan arvioida soveltuvan ääntäeron torjuntakeinoksi tavanomaisen betonipölkyn tilalle. Erityisesti päällysrakenteen uusimisen yhteydessä pohjainpölkky on todennäköisesti hyvin kustannustehokas ääntäeron vaimennuskeino. Koealuetta voidaan pitää ääntäeron kannalta suotuisana alueena, mutta se ei kuitenkaan edusta ominaisuuksiltaan kaikkein pehmeimpiä savikkoalueita, jotka ovat tyypillisesti haastavimpia ääntäerohaittojen osalta. Näin ollen erityisen ääntäerohaittojen ja pehmeiden alueiden osalta tarvitaan jatkotutkimuksia pohjainpölkkyjen käyttäytymisestä ja niiden kyvystä vaimentaa ääntä tavanomaisiin betonipölkkyihin verrattuna.

Melupäästömittausten perusteella FFU-pölkkyt ovat hieman perinteisiä betonipölkkyjä meluisampia. Pohjainpölkkyillä ei havaittu merkittävää eroa betonipölkkyyn verrattuna. Tavarajunan äänialtistusarvot olivat kuitenkin huomattavasti yleisesti käytössä oleviin junien junavakioihin verrattuna pienempiä ja tällä voi olla merkittäviä vaikutuksia meluselvitysten tarkkuuteen sekä melun torjunnan mitoittamiseen. Tästä syystä on tarpeen tehdä jatkotutkimusta käytössä olevien junatyypivakioiden osalta.

Työkaluja raideliikenteen kyberturvallisuustyöhön

Tiivistelmäartikkeli perustuu Euroopan komission 20.7.2021 julkaisuun ”Liikenteen kyberturvallisuutta koskeva välineistö”. Artikkelin tarkoitus on lisätä kaikkien raideliikennesektorilla työskentelevien tietoisuutta kyberturvallisuudesta sekä kasvat-
taa raideliikenteen kyberturvallisuudesta vastaavien päätöksentekijöiden ymmärrystä kyberturvallisuuden riskienhallinnasta.

https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/security-safety/cybersecurity_fi



Ville Lahti
Traficom

Kyberturvallisuutta kaikille raideliikennealan työntekijöille

Raideliikenne on osa Suomen kriittistä infrastruktuuria ja raideliikenteen kyberturvallisuus on yksi tärkeä riskienhallinnan osa-alue. Raideliikennejärjestelmässä toimijoiden kyberturvallisuuden riskienhallinnan kypsyystaso vaihtelee. Tämä julkaisu on suunnattu yleistiedoksi kaikille raideliikenneympäristössä toimiville henkilöille tietoisuuden lisäämiseksi raideliikenteen kyberturvallisuudesta sekä päätöksentekijöille, jotka vastaavat raideliikenteen turvallisuudesta tai kyberturvallisuudesta ja joiden organisaatioissa kyberturvallisuuden riskienhallintaa ei vielä ole sisällytetty osaksi organisaation turvallisuusjohtamista.

Tietoturvalta tarkoitetaan tiedon saatavuutta, eheyttä ja luotamuksellisuutta. Kyberturvallisuus tarkoittaa digitaalisen ja verkottuneen yhteiskunnan tai organisaation turvallisuutta ja vaikutusta niiden toimintoihin. Yksinkertaistettuna tieto- ja kyberturvallisuus voidaan mieltää toistensa synonyymeiksi. Yleistäen kyberturvallisuudessa on kysymys digitaalisten laitteiden ja palveluiden toiminnasta, jotka usein ovat riippuvaisia sähköstä ja tietoliikenneyhteyksistä.

Raideliikenteen kyberturvallisuutta lähestytään usein kaksiosaisella jaotellulla IT- ja OT-ympäristöihin. IT-ympäristöillä tarkoitetaan informaatioteknisiä ympäristöjä, jossa tietokoneiden ja digitaalisen tietoliikenteen avulla käsitellään tietoa. IT-ympäristön keskeisiä palveluita ovat esimerkiksi sähköposti, kotisivut, taloushallinto ja maksuliikenne sekä organisaation asiakirja- ja toiminnanohjausjärjestelmä. Toiminnanohjausjärjestelmiä tai niiden osia voi olla esimerkiksi junan kokoonpanoa sisältävät tiedot, kuljettajien työvuorotiedot, kuljettajien päätelaitteet, aikataulutiedot sekä kunnossapidon tilaukset ja tehtävälisat. OT-ympäristöillä tarkoitetaan operatiivisen teknologian ympäristöjä, missä laitteet ja ohjelmistot valvovat tai kontrolloivat teollisia laitteita, omaisuutta, prosesseja tai tapahtumia. Raideliikenteen OT-ympäristöjä ovat esimerkiksi sähköradat, osa liikkuvan kaluston järjestelmistä, asetin- ja turvalaittekonaisuudet sekä niiden kaukokäyttö liikenteenohjauskeskuksissa.

Kyberturvallisuuden riskienhallinnassa kaikki oleelliset uhkat tulisi huomioida. Uhkien lähteitä tai uhkatoimijoita voidaan luokitella ihmisen ja luonnon aiheuttamiin uhkiin. Ihmisen aiheuttamia uhkia usein jaotellaan tahallisiin ja tahattomiin uhkiin. Tahallisia

kyberuhkia aiheuttavia toimijoita ovat mm. hakkerit, aktivistit, terroristit, rikolliset, valtion tukemat ryhmittymät ja kansallisvaltiot. Sisäpiiriläiset eli työntekijät, alihankkijat ja sopimuskumppanit voivat olla tahallisia uhkatoimijoita levittäessä tietoisesti haittaohjelman organisaatioissa tai tahattomia toimijoita katkaisemalla vahingossa ratatyömaalla tietoliikennekaapelin. Luonnon aiheuttamia uhkia voivat olla esimerkiksi lämpötilan, paikallisen säätilan tai vaikka avaruussään muutosten vaikutus digitaalisten laitteiden toimintaan. Kaikkien uhkien lähteiden kohdalla luokittelu ei ole yksiselitteistä ja uhkat voivat olla myös suoria tai välillisiä. Esimerkiksi digitaalinen laite voi lakata toimimasta sateen

aiheuttaman tulvimisen tai rakennuksen vesiputken rikkoutumisen seurauksena.

Raideliikenteeseen kohdistuvat tahalliset ihmisestä aiheutu-
vat kyberhyökkäykset ovat tyypillisesti palvelunestohyökkäyksiä, haittaohjelmien levittämistä, verkkourkintaa, luvaton käyttöä, varkauksia ja ohjelmistojen manipulointia. Haittaohjelmat voivat esimerkiksi heikentää tai keskeyttää tietyn digitaalisen palvelun toiminnan esimerkiksi salaamalla laitteen tiedot. Haittaohjelman käyttöön voidaan liittää myös taloudellista organisaation, työntekijöihin tai asiakkaisiin kohdistuvaa taloudellista kiristämistä vastineeksi toivosta saada salatut tiedot avatuksi tai rikollisen lupauksesta olla julkaisematta haittaohjelman avulla varastettuja tietoja. Palvelunestohyökkäyksissä estetään henkilöitä tai organisaatioita käyttämästä tiettyjä tietoliikennepalveluja tai -resursseja. Esimerkiksi sähköistä lipunmyyntipalvelua suoraan tai välillisesti kuormitetaan niin paljon, että kukaan ei voi ostaa lippua.

Kyberturvalliset käytännöt:

- Noudata ohjeita
- Varmuuskopioi
- Suojaa laitteet ja järjestelmät
- Älä avaa odottamattomien sähköpostien liitteitä tai linkkejä
- Pidä asennetut ohjelmistot päivitettyinä

Kaikkien raideliikennealalla toimivien kyberturvallisia työkäytäntöjä ovat mm. seuraavat: Noudata turvallisuuskäytäntöjä, varmuuskopioi tietosi, lukitse ja suojaa järjestelmät sekä mobiililaitteet, älä avaa odottamattomien sähköpostien liitteitä tai linkkejä sekä pidä asennetut ohjelmistot päivitettyinä.

Kyberturvallisuutta raideliikennealan päätöksentekijöille

Raideliikennealan päätöksentekijöiden tulee järjestää kyberturvallisuuden johtaminen sekä kyberturvallisuuden riskienhallinta niin, että suojaavia riskienhallintatoimenpiteitä toteutetaan, kyberturvallisuusuhkia kyetään havaitsemaan sekä poikkeamiin reagoidaan ja niistä palautetaan suunnitelmallisesti.

Johtaminen ja hallinto. Päätöksentekijöiden tulee osoittaa kyberturvallisuudessa johtajuutta ja määrittää hallinto. Kaikenkokoisille organisaatioille hyviä käytäntöjä ovat muun muassa:

- Organisaation johto ja johtokunta osoittavat kyberturvallisuudessa johtajuutta. Heille ilmoitetaan kyberturvallisuuteen liittyvistä ongelmista ja he tekevät tietoon perustuvia päätöksiä resurssien kohdentamisesta.
- Nimitetään kyberturvallisuudesta vastaava ylempi toimihenkilö, joka vastaa tietotekniikan ja operatiivisen teknologian turvallisuuden yleisestä hallinnoinnista.
- Määritetään selkeästi kyberturvallisuuteen liittyvät tehtävät, vastuualueet, toimivaltuudet ja hyväksynät. Näistä viestitään ja sovitaan henkilökunnan kanssa.
- Määritetään hallintamekanismit laki- ja sopimusperustaisten kyberturvallisuuteen liittyvien velvollisuuksien tuntemiseksi ja noudattamiseksi.

Kyberriskien hallinta. Raideliikenteen toimijoilta edellytetään kyberturvallisuuden riskienhallinnan organisointia tietoturvallisuuden hallintajärjestelmää hyödyntäen, johon kuuluvat muun muassa:

- Yleiskuvan laatiminen organisaation käyttämistä laitteista ja tietojärjestelmistä IT- ja OT ympäristöissä
- Kyberturvallisuusriskien arviointien toteuttaminen
- Tunnistetaan ja toteutetaan riskienhallintatoimenpiteitä ja -suunnitelmia riskien lieventämiseksi

Päätöksentekijät varmistavat kyberriskien hallinnalla

- tunnistamisen,
- suojautumisen
- havainnoinnin
- reagoinnin ja
- palautumisen

Kyberuhkilta suojautuminen

Kyberturvallisuushenkilä suojautuminen tulee mitoittaa riittäväksi ja oikeasuhtaiseksi. Turvallisuustoimenpiteitä ovat muun muassa:

- Määritetään kyberturvallisuuspolitiikka, -käytännöt ja -prosessit joiden mukaan toimitaan ja niiden sisällöstä viestitään.
- Identiteettejä ja käyttöoikeuksia niin ihmis- kuin konekäyttäjien osalta hallitaan ja etuoikeutettuihin rooleihin ja vastuisiin kiinnitetään huomiota.
- Tiedot ja järjestelmät suojataan riskilähtöisen lähestymistavan mukaisesti huomioiden myös fyysinen turvallisuus.
- Verkkojen ja järjestelmien häiriönsietokykyä ja toimintavarmuutta kehitetään esimerkiksi varmentamalla toimintoja, huolehtimalla järjestelmien ja verkkojen redundanssista ja erottelemalla verkkoja.

Kyberuhkien havaitseminen

Raideliikenteen toimijoiden olisi varmistettava, että turvallisuustoimenpiteet pysyvät ajan kuluessa tehokkaina ja havaittava merkitykselliset kyberturvallisuustapahtumat. Uhkien havaitsemiseksi toimijoiden tulisi mm. seurata verkkojen- ja tietojärjestelmien tur-

vallisuusutilannetta. Tietoturvatapahtumien löytämiseksi toimijoiden tulisi vaihtaa tietoa yhteistyöverkostoissa ja arvioida havaitsemiskykyä lisäävien teknologioiden käyttöä.

Reagoinnin ja elpymisen suunnittelu

Organisaatioiden tulisi käytännössä määrittää, toteuttaa ja testata poikkeamien hallintamenettelyitä, joilla varmistetaan kriittisten palveluiden ja järjestelmien toiminnan jatkuvuus kyberpoikkeaman sattuessa. Suunnittelussa tulisi huomioida mm. yhteistyö kyberturvallisuuskeskuksen kanssa, tiedonvaihto verkostoissa, säännöllinen harjoittelu, varmuuskopioiden toiminta ja manuaaliset prosessit digitaalisten palveluiden heikentyessä.

Suomessa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom vastaa osaltaan raideliikenteen kyberturvallisuuden koordinoinnista, kehittämisestä ja valvonnasta. EU komission suomenkielisessä julkaisussa ”Liikenteen kyberturvallisuutta koskeva välineistö”¹ esitettyjä käytäntöjä noudattamalla organisaation kyberturvallisuustyö saadaan alkuun. Traficom suosituksesta kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä julkaistaan 2023 päivitys. Traficom suositaa² kaikkia raideliikenteen toimijoita arvioimaan ja mittaamaan organisaatioiden kyberturvallisuuden tasoa, ylittämään Kyberturvallisuuskeskuksen Kybermittarin³ tason 1 tai hyödyntämään kansainvälisiä tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän viitekehityksiä kuten ISO/IEC 27001:2022.

- 1 https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/security-safety/cybersecurity_fi
- 2 <https://www.traficom.fi/fi/saadokset/suositus-kyberturvallisuuden-edistamisesta-raideliikenteessa>
- 3 <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/fi/palvelumme/tilannekuva-ja-verkostot/kybermittari>

Rataverkon kyberturvallisuusohjelma

Taustaa kyberturvallisuusohjelmalle

Rataverkon kyberturvallisuus nousi keskusteluun varsinkin vuoden 2019 erilaisten julkisuudessa olleiden tietoturvahyökkäysten vuoksi. Suomen rataverkkoa vasten ei tehty yhtäkään tietoturvahyökkäystä. Osin tästä julkisuudessa olleista tietoturvahyökkäyksistä johtuen Väylävirasto päätti auditoida rataverkon tietoturvasuutta. Koska rataverkko koostuu useista eri turvalaitejärjestelmistä, päätettiin arvioida aluksi yksi vanhemman teknologian järjestelmä ja käynnistää rataverkon kyberturvallisuusohjelma, jonka tavoitteena on parantaa koko rataverkon kyberturvallisuutta.



Paul Kinnunen
Väylävirasto

- tilaajatoiminnot korvausinvestoinneille (Väyläviraston Hankkeet-toimiala)
- rakennuttajakonsultit (palveluntuottajat)
- laitetuottajat / korvausinvestointien järjestelmätoimitukset
- turvalaiteurakoitsijat / projektien turvalaiteurakentaminen
- kunnossapidon tilaajatoiminto (Väyläviraston Väylänpito-toimialan kunnossapito-osasto)
- alueelliset kunnossapidon valvojat (konsultit)
- alueelliset kunnossapitourakoitsijat (palveluntuottajat)

Auditointi toteutettiin vuonna 2020 ja tarkoituksena oli saada selville, mikä on kyseisen rataosuuden tieto- ja kyberturvallisuuden tila turvalaitteiden osalta. Auditointiraportin myötä tuli tarve lähteä kehittämään koko rataverkon kyberturvallisuutta ottaen huomioon myös Digiratahanke. Tavoitteena on, että erilaisten tarkastusten havainnot huomioidaan riskiperusteisesti nykyisissä järjestelmissä sekä Digiratahankeessa, jos jotain kehitettävää löytyy.

Hankkeen aikana on tehty auditointeja myös nykyaikaisille rataosuuksille ja katsottu, löytyykö yhtäläisyyksiä havainnoissa. Turvalaitteiden lisäksi kartoitetaan ja tarvittaessa parannetaan myös muita rautatiejärjestelmän toiminnan kannalta tärkeitä järjestelmiä ja sovelluksia.

Turvalaitteista

Rataverkon turvalaitekokonaisuus koostuu useista eri laitteista ja eri aikakausien teknologioista. Turvalaitteella ohjataan rautatieliikennettä asettamalla keskitetysti junan käyttämällä kulkutiellä olevat vaihteet oikeisiin asentoihin ja opastimet ajon salliviin asentoihin. Suomen rataverkolla on useita eri ikäisiä turvalaitejärjestelmiä ja monia toimijoita, kotimaisia ja kansainvälisiä.

Rataverkon turvalaitekokonaisuus on rakentunut Suomessa pitkäjänteisesti vuosien saatossa. Vanhimmat käytössä olevat turvalaitejärjestelmät on otettu käyttöön 1960-luvulla ja uusimmat 2020-luvulla. Käynnissä on myös korvausinvestointeja kohteissa, joissa järjestelmien elinkaaret ovat lopussa tai alle viiden vuoden aikana loppumassa. Digirata tulee merkittävästi muuttamaan koko järjestelmää 2020- ja 2030-lukujen aikana.

Väylävirasto on kuluneen yli 10 vuoden aikana tehnyt aktiivisesti työtä palvelutason ylläpitämiseksi sekä pitänyt huolta siitä, että junaliikennettä palveleva turvalaitevarustus on kunnossa ja kriittisimmillä rataosilla tilanne on hyvä.

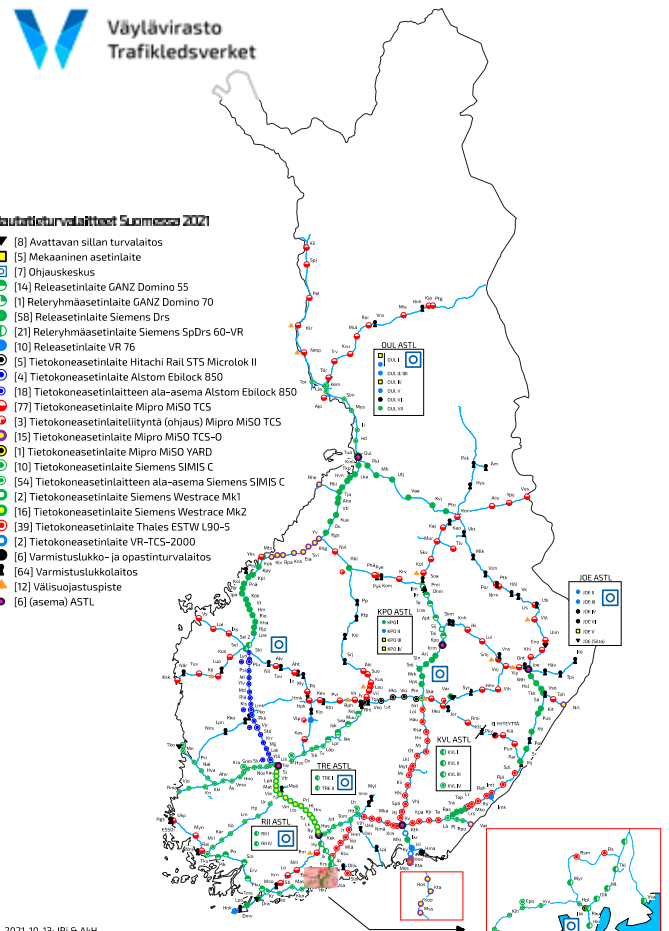
Monitoimijaympäristö

Rataverkon turvalaitteiden toimijakenttä on laaja ja muodostuu pääosin seuraavasti:

Rataverkon kyberturvallisuusohjelma

Tavoitteena on varmistaa rataverkon kybertoimintaympäristön luotettavuus

Hankkeessa toteutetaan hallinnollisia, fyysisiä ja teknisiä toimenpiteitä rataverkon digitaalisen turvallisuuden hallinnan parantamiseksi. Parannustoimenpiteet ja kehityskohteet tunnistetaan ja toteutetaan riskiperusteisesti.



Kuva 1. Rautatieturvallisuuslaitteet.

Toimenpiteiden suunnittelussa on huomioitu tietoturvan hallintaan kohdistuvat yleiset vaatimukset ja hyvät käytännöt. Näitä ovat esimerkiksi Digitaalisen turvallisuuden arkkitehtuurin julkinen dokumentaatio sekä Traficom:n suositus kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä.

Ohjelmassa hyödynnetään Digitaalisen turvallisuuden arkkitehtuurin ohjeistusta:



Hankkeen kohteena on Väyläviraston hallinnassa oleva valtion rataverkko ja sen liikenteenohjauspalvelu huomioiden nykyinen tilanne ja Digirata. Kohteena on erityisesti Väyläviraston omistuksessa olevat järjestelmät, laitteet ja tietoaaineistot. Hankkeessa ei käsitellä yksityisraiteiden haltijoita ja rautatieliikenteen harjoittajia. Hankkeessa tehdään tiivistä yhteistyötä Fintraffic Raitteen kanssa.

Rataverkon kyberturvallisuus on myös osa viraston ja ministeriön välistä tulossopimusta.

Tavoitteena on, että Väyläviraston turvalaiteinfrastruktuurin ja niihin liittyvien tietojärjestelmien operatiivisen toiminnan valvonta, monitorointi sekä muutostilanteiden hallinta on yhtenäisempää, laadukkaampaa ja johdetumpaa. Erilaiset kontrollipisteet on paremmin tunnistettu. Lisäksi asioiden ja kokonaisuuksien luokitteluun kiinnitetään enemmän huomiota. Näin toimien Väylävirasto pystyy hallinnoimaan, valvomaan ja puuttumaan ennakoivasti mahdollisiin palvelutuotannon ja operatiivisen toiminnan epäkohtiin sekä huolehtimaan kokonaisuuden laadukkaasta johtamisesta.

Kuva 2. DTARKin sisältö

Parannustoimet ja kehittämiskohteet tunnistetaan riskipohjaisesti priorisoimalla ja kohdistamalla riittävä panostus tunnistettuihin toiminnan kriittisiin ja merkityksellisiin kohtiin.

Eri toimittajien ja kumppanien hallintaa tiivistämällä pystytään jatkossa paremmin ylläpitämään riittävä tasoa palveluiden, järjestelmien ja komponenttien tieto- ja teknisen turvallisuuden osalta. Tästä syystä hanke käy aktiivista keskustelua yhdessä eri toimijoiden (Fintraffic, tietoliikenneoperaattorit, turvalaitetoimittajat jne.) kanssa kehittääkseen parempia menetelmiä ja ohjeistuksia kyberturvallisuuden parantamiseksi rataverkolla.

Kyberturvan kehitys Kaupunkiliikenne Oy:ssä

HKL päätti vuonna 2020 kyberturvavalmiuksiensa kehittämisestä. Viimeisten kahden vuoden aikana on tehty tilannearvio kehitystarpeista sekä yhtiön toimintamallien että liikenteenohjauksen teknologian kannalta, ja näiden pohjalta on kehitetty sekä yhtiön toimintaa, että käynnistetty liikenteenohjausjärjestelmän kyberturvan tekninen kehittäminen. HKL:n toiminta siirtyi Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy:hyn 1.2.2022.

Lähtökohdat kyberturvan kehittämiselle

Traficom julkaisi kesällä 2020 suosituksen kyberturvallisuuden edistämisestä raideliikenteessä. Rinnakkaisesti suosituksen julkaisulle oli HKL aloittanut hankkeen metron liikenteenohjauksen jatkokehittämiselle, jonka piirissä oli käynnistetty hanke vuosina 2017 ja 2019 käyttöönotettujen uusien asetinlaite- ja liikenteenohjausjärjestelmien kyberturvan arvioimiseksi, joka valmistui marraskuussa 2020.

Kyberturvan kehityshanke

Traficomien suositusten ja liikenteenohjausjärjestelmän kyberturvan arvioinnin seurauksena käynnistettiin yrityksenlaajuinen kyberturvan kehittämishanke, jonka tavoitteina oli käydä läpi yhtiön toimintaprosessit, arvioida tarpeet niiden kehittämiseksi yhteensopiviksi vaatimusten kanssa, ja toteuttaa tarvittavat toimintojen parantamiset.

Yhtiötä koskevia tietoturva-vaatimuksia tulee kansallisista laeista ja standardeista. Tärkeimpiä muita tietoturvalta toimintaa ohjaavia normeja ovat ISO 27001-standardi, Vahti-ohjeisto sekä Katakri 2020-auditointikriteeristö. Tärkeimpiä vaatimuksia antavia lakeja ja sidosryhmiä ovat Raideliikennelaki, Traficom, Helsingin kaupunki sekä Fintraffic Raide Oy.

Hanke määritteli yhtiön kyberturvallisuusperiaatteet ja -tavoitteet. Näiden pohjalta päätettiin, mitä toimenpiteitä tarvitaan tavoitteiden saavuttamiseksi. Hankkeessa kehitettiin tietoturvalisluustason parantamiseksi ensisijaisesti olemassa olevia prosesseja. Lisäksi jouduttiin kehittämään myös joitain uusia prosesseja, ja mm. määrittelemään kyberturvaan liittyvät vastuut ja vastuutahot. Prosessit integroitiin osaksi Kaupunkiliikenteen TLY-järjestelmää (Turvallisuus, Laatu, Ympäristö).

Kyberturvan kohteiksi tunnistettiin osa-alueina henkilöstöturvallisuus, tietojärjestelmien ja teknisen ympäristön turvallisuus, fyysinen tilaturvallisuus, sekä tietoturva ml. tiedon tietoturvata-son mukainen luokittelu. Näiden osa-alueiden turvallisuuteen on määritelty toimintamallit perustuen tehtyihin riskiarvioihin.

Heikki Viika
Kaupunkiliikenne Oy

Salar Mohammad
Kaupunkiliikenne Oy

Teknisen kyberturvan kehittäminen operatiivisiin järjestelmiin

Syksyllä 2020 tehdyn Helsingin Metron liikenteenohjausjärjestelmän kyberturvallisuusarvioinnin pohjalta Kaupunkiliikenteessä päätettiin, että Metron kapasiteettihanke toimii pilottina operatiivisten järjestelmien kyberturvan kehittämisessä.

Kehityshankkeessa laadittiin tekniset vaatimukset sekä tietotekniikan että operatiivisen teknologian vaatimuksiksi IEC 62443- ja EN 50701-standardien mukaisesti. Lisäksi huomioitiin Traficomien kansallisen kyberturvakeskuksen suositukset mm. kryptografisista standardeista ja salasanoista. Ohjeistus sisältää sekä sisäiseen käyttöön tarkoitettua ohjeistuksen, että mahdollisille toimittajille suunnatun vaatimusluettelon. Vaatimusluettelossa on huomioitu teknisten vaatimusten lisäksi myös osaamisvaatimukset ja järjestelmän elinkaaren hallintaan liittyviä näkökohtia.

Teknisen kyberturvan pilotti

Vaatimusten valmistumisen jälkeen on käynnistetty Intrusion Detection System (IDS)-järjestelmän koeasennuksen valmistelu metron liikenteenohjausjärjestelmään. Koeasennus toteutetaan tämälajityypin järjestelmän tuoman lisäarvon tunnistamiseksi. Tätä kirjoitettaessa pilottiasennuksen valmistelu on käynnissä, joten tuloksia ei voi vielä tässä artikkelissa julkaista, mutta RATA 2023-tilaisuudessa pidettävässä esitelmässä kerrotaan myös pilottiasennuksen kokemuksista.

Liikenteenohjausjärjestelmän kyberturvan varmistaminen tunnistettiin kriittiseksi tekijäksi, sillä asetinlaitteet käsittelevät junaturvallisuuden varmistavia komentoja, ja niiden kyberturva usein nojautuu ns. suljettuihin verkkoihin. Nykyään kuitenkin on harvinaista, että tietoverkko olisi todellisuudessa täysin suljettu. Näin ollen järjestelmän kyberturvavykykyyden kohottamiseen on päätetty ryhtyä.

Pilottijärjestelmän tavoitteena on tuottaa selkeä kuva liikenteenohjausjärjestelmän laitteista ja tietoverkoista, niiden liikennöintimääristä, ja mahdollisista haavoittuvuuksista. Tämän tiedon pohjalta on mahdollista varmistaa, että järjestelmän avoimet haavoittuvuudet pystytään korjaamaan. Mikäli pilottiasennus osoittautuu hyväksi, tullaan järjestelmään toteuttamaan IDS-asennus pysyvästi. Tällöin järjestelmään tulee kyky tunnistaa mahdolliset hyökkäykset, jolloin niihin voidaan reagoida nopeasti.

Kyberturvakehityksen jatko

Kaupunkiliikenne on hankkeen aikana kehittänyt uutta ohjeistoa, jonka perehdyttäminen henkilöstölle on käynnissä. Kehitystoimenpiteet ovat tuoneet uutta osaamista, ja näiden oppien soveltaminen nykyisiä ratkaisuja tarkasteltaessa ja uusia ratkaisuja luotaessa mahdollistavat jatkuvan kyberturvan kehityksen.

Kaupunkiliikenne Oy:n kyberturvallisuusperiaatteet

- TLY-järjestelmän yleiset turvallisuustavoitteet ohjaavat tietoturvatavoitteiden asettamista. Näissä korostuvat erityisesti metro- ja raitioliikenteen turvallisuus.
- Tietoturvallisuutta kehitetään ja ohjataan suunnitelmallisesti ja riskilähtöisesti.
- Henkilöstöllä on velvollisuus noudattaa annettuja tietoturvaohjeita sekä raportoida havaitsemistaan tietoturvaheikkouksista.
- Organisaatiossa noudatetaan tietojen luokitteluperiaatetta ja toteutetaan sen mukaisia vaatimuksia ja toimenpiteitä tiedon käsittelyssä koko tiedon elinkaaren ajan.
- Toimintaan kohdistuvat tietoturva vaatimukset sisällytetään soveltuvin osin kaikkiin sopimuksiin. Toimittajien palveluiden tulee täyttää sopimuksissa määritellyt tietoturva vaatimukset ja toimittajien henkilöstön tulee noudattaa Kaupunkiliikenne Oy:n tietoturvaohjeita tuottaessaan palveluja.
- Organisaatiossa tapahtuvat ja organisaatioon kohdistuvat tietoturvaloukkaukset ilmoitetaan valvontaviranomaisille ja annetaan tarvittaessa poliisin tutkittaviksi.



Smart Infrastructure. Sustainable Railways.

Vossloh Cogifer Finland Oy

Vaihteet ja kääntölaitteet,
Kaipiainen, p. + 358 20 729 9939

vossloh.com

Vossloh Rail Services Finland Oy

Kiskotuotteet, kiskohionnat, ultraäänilaitteet ym,
Kaipiainen, p. +358 400 738 317

vossloh
enabling green mobility

Digiradan kyberturvallisuus

Tässä tiivistelmässä pyrin kuvaamaan Digiradan kyberturvallisuusvaatimusten tason muutosta ilman kyber- tai raideslangia. Digiradan kyberturvallisuus siirtyy nykyisiin järjestelmiin verrattuna aivan toiselle tasolle. Tämä johtuu useasta eri tekijästä, jotka vaikuttavat toiminta- ja ajattelukulttuurin muutoksesta aina teknisiin järjestelmiin. Käyn tässä tiivistelmässä läpi näitä vaikuttavia tekijöitä ja niiden mahdollisia vaikutuksia. Kuvaan ensin ympäristön muutosta ja sitten sen vaikutuksia Digiradan kyberturvallisuusvaatimuksiin.

Suurin taustalla vaikuttava tekijä on länsimaisen yhteiskunnan yleinen digitalisaatio, joka on viime aikoina saavuttanut logistiikka-alueen ja sen osana koko raideliikennejärjestelmän. Euroopan mittakaavassa tämä näkyy siten, että raideliikennejärjestelmien eri osien digitalisaatiota tehdään ja suunnitellaan kiihkeästi noin puolen tusinan organisaation/intressiryhmän toimesta. Näitä suunnitelmia alan toimijat pyrkivät muuttamaan laitteiksi ja/tai palveluiksi samaan aikaan kun hallinnollisissa organisaatioissa kehitetään uuteen digitalisoituun ympäristöön soveltuvia turva- ja sääntelyjärjestelmiä. Väylän kannalta tämä tarkoittaa uusia vaatimuksia infralle ja mahdollisesti täysin uusia rajapintoja sekä tarvetta siirtää hallintarajapintojen paikkoja. Fintrafficin kannalta tämä näkyy vaatimuksena tehdä suunnittelua kolmella eri tasolla - osana liikenne-ekosysteemiä, osana uutta täysin digitalisoitua Fintrafficin raideliikenteenohjauksen toimintakulttuuria ja osana täysin uutta teknistä arkkitehtuuria. Vaikeuskerrointa kokonaisuudessa lisää se, että näitä kaikkia pyritään toteuttamaan Digiradan osalta kunnianhimoisesti ja kokonaisvaltaisesti ensimmäisenä maailmassa.

Miten tämä sitten on vaikuttanut ja vaikuttaa Digiradan kyberturvallisuuteen? Perinteisesti liikenteen ohjauksjärjestelmät ja niiden tukijärjestelmät ovat olleet pääosin suljettuja järjestelmiä, jotka on tehty automaatio suunnittelun periaattein eli ne on testattu luotettaviksi ja sen jälkeen asennettu eristettyyn verkkoon, jossa ne ovat eläneet eristyksissä omaa elämäänsä. Miten sitten nykyaikaisen liikenne-ekosysteemin vaatimukset muuttavat tätä? Suurimpana yksittäisenä tekijänä on järjestelmien avautuminen datan käytön tehokkuusvaatimuksien myötä. Tämä tarkoittaa kaiken käytettävissä olevan tuotetun datan mahdollisimman tehokasta käyttöä koko (raide)liikennejärjestelmäketjussa yksittäisestä sensorista yksittäisen logistiikka- ja/tai matkustaja-asiakkaan (liike)toiminnan hyväksi. Tämä tarkoittaa uutta toiminta- ja johtamiskulttuuria, paljon avoimempia rajapintoja, suuria määriä uusia prosesseja/palveluita sekä nykyistä huomattavasti enemmän työtä datan keräämisen, muokkauksen ja siirron tehtävissä. Tämä johtaa tiedonhallinnan ja tietoturvan kannalta suureen eheysvaatimukseen, jotta kaikki ekosysteemin osapuolet voivat luottaa käytettävissä olevaan dataan kaikissa tilanteissa. Kokonaisuudella on myös suuria vaikutuksia tietosuojan kannalta, koska järjestelmä kerää epäsuorasti tarkkaa tietoa esim. yksittäisestä matkustajasta palveluiden tehokkuuden varmistamiseksi. Nämä osa-alueet on syytä suunnitella hyvin etukäteen, koska se tulee 10-100 kertaa halvemmaksi, kuin jälkeen päin liittäminen.

Mitä tämä sitten tarkoittaa käytännön tekemisen kannalta Digiratahankkeessa? Meidän täytyy huolehtia kyberturvallisuudesta

*Janne Huhtakallio
Fintraffic Raide Oy*

kaikissa vaiheissa. Nämä vaiheet ovat projektivaihe, tuotantoonsiirto sekä varsinaisen lopputuotteen palvelut ja järjestelmät. Kaikki vaiheet sisältävät suuren määrän osapuolia ja sen vuoksi toimenpiteet ja toimintamallit pitää ennakoida sekä rakentaa hyvissä ajoin. Ja tämä koskee kaikissa tapauksissa aina koko ketjua toimittajista/konsulteista tulevien ylläpitäjien kautta (koe)asiakkaisiin.

Tätä monimutkaista kokonaisuutta ei pystytä kyberturvallisuuden osalta hallitsemaan millään monimutkaisella mallilla. Mikään itse tehty ja/tai edes suomalaiskansallinen malli ei toimi, koska toimittajat ovat kaikissa tapauksissa ulkomaalaisia. Vaikka esitetäisiin kansallisia vaatimuksia toimittajille ja jos he jopa suostuisivat niihin, niiden toteuttaminen ja hyväksyntä saattaisivat kestää helposti viisi vuotta. Tämän vuoksi toimintamallina on edellyttää kaikilta hankkeeseen osallistuvilta, jonkin kansainvälisesti tunnetun tietoturvastandardin noudattamista. Tämä standardi on tällä hetkellä juuri julkaistu ISO/IEC 27001:2022 kyberturvallisuuden johtamisjärjestelmä ja sen kontrollit (ISO/IEC 27002). Tämän lisäksi noudatetaan tietysti voimassa olevia lakeja ja muita rautatiealan määräyksiä sitä mukaa kun ne tulevat velvoittaviksi. Tiedossa olevia ovat esim. TS50701 ja NIS2-direktiivi.

Projektivaiheessa haasteena on sovittaa erilaiset tarpeet ja osaprojektit sekä erityisesti näiden prosessi-, tieto- ja järjestelmärajapinnat toisiinsa. Tämä on erityisen haasteellista jo sen vuoksi, että mitään näistä ei vielä välttämättä ole tällä hetkellä käytännössä olemassa. Tämä on kuin suuri palapeli, jossa rakentamisjärjestys ja jopa rakennuspalikat voivat muuttua koska tahansa. Tässä ympäristössä rajapintojen yli menevien tietojen hallinta on avainasia, jotta saadaan kokonaiskuva Digiratakokonaisuudesta ja sen seurauksena voidaan hallita kyberturvallisuutta.

Tuotantoonsiirtovaiheeksi voi tässä vaiheessa kuvitella testiradan ja EKA-radan. Näiden käyttöönotossa erityisen haasteellista on testikokonaisuuksien yhteensovittaminen, kokonaisuuden kyberturvallisuuden hallinta ja testaaminen, vaikka muut osat testataan vaiheittain ja/tai pieninä kokonaisuuksina. Oman haasteensa testaamiseen aiheuttaa se, että kyberturvallisuustesti saattaa aiheuttaa järjestelmän toiminnan keskeytymisen ja/tai saa sen toimimaan vaarallisella tavalla, joten samaan aikaan ei voi testata muita kriittisiä toimintoja.

Varsinaiset tuotannolliset palvelut ja järjestelmät on testattava myös ennen käyttöönottoa, jotta voidaan varmistua asennusten oikeellisuudesta ja järjestelmien toimivuudesta. Tähän liittyen on sovittava kuka vastaa ja miten kyberturvallisuudesta ja sen ylläpidosta varsinaisessa tuotannollisessa toiminnassa. Samalla käyttöönototestauksessa pitää testata jatkuvuuteen liittyvät toiminnot ja järjestelmät. Näitä ovat esim. varajärjestelmät ja varmuuskopiot sekä datan, että järjestelmäasetusten osalta.

Toivon, että tästä kuvauksesta sai käsityksen Digiradan kyberturvallisuuden laajuudesta ja monikerroksisuudesta. Käytännössä tämä tarkoittaa kymmenien organisaatioiden ja järjestelmien yhteensovittamista sekä tämän hetken arviona yhteensä noin 15-20 htv/vuosi kyberturvallisuustekemistä hankkeessa ja hankkeen ympärillä kaikilta osapuolilta.



Tule kehittymään ratahankkeiden ammattilaiseksi monialaiseen huipputiimiimme!

**Meitä ratahankkeiden ammattilaisia
on Suomessa yhteensä yli 120**

Olemme mukana vauhdittamassa muutosta kohti kiskoilla liikkuvaa yhteiskuntaa – tälläkin hetkellä 12:ssa rautatiehankkeessa ja viidessä raitiotiehankeessa.

Viimeksi olemme juhlistaneet Länsimetron jatkeen valmistumista ja Tampere–Jyväskylä-hankkeen käynnistymistä!

Katso uramahdollisuudet sivuiltamme
afry.com/fi-fi/ura-afrylla

Making Future

Riskienhallinta raitiotiehankkeella - Case Raide-Jokeri

Tässä artikkelissa kuvaillaan Raide-Jokerin toteutusvaiheen riskienhallintaa käytännön tasolla keskittyen tekijöihin, jotka hankkeella on koettu erityisen onnistuneiksi. Käsitellyt teemat perustuvat Raide-Jokerin riskienhallintaan osallistuneiden avainhenkilöiden kesken pidetyssä loppureflectiivisyydessä käytyyn keskusteluun, sekä tilaisuuden lopuksi suoritettuun äänestykseen, jossa valittiin hankkeen riskienhallinnan suurimmat onnistumiset.

1. Jatkuva tuettu rutiini

Loppureflectointiin osallistuneiden mielestä isoin onnistuminen oli riskienhallinnan jatkuva tuettu rutiini, jossa eri ryhmien avainhenkilöt ja riskienhallinnan vastuuhenkilö käsitelivät riskejä säännöllisissä riskien läpikäyntikokouksissa. Alla on esitelty tärkeitä osatekijöitä onnistuneen rutiinin muodostamisessa ja ylläpidossa.

Riskien jako ja käsiteltävät riskit

Hankkeen kehitysvaiheessa ennen rakentaminen alkua riskityöpajoissa tunnistettiin riskejä ja arvioitiin, miten riskin toteutuminen vaikuttaisi hankkeelle asetettuihin tavoitteisiin (ns. ATA-mittarit). Tavoitteet liittyvät esimerkiksi kustannuksiin, aikatauluun, turvallisuuteen ja liikenteen sujuvuuteen. Kehitysvaiheessa tehtiin myös riskien jako tilaajan riskien ja tavoitekustannuksen riskien välillä. Samaa jakoa käytettiin rakentamisen aikana uusia riskejä tunnistettaessa.

Raide-Jokerin kokoisella hankkeella riskien lukumäärä muuttuu nopeasti hallitsemattomaksi, ellei tarkasti rajata, mitä riskejä käsitellään koko hankkeen yhteisessä järjestelmässä ja mitkä riskit kuuluvat esimerkiksi tuotantolohkojen sisäiseen käsittelyyn. Raide-Jokerilla tehtiin rajausta, jonka mukaan hankkeen riskienhallintajärjestelmään vietiin riskit, joissa vähintään yksi seuraavista ehdoista täyttyi:

- tunnistetulla riskillä on vaikutusta muihin lohkoihin tai koko hankkeeseen
- tunnistettu riski liittyy lohkon työvaiheeseen, mutta sillä on vähintään 10 k€ kustannusvaikutus tai muu merkittävä vaikutus [ATA-mittareihin]

Muut tunnistetut riskit, kuten tavanomaiset työturvallisuusriskit sisältäen yksilön, työtoiminnan ja ryhmätason inhimilliset tekijät, käsiteltiin tuotantolohkojen työvaihekohtaisissa suunnitelmissa ja viikkokokouksissa.

Riskien läpikäynnit

Raide-Jokerin toteutusvaiheessa ei harvoja poikkeuksia lukuun ottamatta järjestetty varsinaisia riskientunnistustyöpajoja. Sen sijaan eri kokonaisuuksista vastuussa olevien ryhmien avainhenkilöiden kanssa pidettiin riskienhallinnan vastuuhenkilön johdolla neljän viikon välein korkeintaan tunnin mittaisia riskien läpikäyntejä jatkuvilla kokouskutsuilla (esim. joka neljäs tiistai klo 9–10). Tällä tavoin osallistumisprosentti saatiin korkealle.



Harri Mäkelä
Sweco

Riskien läpikäynneissä kirjattiin ja käsiteltiin kokousvälillä tunnistettuja uusia riskejä, käytiin läpi ajankohtaisia riskienhallintatoimenpiteitä sekä käsiteltiin mahdollisia muutoksia aiemmin kirjatuissa riskeissä. Enimmillään ryhmiä oli 17 sisältäen mm. tuotantolohkot, ratarakentaminen, hankinnat, ympäristö, tilaajan riskit, projektin johdon riskit sekä käyttöönotto. Lähes kaikissa ryhmissä oli osallistujia niin tilaajien, urakoitsijoiden kuin suunnittelijoiden organisaatioista. Ryhmien määrää ja kokoonpanoa säädettiin työn edistymisen myötä.

Riskien tunnistusta ei tehty riskien läpikäynneissä vaan muun työn ohessa. Riskienhallintajärjestelmän käyttäjillä oli mahdollisuus kirjata riskit

otsikkotasolla suoraan järjestelmään koska tahansa, mutta riskien tarkemmat kirjaukset, luokittelut ja suuruuden arvioinnit tehtiin riskien läpikäyntikokouksissa. Näin varmistettiin kirjausten ja arviointien tasalaatuisuus sekä varmistettiin tiedon välittyminen muille ryhmille, kun riskienhallinnan vastuuhenkilö oli mukana kaikkien riskien käsittelyssä alusta saakka.

Tiivis riskien läpikäynti vaatii osallistujien sitoutumista riskienhallintaan eri tavalla kuin harvakseltaan järjestettävät isommat riskityöpajat, mutta Raide-Jokerilla menettely koettiin toimivaksi. Riskien läpikäyntikäytäntöjen muodostuminen rutiineiksi säästää omalta osaltaan aikaa, kun kokouksissa päästään suoraan asiaan. Lisäksi tiivis kokousväli auttaa eri ryhmien välisessä tiedonkulussa sekä riskien raportoinnissa, kun pystyy luottamaan siihen, että riskien tiedot ovat ajan tasalla. Tiiviissä ryhmässä koettiin helpoksi käsitellä myös hankalia kysymyksiä avoimesti.

Riskienhallinnan vastuuhenkilön rooli oli melko korostunut Raide-Jokerin riskien läpikäynneissä, mitä voidaan pitää organisatorisena riskinä tilanteissa, joissa vastuuhenkilö vaihtuu tai muuten on estynyt osallistumasta riskien läpikäynteihin. Raide-Jokerissa riskiä hallittiin varahenkilöjärjestelmällä, jossa varahenkilöt olivat tietoisia hankkeen riskeistä turvallisuusryhmän jäsenenä tai osallistumalla kuukausittaisten riskien tilannekatsausten laatimiseen.

Raide-Jokeri on Espoon Keilaniemen ja Helsingin Itäkeskuksen välille rakennettava noin 25 kilometriä pitkä pikaraitiotie. Raide-Jokerin rakentaminen alkoi kesäkuussa 2019. Kirjoitushetkellä lokakuussa 2022 radan linjaosuuksien koeajot ovat juuri alkamassa. Raide-Jokeri toteutetaan allianssimallilla. Hankkeen suunnittelijakonsulttina toimii Swecon, Ramboll Finland Oy:n ja Sitowise Oy:n muodostaman ryhmittymä. Urakoitsijana toimii ryhmittymä NRC Group Finland Oy ja YIT Suomi Oy. Kaupunkien muodostama tilaajaorganisaatio, suunnittelija ja urakoitsija muodostavat yhteisen allianssiorganisaation.

Riskienhallinnan järjestelmä

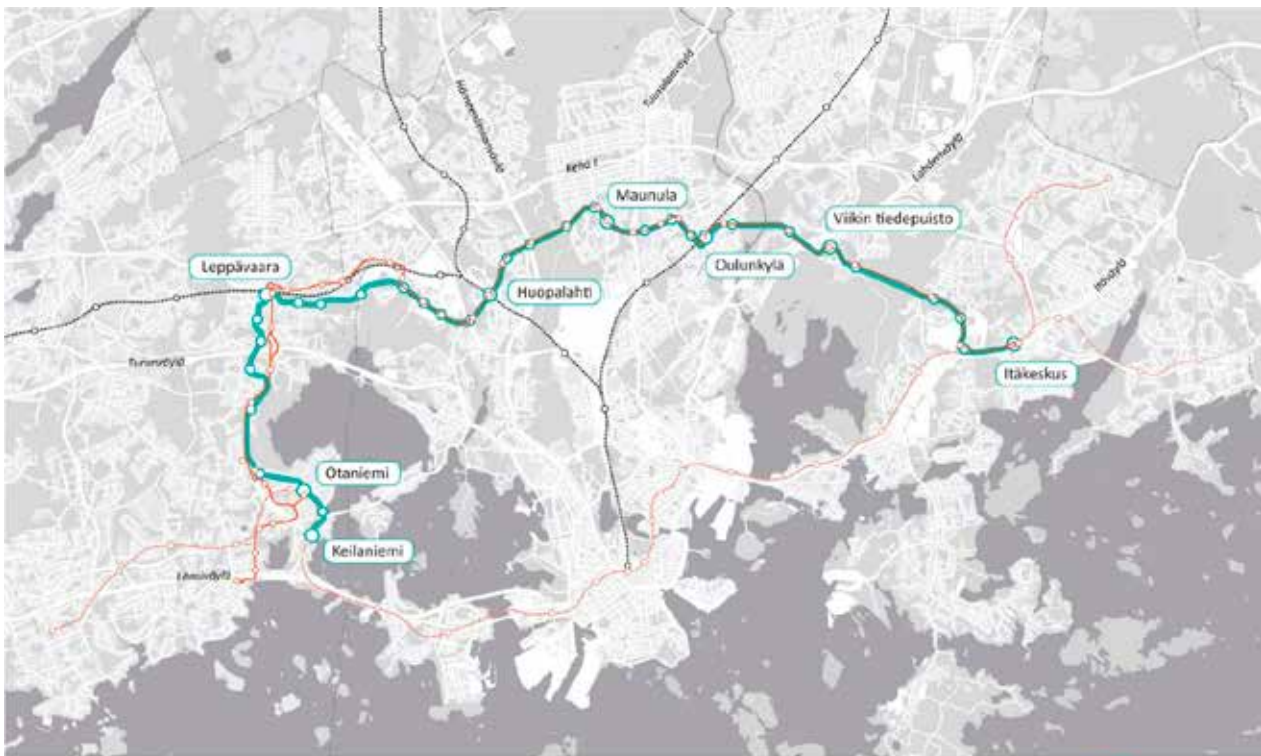
Raide-Jokerissa riskienhallinnan järjestelmäksi valikoitui Ramrisk, joka mahdollistaa mm. hankekohtaisten ATA-mittareiden mukaisen riskimatriisien mukaisen riskin suuruuden arvioinnin tai eksplisiittisen (tarkan) riskin suuruuden arvioinnin, riskien luokittelu mm. tekniikka-ala-, lohko- ja toteutusvaihekohtaisesti sekä riskien linkitykset toisiin riskeihin tai tiedostoihin. Lisäksi kaikista järjestelmään tehdyistä muutoksista jää jälki muutoslokiin. Järjestelmä mahdollistaa myös automaattiset sähköposti-ilmoitukset, esimerkiksi mikäli omalla vastuulla olevaan riskiin tehdään muutoksia, tai kun riskienhallintatoimenpiteen määräaika lähestyy.

Ramrisk on osoittautunut hyvin toimivaksi järjestelmäksi ison hankkeen riskienhallinnassa. Riskit saa helposti haettua ja järjestettyä haluamallaan tavalla, ajankohtaiset toimenpiteet löytyvät helposti, ja riskeistä on helppo tehdä erilaisia raportteja. Käytännön haasteeksi osoittautui käyttäjälisenssien rajallinen määrä, mikä johti siihen, että riskit ja toimenpiteet kirjattiin pääsääntöisesti ryhmän vastuuhenkilön vastuulle, vaikka todellinen vastuuhenkilö tai toimenpiteen toteuttaja olisi ollut joku muu. Näissä tilanteissa riskinä on, että nimetty vastuuhenkilö ei ymmärrä mistä on kyse, tai automaattiset muistutukset eivät tavoita varsinaista toimenpiteen toteuttajaa. Riskiä pyrittiin hallitsemaan kirjaamalla varsinainen toteuttaja riskin tai toimenpiteen selitekenttään.

2. Riskienhallinnan ohjausryhmän toiminta

Hankkeen riskienhallinnan toiseksi suurimpana onnistumisena pidettiin riskienhallinnan ohjausryhmän toimintaa. Raide-Jokerin riskienhallintaprosessia pyrittiin allianssin tavoitteiden mukaisesti kehittämään koko hankkeen ajan. Pääasiallisena kehitysohjelmana oli noin kuuden viikon välein kokoontuva riskienhallinnan ohjausryhmä. Ohjausryhmään kuului riskienhallinnan vastuuhenkilöiden lisäksi hankkeen operatiivista johtoa sekä allianssin johtoryhmän (AJR) jäseniä. Ohjausryhmän kokousten agendalla oli mm. merkittävimpien riskien ja niiden hallintatoimenpiteiden seuranta, riskienhallinnan kehitystarpeiden tunnistaminen sekä sovittujen kehitystoimenpiteiden seuranta. Varsinainen kehitystyö tehtiin riskienhallinnan tiimissä, joka koostui hankkeen eri organisaatioiden edustajista, mikä varmisti, että kehitystyötä oli tekemässä riittävän laajan joukko asiantuntijoita.

Ohjausryhmän onnistumiseen vaikutti osallistujien sitoutuminen ryhmän toimintaan, osallistujilta löytynyt sopiva sekoitus tietoa Raide-Jokerin ajankohtaisista tapahtumista sekä toisaalta muiden suurten infrahankkeiden riskienhallintamenettelyistä. Tärkeänä tekijänä ohjausryhmän onnistumisessa pidettiin myös niin sanotun kolmikannan toteutumista tilaajan, urakoitsijoiden sekä suunnittelijoiden välillä, jossa kaikki osapuolet osallistuivat tasa-arvoisesti toiminnan kehittämiseen.



RAIDE-JOKERI
Raide-Jokeri pysäkkeineen
Rautatie asemineen
Metro asemineen
Kuntaraja
Runkolinja 550 pysäkkeineen

RAIDE-JOKERI
Runkolinjakartta 16.10.2018

Psykologisen turvallisuuden kehittäminen hankkeella - Case Tampereen henkilöratapiha

Psykologisella turvallisuudella on merkittävä rooli hankkeella erityisesti silloin, kun tiimin tavoitteena on luoda uusia ratkaisuja tai kyseenalaistaa olemassa olevia käytäntöjä. Myös totutusta poikkeavien asioiden tai ulottuvuuksien mukaan ottaminen päätöksentekoon tai esimerkiksi uuden tieteen välisen tiedon hyödyntäminen vaatii hankkeessa mukana olevilta psykologisen turvallisuuden tunnetta ja kokemusta.

Mitä on psykologinen turvallisuus?

Nina Rinne määrittelee kirjassaan Rohkea organisaatio psykologisen turvallisuuden seuraavasti: ”Psykologinen turvallisuus on tunne ja kokemus siitä, että jokainen voi tuoda esiin uusia ideoita, kertoa keskenään ajatuksista, kysyä kysymyksiä ja pyytää apua, varmistaa asioita, haastaa ja kertoa epäonnistumisista ilman, että tarvitsee pelätä tulevansa nolatuksi, rangaistuksi tai joutuvansa suurenuslasin alle.”

Onkin selvää, että kukaan ei halua kertoa omia mielipiteitään, näkemyksiään tai oivalluksiaan hankkeella tai tiimissä, jossa joutuu pelkäämään tai jossa ei koe tulevansa hyväksytyksi juuri sellaisena kuin on. Myös liiallinen suorituskeskeisyys ajaa tiimin helposti tilanteeseen, jossa asioiden kyseenalaistamiselle tai uudelleen ajattelemiselle ei enää löydy tilaa.

Miksi psykologinen turvallisuus on tärkeää hankkeilla?

Psykologista turvallisuutta tarvitaan lähtökohtaisesti aina, kun ollaan tekemisessä muutoksien kanssa, etsitään uusia ratkaisuja ja kehitetään uutta. Rakennushankkeet ovat mitä suuremmassa määrin muutosprojekteja. Usein hankkeen sisällä halutaan kehittää toimintatapoja, olla ketterämpiä ja valmiimpia tekemään muutoksia myös hankkeen aikana. Lisäksi työntekijöiden odotukset ja toiveet työn sisällöstä ja työn tekemisen tavoista muuttuvat ja kehittyvät. Vain turvallisessa ja luottamuksellisessa ilmapiirissä tiimi pystyy reagoimaan näiden muutosten tuomiin haasteisiin ja kehittämään uutta parhaalla mahdollisella tavalla.

Luottamuksen ilmapiirissä ihminen haluaa ja pystyy aidosti olemaan luova, antamaan parastaan ja jakamaan sitä myös muille.



Mari Kurkinen
Welado Oy

Silloin hän kokee olonsa turvalliseksi. Innovaatiot syntyvät siis lähtökohtaisesti avoimessa ja turvallisessa ilmapiirissä. Voimme käyttää tällaisesta ilmapiiristä myös termiä työntekijäystävällinen ilmapiiri. Psykologinen turvallisuus on tärkeää hankkeilla myös talouden näkökulmasta. Tiimit, joiden psykologinen turvallisuuden tunne ja kokemus on hyvällä tasolla, ovat usein myös tuottavampia.

Keskustelemalla psykologinen turvallisuus osaksi hankkeen arkipäivää

Psykologinen turvallisuus on monille sanana melkoinen peikko. Maailmanlaajuisesti tunnettu orga-

nisaatiopsykologi Adam Grant totesi 27.10.2021 toimittaja Veera Luoma-ahon tekemässä jutussa Helsingin Sanomissa seuraavaa: ”Oman kokemukseni mukaan johtajat ja hr-ihmiset kyllä puhuvat psykologisesta turvallisuudesta ja muista ”pehmeistä” teemoista, mutta jos tahtoo karkottaa etenkin nuoret miehet luki-joistaan, analytiikan perusteella sanaparia ”psykologinen turvallisuus” pahempi on ehkä vain ”empatiajohtaminen”. Erityisesti tämän vuoksi hankkeen alussa on hyvä keskustella psykologisen turvallisuus selkeäksi. Mitä se tarkoittaa ja mikä sen merkitys meille on ja miksi se on tärkeää? On myös hyvä ymmärtää, että psykologisen turvallisuuden kehittäminen etenee vaiheittain: Yhteyden kokeminen – toisilta oppiminen – turvallinen yhteistyö – uskallamme haastaa.

Psykologisen turvallisuuden kehittäminen hankkeella alkaa yhteyden luomisella

Psykologisen turvallisuuden kasvattaminen hankkeella on hyvä aloittaa tiimiläisten yhteisellä tutustumisella, sillä tiimi toimii paremmin yhteen, jos sen jäsenet tuntevat toisiinsa yhteyttä. Hankkeen alussa aikaa yhteyden synnyttämiseen kannattaakin varata, pelkissä virallisissa palavereissa yhteyden synnyttäminen voi olla haasteellista. Työn voi käynnistää esimerkiksi yhteisellä livenä pidettävällä kick offilla, joka aloitetaan kevyemmällä ohjelmalla tai tekemisellä, joka sopii kaikille. Yksinkertaisemmiltaan tämä voi olla esimerkiksi yhteinen ruokailu ja vapaa keskustelu. Tämän jälkeen kick-offia voi jatkaa fasilitoidulla keskuste-

Ehdotus psykologisen turvallisuuden kehittämistyön aloituksesta hankkeella

1. Keskustelkaa psykologisesta turvallisuudesta ja ymmärtäkää yhdessä, miksi se olisi juuri teidän hankkeellenne tärkeää. Käykää läpi psykologisen turvallisuuden vaiheet.
2. Järjestäkää yhteinen tapaaminen (live), jossa sovitte yhdessä esimerkiksi fasilitointia hyväksi käyttäen niistä tavoista, joilla ensisijaisesti pyritte synnyttämään tiimin sisällä yhteyttä toinen toisiinne. Muistakaa käynnistää tämäkin tapaaminen yhteyden luomisella.
3. Luokaa yhdessä esimerkiksi fasilitointia hyväksi käyttäen yhteiset toimintatavat sille, miten toivotte, että tiiminne toimii.

Inhimilliset ja organisatoriset tekijät turvallisuusjohtamisessa

Keskeistä on ymmärtää, miten inhimillisten tekijöiden kokonaisuus vaikuttaa työn sujuvuuteen ja turvallisuuteen. Inhimillisillä tekijöillä ei tarkoiteta yksilön ominaisuuksia tai yksilön tekemiä virheitä vaan laajemmin ihmisten toimintaa, työn ja työympäristöjen piirteitä, ryhmien ja tiimien toimintaa sekä organisaatiotason tekijöitä. Inhimillisten tekijöiden huomiointi ja hallinta edellyttää, että näihin eri tasoihin ja näkökulmiin liittyviä asioita opitaan tunnistamaan ja tarkastelemaan sekä erikseen että kytköksissä toisiinsa. Työterveyslaitos, www.ttl.fi, 2022

VR-konsernissa käynnistettiin HF-ohjelma v. 2016 yhteistyössä Työterveyslaitoksen kanssa. HF-ohjelman taustalla oli sattunut vaaratilanne ja siitä johdetut Onnettomuustutkintakeskuksen suositukset mm. inhimillisten tekijöiden sisällyttämiseksi rautatietoimijoiden turvallisuusjohtamiseen. HF-ohjelman mukaisesti tästä seuraavien vuosien aikana kehitettiin turvallisuuspoikkeamien ja tapaturmien tutkintaa, henkilöstön koulutusohjelmia sekä ennakkoivia menettelyitä ja työkaluja inhimillisten tekijöiden huomioimiseksi paremmin ja osana turvallisuuskulttuurin kehittämistä.

HF-ohjelman vaikuttavuuden mittaamiseksi osallistuimme Työterveyslaitoksen ProHF-hankkeeseen vuosina 2019–2021. Inhimilliset tekijät turvallisuudessa – interventioiden vaikutus ja toimivuus (ProHF) -tutkimus- ja kehittämisprojektin tavoitteena oli arvioida ja kehittää inhimillisten tekijöiden (HF, Human Factors) hallintaa osana toiminnan ja turvallisuuden kehittämistä. Hankkeessa tutkittiin raideliikenteen ja ilmailun organisaatioissa toteutettua HF-toimintaa, sen kehitysvaiheita, nykytilaa, vaikutuksia ja kehitystarpeita. Aihetta tarkasteltiin eri menetelmin työn kehittämisen ja organisaatioiden oppimisen näkökulmista. Hankkeen tuloksena tuotettiin raideliikenteen toimijoille oma Turvallisesti raiteilla -opas (<https://www.julkari.fi/handle/10024/140583>), jonka esimerkit oman työn kehittämiseen sekä turvallisuusajattelun laajentamiseen ja uudistamiseen on koottu rautatiekaluston kunnossapi-



Anna Melleri
VR-Yhtymä Oy

dosta vastaavan yksikkömme VR FleetCaren inhimillisten tekijöiden kehittämispolusta. Opasta voivat hyödyntää rautatieliikenteen harjoittajat, kunnossapidosta vastaavat yksiköt, rataverkon haltijat ja muut toimijat turvallisuuskulttuurin kehittämisessä. Se on saatavilla julkisesti internetissä.

Rata 2023-esityksessäni sivuan lyhyesti VR Fleetcaren HF-toimenpiteitä, kokemuksia ja mittareita turvallisuuden kehittymisestä.

Rata 2023 esityksessä käydään tiiviisti läpi kokemuksia, tuloksia ja käytäntöjä, joita on kehitetty VR Groupin eri liiketoimintojen kanssa. Esityksessä voidaan esitellä tiivistetysti muutama case-esimerkki alla olevista (tulee tarkentumaan vielä lähempänä).

VR:n kokemuksia HOF-työstä

- HOF poikkeamien tutkinnassa
- HOF ennakkoivassa kehittämisessä
- HOF-koulutukset Fleetcaressa tai Matkustajaliikenteessä
- Psykososiaalisen kuormituksen seuranta ja hallinta Junaliikennöinnissä
- Henkilöstön osallistuminen turvallisuuden kehittämiseen, case Rautatielogistiikka

Esityksen lopuksi kerrotaan VR:n päivitetty turvallisuusstrategia tuleville vuosille ja Safety first turvallisuuskulttuurin periaatteet, jotka on uudistettu vuoden 2022 lopulla. EU-sääntelyn vaatimus on, että organisaation täytyy esittää systemaattinen tapa integroida ja johtaa inhimillisiä ja organisatorisia tekijöitä (HOF) turvallisuusjohtamisjärjestelmässään. VR:n uuteen turvallisuusstrategiaan on integroitu inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden näkökulmat. Strategian pohjalta tehty kehittämisen Tiekartta (Roadmap) jatkaa VR:n suunnitelmallista HOF-työtä ihmisten onnistumisen sekä työn turvallisuuden ja toiminnan sujuvuuden varmistamiseksi.

lulla, jossa tiimin kanssa yhdessä mietitään sitä, millaisella toiminnalla ja teoilla yhteyttä olisi helpointa lähteä kasvattamaan. On myös hyvä sitoa hankkeen etenemisen eri vaiheisiin tietoisesti tällaisia yhteyttä lisääviä aihioita.

Käytännössä luottamuksen rakentaminen projektiorganisaatioissa on tekoja, viestintää ja asiantuntijuutta. Muun muassa seuraavat tekijät yhdessä herättävät luottamusta ihmisessä suhteessa toisiin: jaetaan tietoa eikä pantata sitä, ollaan rehellisiä, myönnetään virheet, sallitaan kriittinen palaute ja myös annetaan sitä, puhutaan hyvässä tarkoituksessa. Myös toisen ihmisen kunnioitta-

minen ja arvostaminen sekä puhuminen kunnioittavaan ja arvostavaan sävyyn ovat aivan psykologisen turvallisuuden ytimessä.

Tampereen henkilöratapiha -hankkeen psykologisen turvallisuuden kehitystyö

Tampereen henkilöratapihan kehittäminen -hanke käynnistyi vuonna 2019. Vuoden 2021 kesällä aloitettiin psykologisen turvallisuuden kehitystyö. Opit ja kokemukset tästä kehitystyöstä käydään läpi Rata 2023 -seminaarissa.

HOF-tekijöiden huomiointi Oulun ja Kokkolan turvalaitehankkeella

Inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden (HOF) huomiointilla voidaan kehittää turvallisuutta. Väylävirasto on tuonut viime vuosina HOF-tekijät osaksi turvallisuusjohtamista. Oulun ja Kokkolan turvalaitehankkeella päästiin kysymyksen äärelle: ”Mitä HOF-tekijöiden huomiointi hankkeella käytännössä tarkoittaa?”

Inhimilliset ja organisatoriset tekijät (HOF)

Väyläviraston tavoitteena on positiivisten onnistumisten kierre ja turvallisuutta vahvistava toimintakulttuuri. Onnistumisen ja epäonnistumisen avaimet ovat siinä, miten hyvin ymmärrämme työn teon yksilön, ryhmän, tehtävien ja organisaation näkökulmasta.

Inhimillisten tekijöiden huomiointi ei itsessään ole uusi asia, vaan aiheesta on puhuttu jo muutamien vuosikymmenen ajan. Rataverkon haltijalta alettiin vaatia inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden hallintaa osana Komission delegeoitua asetusta (EU) 2018/762, jonka myötä HOF-tekijöiden hallinta ja huomiointi tuli osaksi rataverkon haltijoiden turvallisuusjohtamista.

HOF osana Oulun ja Kokkolan turvalaitehanketta

Oulun ja Kokkolan turvalaitehankkeiden toteutusvaihe alkoi vuonna 2020. Keväällä 2020 aloitettiin hankkeen ris-



Mari Ranttila
Väylävirasto



Emma-Liisa Tanska
Ramboll

Pilotointi osana HOF-projektia

Väylävirasto käynnisti vuonna 2019 projektin HOF-tekijöiden linkittämiseksi osaksi Väyläviraston turvallisuusjohtamisen menetelmiä.

Väylävirasto toi vuoden 2021 aikana HOF-tekijöiden huomiointia vahvemmin osaksi toimintakulttuuria, etenkin riskienhallinnan ja turvallisuuspoikkeamien menettelyihin. Käytännössä tämä tarkoitti ohjeiden ja työkalujen päivittämistä niin, että ne ohjaavat ottamaan inhimilliset ja organisatoriset tekijät järjestelmällisesti huomioon.

HOF-projektin aikana tunnistettiin, että inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden vieminen käytäntöön edellyttää syvempää ymmärrystä käytännön tehtävistä ja toiminnoista.

HOFin juurruttamista käytäntöön jatkettiin vielä ns. HOF-pilottien myötä, joissa tavoitteena oli ymmärtää, miten HOF näyttäytyy eri väylänpidon vaiheissa (suunnittelu, toteutus, kunnossapito) sekä mitä kehitystarpeita HOFin osalta nousee. Yhdeksi pilottikohteeksi valittiin Oulun ja Kokkolan turvalaitehanke.

kienhallinnan menettelyt. Oulun ja Kokkolan turvalaitemuutokset arvioitiin merkittäviksi muutoksiksi YTM-asetuksen (riskienhallintaa koskeva yhteinen turvallisuusmenetelmä, (EU) 402/2013) mukaisesti ja aloitettiin asetuksen mukainen riskienhallintaprosessi. Rakentamisvaiheeseen laadittiin tarvittavat turvallisuusdokumentit, kuten hankkeen turvallisuussäännöt ja menettelyohjeet sekä ensimmäisiä urakoita koskevat turvallisuusasiakirjat.

Väyläviraston HOF-projektin myötä syntynyt riskienhallinnan ohjeistuspäivitys tapahtui kesken hankkeen. Uusi ohjeistus pyrittiin ottamaan osaksi hankkeen toimintaa niin YTM-riskienhallinnassa kuin rakentamisen turvallisuuteen liittyvässä työssä.

Ensimmäinen tehtävä hankkeella oli saada HOF-tekijät terminä tutuksi. Hankkeen työntekijät suorittivat Väyläviraston verkko-oppimisympäristö Eerokissa HOF-verkkokurssin ja myös urakoitsijoiden edustajia kannustettiin suorittamaan HOF-peruskurssi, joka on kaikkien palveluntuottajien saatavilla. Tämän lisäksi HOF-tekijät nostettiin osaksi järjestettäviä riskienhallintatyöpajoja sekä muita hankkeen tapahtumia.

Ohjeistusmuutos toi riskienhallintaan entistä vahvemmin mukaan välittömien syiden ja myötävaikuttavien tekijöiden tunnistamisen. Välittömien syiden ja myötävaikuttavien tekijöiden tunnistaminen oli ollut osa riskienhallintaa aiemminkin, mutta

ohjeistusmuutoksen myötä siitä tuli konkreettisempaa ja näkyvämpää. Hankkeen aikana on tunnistettu, että osaan HOF-tekijöistä on haastava löytää vaikuttavia riskienhallintatoimenpiteitä.

HOF-pilotin myötä hankkeen turvallisuussääntöihin ja menettelyohjeisiin lisättiin HOF-tekijöiden huomiointiin liittyviä kohtia. Urakoitsijoilta alettiin edellyttää HOF-tekijöiden huomiointia osana töiden ja työvaiheiden suunnittelua. Lisäksi turvallisuus suunnittelussa vaadittiin kuvaamaan väsymyksenhallinnan menettelyt, mikä näkyy turvallisuus suunnitelmissa esimerkiksi riittävän resurssoinnin varmistamisen kuvaamisena.

Vaaratekijöitä tunnistettaessa on hyvä hyödyntää apuna Väyläviraston HOF-tekijöiden tarkistuslistaa (Työterveyslaitoksen kehittämä HF Tool@). YTM-riskienhallinnassa todettiin, että riskienhallinnan asiantuntijoiden on hyvä tunnistaa, minkä vaarojen kohdalla tuo arvoa käsitellä vaarat syvemmin HOF-tekijöiden näkökulmasta, jotta saadaan vaikuttavuus myös toimenpiteisiin.

HOF-tekijät alettiin huomioida entistä paremmin myös satuneiden turvallisuuspoikkeamien käsittelyssä. Urakoitsijoiden kanssa on tarvittaessa pidetty turvallisuustuokioita, joissa yhteistyössä tunnistetaan HOF-tekijöitä poikkeamien taustalla, määritellään korjaavia toimenpiteitä sekä täydennetään poikkeamakuvaus. HOF-tekijöiden tunnistaminen osana poikkeamien



Kuva 1. HOF-tekijöitä voidaan kuvata HOF-neliapilalla. Neliapila on Työterveyslaitoksen kehittämä rekisteröity työkalu, HF ToolTM.

käsittelyä on auttanut hahmottamaan poikkeamien taustalla olevia syitä ja myötävaikuttavia tekijöitä sekä kehittämään toimenpiteiden laatua.

Onnistumiset ja tulevaisuuden askeleet

Hankkeen aikana on onnistuttu nostamaan HOF-tekijöitä esiin ja ottamaan ensimmäiset askeleet kohti inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden parempaa huomiointia. On ollut ilo huomata, että entistä useammin HOF nousee spontaanisti esiin esimerkiksi riskienhallinnan työpajoissa. Turvallisuutta on saatu kehitettyä hyvään suuntaan turvallisuuskoordinaattorin ja riskienhallinnan asiantuntijoiden välisellä yhteistyöllä.

Inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden huomioinnissa on kysymys turvallisuusajattelun muutoksesta - Muutos ei tapahdu hetkessä vaan vie aikaa ja vaatii jokaisen omakohtaista sisäistämistä asiaan.

Seuraava ja tärkeä askel on saada inhimillisten tekijöiden huomiointi vahvemmin osaksi jokapäiväistä työtä ja ajattelua niin työnsuunnittelussa, riskienhallinnassa kuin itse työn toteutuksessa. Tällöin voimme saavuttaa todellisia turvallisuusvaikutuksia.

Turvallisuuskoordinaattorin läsnäolo ja yhteistyö urakoitsijoiden kanssa on merkityksellistä ja tärkeää kehittämistyön viemisessä käytäntöön. Myös riskienhallinnan asiantuntijoiden ja turvallisuuskoordinaattorin yhteistyö hankkeen aikana on vahvistanut turvallisuustyötä hankkeella.

HOF-tekijöiden tuoman uudenlaisen turvallisuusajattelun vieminen käytäntöön näkyviksi toimenpiteiksi vaatii edelleen työtä ja kehittämistä. Turvallisuuskoordinaattorilla ja riskienhallinnan asiantuntijoilla on keskeinen rooli kehittää toimintaa yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa. Keskeisenä tavoitteena on tukea työssä onnistumista kiinnittämällä huomioita turvallisuutta ylläpitäviin tekijöihin, työtehtävien sisältöön, osaamisen varmistamiseen, ryhmän sisäiseen vuorovaikutukseen ja työn sujumiseen. Inhimillisten ja organisatoristen tekijöiden tarkastelulla on näin vaikutusta myös työn laatuun ja työssä viihtymiseen.

Väylävirastossa HOF-pilottien yhteydessä saatiin arvokasta tietoa hankkeilta ja tunnistettiin useita kehittämistoimenpiteitä. Kehittämistoimenpiteitä huomioidaan Väylävirastossa osana turvallisuusjohtamisjärjestelmän ja palveluntuottajien ohjeistuksen kehittämistä.

Digirata – Digitaalinen ja älykäs rautatieliikenne käytännössä

Suomessa rautatiejärjestelmät ovat murroksessa, sillä tällä hetkellä käytössä olevan junien kulunvalvontajärjestelmän (JKV) luotettava käytettävyys ja taloudellinen käyttöikä on loppumassa niin rata- kuin veturilaitteiden osalta 2030-luvun aikana. Suomen on kustannustehokkainta osana Euroopan yhtenäistä rautatiealuetta ja yhteentoimivuuden turvaamiseksi korvata JKV yhteiseurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä ETCS:llä (European Rail Control System). ETCS on kokonaisuutenaan voimakkaasti EU:n sääntelemä järjestelmäkokonaisuus. Suomen ETCS-toteutusta edistävän Digirata-hankkeen tavoitteena on korvata JKV sen elinkaaren päättyessä koko rataverkon osalta. Samassa yhteydessä tehdään tarvittavat modernisoinnit myös turvalaitteisiin ja liikenteenhallintaan, jotta digitalisatiosta saatavat hyödyt voidaan maksimoida.

Digirata-hankkeessa edetään modernilla radiopohjaisella eurooppalaisella junien kulunvalvontajärjestelmällä ERTMS:llä (European Railway Traffic Management System), joka tarkoittaa käytännössä vaiheittaista etenemistä kohti ETCS-tason 3 toiminnallisuutta käyttäen uusimpia teknologisia parannuksia esimerkiksi junien paikantamiseen, radioverkon toiminnallisuuksiin sekä automaattiseen junien operointiin. Kirjoitushetkellä Digirata-hankkeessa tehdään kehitys- ja verifiointivaihetta, joka on alkanut vuonna 2021 ja kestää aina vuoteen 2027 saakka. Hankkeen kannalta osaamisen kehityksen kulmakivinä ovat olleet



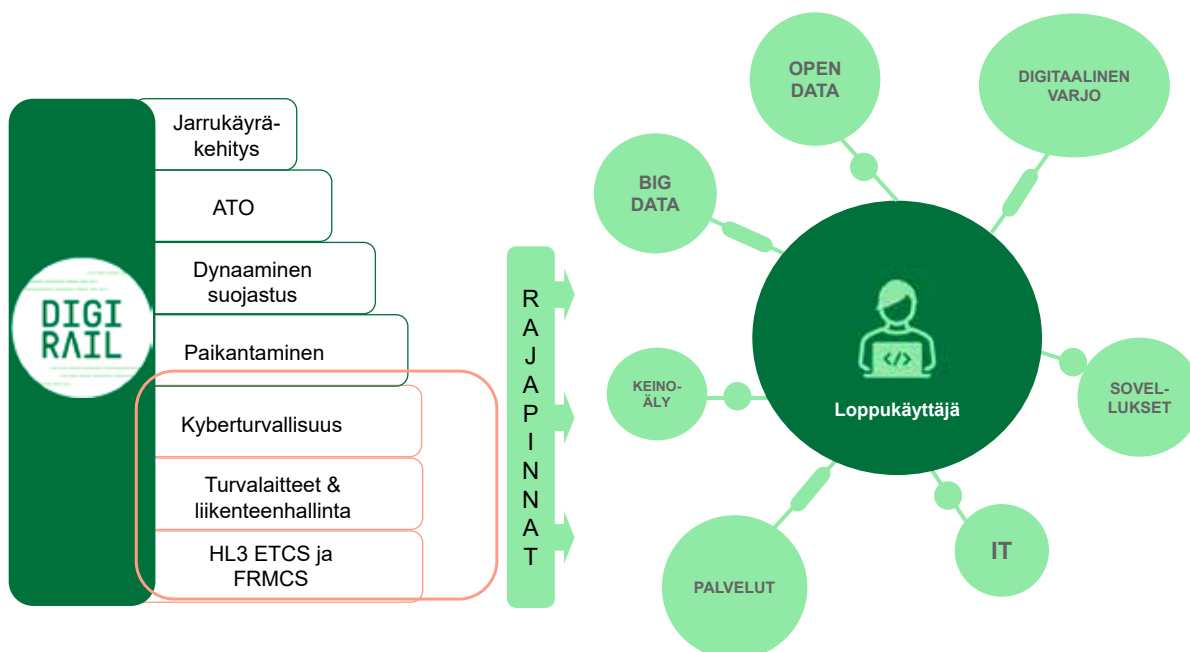
Juha Lehtola
Väylävirasto



Jari Pylvänäinen
Fintraffic

ERTMS-laboratorion ja testiradan kehittäminen. Nämä ovat edenneet hyvää vauhtia mahdollistaen myös jo ensimmäisen kaupallisen rataosan (EKA) Lielähti–Pori/Rauma määrittelytyön aloittamisen kansallisin voimin. Vaiheen aikana olemme myös vahvistaneet osallistumistamme kansainvälisiin työryhmiin ja vahvistaneet kansallista koordinaatioita yhtenäisen viestin välittämisessä eurooppalaisille toimijoille.

Teknologisen muutoksen ja kehityksen lisäksi on olennaista huomioida organisatorinen ja operatiivinen puoli. Monessa Euroopan maassa onkin todettu ERTMS:n olevan erityisesti hallinnollisen muutoksen kontrollointia teknologisen murroksen rinnalla. Suomenkin rautatiejärjestelmään tulee merkittävä muutos, kun opastimet tulevat poistumaan rataverkosta. Tämä tuo mukanaan esimerkiksi radalla liikkujille uudenlaisia haasteita paikantamiseen. Miten ratatyöryhmä tai liikkuva yksikkö paikantaa itsensä ja kommunikoi liikenteenohjauksen kanssa? Nykyään opastimet helpottavat paikantamista huomattavasti, koska ne näkyvät niin maastossa kuin liikenteenohjauksessa. ETCS tuo mukanaan myös mahdollisuuksia kehittää rautatiejärjestelmää operatiivisena kokonaisuutena. Tarkoitus ei olekaan monistaa 160-vuotista rautatiehistoriaa uuteen järjestelmään, vaan nimenomaan katsoa, mitä uutta ja toimintaa tehostavaa uusi järjestelmä tuo tullessaan. Tässä Digirata-hanke on keskeisessä roolissa.



Digirata-hankkeen peruspilarit

1. Teknologia
 - Hybridi taso 3
 - Kaupalliset radioverkot
 - ATO GoA2
 - Akselinlaskenta
 - L2-toimintojen tukena
 - Paikantaminen
 - Uudet tekniikat L3-toiminnoille
 - Varoituslaitokset
 - Vakioitu odotusaika tienkäyttäjille
2. Mahdollisuus teknologiahyppylle
 - Yhden tekniikka sukupolven väliin jättäminen
3. YTE noudattaminen

Entä käytännössä?

Teknologia uudistuu siis Digiradan myötä moderniksi ja uudistumistarvetta ohjaavat käytännön syyt: vanheneva teknologia sekä tahto pitää rataverkko liikennöintikuntoisena ja parantaa toiminnan edellytyksiä. Uusi rautateiden teknologinen kokonaisuus pohjautuu siis moderniin radioverkkopohjaiseen kulunvalvontaan, jossa junat tunnistavat itse sijaintinsa sekä pystyvät valvomaan etäisyyttä seuraavaan junaan sekä saavat tarpeellisen tiedon infrastruktuurin turvalliseen liikkumiseen. Tämä tarkoittaa käytännössä ETCS-tason 3 ratkaisua, joka pohjautuu viimeisimpään radioverkkoteknologiaan mitä on tarjolla myös kuluttajille. Tulevan muutoksen myötä turvalaitteiden ja liikenteenhallinnan järjestelmien uudistus on enemmän kuin tarpeen, koska sektorin koko toimintamallin perusedellytykset muuttuvat. On kuitenkin myös huomioitava, että radiopohjaisuus ja nykyinen geopoliittinen tilanne tuo kyberturvallisuudelle aivan uudenlaiset haasteet ja sen vuoksi erityisesti toimintavarmuuteen muuttuvissa olosuhteissa on syytä laittaa aiempaa huomattavasti enemmän panosta. Teknologisen kokonaisuuden täydentävät paikannuksen uusi malli, dynaaminen suojustus, automaattiset junatoiminnot sekä Suomen olosuhteisiin optimoitu jarrukäyttäytyminen.

Edes modernein teknologia ei auta loppukäyttäjää, mikäli huomio ei ole alusta saakka oikeissa asioissa. Tämä tarkoittaa sitä, ettei uutta kannata suunnitella pelkin insinöörivoimin, vaan alusta saakka on voitava peilata tehtyjen muutoksien vaikutuksia hyötyinä, jotka voidaan saavuttaa edistyneempien järjestelmien avulla. Näiden järjestelmien tehtäviä ovat esimerkiksi analytiikan optimointi sekä keinoälyn hyödyntäminen erilaisten palveluiden ja

avoimien rajapintojen kautta. Digiradassa onkin erityisen tärkeää saada kaikilta tahoilta näkemyksellistä kehitysohjelmaa ja uudelleen määrittelyä niissä kohdin, joissa toiminnossa on parannettavaa. Onkin ratkaisevaa mahdollistaa kehityksen hyötyjen läpinäkyvyys aina rataverkon kapasiteetin käyttäjästä rahdin tarjoajaan ja matkustajaan saakka. Näin voidaan ainakin olla varmempia, että tehtävä työ on käytännössäkin oleellisia osapuolia hyödyttävää. Järjestelmiä ei Digiradassa kehitetä insinöörejä tai teknologian harastajia varten vaan oikeita ihmisiä ja yrityksiä varten.

Tulevaisuuden peruspilareiksi tässä vaiheessa on muurattu edellä mainitun teknologiatavoitteen mahdollistavat tekijät. ETCS-tason 3 tavoitetta silmällä pitäen Digirata-hankkeen ensivaiheessa toteutetaan hybridiratkaisu, jossa tasoon 2 yhdistyy tason 3 hyviä puolia, kuten matkustajajunien dynaaminen suojustus käyttäen samalla akselinlaskijoita varmistamaan raiteen vapaanaolon valvontaa tason 2 tapauksissa. Radioverkon kehittymistä tukemaan sekä kyberturvallisuuden varmistamiseksi tavoitellaan kaupallisten teleoperaattorien kanssa yhdessä muodostettavaa radioverkkoa rautateille ja ennen kaikkea modulaarista toteutusta, jossa nopeasti kehittyvä tietoliikenne saa kehittyä vapaasti ilman sidoksia erittäin pitkän elinkaaren omaaviin turvalaitejärjestelmiin. Järjestelmät rakennetaan alusta saakka valmiiksi tukemaan automaattisia junatoimintoja, lopullinen päätös tällaisten junien käyttämisestä on luonnollisesti rautatieyrityksillä. Tasoristeysturvallisuuden parantaminen on myös selkeä tavoite; tunnistamalla ERTMS:n avulla junan nopeus luotettavasti, voimme vakioida tienkäyttäjän odotusajan puomien takana, jolloin pitkistä odottamista turhautuneena ei ole tarvetta kiertää puomeja.

Digirata-hankkeen yhtenä peruspilarina on myös yhteentoimivuuden teknisten eritelmien noudattaminen. Haluamme olla osa yhtenäistä eurooppalaista rautatiealuetta ja mukana kehittämässä sitä, mahdollisesti tästä kehittyä jotain vietävää myös Suomen ulkopuolelle. Tämä on sikäläkin tärkeää, että laitetoimittajat maailmanlaajuisesti seuraavat ERTMS:n kehitystä ja sen lisäksi, että siitä on tulossa melko nopeastikin eurooppalainen standardiratkaisu, se tulee todennäköisesti olemaan sitä myös globaalisti. Markkinat tekevät tulvaisuudessa ERTMS:ää, Suomen ei pidä olla sivussa toteuttamassa jotain erillistä järjestelmää.

Lopuksi voidaan todeta, että Digirata-hankkeessa on aito mahdollisuus olla tekemässä isoa hyppyä teknologisesti. Suomessa on toimittu viisaasti eikä olla aiemmin lähdetty ERTMS:n ensivaiheen toteutuksiin. Se mahdollistaa tänä päivänä hyppäyksen ohi vanhojen teknologioiden suoraan nykypäivään, jopa tulevaisuuteen fiksuilla ja ketterillä valinnoilla. Voimme jättää yhden teknologisen ja operatiivisen sukupolven kokonaan välistä.

ETCS-järjestelmän simulointi

Suomessa oli alun perin tarkoitus ottaa käyttöön ETCS-järjestelmän taso 1. Tämän jälkeen päätös on vaihtunut tason 2 kautta aina tasoon 3. Tavoitetason muutoksella on pyritty maksimoimaan hyödyt, joita voimme saavuttaa ETCS-järjestelmästä. Jos tasot 1 tai 2 ovat monimutkaisia kulunvalvonnan tasoja, niin ETCS-taso 3 tuo järjestelmään ihan täysin uuden ulottuvuuden. Jotta näitä ETCS-järjestelmän tasoja voitaisiin ymmärtää riittävästi, voidaan apuna hyödyntää ETCS-järjestelmän simulointiä. Simuloinnin avulla voimme lisätä ymmärrystä, ja samalla myös optimoida tulevaa järjestelmää Suomen tarpeisiin.

Yksi tämän hetken ongelmista Suomessa on se, että osaavaa, ETCS-järjestelmän perusteellisesti tuntevaa porukkaa on rajallisesti. Kansalliset ETCS-järjestelmän määrittelyt ja tekniset valinnat tulee pohjautua ymmärrykseen. On riskialtista tehdä määritelmiä koko Suomen rataverkosta ilman, että pohjaamme valintojamme syvään tietoon ETCS-järjestelmästä. Simulointi onkin lähes pakollinen tapa oppia järjestelmästä ja sen toiminnallisuudesta. Ilman laajaa ymmärrystä emme voi tehdä perusteltuja päätöksiä siitä, miten tulemme rakentamaan ETCS-järjestelmän Suomeen.

Toki yksi mahdollisuus on kahlata läpi satoja, ellei tuhansia tunteja ERAn (European Union Agency for Railways) tuottamia vaatimuserittelyjä (Subsets) ja pyrkii niiden avulla ymmärtämään järjestelmää. En toki sano, että tämä olisi turhaa, se on oikeastaan pakollistakin. ETCS-järjestelmän simuloinnin avulla on mahdollista ymmärtää vaatimuserittelyiden sisältö ja kokonaisvaikutus huomattavasti nopeammin, kuin pelkästään sen lukemisella.

Työkalut ja käyttökohteet

ETCS-järjestelmän simulointi on toteutettu tähän mennessä hyödyntäen CLIERSYn ETCS-simulaattoria, ERAn jarrukäyrälaskennan työkalua (Braking Curves Tool) sekä Kouvolan ROKissa sijaitsevaa ETCS-simulointiympäristöä. ETCS-järjestelmän simulointiä on hyödynnetty KoKoHan testiradan suunnittelussa, EKA-radnan suunnittelussa sekä RATO22-dokumentin luomisessa. Simuloinnin tarve on usein lähtenyt siitä, että valittuja suunnittelun arvoja on haluttu verifioida tai simuloinnin avulla on pyritty ymmärtämään, miksi tietyt asiat tulee suunnitella tietyllä tavalla.



Joona Neuvonen
Fintraffic Raide Oy

Osana Digirataa on laadittu RATO22-dokumentti, joka tulee toimimaan ERTMS/ETCS-järjestelmän ratateknisenä suunnitteluohjeena. Yhtenä keinona, jolla dokumentin valittujen arvojen oikeellisuutta on pyritty arvioimaan, on ollut niiden simulointi. Simuloinnin avulla on esimerkiksi pyritty varmistamaan, miten usein sijainninkorjauspisteitä tulee asentaa ETCS-radalle tai mitkä ovat yksiköiden jarrutusmatkat pysähdyskiin eri valvontanopeuksilla.

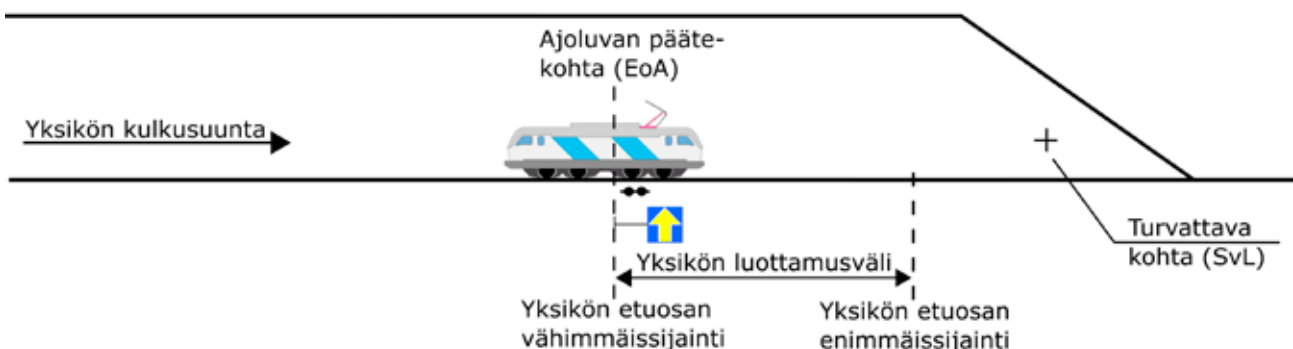
Käytännön esimerkkejä simuloinnin hyödyistä

ETCS-järjestelmää on ehditty simuloimaan Suomessa jo satoja tunteja eri lähtökohdista. Simuloinnin lähtökohdista toimivat tarkat lähtötiedot, joita ilman simuloinnin tuloksia ei voida pitää luotettavina. Varsinkin kalustoon liittyvät simuloinnit vaativat tarkkoja kalustokohtaisia lähtötietoja. Simuloinnin avulla on jo nyt tehty, ja tullaan tulevaisuudessakin tekemään päätöksiä liittyen useisiin eri ETCS-järjestelmän muuttujiin ja ominaisuuksiin. Seuraavilla esimerkeillä havainnollistetaan käytännön tilanteita, joissa ETCS-järjestelmän simulointiä on käytetty hyödyksi.

Valvontanopeuden määrittäminen

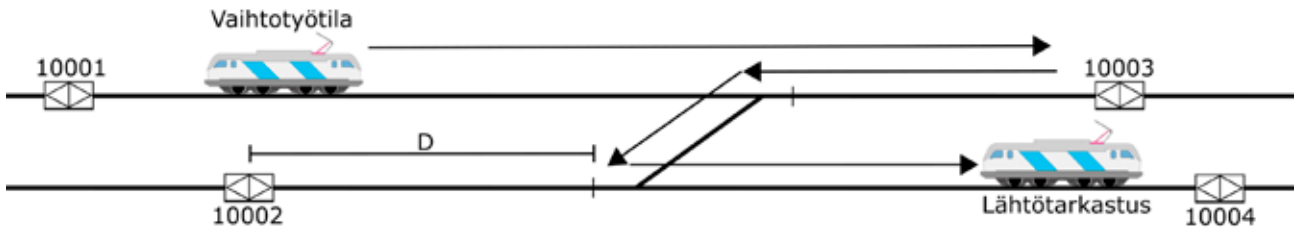
Hyödyntämällä ERAn jarrukäyrälaskennan työkalua ja simulointiympäristöjä on pystytty simuloimaan eri junakokoonpanoilla jarrutusmatkoja eri valvontanopeuksilla. Jos yksiköllä on käytössä kiinteä valvontanopeus ja kuljettaja jättää huomioimatta ajoluvan päätekohtan, ETCS-veturilaitte suorittaa hätäjarrutuksen vasta yksikön jo ylittäessä ajoluvan päätekohtan. Alapuolella oleva kuva havainnollistaa tilannetta, jossa simulointien avulla on pyritty varmistamaan, että yksikkö pysähtyy turvallisesti ennen turvattavaa kohtaa, vaikka yksikkö ohittaisikin ajoluvan päätekohtan.

Simulointien avulla on pyritty varmistamaan, että eri junakokoonpanoilla pystytään pysähtymään eri valvontanopeuksilla turvallisesti ennen turvattavaa kohtaa. Näitä simulointeja on käytetty hyödyksi, kun uusia valvontanopeuksia ja ohiajovaroja on määritetty.



Sijainninkorjauspisteiden sijoittaminen vaihteiden yhteydessä

ETCS-järjestelmän simuloinnin avulla on onnistuttu tunnistamaan alapuolella olevan kuvan ongelmatilanteesta etäisyysvaatimus (D), jota kauemmaksi vaihteen etujatkoksesta sijainninkorjauspistettä ei tule asentaa.



Kuvan ongelmassa lyhyt yksikkö voi kulkea Vaihtotyötilassa ylempältä raiteelta alemmalle raiteelle ilman, että se kohtaa sijainninkorjauspistettä. Tällöin RBC ei voi olla lähtötarkastuksen yhteydessä varma siitä, missä yksikkö sijaitsee. Simuloinnin avulla on tunnistettu, että sijainninkorjauspiste (kuvassa 10002) tulee sijaita vaihteen etujatkoksesta suurimmillaan lyhimmän yksikön pituuden verran. Tällä suunnitteluohjeella voidaan varmistua siitä, että jokainen yksikkö ylittää sijainninkorjauspisteen vaihtaessaan raidetta.

Baliisiryhmien kahdentaminen

ETCS-järjestelmässä on mahdollista kahdentaa baliisiryhmät, jolloin baliisiryhmän yksittäiset baliisit välittävät samaa informaatiota. Oletuksena suunnittelussa on ollut, että voisimme kahdentaa kaikki baliisiryhmät, mukaan lukien suuntariippuvaista tie-

toa välittävät baliisiryhmät. Tällöin toisen baliisin puuttuminen ei aiheuttaisi tilannetta, että yksikkö ei onnistuisi vastaanottamaan tai päättelemään informaation sisältöä tai suuntaa. Simulointien avulla on havahduttu tilanteeseen, jossa baliisiryhmiä ei saa kahdentaa, jos baliisiryhmän ketjutustietoa ei voida välittää yksikölle. Tilanne, jossa yksikkö kohtaa ilman ketjutustietoa suuntariippuvaista tietoa välittävän baliisiryhmän, josta toinen baliisi puuttuu, ei tilanne aiheuta yksikölle jarrutusreaktiota. Yksikkö ei pysty tällaisessa tilanteessa päättelemään suuntariippuvaisen tiedon suuntaa, jolloin tilanne voi olla turvallisuuskriittinen.

Asia on kerrottu ERAn vaatimuserittelyn osassa 26 (Subset-026). Eri asia on, ymmärtääkö sen merkityksen vain lukemalla ohjeistusta. Baliisiryhmien kahdentaminen on vain yksi esimerkki siitä, että simuloinnin avulla on ymmärretty, mitä ohjeistuksilla oikeasti tarkoitetaan.

ERTMS/ETCS-käytösäännöt

Junaliikenteessä ja vaihtotyössä operointia koskevat säännöt päivittyvät Suomen siirtyessä ERTMS-järjestelmään. Sääntöjen päivytystarpeen aiheuttavat mm. komission harmonisoimat eurooppalaiset säännöt, uuden kulunvalvontajärjestelmän ominaisuudet sekä muutokset radan varustelussa ja opasteissa. Uudistuksen yhteydessä on mahdollista myös päivittää sääntöjä ja toimintaperiaatteita vastaamaan paremmin tulevaisuuden liikenteen tarpeita. Yhteisten sääntöjen päivittäminen kulunvalvontajärjestelmän uudistuksen yhteydessä on tärkeää erityisesti, jotta taataan rautatiejärjestelmän turvallisuus myös muuttuneessa toimintaympäristössä.

Mitä ERTMS/ETCS-käytösäännöt käsittelevät

Käytösäännöt määrittävät yhteiset säännöt rautatieliikenteessä toimiville henkilöille. Erotuksena muuhun operointia käsittelevään säännöstöön, ERTMS/ETCS-käytösäännöt keskittyvät tilanteisiin, joissa toimitaan ERTMS-järjestelmän kanssa ERTMS-varustelluilla rataosilla. ERTMS/ETCS-käytösäännöt ovat keskeinen työkalu käyttäjän vastuulle jäävien turvallisuustoimintojen hallitsemiseksi.



Niklas Lindfors
Sweco

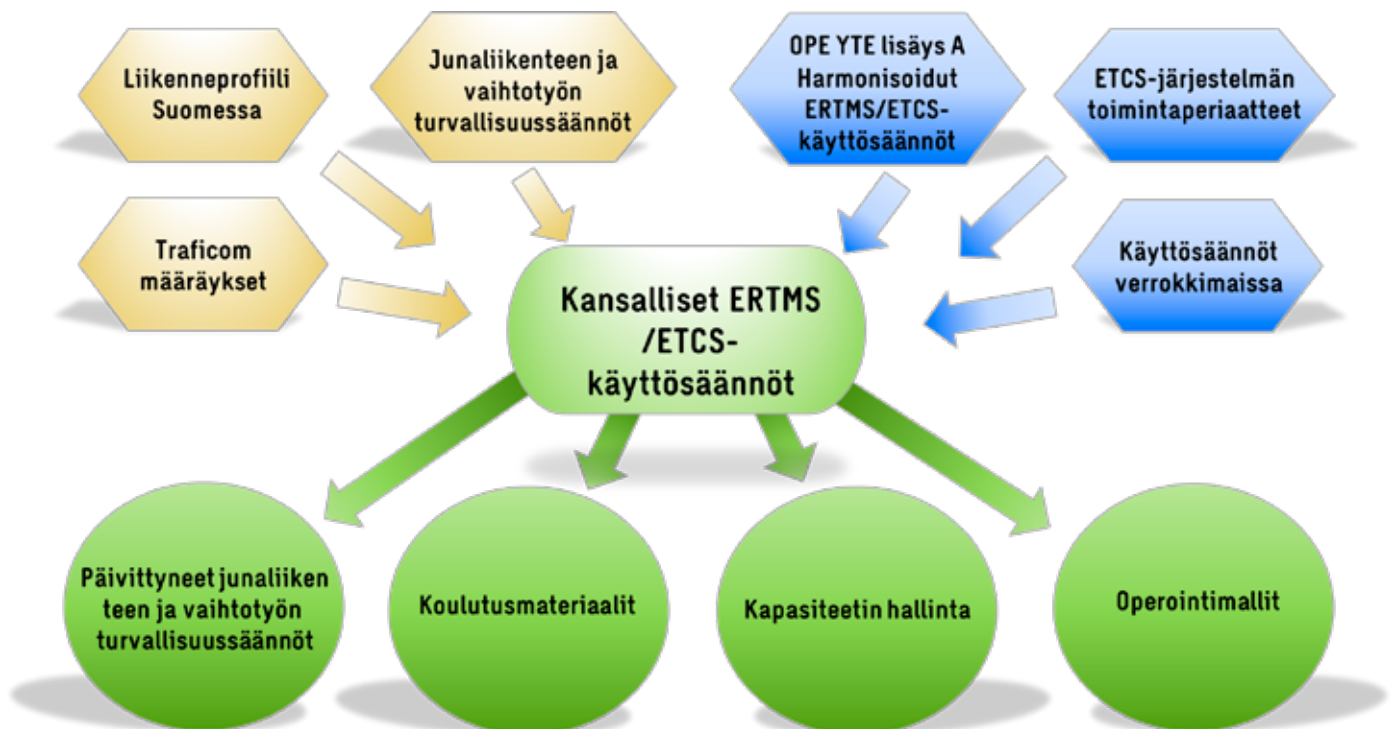


Toni Ahtiainen
Sweco

Taustamateriaali ERTMS/ETCS-käytösääntöjen laadintaan

ERTMS/ETCS-käytösääntöjen laadinta ETCS-tason 2 radoille aloitettiin kartoittamalla säännöiltä vaadittava laajuus analysoimalla olemassa olevat säädökset, ohjeet sekä aiemmin tuotettua aiheeseen liittyvää materiaalia Suomesta ja Euroopasta. Analysoinnin keskeisimpänä tavoitteena oli tunnistaa käyttötilanteet, joissa ETCS-järjestelmä on osallisena ja kuinka paljon valmista materiaalia on jo saatavissa Euroopasta tai aiemmista selvitystöistä, sekä kuinka tunnistetut tilanteet on hallittu muualla. Tunnistettujen tilanteiden luetteloa täydennettiin työpajoilla, joissa arvioitiin tilanteiden soveltuvuutta Suomen liikennöintiympäristöön sekä tunnistettiin mahdollisesti puuttuvia ja erityisesti Suomessa esiintyviä tilanteita.

Merkittävin käytösääntöjen sisältöä Euroopan laajuisesti määrittelevä dokumentti on Euroopan komission yhteentoimivuuden tekninen eritelmä käyttötoiminnasta ja liikenteen hallinnasta (OPE YTE) ja sen lisäys A. OPE YTE:n lisäys määrittelee harmonisoidut toimintamallit ja säännöt suureen osaan normaaliin liikennöintiin liittyvistä ERTMS-järjestelmän kanssa esiintyvistä tilanteista. OPE YTE:n lisäys A tunnistaa myös useita tilanteita, joihin



Kuva 1. ERTMS/ETCS-käytösääntöjen kehitysprosessi ja sen vaikutukset.

on määriteltävä rataverkon haltijan määrittelemät tarkemmat toimintasäännöt. Kansallisesti merkittävimmäksi työksi jääkin sääntöjen luonti normaalia liikennöintiä valmisteleviin tilanteisiin, vaihtotöihin ja järjestelmän vajaatoimintatilanteisiin.

Merkittävimmät kansallisesti säädeltävät kokonaisuudet ja niiden erot JKV:llä liikennöintiin

Jatkuvatoimisessa ETCS-tason 2 kulunvalvontajärjestelmässä kaikki kulkutiehen liittyvä informaatio välitetään normaalissa liikennetilanteessa suoraan kuljettajan paneeliin. Kattavien tietojen tarjoaminen suoraan kuljettajapaneeliin mahdollistaa radanvarren opastimista luopumisen. Jotta rautatiejärjestelmän nykyistä turvallisuustasoa ei heikennetä, näkyvistä opastimista luopuminen edellyttää muutoksia toimintaan erityisesti vajaatoimintatilanteissa sekä vaihtotyön prosesseihin.

ETCS-järjestelmä hallinnoi eriasteisia junaliikenteestä poikkeavia tilanteita toimintatilojensa kautta. Toimintatilojen käytötarkoitus ja toimijoiden vastuut niissä on pääasiassa jaettu jo harmonisoiduissa käyttösäännöissä. Toimintatiloja on yhteensä 17 kappaletta, joista merkittävimmin operointiin liittyviä on laskentatavasta riippuen noin kuusi. Toimintatilojen avulla järjestelmä kykenee selkeästi kommunikoidaan kuljettajalle järjestelmän tarjoaman suojan tason ja kuljettajan vastuulle jäävät asiat. ETCS-järjestelmän toimintatilat eivät ratkaise kaikkia näkyvien opasteiden poistumisesta syntyviä haasteita vajaatoimintatilan- teiden ja vaihtotyön turvallisuudelle.

Turvallisuuden varmistamisessa vajaatoimintatilanteissa iso vastuu lankeaa hyvin ennalta suunnitelluille menettelyille ja määrämuotoiselle viestinnälle. Määrämuotoisen viestinnän tueksi OPE YTEssä on harmonisoitu eurooppalaisia liikenteenohjauksen ilmoituksia. Ilmoitukset korvaavat ja osin täydentävät nykyisiä kansallisia liikenteenohjauksen ilmoituksia. ERTMS/ETCS-käyttö- säännöissä on luotu yhteiset toimintamallit kaikkiin tunnistet- tuihin vajaatoimintatilanteisiin.

Liikennöintimallien päivittäminen ERTMS-järjestelmän mukai- seksi on nostanut esiin erityisesti vaihtotöihin liittyviä haasteita. Vaihtotyötilassa toimittaessa RBC:tä ei voida hyödyntää valvon- taan, joten tämän hetken tiedon mukaan, vaihtotyöhön ei saada järjestelmän myötä merkittäviä turvallisuutta parantavia toimin- toja. Vaihtotyön turvallisuushaasteiden ratkaisemiseksi ETCS-jär- jestelmän oheen on kehitetty käsitteet väliaikaisesta ja pysyvästä vaihtotyöalueesta (TSA- ja PSA-alue). Vaihtotyöalueilla kyetään paikallisten määrittelyiden mukaisesti rajaamaan vaihtotyötilaan siirtymistä, alueen läpi kulkevien kulkuteiden muodostumista tai alueelle siirtymistä. Vaihtotyöalueiden määrittelyn täsmentyessä myös käyttösäätöjä on kehitettävä vastaamaan täsmentynyttä toimintamallia.

Haasteena erityisesti vaihtotyöhön liittyvien ERTMS/ETCS- käyttösäätöjen kannalta on, että Suomen liikennöintimalli ja vaihtotöiden suorittaminen junaliikenteen seassa poikkeaa useista maista, joissa ERTMS-varustelu on pidemmällä. Näin ollen vertailumallien löytäminen toiminnan määrittelyyn on ollut haastavaa. Suomessa vaihtotyöt muun liikenteen seassa ovat muotoutuneet omaksi tehokkaaksi ja suhteellisen turvalliseksi toiminnaksi vuosien aikana, eikä saavutettua turvallisuustasoa ole syytä heikentää.

Sääntelyn ja järjestelmän kehityksen myötä 1- ja 2-luokan alueilla sekä niiden rajapinnoissa tapahtuvaa liikennöintiä on mahdollista tehostaa samalla turvallisuustasoa kehittäen. Esimerkiksi ratalaitteilla ohjattu siirtyminen vaihtotyötilaan mahdollistaa yhdessä vaihtotyöalueiden kanssa vaihtotyön aloittamisen suoraan liikkeestä. Myös osa nykyisistä vaihtotyöliikkeistä on tulevaisuudessa mahdollista suorittaa valvotuissa ETCS-järjes- telmän toimintatiloissa. Tämä nostaa esiin kysymyksen, onko vaihtotyön ja junaliikenteen tiukka erottelu tarpeen tulevaisuuden ERTMS-rataosilla.

ERTMS/ETCS-käyttösäätöjen tulevaisuus

ERTMS/ETCS-järjestelmän käyttösäätöjen kehitystä on jatket- tava myös tulevaisuudessa. Kehitystarpeita edellyttävät mm. prosesseista saatavat käytännön kokemukset, muuttuvat operatiivi- set tarpeet sekä järjestelmän kehitys. Muutoksia ja kehitystä jär- jestelmään on tapahtumassa sekä lyhyellä tähtäimellä että vasta vuosien päästä.

ETCS-järjestelmä ja liikenteenohjauksjärjestelmä sekä vies- tintämenetelmät kehittyvät ensimmäisen kaupallisen radan jär- jestelmä-määrittelyn täsmentyessä ja myös tulevaisuudessa jär- jestelmän uusien vaatimuseritelmien julkaisujen ja mahdollisen käyttöönoton myötä. Tulevaisuudessa standardisoinnin kehityksen myötä ETCS-järjestelmään on suunniteltu tuotavan useita tehok- kuutta lisääviä ominaisuuksia, kuten RBC-yhteyden mahdollistava vaihtotyötila ja automaattista junaa tukevat toiminnallisuudet. Muun muassa nämä uudet ominaisuudet mahdollistavat kokonaan uusia toimintamalleja, jotka käyttöönottoa varten vaativat uusien sääntöjen määrittelyn tai vanhojen päivittämisen.

Ensimmäisiä käytännön kokemuksia ERTMS/ETCS-käyttö- säätöjen toimivuudesta päästään keräämään KoKoHa-testiradan testeistä radalla ja laboratoriosta. ERTMS/ETCS-käyttösäätöjä kehitetään tällä hetkellä Digirata-hankkeessa yhteistyössä sidos- ryhmien kanssa. Toimintojen muotoutuessa käyttösäätöjä tullaan päivittämään ja järjestelmän kehitystä tullaan viemään eteenpäin turvallisuus ja käytettävyys edellä.

ETCS-tasosta 2 seuraavat merkittävimmät muutostarpeet kansallisiin operointisäätöihin

- Näkyvät opastimet poistuvat – Viestintä esimerkiksi vaihtotyöalueen rajoista keskeisemmässä roolissa
- Junaliikenteessä informaatio kulkutiestä esitetään kuljettajanpaneelissa – Mahdollistaa monipuolisen ennakkotiedon kuljettajalle
- Kulunvalvonnasta tulee jatkuvaa – Yksiköiden sijainti on paremmin tiedossa
- Tulee noudattaa eurooppalaisia harmonisoituja sääntöjä – Toimintaprosesseja on sovittava eurooppalaisiin toimintaperiaatteisiin

EULYNX turvalaitehankinnat - säästöjä ja joustavuutta

EULYNX on vielä uusi asia rautateille. Uuden standardinomaisen rajapintamäärityksen merkityksestä puhuminen on tärkeää, koska asia on strategisesti merkittävä. Tietämättömyys johtuu ainakin osin siitä, että kyseessä on ohjelmistotekninen yksityiskohta, eikä se sen vuoksi kosketa aivan konkreettisesti päivittäistä tekemistä operatiivisen liikenteen tai kunnossapidon osalta. Tässä artikkelissa nostan esiin strategisen ulottuvuuden tämän yhteiseurooppalaisen opastin- ja turvalaitemäärityksen osalta. Pysin keskittymään yksityiskohtien sijasta siihen, mitä EULYNX-standardista tulee ymmärtää. Käsittely jakautuu kahteen näkökulmaan, toiminnalliseen ja taloudelliseen. Lopuksi esitän tärkeän näkökulman standardin luomista mahdollisuuksista suomalaiselle teollisuudelle.

Ohjelmistot ja niiden yhteensopivuus ovat perusta turvalliselle ja laadukkaalle toiminnalle

Tietoliikenneteknologian ja ohjelmistollisen turvalaitelogiikan esiinmarssi rataliikenteessä alkoi 1990-luvulla. Silloin Suomeenkin asennettiin ensimmäinen ohjelmistopohjainen tietokoneasetinlaite. Tämä tuli Jyväskylän ratapihalle. Käytännössä teknologian murros rautateilla tämän jälkeen on ollut tältä osin yllättävän hidasta. Tietokoneasetinlaite ei ole tuonut niin merkittäviä etuja, että releillä toteutettuun logiikkaan perustuvat asetinlaitteet olisivat täysin korvautuneet ohjelmistopohjaisilla ratkaisuilla kuluneen 30 vuoden aikana. Tämä johtuu mahdollisesti siitä, että kustannukset asetinlaitteen uusimiseksi ovat niin korkeat, ettei relepohjaisia asetinlaitteita kannata korvata ennen kuin pakon edessä. Kustannusten vaikutuksesta valintoihin kertoo myös se, että edelleen Suomen rataverkolla kierrätetään uusasennuksiin relepohjaisia asetinlaitteita.

Miksi asetinlaiteteknologia on sitten niin erityisen kallista? Rautateiden turvalaitetoimittajia on Euroopassa vain muutamia, ja siksi markkinassa ei ole riittävästi kilpailua. Se ei johdu siitä, että teknologiaa olisi erityisen vaikea kehittää, vaan perimmäinen syy on se, että julkishallinnon kilpailuttamaan markkinaan on epävarmaa investoida ja tähän on kaksi syytä. Markkinoille pääsy voidaan evätä kilpailutuksessa asetettavilla referenssivaatimuksilla ja turvallisuussertifioinnin (ns. SIL, safety integrity level) kustannus nähdään liian korkeana yhdistettynä ensin mainittuun riskiin. Markkina ei ole monopolisoitunut, mutta sitä hallitsee muutama iso toimija. Tilanne on kutakuinkin sama kuin matkustajalentokoneteollisuudessa.

Ohjelmistotekniikassa osajärjestelmien yhteensopivuus on kokonaisjärjestelmien toiminnan edellytys. Rautateilla ei ole ollut perinteisesti yhteistä protokollaa, eivätkä eri valmistajien laitteet ole kommunikoineet keskenään. Tämä toimintamalli on perustunut puhtaasti liiketoiminnallisiin syihin. Yhteensopivuuden kehittämistä aiheutuu kustannuksia ja luonnollisesti laitteiden ja järjes-



Markus Melander
Relesoft

telmien yhteensopivuus lisää myös kilpailua, koska tällöin osajärjestelmän voi hankkia myös kilpailijalta. Tämä ei ole teollisen toimijan edun mukaista.

EULYNX yhteentoimivuus on avain kustannustehokkuuteen radanpitäjän näkökulmasta

EULYNX määrittelytyö alkoi eurooppalaisten rautateiden omistajien vetämänä projektina vuonna 2014. Hanke on myöhemmin vakiintunut pysyväksi organisaatioksi. Toisin kuin monessa muussa rautatiealan yhteistyöelimestä EULYNX-työssä ei ole ollut keskeisessä asemassa teollisuuden toimijoita. Syytä tähän ei ole korostettu julkisuudessa. Loogisin selitys lienee, että on haluttu saada aikaan jotain konkreettista mahdollisimman sujuvasti eikä ajautua teollisuuden edun mukaiseen hidasteluun yhteisen kommunikaatioprotokollan määrittelyssä.

EULYNX muodostuu laajasta ja hyvin laaditusta dokumentaatiosta. Suomesta mukana olleet henkilöt voivat ainakin ohjelmistokehittäjän näkökulmasta olla ylpeitä työstään. EULYNX-dokumenttaation pohjalta on selkeää kehittää turvalaitteen osakokonaisuuksia. Protokollassa on huomioitu myös kansalliset poikkeamat. Tämä onkin tärkeää, koska eri maissa on hivenen poikkeavia kansallisia opastinkäytäntöjä. Kuvassa 1 on esitetty looginen kuvaus EULYNXin määrittämistä kokonaisuudesta. Huomio on syytä kiinnittää kuvassa SCI-alkuisiin lyhenteisiin, sillä ne kuvaavat eri alijärjestelmien välisiä kommunikaatioprotokollia. (SCI, Standard Communication Interface). SCI määrittää ikään kuin sanaston ja kieliopin, jonka pohjalta kukin osapuoli voi osallistua keskusteluun. Ilman EULYNX-määrittelytyötä ei esimerkiksi Siemens, Thales, Mipro tai Relesoft kykene sovittamaan ohjelmistojensa yhteentomivaksi kokonaisuudeksi.

EULYNX-konsortion 13 täysjäsentä, Suomi mukaan lukien, ovat asettaneet tavoitteeksi rautateiden turvalaitetoimittajien välisen kilpailun lisäämisen, turvalaitejärjestelmien elinkaarikustannusten alentamisen sekä innovaatioiden lisäämisen. Tälle kaikelle on nyt olemassa tekniset edellytykset ja tavoitteiden saavuttaminen on mahdollista. Onnistuminen edellyttää vielä rohkeutta kilpailutuksiin. Hankintojen yhteydessä tuleekin vaatia ja pitäytyä EULYNX-rajapintavaatimuksissa sekä ponnistella se vaiva, mitä hankintojen pilkkominen osajärjestelmien osalta edellyttää. Viisas hankkija hallitsee toimittajariskiä osajärjestelmien yhteensovittamisessa ja huolehtii oman osaavan henkilöstön ammattitaidosta. Uudet asiat vaativat aina vähän enemmän paneutumista, niin on myös EULYNX vaatimukset täyttävän kokonaisjärjestelmän hankinnan osalta.

Marraskuussa 2022 TED-portaalissa (EU:n yhteinen hankintojen ilmoituspalvelu) oli avoimena Itävallan ja Sveitsin kansalliset ERTMS-hankinnat ja kummassakin näistä oli EULYNX-vaatimus. Dokumenttien perusteella vaikuttaa siltä, että useampia toimijoita valitaan toimittamaan kokonaisuutta. Tämä vaikuttaa hyvältä ja edellytykset käytännön tason yhteensopivuudelle ovat siis ole-

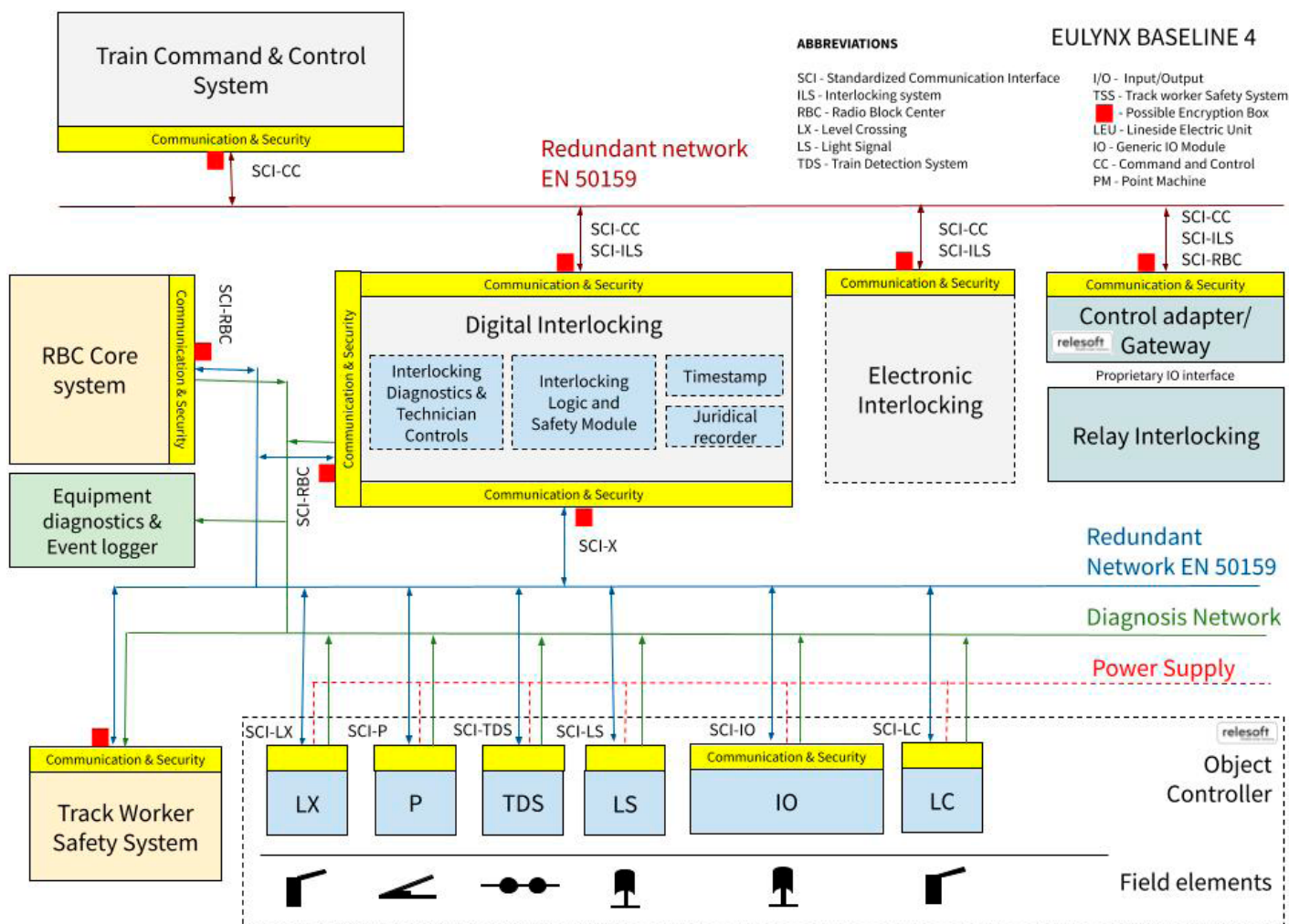
massa ja kilpailutuksissakin periaate näyttää toteutuvan. Yksityiskohtaisella tasolla asiantuntijan kannattaakin kiinnittää vielä huomionsa hankinnoissa määritettäviin yksityiskohtiin. EULYNXin perimmäinen tavoite on, että kulkutien varmistava kokonaisuus - kauko-ohjaus, asetinlaite ja radanvarsilaitteiden ohjainlaitteet - voivat olla eri toimittajien tuotteita samassa kauko-ohjausalueessa tai radan asetinlaitteissa. Radanpitäjä on voittaja, kun tämän tasoinen yhteentoimivuus pakottaa toimittajat jokaisessa elinkaarenvaiheessa kilpailemaan kaupasta. Näin luodaan edellytykset kustannustehokkaaseen elinkaarenhallintaan vaarantamatta turvallisuutta.

Suomalaisten rautatieteknologiayhtiöiden mahdollisuus

Digirata-hankinnoissa tullaan linjaamaan Suomen ratkaisu turvalaiteteknologian osalta kymmeniksi vuosiksi eteenpäin. Onkin tärkeää, että kaikki päättäjät ovat hereillä pohtimassa, miten varmistetaan ERTMS ja EULYNX-spesifikaatioihin liittyvä kansallinen osaaminen myös ohjelmistoteknisellä tasolla. On kansallinen etu,

EULYNX standardi avaa suomalaisille teknologiayhtiöille mahdollisuuden eurooppalaisille turvalaitemarkkinoille

että meillä säilyy asetinlaite- ja turvalaitetekniikan teollisuutta. Viisailla hankinnoilla muodostetaan samalla merkittävä vientipotentiaali. EULYNX on kaikille uusi asia ja nyt markkinoille on mahdollista päästä. Suomen teolliset toimijat ovat tähän valmiina. Kyse on vain siitä, tuetaanko näitä pyrkimyksiä antamalla suomalaisille toimijoille mahdollisuus isojen kansallisten hankintojen yhteydessä.



Velho käytössä - hankkeiden luovutusaineistot kuntoon!

Velho-järjestelmä kokoaa Väyläviraston avoimet suunnitelma- ja toteumatiedot yhteen paikkaan (Projektivelho), samalla tavalla järjestettynä ja paremmin hyödynnettävänä. Velhon myötä projekteissa tuotetun tiedon merkitys korostuu, kun tietoa voidaan hyödyntää laajemmin esimerkiksi tulevaisuissa suunnitelma- vaiheissa ja omaisuudenhallinnassa. Hankkeessa alan tuottavuutta on parannettu uusien digitaalisten työtapojen käyttöönotolla ja tietomallintamisen paremmalla hyödyntämisellä. Samalla on löydetty jo seuraavat tarpeet kehittää projektien tiedonhallintaa.

Velhon lyhyt historia

Velho koostuu kahdesta erilaisesta tiedosta yhdessä järjestelmästä: Projektivelho on suunnitelma- ja toteumatietojärjestelmä kaikille väylämuodoille ja Tiestötietojärjestelmä on tieverkon ydintiedon kokoaja ja korvaa vanhan tierekisterin. Tässä kirjoituksessa keskitymme Projektivelhoon.

Velhon kehittäminen alkoi syksyllä 2017 osana Liikenneviraston (nykyisin Väylävirasto) digitalisaatio-ohjelmaa Solitan, Rambollin, Sitowisen ja Väyläviraston allianssin voimin. Jo ennen sitä valittu tiimi oli käynyt läpi tiukan kilpailuttamisprosessin, jossa mm. testattiin kahden kokonaisen workshop-päivän ajan Väyläviraston ydintiimin ja kolmen loppusuoralla olevan palveluntuottajakonsortion yhteistyötä.

Ratapäivillä alkuvuodesta 2018 esittelimme tuoreen allianssin innolla Velhon tavoitteita, joita oli jo yhdessä tarkennettu syksystä 2017. Meillä oli ikään kuin aavistus mitä ollaan tekemässä jo hahmollaan. Allianssi oli hioutunut yhdessä Pasilan toisen kerroksen Big Roomissa yhdeksi innokkaaksi joukkueeksi, jossa ei muisteltu oman organisaation nimeä vaan puhallettiin yhteen hiileen.

Ratapäivillä 2020 esittelimme Velhon kehitystilannetta ja varoittelimme keväällä 2020 alkavasta käyttöönotosta ja mm. BIM-

Tarmo Savolainen
Väylävirasto

Sami Mäkelä
Väylävirasto

työkäytä. Kerroimme, kuinka Velhoa on kehitetty ketterällä menetelmällä ja ensimmäinen versio julkaistiin keväällä 2019, josta lähtien järjestelmässä on ollut perustiedot kaikista Väyläviraston ja ELY-keskusten hankkeista. Kerroimme, kuinka Projekti-

velhon tiedonhallintaa ryhdyttämään julkaistaan uusi ohje Suunnitelma- ja toteumatietojen hallinta Velhojärjestelmässä. Konkretiaa oli jo paljon ja ratapäivien yleisö pidätteli hengitystä - kohta tapahtuu.

Lopulta Projektivelhon käyttöönotto myöhästyi noista puheista. Projektivelhon kehittäminen hidastui, koska uuden tiestötietojärjestelmän kehittäminen uusine tiestön kohdeluokkineen ja malleineen vastaamaan tämän päivän ja tulevaisuuden vaatimuksia sekä historiatieto huomioiden osoittautui vaativammaksi kehitysponnistukseksi, kuin mitä alun perin arveltiin. Budjettia ja aika-

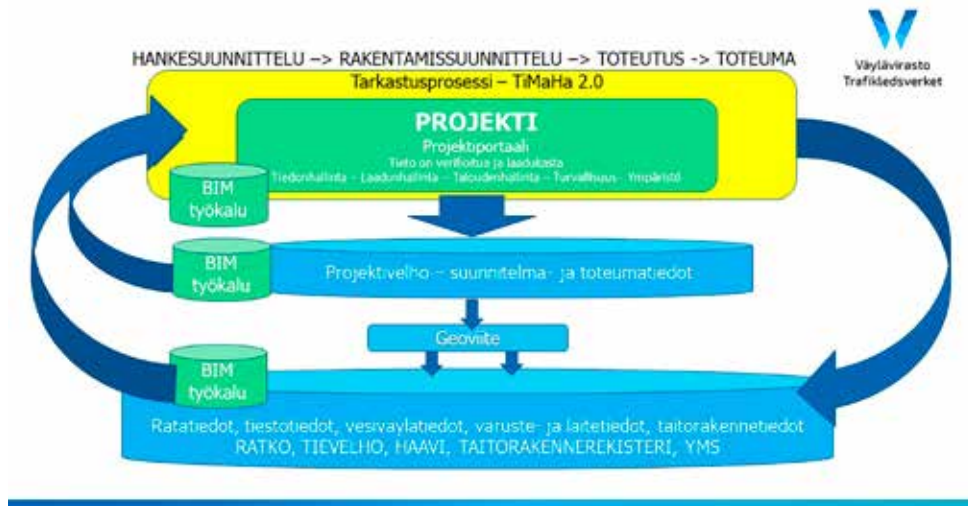


Kuva 2. BIM-työkalu otettiin Velhossa käyttöön vuonna 2020.

tauluakin ruuvattiin yhteisellä päätöksellä hieman ylös- ja eteenpäin. Projektivelhon käyttöönotto alkoi toden teolla keväällä 2021 ja kehitys jatkuu edelleen. Alkuperäinen Velho-allianssi päättyi helmikuussa 2023 ja syksyn 2022 aikana Velhon osaaminen siirretään uusille toimijoille.



Kuva 1. Velhossa on Väyläviraston ja ELY-keskusten suunnitelma- ja toteumatiedot yhdessä paikassa.



Missä nyt ollaan?

Ratapäivillä 2023 Velhon käyttöönotto on jo pitkällä ja allianssi-hanke on siirtymässä ylläpitovaiheesta kohti loppua ja sitä myötä uusille toimijoille. Käyttöönotossa on edetty monella rintamalla:

- Velho-järjestelmä on kehittynyt ketterästi koko ajan entistä käytettävämmäksi
- Suunnitelma- ja toteumatietojen ohjeistusta on parannettu
- Käyttöönottoprojektissa on eri keinoin avustettu uuden järjestelmän ja toimintatavan käyttöönotossa
- Hankkeiden tiedon ja mallinhallintaan on annettu projektitasolle tukea TiMaHa-palvelun kautta

Väylävirasto on Velhon myötä määritellyt myös tarkemmaksi tulevaa projektitiedonhallinnan kokonaisuutta (Kuva 3).

Projektien tiedonhallinnan kokonaisuutta viedään eteenpäin neljä näkökulmaa mielessä:

1. Ihminen
 - a. Johdon sitoutuminen
 - b. Tuki tekijöille
2. Yksiselitteiset ohjeet ja vaatimukset
 - a. Tiedonhallintasuunnitelma
 - b. Ohjeistukset, vaatimukset
 - c. Hankinnan malliasiakirjat
3. Laadukas prosessi
 - a. Yhtenäiset tiedon rakenteet eri hankkeille
 - b. Rikastuva tieto suunnittelusta toteutukseen
4. Työkalut ja järjestelmät
 - a. Projektiportaalin ja BIM-työkalun kilpailutus
 - b. Projektivelhon jatkokehitys ja Integraatiot

Missä onnistuttiin? Missä epäonnistuttiin?

Velho-allianssia pidetään yleisesti Suomen ensimmäisenä it-allianssihankkeena. Väylävirasto on toteuttanut aiemmin lukuisia rakennushankkeita allianssimallilla. Mitä olemme oppineet kuu-den historiallisen it-allianssivuoden aikana?

Onnistumisia:

- Allianssimuoto hioi Velhon joukkueen yhdeksi tiimiksi, organisaatiot takin selkämyksissä unohtuivat ja pelattiin kohti samaa maalia.
- Yhteinen tavoite hankkeen parhaaksi toteutui, koska allianssissa pystyimme joustavasti hyödyntämään asiantuntijoiden osaamista eri vaiheissa.

Kuva 3. Projektien tiedonhallinnan kokonaisuus (Väylävirasto)

- Suunnitelma- ja toteumatietovarastosta on haaveiltu Väylävirastossa kauan. Nyt se toteutui onnistuneesti ja loi pohjan projektien tiedonhallinnan digitaaliselle kokonaisuudelle.

Parannettavaa:

- Korona vei ihmiset etätöihin ja ohjelmistokehittäjien Tampere-keskeisyys rikkoi alkuperäisen Big Room -mallin.
- Hankintaprosessin aikana allianssikonsultteja oli mukana paljon. Kun hanke alkoi, joutui ensimmäistä kertaa allianssissa ollut uusi porukka luomaan pelisäännöt itse. Apua olisi kannattanut siinä vaiheessa ottaa ulkoapäin, miten muissa hankkeissa on toimittu.
- Kehitysvaihe olisi jälkikäteen ajatellen voinut olla lyhyempi. Nyt itse ohjelmoinnin aloitus meni aika pitkälle suunnitelmien hiomisen johdosta.
- Kahden järjestelmän yhtäaikainen kehittämisen organisointi samaan ympäristöön tässä laajuudessa tuotti haasteita.

Muuta:

- Oliko allianssimme oikea allianssi vai ketteriä menetelmiä käyttävä it-hanke? Hankkeessa on paljon samoja piirteitä kuin ketterässä it-hankkeessa.

Seuraavat kehitysaskleet

Ratapäivillä 2023 kerromme seuraavista projektien tiedonhallinnan kehitysaskelista keväällä 2023:

- Velhon kehitys jatkuu uuden palveluntuottajatiimin kanssa
- BIM-työkalun käyttöönotto Väylävirastossa ja ELY-keskuksissa alkaa
- Projektien vakioitun kansiorakenteen käyttöönotto alkaa
- Väyläviraston ja ELY-keskusten yhteiset projektitiedonhallinnan koulutukset alkavat
- Projektiportaalin ja uuden Timaha-palvelun kilpailutukset alkavat 2023.

Ratatiedot toiminnan ytimessä

Digitalisaatio toiminnan tukena

Väylävirasto on uudistanut ratatietojen perusrekisterit ja tietojärjestelmät. Uudet järjestelmät tukevat uudistettuja radan suunnittelun, väylänpidon ja liikenteenhallinnan toimintoja. Ne mahdollistavat kattavan omaisuudenhallinnan, liiketoimintaprosessien optimoinnin ja tiedonsiirron automatisoinnin yli organisaatorajojen.

Ajantasainen digitaalinen kuva Suomen rataverkosta ja sen kohteista

Digitaalinen kuva fyysisestä rautatieverkosta perustuu tietomalleihin, jotka kuvaavat fyysisten kohteiden valitut ominaisuudet ja niiden keskinäiset riippuvuudet. Rataverkon toimijat tuottavat päivittäin suuren määrän tietoa, jota on kirjattu sovitulla tavalla järjestelmiin jo usean vuoden ajan. Kerätyt tiedot luovat runsaan ja laadukkaan tietopohjan, johon perustuen voidaan laatia laaja-alaisia tilannekuvia ja analysoida suurta määrää tietoa toiminnan tueksi.

Tietojen pohjalta voidaan suunnitella tulevia kunnossapidon huoltokäyntejä, kartoittaa korjaamistarpeita ja ennakoida ratatöiden vaikutuksia ja investointeja. Tuotettuja analyysejä, tilannekuvia ja kerättyä tietoa voidaan hyödyntää myös useissa muissa toiminnoissa kuten liikenteenohjauksessa, liikennetiedottamisessa tai tietopalveluissa. Ajantasainen ja laadukas tieto toimii perustana myös uusien rataverkkojen suunnittelussa ja päätöksenteon tukena ohjelmoinnissa.

Ratakohteiden hallinta

Väylävirasto määrittelee rataverkon ja rataverkon kohteet eli omaisuuslajit tietomalleina ratakohteiden hallintajärjestelmään (RATKO). Se kuvaa reaali maailman rataverkon laitteinen digitaalisessa muodossa. Digitaalista rataverkkoa ja sen kohteita voi tarkastella visuaalisesti karttamuodossa. Järjestelmä tarjoaa näkyvän eri elinkaaren vaiheessa oleviin rataverkkoihin ja sen kohteisiin kuten esimerkiksi nykyhetken rataverkkoon, suunnitteilla oleviin rataverkkoihin ja liikenteestä poistettuihin laitteisiin.

Suunnittelussa, rakentamisessa ja kunnossapidon eri toiminnoissa syntyvää tietomallien mukaista tietoa kerätään ja ylläpidetään rataverkon ja sen kohteiden koko elinkaaren ajan. Yleiset, pois lukien esimerkiksi salassa pidettävät, tiedot ovat kaikkien hyödynnettävissä avoimen lataus- ja katselupalvelun kautta.

Ratkon perustoiminnallisuudet ovat olleet käytössä jo pidemmän aikaa. Omaisuuslajeja on kattavasti, noin sataneljäkymmentä ja niiden kohteita noin puoli miljoonaa. Lähiajan kehityskohteita ovat mm. hallinnollisen tiedon kuten isännöintialueiden ja tilintaosien hallinnoinnin mahdollistaminen käyttöliittymän kautta, karttanäkymien toiminnallisuuksien laajentaminen sekä omaisuuslajien tietomallien hiominen automaattisten tiedonsiirtojen tarpeisiin. Tulevien vuosien keskeisempiä tavoitteina on suunnit-



Satu Kekäläinen
Väylävirasto

teltujen ratakohteiden tietojen siirron automatisointi suunnittelujärjestelmästä osoite- ja sijaintitietoineen Ratkoon sekä tiedonsiirtojen automatisointi liikenteenohjauksen ja junaoperaattoreiden tarpeisiin.

Kunnossapito

Kunnossapidon ohjaus- ja valvontajärjestelmä RAIKU on rakennettu rataverkon kunnossapidon toimenpiteiden suunnitteluun ja toteutukseen sekä kunnossapitotöiden valvonnan tarpeisiin. Raikuun kirjataan kaikki rataverkolla tehtävät kunnossapidon ja valvonnan toimenpiteet ja havainnot mahdollisimman reaaliaikaisesti mobiililla käyttöliittymällä.

Lisäksi Raiku lukee tietokantaansa mittalaitteiden keräämät tiedot. Raiku vaihtaa automaattisesti tietoja liikenteenohjausyhtiön kanssa ratainfraan poikkeamiin liittyen ja siinä on työkalut kunnossapidolle rataverkon kuntoon ja liikenteeseen kohdistuvien havaintojen ilmoittamiseen ja jakamiseen.

Kattavat ja laadukkaat kuntotiedot mahdollistavat kunnossapidon toimenpiteiden tarkan suunnittelun, sekä oikea-aikaisen kohdentamisen. Järjestelmästä nähdään kohteiden kunnossapitohistoria, jonka avulla voidaan aiempaa paremmin ennakoida tulevat tarpeet. Kuntotietojen analysointi mahdollistaa mitattuun tietoon perustuvien toimenpiteiden toteuttamisen kustannustehokkaasti jo ennen liikenteelle aiheutuvan haitan syntymistä.

Tällä hetkellä viimeisimpinä isoina kokonaisuuksina on toteutettu kunnossapitotöiden ja omaisuuden valvontaan käytettävä valvontasovellus isännöitsijöille sekä tilapäisten nopeusrajoitusten toteutus, jotka otetaan käyttöön vuoden 2023 aikana. Lisäksi toteutetaan uusia lomakkeita painopistealueina sähkörata ja turvalaitteet. Pidemmän aikavälin tavoitteena on edistää kunnossapidon sopimussuorituksen toiminnallisuuksia mallintamalla sopimusten tehtävät Raikuun, josta ne voidaan näyttää käyttäjille esimerkiksi visuaalisessa karttamuodossa, kalenterinäköymällä tai kronologisena tehtävälisterinä alueittain.

Ohjelmointi

Ohjelmoinnin ja ylläpidon RYHTI-järjestelmään kirjataan ratainfraan kohdistuvia toimenpide-ehdotuksia, joista voidaan ohjelmoida hankkeita sekä ylläpidollisia toimenpiteitä. Ratakohteisiin kohdistuvat toimenpide-ehdotukset perustuvat ennalta määriteltyihin kuntoluokkiin, jotka parantavat tiedon laatua ja mahdollistavat kuntoon perustuvien kirjausten yhtenäistämisen kaikilla kunnossapitoalueilla.

Vuoden 2022 aikana rakennetun kuntoluokitustoiminnallisuuden avulla voidaan kartoittaa tarkemmin uusimistarpeiden perustelut ja mahdollistetaan toimenpiteiden keskinäinen priorisointi. Kuntoluokitustoiminto otetaan tuotantokäyttöön vuoden 2023 alussa päällysrakenteeseen liittyvien omaisuuslajien osalta.

Se kattaa vuoden 2024 ja sitä myöhempien vuosien toimenpide-ehdotukset.

Rataverkon kohteiden korjaustarpeet ohjelmoidaan ja priorisoidaan Väyläviraston ohjelmointinyrkin toimesta. Ohjelmoinnissa tunnistetaan merkittävimmät kohteet ja rahoitus ohjataan vaikutusten arvioinnin mukaisesti priorisoiduille toimenpiteille ja hankkeille. Ohjelmoinnin myötä tulevat ratatyöt ovat tiedossa hyvissä ajoin etukäteen. Se mahdollistaa ratakapasiteetin simuloinnin, optimaalisen käytön ja mahdollisimman sujuvan juna-liikenteen. Ennakoimalla tulevia ratatöitä kunnossapidon kustannukset alenevat ja ratakapasiteettia kyetään hyödyntämään entistä tehokkaammin.

RYHTI-järjestelmä on ollut tuotantokäytössä syksystä 2019 alkaen. Pisimmällä on kiskonvaihtojen ja vaihteiden uusimisen hallinta. Järjestelmässä on valmius myös useiden kuntoluokiteltujen kohteiden toimenpide-ehdotusten tekemiseen.

Materiaalinhallinta

Materiaalinhallinnan RAHTI-järjestelmällä hallitaan kiskokuljetukset ja materiaalivarastot. Se otettiin täyteen tuotantokäyttöön keväällä 2020. Sillä on hoidettu kaikki kiskokuljetukset rakennus-

kausina 2021-2022. Materiaalinhallintajärjestelmään voidaan tuoda kiskotarpeita Ryhdistä tai luoda kuljetus ad-hoc-tarpeeseen nopeasti suoraan Rahdissa.

Koneellinen radantarkastus

Koneellisen radantarkastuksen tiedonhallinnan kehittämisen ensimmäisenä tavoitteena on tuoda Meeri-tarkastusvaunun tuotamat tiedot Väyläpilveen helposti hyödynnettävään muotoon. Tulevaisuuden tavoitteena on mittatiedon kerääminen tietomallien mukaisesti ja tallentaminen reaaliaikaisesti tietokantaan.

Tuloksena entistä kyvykkäämpi ennakointi

Kattavat, ajantasaiset ja laadukkaat tiedot mahdollistavat entistä kyvykkäämmän tiedolla johtamisen ja sujuvoittavat radanpidon toimintoja. Liikennejärjestelmän toimijat saavat reaaliaikaisesti tietoa rataverkosta ja sen yksittäisten kohteiden tilasta oman toimintansa suunnitteluun ja seurantaan. Hyvä kuntoinen rataverkko ja hyvin suunnitellut ratatyöt näkyvät matkustajille ja liikennöitsijöille luotettavina aikatauluina sekä mukavana ja turvallisena matkana.



**YMPÄRISTÖTURVALLISET
RATAPÖLKYT, PITKÄ KÄYTTÖIKÄ**

SATEBA FINLAND on betonisten ratapölkkyjen, -vaihepölkkyjen ja -tasoristeysten valmistaja juna-, raitiotie- ja metroradoille

UUSI BP17 betoniratapölkky asennettuna hajavaihtona Saarijärvi-Haapajärvi rataosuudelle v.2021-2022

testattu • taloudellinen • kestävä

Toimimme osana Sateba konsernia, joka on kestävänsä ratainfraan betonisten ratapölkkyjen kehittäjä. Tämä mahdollistaa pääsynne laajaan valikoimaan käytettyjä, testattuja ja luotettuja ratapölkkyjä. Laaja tietotaitomme, asiantuntemuksemme ja kokemuksemme ratapölkkyistä voi tukea projektinne haasteita.

 <p>M312 (HAS) Pölkkyt</p>	 <p>Eco Innovation</p>	 <p>Ladder Track</p>	 <p>BETONINEN TASORISTEYS</p>
---	---	---	---

Tutustu meihin: finland.sateba.com

Ota yhteyttä: Markku Jarvelainen, +358405471597. Petri Tampio, +358405380001

Analytiikan hyödyntäminen rataomaisuuden hallinnassa

Taustaa analytiikan kehittämiseksi

Väyläviraston omaisuudenhallinnan kehittämistä toteutetaan strategisessa omaisuudenhallinnan kehittämishankkeessa (STOHA) ja siihen kytkeytyvissä väylämuotokohtaisissa osahankkeissa. Rataomaisuudenhallinnan kehittämiseen keskittyvässä R-OMHA-hankkeessa kehitetään dataan pohjautuvia menetelmiä ja toimintatapoja omaisuudenhallintaan liittyvän päätöksenteon tueksi. Kehittämisessä hyödynnetään eri lähdejärjestelmiä (ml. RAIDE) sekä Väyläviraston teknologioita ja Analytiikkapalvelua. Analytiikan kehittämisellä luodaan yhtenäinen lähtökohta kaikille rataomaisuuteen liittyville päätöksille, joita tehdään eri puolilla Väylävirastoa. Suurin hyöty analytiikasta saadaan, kun sen avulla pystytään tekemään entistä parempia päätöksiä ja tehostamaan prosesseja.

Väyläviraston analytiikkaraportointi toteutetaan Tableaulla, jonka etuina ovat mm.:

- mahdollisuus yhdistää dataa useasta eri lähdejärjestelmästä
- datan visualisointi
- mahdollisuus tarkastella dataa monella eri tasolla
- dataa saadaan helposti samanlaisena kaikkien saataville

Perustana laadukkaat ja ajantasaiset lähtötiedot

Analytiikan kehittämisen edellytyksenä on laadukkaiden ja ajantasaisien lähtötietojen saatavuus. Väylävirasto on uudistanut rata-tietojen perusrekisterit ja tietojärjestelmät, mikä luo hyvää poh-



Virpi Kukkonen
Väylävirasto

jaa tietojen hyödyntämiselle ja erilaisen analytiikan kehittämiseksi.

Toistaiseksi tuotantokäyttöön on otettu rautatiesiltoihin ja vaihteisiin liittyvät Tableau-näkymät, joihin on yhdistetty dataa mm. RATKOsta, RAIKUsta ja Taitorakennerekisteristä. Siltojen osalta näkymässä voi tarkastella esimerkiksi siltojen kuntoluokitteluja, eri rakenneosien kuntoarvioita sekä siltoihin kohdistettuja kunnossapidon havaintoja.

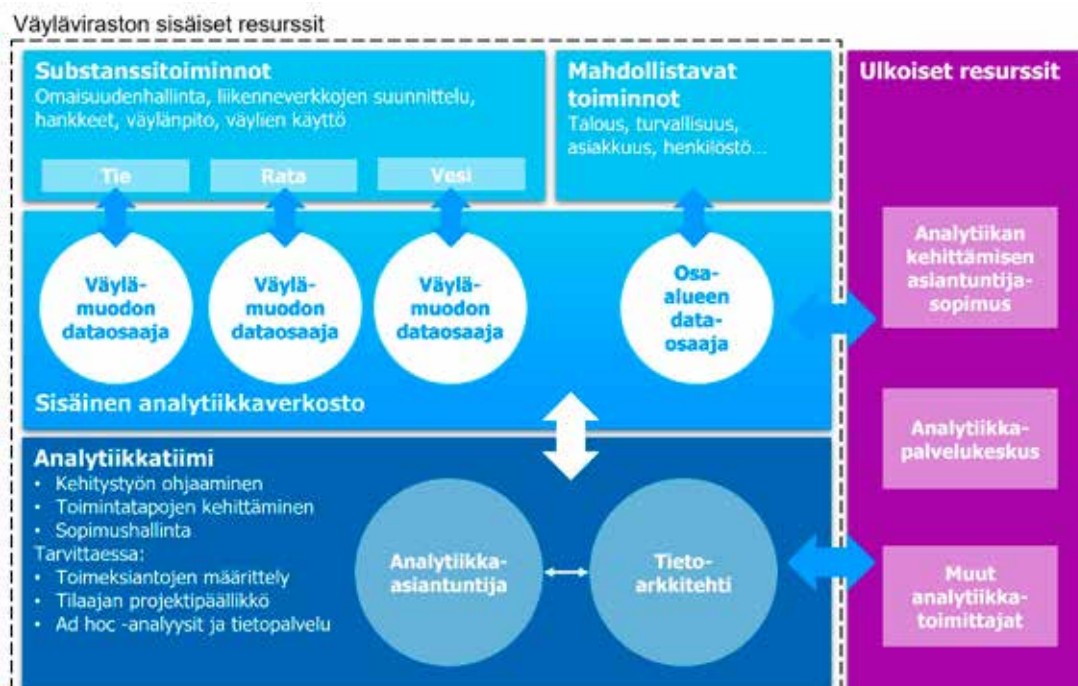
Vaihteiden Tableau-näkymässä kuvataan mm. vaihemittausten ja vaihteisiin kirjattujen kiskovikojen tilannetta sekä esitettyjä osanvaihtotarpeita. Mittauksia ja mittaustulosten kehittymistä on mahdollista tarkastella yksittäisen mittapisteen tasolla,

rataosittain, kunnossapitoalueittain tai vaikkapa koko valtakunnan tasolla.

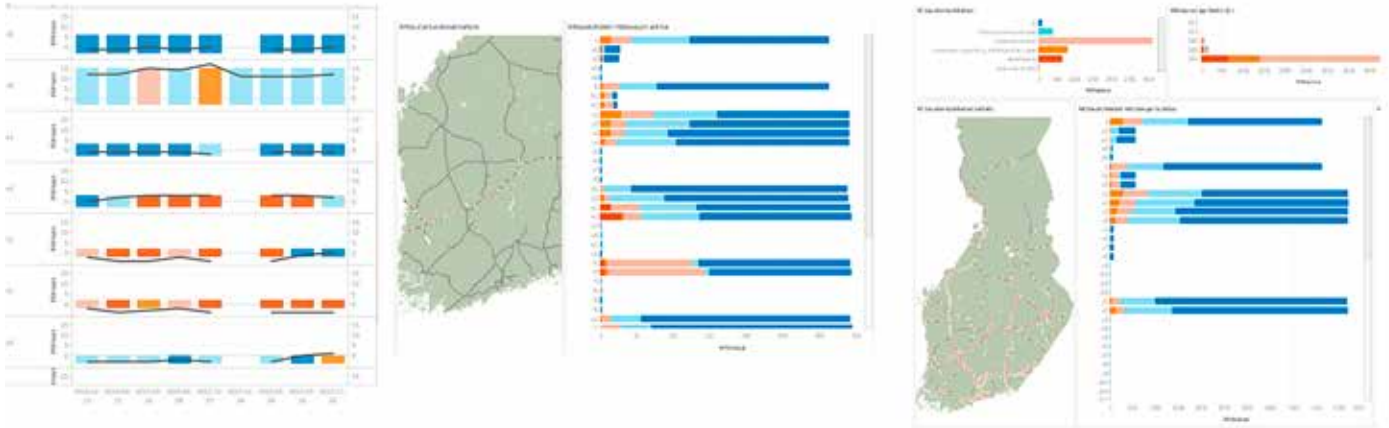
Tableau-näkymiä on tulossa myös esimerkiksi kiskoihin, pölkkyihin ja sähköratalaitteisiin liittyen. Pikkuhiljaa tuotantokäyttöön ollaan ottamassa myös POHA-vikoihin liittyvä näkymä, jonka avulla saadaan entistä parempi käsitys junaliikennettä häiritsevistä vioista ja niiden syistä.

Jatkokehitys

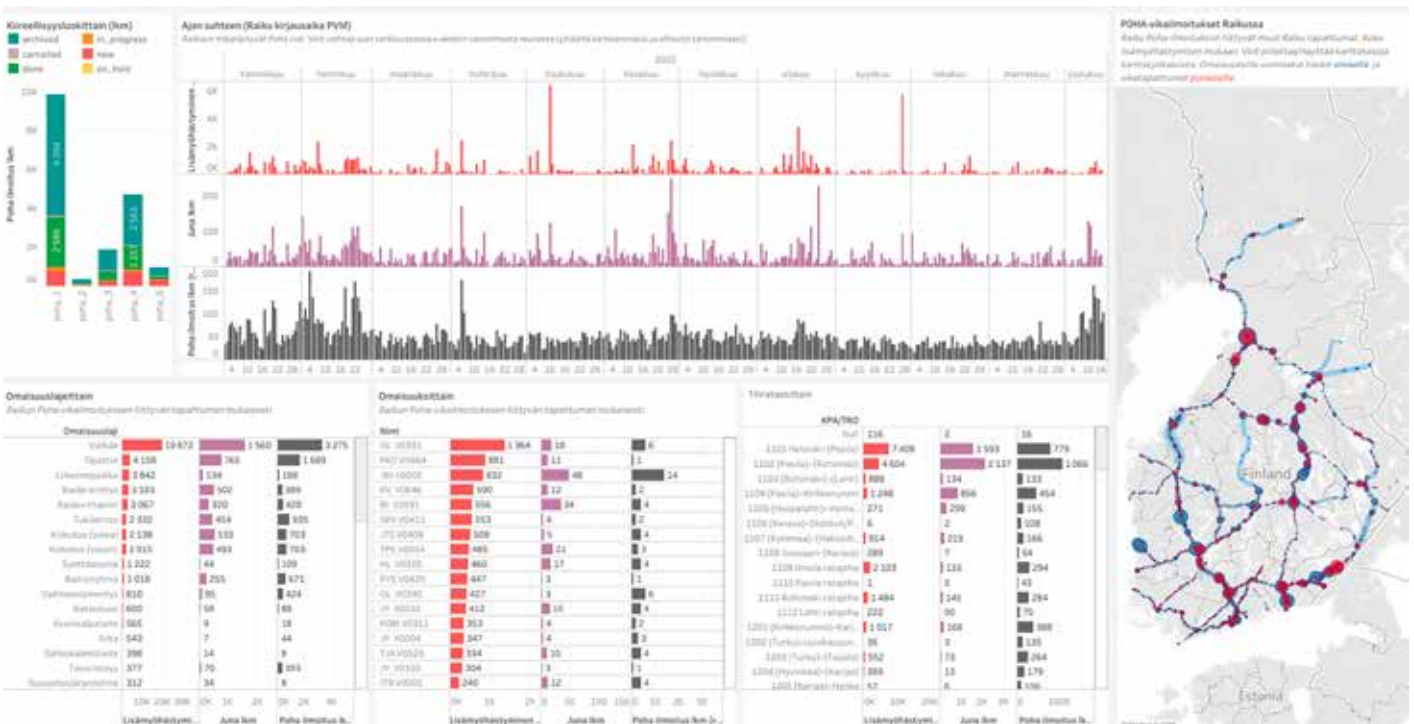
Analytiikan kehittämisessä on päästy hyvään alkuun, mutta mahdollisuudet ovat käytännössä lähes rajattomat. Tulevaisuudessa tavoitteena on yhdistää datavarastoon myös mm. erilaista kunnonvalvontadataa ja radantarkastusvaunun mittaustietoja sekä hyödyntää analytiikkaa esimerkiksi omaisuuden kuntoluokituksissa ja kunnan ennustamisessa.



Kuva 1. Kuvaus Väyläviraston Analytiikkapalvelun toimintamallista.



Kuva 2. Vaihdemittausten tarkastelua eri tarkkuustasolla Tableaussa.



Kuva 3. POHA-vikoihin liittyvä näkymä havainnollistaa junaliikennehäiriöitä.

ERTMS/ETCS-vaikutus rataomaisuudenhallintaan - Case kunnossapitovaatimukset

Rataomaisuudenhallinnan päävaatimus on varmistaa riittävällä kapasiteetilla toimiva luotettava ja turvallinen rataverkko koko sen elinkaaren ajan. Perinteisesti rataverkon suorituskykyä ylläpidetään kunnossapidolla sekä pienemmillä parannushankkeilla haastavassa toimintaympäristössä, jossa luotettavuutta sekä turvallisuutta tulisi parantaa kustannuksia optimoiden.

Eurooppalaisen raideliikenteen hallintajärjestelmän (ERTMS) ja radioverkkopohjaisen eurooppalaisen junakulunvalvontajärjestelmän (ETCS) myötä rataomaisuudenhallintaan kohdistuu uusia turvalaitevaatimuksia, mutta samalla syntyy myös mahdollisuuksia kehittää kunnossapitotoimintaa kehittyvän teknologian sekä uusien toimintamallien myötä.

Vaatimukset

ETCS-junakulunvalvonnan turvalaitejärjestelmän suunnittelua, valmistusta, käyttöönottoa ja kunnossapitoa koskevien vaatimusten viitekehyksenä ovat rautatieturvallisuus- ja yhteentoimivuusdirektiivin mukainen lainsäädäntö, YTM-asetus, Ratatekniset ohjeet (RATO) sekä yhdenmukaistetut standardit EN ISO 9001, EN 50126 ja EN 50129. Näistä erityisesti ”EN 50126-1 Rautatiesovellukset – Toimintavarmuuden, käyttövarmuuden, kunnossapidettävyyden ja turvallisuuden (RAMS) määrittely ja esittäminen” määrittää järjestelmälle uusia kunnossapitovaatimuksia. Lisäksi kyseisessä RAMS-standardissa esitetään järjestelmän elinkaaren hallintamalli (ns. V-malli), jonka mukaan kunnossapidon syötteenä toimivat ratakankkeen kaikki vaiheet. Standardin mukaan laitteiston käytön aikana tulee jatkuvasti valvoa ja arvioida laitteiston RAMS-suorituskykyä sekä arvioida tulosten perusteella vikaherkkyyttä ja mahdollisia parannuksia. Lisäksi systemaattisten vikojen ja häiriöiden estämiseksi standardissa EN 50126-1 esitetään standardin käytölle pakollisena lähtökohtana standardin EN ISO 9001 mukaista laadunhallintaa.

Laadunhallinnan näkökulmasta olennaisimmat hankkeen tukiprosessit ovat muutosten-, dokumentaation-, konfiguraation- sekä vaatimustenhallinta. Näistä erityisesti systemaattisen vaatimustenhallinnan perustaminen on yksi hankkeen alkuvaiheen tärkeimmistä vaiheista. Systemaattisella vaatimustenhallinnalla voidaan osoittaa tuotteen, järjestelmän tai palvelun vaatimustenmukaisuus koko hankkeen elinkaaren aikana. Lisäksi parannetaan vaatimusten jäljitettävyyttä ja tehdään vaatimusten toteutumisen arviointi helpommaksi.



Juha Isometsä
Proxion

Määritetyt vaatimukset

Väyläviraston projektissa ”Radan kunnossapidon nykyisten vaatimusten muuttaminen huomioiden tulevan ERTMS/ETCS-tason 2 käyttöönotto”, jonka tilaajana on Väyläviraston väylänpitotoimialalta Aki Härkönen, on koottu, jäsennetty ja viety tietokantaan radan kunnossapitovaatimukset. Nämä vaatimukset viedään Digiradan Doors-tietokantaan (IBM® Engineering Requirements Management DOORS®) vaatimustenhallintaohjelmistoon. Projektissa on tähän mennessä kirjattu 220 raakavaatimusta 18 eri vaatimuslähteestä, ja kunnossapitosisästä on kerätty 230 vaatimusta, joita vasten raakavaatimuksia on verrattu. Tuloksena on arvioitu,

että n. 50 raakavaatimuksella olisi tällä hetkellä vaikutusta nykyiseen kunnossapitokonseptiin. Suurin osa havaitusta muutostarpeista on peräisin EN-50126 standardista sekä komission asetuksesta Euroopan unionin rautatiejärjestelmän ohjaus-, hallinta ja merkinanto-osajärjestelmiä koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä.

Lisäksi projektissa tullaan käymään läpi nykyiset kunnossapidon kilpailusdokumentit sekä tarkastelemaan, onko luotettavuuskeskeisen kunnossapidon ajattelun kautta mahdollisuutta saavuttaa väljyyttä vaatimusten toteuttamiseen myös kuntoon perustuvan kunnossapidon tai ennustavan kunnossapidon menetelmin.

Toteutettava työ pohjustaa ja valmistelee Digiradan kunnossapitoa ja tuo siihen selkeän vaatimus pohjan, jotka toteutusvaiheessa osaltaan auttavat järjestelmän kunnossapidon valmiuksien luomisessa.

KREATE RATA

Ratarakentamisen ratkaisukeskeinen ammattilainen



KREATE
THE FUTURE IS BUILT TODAY

Rataraivaaja-koulutusohjelman luonti

Väylävirastolla on rataverkon haltijana lainsäädännön mukaan velvollisuus rautateiden raivaus- ja pelastuspalvelun järjestämiseen valtion rataverkolla. Väyläviraston tulee myös osallistua varsinaiseen pelastustoimintaan antaen virka-apua pelastustoimelle sekä ylläpitää pelastukseen ja varautumiseen liittyvää paloteknistä ja muuta infrastruktuuria.

Raivaus- ja pelastuspalvelu oli vuoden 2016 puoliväliin saakka liikennejärjestelmien ja liikenneväylien liikennöitsijävetoista, minkä jälkeen kokonaisvastuu valtion rataverkon onnettomuuksien ja erityistilanteiden hallinnasta siirtyi Liikennevirastolle. Raivaus- ja pelastuspalvelu oli muutamia vuosia lähinnä virkamiesvetoista, mutta vuonna 2021 Väylävirasto kilpailutti toiminnan ja nykyisin palvelua tuottaa ulkoinen palveluntuottaja Sampel Oy valtakunnallisesti kolmessa eri tukikohdassa (Riihimäki, Kouvola ja Oulu) nelivuotisella sopimuksella. Sampel Oy toimii kokonaisuudessa työnantajan roolissa n. 80 ammattitaitoiselle rataraivaajalle, joista osa toimii lisäksi myös esimerkiksi yksikön johtajan tai asemahenkilön rooleissa.

Raivaus- ja pelastuspalvelulla on merkittävä rooli esimerkiksi tavarakuuljetusten ja henkilöliikenteen runkokuuljetusten varmistamisessa. Onnettomuus- tai häiriötilanteen jälkeen on tärkeää, että radan liikennöitävyys saadaan palautettua normaalisti mahdollisimman nopeasti. Toiminta edellyttää vahvaa yhteistyötä eri sidosryhmien kanssa.

Rataraivaajana toimivat henkilöt ovat taustaltaan esimerkiksi pelastusalan ammattilaisia, jotka virkatyönsä ohella toimivat vapaapäivinä rataraivaajan tehtävissä varalla olevina tunti-työntekijöinä. Soveltuva tausta rataraivaajalle voi olla myös sopimus- tai vapaapalokunnassa hankittu kokemus tai rautatiealan kokemus. Pelastusalan henkilöstöllä voi olla vähäinen tuntemus rautatieympäristöstä tai sen erityispiirteistä, mikä on yksi syy siihen, että rataverkolle on ollut tarve luoda oma raivaus- ja pelastuspalvelu. Palvelua tulee tarjota lainsäädännön mukaan tasapuolisesti ja syrjimättömästi valtion rataverkolla kaikille rataverkon toimijoille, joten on perusteltua, että palvelua tuotetaan julkisella puolella.



Pirjo Ranta
Väylävirasto

Rataraivaajan työssä tarvitaan rautatieympäristön tuntemusta, joten perusteellinen ja kohdistettu koulutus on edellytys työn suorittamiselle ja tehtävässä menestymiselle. Lisäksi henkilöillä tulee olla tehtävään soveltuvat fyysiset ja psyykkiset ominaisuudet, jotta monella tavalla haastavista ja ennakkoimattomista tilanteista on valmiudet suoriutua.

Väylävirastossa aloitettiin vuonna 2022 koulutusohjelmiin liittyvä uudistus, jossa tavoitteena on luoda jo olemassa oleviin ja uusiin koulutuksiin koulutussuunnitelmia, jotka olisivat sisällöltään mahdollisimman tasalaatuisia. Uudistuksessa myös koulutussisältöjä, -materiaaleja tai -metodeja on saatettu muuttaa ja kehittää.

Rataraivaajakoulutuksen koulutusohjelman uudistaminen aloitettiin keväällä 2022 ja vuoden 2023 alusta alkaen koulutus järjestetään uudistetulla mallilla. Väylävirasto vastaa koulutuksen suunnittelusta, toteuttamisesta ja seurannasta. Rataraivaaja-koulutusohjelmaa on Väylävirastossa ollut kehittämässä Atte Kanerva, Pia Sotavalta ja Pirjo Ranta.

Rataraivaajakoulutus on aikaisemmin antanut valmiudet työhön, mutta jatkossa koulutuksesta saa virallisen pätevyyden toimia raivaustehtävissä valtion rataverkolla ja suoritettua koulutuksesta saa todistuksen. Ennen virallisen pätevyyden saamista henkilö voi toimia rataraivauspalvelun avustavissa tehtävissä valvotusti. Rataraivaajakoulutus koostuu yhdeksästä moduulista ja sen kokonaiskesto on noin kaksi viikkoa.

Koulutuksessa on yhdistetty erilaisia opetusmetodeja, kuten perinteisestä luokkaopetusta, opiskelua verkko-oppimisympäristössä sekä monimuoto-opiskelua sisältäen käytännön harjoitteita. Käytännön harjoitteet voivat liittyä esimerkiksi erilaisten nostolaitteiden ja varusteiden käyttöön tai hätämaadoituksen tekemiseen.

Varsinaisen koulutusohjelman lisäksi rataraivaajan osaamista ylläpidetään säännöllisillä onnettomuus- ja pelastusharjoituksilla, sillä maantieteellisesti erilaisten onnettomuustyyppien esiintyvyys tai toistuvuus, esim. vaarallisiin aineisiin liittyvät onnettomuudet, voivat käytännössä vaihdella hyvinkin paljon. Lisäksi järjestetään roolituksen mukaisia kertaus- ja täydennyskoulutuksia.



Kuva 1. Rataraivaajan koulutusohjelmäsäily.



Kuva 2. Kemikaaliasuihin pukeutumista tulee harjoitella paljon todellisia tilanteita varten (kuva: Teemu Mäntyvaara).



Kuva 3. Rataraivaajan koulutukseen sisältyy paljon käytännön harjoituksia (kuva: Atte Kanerva).

Kokemuksen ja saadun palautteen perusteella Väyläviraston raivaus- ja pelastuspalvelu on koettu erittäin hyödylliseksi ja tarpeelliseksi ja toiminnalla on suuri yhteiskunnallinen merkitys esimerkiksi teollisuuden ja matkaketjujen näkökulmasta. Etenkin pääkaupunkiseudun lähiliikennealueella seurannaisvaikutukset voivat olla merkittäviä pidempien liikennekatkojen jälkeen. Laadukkaalla rataraivaajakoulutuksella pyritään vastaamaan yhteiskuntamme tarpeisiin varmistuen, että operatiiviseen toimintaan saadaan koulutettua riittävästi osaavia ja motivoituneita rataraivaajia.

mankinen

monipuolista ratatyökoneiden
valmistusta, huoltoa ja korjausta

www.mankinen.fi , puh. 0108358900
Tehtaankatu 9, 11710 Riihimäki

Liikenteenohjaajien perus-, täydennys- ja kertauskoulutusten menettelyt

Kouluttamisen minivaatimuksista osaamisen hallintaan

Liikenteenohjauksessa ja muutenkin rautatiealan operatiivisissa tehtävissä koettiin koulutuksen ja osaamisen hallinnan osalta 2000-luvulla notkahdus. Alalle tuli paljon uudenlaista ja tarpeellistakin sääntelyä, myös koulutukseen ja osaamiseen liittyen. Samalla ehkä unohdettiin, että sääntelyllä usein luodaan jokin minimi, joka ei useinkaan riitä ammattitaidon hankkimiseen eikä etenäkään sen ylläpitoon kehittymisestä puhumattakaan. Tekninen kehitys, henkilöstön operointi aiempaa laajemmalla maantieteellisellä alueella ja monitoimijaympäristö edellyttävät aivan uudenlaista osaamisen tasoa.

Vielä 2010-luvun alussa liikenteenohjauksessa noudatettiin pääasiassa mallia, jossa peruskoulutuksen lisäksi koulutus keskittyi vuosittaiseen kertauskoulutukseen. Liikenneohjaajat koulutettiin, jos esimerkiksi käytettävät järjestelmät tai jokin muu toimintaympäristössä muuttui merkittävä tavalla, mutta osaamista ei juurikaan ajateltu eikä analysoitu sen syvällisemmin.

Toimintaympäristön ja siellä tehtävän työn tunteminen avainasemassa

Kun Finrail aloitti toimintansa, ensimmäiset vuodet sisälsivät paljon selvitystyötä siitä, miten liikenteenohjauksessa oikeasti toimitaan. Jo tuolloin alkoivat viranomaisohjeet ja määräykset olla kohtuullisesti paketoituna, mutta nopeasti tuli ilmi, että paikallisia menettelyitä oli aivan valtavia määriä. Osan taustalla oli virallisiakin, toki auttamatta vanhentuneita ohjeita, mutta myös vakiintuneita käytäntöjä, joille ei löytynyt mitään dokumentaatiota, vain aikalaiskertomuksia.

Vaikka jo ennen Finrailia liikenteenohjausorganisaatiossa oli ollut ammattitaitoisia kouluttajia, jotka tunsivat hyvin toimintaympäristön, ongelmana oli se, että valtakunnallista näkymää ei ollut. Hyvin vanhat alueelliset perinteet ja ominaispiirteet eivät olleet kokonaisuutena kenenkään tiedossa.

Tässä asiayhteydessä se, että rautateillä sattuu ja tapahtuu paljon, myös turvallisuuspoikkeamia, oli pelastus. Jo VR:n ajoilta peritty varsin hyvä raportointikulttuuri ja sen yhdistäminen aktiiviseen työn seuraamiseen sekä keskusteluihin liikenneohjaajien kanssa loi sen pohjan, joka auttaa meitä edelleen osaamisen hallinnan lisäksi myös muilla osa-alueilla, kuten järjestelmäkehityksessä, riskienhallinnassa, sääntelyn kehityksessä ja niin edelleen.

Osaaminen vaatii ja antaa – paljon

Turvallisuuskriittisessä tehtävässä osaaminen on keskeinen osa riskienhallintaa yksilö- ja organisaatiotasolla. Vaikka osaamisen merkitys turvallisuuden varmistamisessa tunnustetaan, sitä ei vält-



Hanna Remes
Fintraffic Raide Oy



Lauri Ahtiainen
Fintraffic Raide Oy

tämättä aina nähdä toiminnan mahdollistajana tai perusedellytyksenä. Koulutus ja sitä kautta hankittu osaaminen ei aina tuota välittömästi mitään konkreettista tai näkyvää, vaan vaikutukset tulevat ilmi pidemmällä aikavälillä. Koulutusta tulisikin ajatella pitkäjänteisenä investointina eikä kuluna. Kärjistäen voi ajatella, että osaamisen ja osaamattomuuden ero on se, että tapahtuu onnettomuus tai onnettomuutta ei tapahdu. Jälkimmäistä on äärimmäisen vaikea mitata tai todentaa, koska toimintaympäristö ja sen syy-seuraussuhteet ovat usein niin moniulotteisia.

”Osaamisen polku”

Matka opiskelijasta liikenneohjaajaksi kestää noin seitsemän kuukautta. Peruskoulutus alkaa perehdytysjaksolla, jossa muutaman päivän aikana tutustutaan liikenteenohjausyhtiön toimintoihin ja toimintaympäristöön. Varsinainen koulutus alkaa intensiivisellä viiden viikon teoriajaksolla, jonka aikana luodaan perustus käytännön toimintamalleille. Teoriajaksoon sisältyvinä ohjauskeskuspäivinä opiskelijat soveltavat opittua teoriaa käytännössä simulaattoriympäristössä sekä operatiivista työtä seuraamalla. Osaamisen kehittymisen ja seurannan tukena opiskelijat kirjoittavat oppimispäiväkirjaa koko koulutuksen ajan. Teoriajaksolla osaamista varmistetaan kuteen osa-alueeseen jaetuilla kokeilla ja sen päätteeksi teoriakokonaisuuden kattavalla loppukokeella.

Teoriajaksolta siirrytään neljä viikkoa kestäväälle simulaattorijaksolle, jossa koulutetaan kauko-ohjausjärjestelmän toiminnot ja opiskelijan teoriaosaamista siirretään käytännön tekemiseksi mahdollisimman aidossa ympäristössä. Harjoittelulla vahvistetaan teknistä rutiinia järjestelmän käyttämisestä, oikeita toimintamalleja ja toimimista erilaisissa häiriötilanteissa. Simulaattorijakson aikana opetellaan turvalaitosten toimintaa sekä liikenteen hallinnan järjestelmien käyttöä. Simulaattorikokeessa kouluttaja varmistaa opiskelijan osaamisen kauko-ohjausjärjestelmän ominaisuuksista, liikenneviestinnästä, liikennöinnistä ja ratatyöstä sekä häiriötilanteista. Jaksolla koulutus on varsin yksilöllistä ja painotuksia eri osa-alueissa voidaan ketterästi kohdentaa opiskelijakohtaisesti.

Simulaattoriharjoittelun jälkeen alkaa 15 viikkoa kestävä työnopastusjakso, joka sisältää koulutusta tuotantoympäristössä työnopastajan valvovan silmän alla. Peruskoulutuksessa vastuu työnopastusvuoron rautatieturvallisuudesta ja muissa liikenteenohjauksen tehtävistä on työnopastajalla.

Työnopastuksessa opiskelijan teoria- ja simulaattoriopetuksessa saamat tiedot muuttuvat käytännön osaamiseksi. Osaamisen kehittyessä työnopastaja antaa opiskelijalle enemmän vastuuta tekemisestä ja päätöksenteosta opiskelijalle. Jakson aikana

käsitellään kaikkia teoriassa opittuja aiheita, jotka varmennetaan täydentämällä seurantakorttia verkko-oppimisympäristössä. Työnopastajat arvioivat osaamisen edistymistä jatkuvana prosessina vuorokohtaisilla raporteilla. Jakso sisältää henkilökohtaisia väliarviointikeskusteluja, joissa opiskelija arvioi osaamisensa kasvamista ja tunnistaa mahdollisia kehityskohteita yhdessä kouluttajan kanssa. Oppimista tuetaan tekemällä opetussuunnitelmaan yksilöllisiä muutoksia tarpeen mukaan. Jatkuvan seurannan lisäksi osaamisen varmistamisen vuoroissa tarkastellaan osaamista kokonaisuutena ja valmiuksia näyttökokeen antamiseen. Tarvittaessa opiskelijalle laaditaan henkilökohtainen opetussuunnitelma, jotta edellytykset näyttökokeen hyväksytysti suorittamiseen varmistetaan. Koulutuksen päätteeksi opiskelija saa pätevyyden tyypillisesti 2–3 työpisteeseen.

Valmistumisen jälkeen osaamista ja sen kehittymistä seurataan alueohjauksessa työskentelevien vuoropäälliköiden toimesta, jotka raportoivat ensimmäisen kolmen kuukauden ajan havaintoja onnistumisista ja kehityskohteista. Lisäksi ensimmäisen kuuden kuukauden aikana uuden liikenneohjaajan työtä seurataan työpisteessä kahdesti neljä tuntia. Seurannasta tiedotetaan liikenneohjaajaa etukäteen, apuna käytetään osaamisen varmistamisen lomaketta ja havainnot dokumentoidaan. Ensimmäisen puolen vuoden aikana lähiesihenkilö suorittaa myös kuunteluvalvonnan, josta liikenneohjaaja saa palautteen.

Usein ensimmäisenä täydennyskoulutuksena tuoreelle liikenneohjaajalle on uusien työpistepätevyksien hankkiminen, joita keskimäärin kokeneella liikenneohjaajalla on kuusi. Työpistekoulutus kestää työpisteestä ja aiemmasta osaamisesta riippuen 40–60 h ja se koostuu itseopiskelusta, teoriaosuudesta, koulutuksesta työpisteellä ja osaamisen varmistamisesta.

Viime vuosina liikenneohjaajille on järjestetty kolme koulutuspäivää vuodessa. Vuoden ensimmäiselle kvartaalille ajoittuu kertauskoulutus, joka perustuu Väyläviraston vaatimukseen. Kertauskoulutukseen osallistuminen ja osaamisen varmistamisen suorittaminen hyväksytysti ovat yksi pätevyyden ylläpidon edellytys. Kertauskoulutusta on kehitetty merkittävästi osallistavammaksi ja käytännönläheisemmäksi mm. erilaisten harjoitustehtävien muodossa. Koulutuksen tarkempiin sisältöihin saadaan vuosittain ideoita mm. vuoropäälliköiltä, jotka ovat operatiivisen työn ytimessä ja tunnistavat hyvin kertausta vaativat aihekokonaisuudet yksityiskohtia myöten. Kevään ja loppuvuoden koulutuspäivillä on varauduttu mahdollisiin ohje- ja järjestelmämuutokoulutuksiin. Koulutuspäiviin sisältyy erilaista kertausta operatiiviseen tekemiseen liittyvistä asioista, turvallisuudesta ja lisäksi yhteinen esihenkilö- ja yhtiöosuus, jossa käsitellään ajankohtaisia asioita, kehitystä ja tulevaisuuden suuntaa, strategiaa.

Valtakunnallisten koulutusten lisäksi on alueellisia koulutustarpeita, jotka liikenteenohjauksen päällikkö määrittää yhteistyössä pääkouluttajan ja työvuorosuunnittelun kanssa. Työpistekoulutusten lisäksi alueellisia koulutuksia ovat mm. henkilökohtaiset koulutukset ja alueellisten ohjeiden tai järjestelmien koulu-

tukset. Verkko-oppimisympäristöä ja itseopiskelua hyödynnetään usein osana alueellisten koulutusten toteutusta. Liikenneohjaajilla on aina myös mahdollisuus pyytää lisäkoulutusta havaitessaan osaamisessaan päivitystarpeita. Myös pidempien poissaolojen jälkeen laaditaan henkilökohtaisia opetussuunnitelmia, joissa koulutetaan mm. poissaolon aikana tapahtuneet muutokset toimintaympäristössä, kerrataan jo aiemmin opittuja sekä palautetaan rutiinia esimerkiksi järjestelmien käytön sujuvuuteen

Osaamisen hallinta on erityisesti yksityiskohtia

Liikenneohjaajan tehtävässä on laajasti käytössä erilaisia järjestelmiä, toimintamalleja eri tilanteisiin ja paljon myös yhteistyötä sidosryhmien kanssa. Yhteistyö sisältää hyvin paljon viestintää ja yhteisiä turvallisuuskriittisiä toimintamalleja. Toimintaympäristö myös muuttuu koko ajan, mutta varsin pieninä palasina, jolloin yksityiskohtien tunnistaminen ja ymmärtäminen niiden vaikutus kokonaisuuteen sekä poisoppimiseen on erittäin tärkeitä.

Miten rakennetaan onnistunut osaamiskokonaisuus?

Onnistunut radanpidon osaamiskokonaisuus on sellainen, jonka avulla työntekijän on mahdollista suoriutua tehtävistään radalla ja työmaalla turvallisesti ja tehokkaasti. Samalla ratainfraa ylläpidetään myös elinkaari tehokkaasti.

Rataverkon haltijan keskeisiin tehtäviin kuuluu määrittellä, minkälaista osaamista missäkin tehtävässä vaaditaan. Osaamiskokonaisuuden luomisen ja päivittämisen yhteydessä on hyvä lisäksi kuunnella myös varsinaista työtä tekeviä: millaisia asioita koulutuksessa olisi hyvä käydä läpi, jotta koulutuksesta olisi käytännön töissä kaikkein eniten hyötyä.

Osaamiskokonaisuudet pohjautuvat paljolti Väyläviraston ohjeisiin ja kansainväliseen standardointiin sekä lainsäädäntöön (esim. yhteentoimivuuden tekniset eritelvät, YTE). Edellisten lisäksi vaatimuksia voi tulla esim. tutkimustulosten tai poikkeama-analyyysien seurauksena.

Joidenkin koulutusohjelmien sisältö ja vaatimukset voivat tulla hyvinkin suoraan kansainvälisestä standardoinnista. Tästä hyvänä esimerkkinä ovat kiskonhitauspätevyyydet.

On tärkeää, että osaamiskokonaisuutta tarkastellaan jatkuvasti niin, että se on ajan tasalla. Uudet ohjemuutokset on syytä ottaa ripeästi mukaan koulutusohjelmaan. Myös muutokset tekniikassa huomioidaan. Ratainfra, tekniikan ja ohjeistuksen kehittyessä ja laajentuessa on vaarana, että myös osaamiskokonaisuus kasvaa liian suureksi. Ratainfraan pitkän elinkaaren vuoksi koulutuksessa tulee käsitellä uuden tekniikan lisäksi myös vielä olemassa olevaa teknologiaa niin kauan, kun sellaista rataverkolla käytetään. Osaamiskokonaisuuden laajentuessa saattaa tulla harkittavaksi jopa osaamiskokonaisuuden jakaminen eri osakokonaisuuksia sisältäviin moduuleihin.

Osaamisen ylläpitoon kuuluu olennaisena osana kertaaminen. Kertauskoulutukset ovat tyypillisesti varsinaista koulutusohjelmaa lyhyempiä, mikä omalta osaltaan haastaa miettimään sisällön olennaisia osia. Kertauskoulutuksissa on hyvä käydä läpi tärkeimmät osaamiseen liittyvät asiat. Lisäksi kertauksissa nostetaan esiin viimeisimmät ja merkittävimmät muutokset osaamiskokonaisuuteen liittyvässä ohjeistuksessa ja tekniikassa.



*Simo Toikkanen
Väylävirasto*



*Risto Lappalainen
Väylävirasto*

Kun on määritelty pohjadokumentaation perusteella, mitä osaamiskokonaisuuden tulee pitää sisällään, on mietittävä, millä tavalla koulutus toteutetaan. Riittääkö asian oppimiseksi pelkkä teorian läpikäynti oppitunnilla, vai onko ehkä tarvetta käytännön harjoittelulle? Nykyaikaiset tekniikat tarjoavat monenlaisia vaihtoehtoja opetuksen toteuttamiselle – pitää toki pohtia, mikä toteutustapa on asian oppimisen kannalta tehokkain. Joskus vaikkapa hyvin mietitty ja toteutettu videokokonaisuus saattaa olla maastokäynnin sijaan parempi vaihtoehto.

Osaamiskokonaisuuden rakentamisen ja ylläpidon helpottamiseksi Väylävirasto on luonut koulutusohjelman mallipohjan, jota hyödynnetään kaikissa radanpidon turvallisuus- ja työpätevyyskoulutuksissa. Koulutusohjelman mallipohjan avulla varmistetaan koulutusten yhtenäisyys ja tasalaatuisuus vakioitujen toimintatapojen kautta. Käytännössä koulutusohjelman mallipohja on word-muotoinen dokumentti, johon kuvataan koulutusohjelman tarkoitus, tavoitteet, koulutuksen järjestämiseen liittyvät toimenpiteet, koulutuksen eri koulutusmoduulit ja aihealueet sekä lähtökohdat osaamisen varmistamiseen. Mallipohja toimii eräänlaisena koulutuksen tukirankana auttaen sekä koulutuksen vastuuhenkilöä että muita koulutukseen osallistuvia hahmottamaan koulutuskokonaisuus. Erityisesti

Väyläviraston radanpidon turvallisuus- ja työpätevyyskoulutukset toteutetaan ulkopuolisen palveluntuottajien kautta, joten tältäkin näkökulmalta on tärkeää, että tilaaja on määrittänyt ja kuvannut koulutuksen selkeästi. Sanonta ”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” pitää tässäkin paikkansa.

KORKEAPAINEPESU- JÄRJESTELMÄT

kuljetuskalustolle ja teollisuuteen!

- Pesukemikaalit
- Kylmä- ja kuumavesipesurit
- Pesukadut ja -linjastot
- Säiliöpuhdistusjärjestelmät
- Harjapesukoneet
- Imurit ja painehuuhtelulaitteet
- Tarvikkeet ja varaosat

HUOLLA KALUSTOASI
MYÖS TALVELLA!



Tampereen
Pesuainepalvelu Oy

Keskuojankatu 5, 33900 Tampere
Puh. 042 466 221
toimisto@tampereenpesuainepalvelu.fi
www.tampereenpesuainepalvelu.fi

Normiopasteelta raideliikenteen merkit pystytys- ja asennustarvikkeineen



NORMI.FI

Normiopaste Oy | www.normi.fi | myynti@normi.fi | p. 010 423 2240

Digirata ja rautatiealan osaismurros

Rautatiealan digitalisaatiohanke, Digirata, tulee olemaan merkittävä muutos koko rautatiealan kannalta. Kuvittelisi, että murros tulee kristallisoitumaan ennen kaikkea uuden teknologian kehittämiseen ja implementointiin – eli tekniseen muutokseen. Toki murros on lopputuloksena sitäkin, mutta jo hankkeen selvitysvaiheessa on todettu, että muutos tulee olemaan ennen kaikkea kulttuuri- ja osaismuutos. Mikään taho ei pysty tekemään Digirata-muutosta yksin ja muutoksen läpivienti tulee vaatimaan ennennäkemätöntä yhteistyötä sekä tiedonjakoa yli kaikkien organisaatorajojen.



Noora Haverinen
Welado Oy

Osaamisen kehittämisen Digiradalla

Digirata-hanke on pitkäkestoinen ja ihmismäärältään laaja; eli on siis enemmän kuin perinteinen rautatiealan kehitysprojekti – hankkeessa on paljon yritysmäisiä piirteitä sekä laajuuden, ajan, että tavoitteiden suhteen. Toisaalta Digiradan osaamisen johtamisen kokonaisuus on kompleksisempi kuin yritystoiminnan kentässä: ihmiset tulevat eri taustaorganisaatioista ja vaikuttamisala on koko rautatiealan verkosto.

Digiradan osaamisen kehittämiseen on sovellettu paljon henkilöstöjohtamisen ajattelutapoja: Mitä osaamista tarvitsemme menestyäksemme nyt ja tulevaisuudessa ja kuinka paljon sekä miten tarvittava osaaminen saavutetaan. Mitä osaamista hankimme itsellemme rekrytoimalla, mitä kumppaneilta palveluina ja mitä uutta osaamista luomme itse. Miten hankkeen ihmiset perehdytetään työhönsä laadukkaasti ja miten varmistamme asiantuntijuuden kasvun ja kehittymisen sekä saumattoman tiedonjaon.

Digiradan osaamisen kehittämisen työryhmä miettii, miten hankkeen ja rautatiealan osaaminen kehittyy tulevaisuuden tarpeita ennakoiden sekä laadultaan että määrältään ja oikea aikaisesti.

1. Mitä osaamista tarvitsemme menestyäksemme nyt ja tulevaisuudessa, milloin ja kuinka paljon?
2. Miten kehitämme eri roolien osaamista ja miten tarvittava uusi osaaminen saavutetaan?
3. Mitä osaamista hankimme hankkeelle itsellemme rekrytoimalla, mitä kumppaneilta palveluina ja mitä uutta osaamista luomme itse?
4. Miten valmistamme rautatiealan osaamista- ja vastaanottokykyä tulevaisuuden tarpeisiin? Mitä koulutamme hankkeena, mistä viestimme ja tiedotamme? Mitä osaamista kehitämme yhteistyössä eri sidosryhmien kanssa?



Katri Häkki
Fintraffice

Digiradan osaamisen kehittämisen ensimmäinen prioriteetti on varmistaa hankkeella työskentelevien osaaminen hankkeen tarpeisiin nähden: laadullisesti, määrällisesti ja oikea-aikaisesti. Näitä reflektoidaan erityisesti hankkeen suuriin virstanpylväisiin: ensimmäisen kaupallisen rataosan (EKA) sekä ”roll-outin” eli hankinta- ja toteutusvaiheen aikatauluihin. Digiradan osaamisen kehittäminen sisältää kuitenkin myös näkökulman koko verkoston osaamisen varmistamisesta. Mikäli kaikki sidosryhmät eivät ole valmiina Digirata-tulevaisuuteen, viimeistään hankinta- ja toteutusvaihe on vaarassa epäonnistua.

Kokeilujen, oppimisen ja tiedonjaon kulttuuri kriittisenä osaamisen kehittymisen menestystekijänä

Hankkeen ihmisten tehtävänä on synnyttää uutta tietoa, jakaa kokemuksia, oppia toisilta, ja reflektoida jatkuvasti uutta kertyvää kokemusta. Tämä vaatii paljon hankkeen toimintatavoilta, ihmisiltä ja kulttuurilta. Muutosta ja uutta osaamista rautatiealalle ei voida siis lähteä luomaan kouluttamalla.

Niinpä osaamisen kehittämistä lähestyttiinkin ensimmäisenä menestystekijöiden ja arvojen, yhteisen hankekulttuurin elementtien määrittelyn kautta. Kulttuurimuotoilun lopputuloksena määriteltiin, että yhteisöllisyys, jatkuva oppiminen ja

tiedonjako, sekä rohkea kokeilukulttuuri ovat digiratalaisuuden perusperiaatteet ja yhdessä onnistumisen edellytykset. Uuden tiedon luonti ja tulevaisuuden määrittely ei ole helppoa. Väistämätöntä epävarmuutta ja uhkaa epäonnistumisesta on helpompi sietää, kun taustatuki on olemassa ja hankkeella on hedelmällinen ja turvallinen ilmapiiri tehdä kehitystyötä yhdessä.

Digiradan osaamiset karttoina

Ensimmäisen osaamiskartoituksen tuloksena keväällä 2021 todettiin, että emme vielä täysin tiedä mitä tiedetään, mitä ei tiedetä, ja mitä pitäisi tietää. Toisaalta totesimme, että on kriittistä määritellä toimivat keinot, joilla saadaan kasvatettua laajempi asiantuntijajoukko rautateiden digiosaajia eri näkökulmista. Isona haasteena nähtiin nimenomaan osaavien resurssien määrä ja oikea-aikainen kehitys. Lisäksi kokosimme päivittyvät kartat Digirata-osaamisesta sekä teknisen että pehmeän osaamisen näkökulmista (kuvat 1 ja 2). Osaamiskarttojen avulla muodostetaan myös osaamisprofiileja eri rooleille, joilla kuvataan roolien muutosta ja osaamistarpeen kehitystä Digiradan-vaikutuksesta.

Menetelmiä osaamisen kehittämiseksi

Ymmärrys muutoksesta, uutta osaamista ja koulutettavaa tietoa syntyy pitkin hanketta. Osaamisen kehittämisessä suuri rooli on



Kuva 1



Kuva 2



Kuva 3

kysyä oikeita kysymyksiä ennakoiden ja fasilitoida keskustelua erilaisten osaamistarpeiden ympärillä.

Erilaisten osaamisen kehittymisen elementtien havainnollistamiseksi hankkeelle tehtiin osaamisen kehittämisen menetelmien kiekko, joka tiivistää keinoja eri näkökulmasta: oppimiskulttuurin kehittyminen, opiskelu, ohjaus, laajentuvan roolin tarpeet ja yhteistoiminta.

Hankkeella on todettu, että iso osaamisen kehittämistä kehitys- ja verifointivaiheessa on itseasiassa tiedonvaihtoa, keskustelua ja viestintää. Koulutuksen näkökulmasta on tässä hetkessä tärkeää, että tarpeeksi suurella määrällä ihmisiä on riittävän laaja ymmärrys kokonaisuudesta ja toisaalta esimerkiksi muutosjohtamisen kyvykkyyksien tärkeyttä ei voida vähätellä. Projektinjohdon kyvykkyys ja osaaminen on priorisoitu korkealle ja lisäksi jokaisen digiratalaisen yleisperhdytys ja osaamisvaatimukset koetaan erittäin tärkeiksi.

Oppimisen tueksi on käynnistymässä mm. parimentorointia, ryhmämentorointia, parhaan asiantuntijuuden puhelinluettelo (sisältäen kansainvälisiä kokemusperäisiä asiantuntijoita), e-oppimisalusta ja osaamisprofiilien laadinta. Lisäksi muutosjohtamista ja kommunikointia varten on tunnistettu tarve kuvata rautatiealan muutos ymmärrettävästi eri näkökulmasta. Näin jokainen voi suhteuttaa omaa tekemistään isoon kuvaan ja tulevaisuuden tavoitteisiin sekä reflektoida osaamistaan ja oppimistarpeitaan siinä kokonaisuudessa.

Keskustelua käydään eri sidosryhmien kanssa koulutustarpeista, -määristä ja -aikatauluista. Tällaisia sidosryhmiä ovat esimerkiksi liikenteenohjaus, liikennöitsijät, isännöinti ja kunnossapito.

Toisaalta roll-outia ajatellen huolta herättää erityisesti jatkuvasti päivittyvän tiedon ja sisällön koulutus ketterästi iteroiden ja osaavien turvalaitesuunnittelijoiden ja -rakennuttajien riittävyys kunnianhimoisen hankinta- ja toteutusvaiheen aikataulun tarpeisiin nähden.

Yhteenveto

Digirata ei ole vain hanke. Se on rautatiealan kehitystarina, joka yhdistää kaikki rautatiealan toimijat yhteistyöhön ja yhteiselle oppimismatalle. *Digiratalaiset muodostavat työllään tarinaa siitä, kuinka Suomesta tulee erilaisten kokeilujen, mokailujen, oppimisen ja onnistumisen kautta Euroopan kärkimaa myös ERTMS-kentällä. Uutta osaamista luodaan läpi hankkeen ja yhteisöllisyys, jatkuva oppiminen ja tiedonjako, sekä rohkea kokeilukulttuuri ratkaisevat menetyksemme.*

Digirata on mahdollisuus opetella uutta rautatiealan työskentelykulttuuria ja tapaa toimia vastuullisesti Suomelle parasta kehittäen.

Osaamisen varmistaminen simuloituissa oppimisympäristöissä

Simuloidut oppimisympäristöt tarjoavat opiskelijoille mielenkiintoisia oppimiskokemuksia, joissa voidaan turvallisesti ja kustannustehokkaasti harjoitella taitoja ja kehittää valmiuksia työelämää varten. Ennalta suunnitellut simulaatioharjoitukset jäljittelevätkin mahdollisimman autenttisesti todennukaisia tilanteita, olosuhteita ja ympäristöä. Simulaatiooppiminen kehittää opiskelijan itsenäistä toimintaa, päätöksentekoa ja vuorovaikutustaitoja.

KRAOn kahdeksantoista simulaattoria tuovat käytännön veturinkuljettajan työn lähemmäs opiskelijaa heti koulutuksen alkuvaiheista lähtien. Teoriajakson päätteeksi simulaattoreiden avulla varmistetaan riittävä osaamistaso, jotta opiskelija voi turvallisesti siirtyä toiminnanharjoittajan ja KRAOn kanssa yhteistyössä järjestämälle työnopastusjaksole.

Kuusi KRAOn simulaattoreista on valmistanut ranskalainen Corys. Näillä vuonna 2021 täydellisen teknisen uudistuksen läpikäyneillä simulaattoreilla simuloidaan dieselvetokalustoa, tarkemmin Dv12 tyyppin veturia. Perinteisen junaliikenteen veturinkuljettajakoulutuksen lisäksi Corys-simulaattoreita käytetään myös kuljettajakoulutuksessa radanpidon yrityksille kaluston samantyyppisen toimintaperiaatteen johdosta. KRAOn Corys-simulaattorit palvelevat hyvin simuloitaessa lähes mitä tahansa dieselkalustoa.



Jussi Mäkyne
KRAO



Mika Kukkola
KRAO

Coryksen tuottamissa simulaattoreissa on KRAOlla ajettavissa Helsinki–Pori-rataosa, jonka etäisyyksiä on pienennetty niin, että ns. tyhjää linjaa tulee mahdollisimman vähän ja koulutuksessa pystytään keskittymään olennaisiin asioihin. Coryksen valmistamiin simulaattoreihin sisältyy myös radio-ohjauslaitteet, jotka vastaavat tämän päivän vaatimuksia. Radio-ohjauslaitteiden avulla voidaan perehtyä syvemmin ratapihatyöntekijän työnkuvaan ja mm. yksikön liikuttamiseen vaunujen suuntaan. Corys-simulaattorit ovat tarvittaessa siirrettävissä kolmen sarjoissa myös asiakkaan tiloihin.

Loput kaksitoista simulaattoria on belgialaisen Transurbin valmistamia. KRAOlla on käytössään kuusi Transurbin Compact- ja kuusi Nano-simulaattoria. Transurbin simulaattorit simuloivat tarpeen mukaan sekä Siemens Vectron (Sr3)- että Stadler Flirt (Sm5) -kalustoa. Tämän myötä ne ovat monipuolisesti käytettävissä sekä kauko- että lähijuna-liikenteen veturinkuljettajien koulutuksessa.

Hyvän käytettävyytensä ansiosta Transurbin simulaattorit soveltuvat hyvin myös muihin, esimerkiksi JT-sääntöihin keskittyviin koulutuksiin. Niiden perustoiminnot ovat nopeasti koulutettavissa myös henkilöille, joille simuloitava kalusto tai jopa rautatiet kokonaisuudessaan ovat vieras ympäristö.

Compact-simulaattorit muodostuvat realistisesta ajopöydästä hallintalaitteineen, neljästä eril-



Kuva 1. Simulaattorit (kuva: Jussi Mäkyne).

lisestä tietokoneesta, jotka ovat integroituna ajopöytään ja suuresta 4K-näytöstä, joka täyttää lyhyen katseluetäisyyden myötä hyvin suuren osan näkökentästä. Ajopöydän hallintalaitteet ovat helposti vaihdettavissa vastaamaan sekä Siemensin Vectron- että Stadlerin Flirt -kalustoa. Simuloitu rataosa Transurb-simulaattoreissa on Helsinki–Riihimäki, joka on toteutettu 1:1 todellisen radan kanssa.

Nano-simulaattoreissa on käytettävissä samat harjoitukset kuin Compact-simulaattoreissa, ainoastaan hallintalaitteet ovat kokonaan digitaaliset, ja niitä ohjataan hiiren ja näppäimistön avulla. Pienen kokonsa ansiosta ne ovat helposti siirrettävissä, ja tämän myötä koulutusta voidaan järjestää asiakkaan haluamassa lokaatiossa. Nano-simulaattorit kävivät läpi täydellisen teknisen modernisoinnin kesällä 2022, ja ne päivitettiin kokonaisuudessaan vastaamaan tämän päivän vaatimuksia.



Kuva 2. Nano-simulaattori (kuva: Jussi Mäkynen).

Kaikissa KRAOn simulaattoreissa voidaan opintojen alkuvaiheessa harjoitella veturin käyttöönottoa ja siihen liittyviä tarkastuksia ns. virtual train -näkömön avulla. Simuloidut harjoitukset kehittyvät alun yksinkertaisista harjoituksista opiskelijoiden tieto- ja taitotason karttuessa monimutkaisiin harjoituskokonaisuuksiin, joissa implementoidaan käytäntöön JT-sääntöjä ja esimerkiksi oikeita toimia vajeatoimintatilanteissa. Simulaattoreita käytetään myös kuljettajien kertauskoulutuksen tukena tuomaan konkretiaa teoriakoulutuksen tueksi.

Keväällä 2022 KRAOn simulaattoreiden avulla toteutettiin kattava poikkeustilanneharjoitus yhteistyössä Väyläviraston kanssa. Harjoituksessa keskityttiin liikennöintiin poikkeusoloissa, mikäli esimerkiksi sähkö- ja/tai tietoverkot eivät olisi käytettävissä. Harjoituksessa simulaattorin ohjaksiin päässeet kuljettajat saivat ensikosketuksensa esimerkiksi lupakapula-toimintamalliin.

KRAOn koulutuksissa käytetään myös Oculus VR-laseja (VR = Virtual Reality) ja tähän varta vasten luotua virtuaalitodellisuuympäristöä mm. vaunutarkastuskoulutuksen tukena. VR-lasien



Kuva 3. Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen opetuksessa (kuva: Jussi Mäkynen).

avulla pystytään perehtymään vaunukalustoon ja niihin liittyviin tarkastuskohteisiin todentuntuisesti turvallisessa ympäristössä ennen siirtymistä käytännön harjoitteluun maastossa. VR-lasien avulla vaunuja pystytään tarkastelemaan luokkaympäristössä kouluttajan samanaikaisesti perehdyttäessä opiskelijoita niiden tekniisiin ominaisuuksiin. KRAOlla on samanaikaisesti käytettävissä kuusi huipputehokasta pelitietokonetta ja niihin liitettävät Oculus VR-lasit. Virtuaalitodellisuudessa liikettä ohjataan videopeliohjaimella. Myös nämä liikkuvat kohtuullisen kokonsa myötä helposti mukana asiakkaan luokse.

KRAO kehittää jatkuvasti simulaattoreidensa käytettävyyttä ja pyrkii edistämään niiden käyttöä myös muussa kuin kuljettajien peruskoulutuksessa. Työn alla on paraikaa mm. tulevaan ERTMS/ETCS kulunvalvontajärjestelmän käyttöönottoon liittyen harjoitukset kuljettajien ETCS level 2 -teoriakoulutuksen tueksi. Kehitteillä on myös harjoitus poikkeus- ja vajeatoimintatilanteisiin, joka pyritään tuomaan osaksi kuljettajien JT-kertausta osaamisen ylläpitämiseksi myös sellaisissa tilanteissa, jotka esiintyvät kuljettajan työssä harvemmin ja joiden harjoitteluun aidossa tuotantoympäristössä lisäisi toiminnan riskiä tai tuottaisi haittaa liikennöinnille.

KRAO on kartoittanut aktiivisesti AR-käyttöliittymän (AR = Augmented reality) tuottajia niin Euroopasta kuin Suomestakin. Augmented reality (suomeksi lisätty todellisuus) tarkoittaa, että reaali maailmaan lisätään digitaalisia elementtejä esimerkiksi puhelimen, tabletin tai tähän käyttöön suunniteltujen AR-lasien avulla. Tekniikka on varsin hyvin hyödynnettävissä niin vetokalustoon, vaunuihin kuin ratalaitteisiin syntyessä. Lisätyn todellisuuden sovelluksen myötä KRAO haluaa hyödyntää teknistä kehitystä pedagogiikan tukena sekä tuottaa opiskelijoille modernin oppimisympäristön, joka kannustaa opiskeluun ja nostaa tämän myötä koulutuksemme uudelle tasolle.

Uudet koulutusmenetelmät perinteisen lähiopetuksen rinnalla rautateiden pätevyyskoulutuksissa

Korona-aika toi suuria muutoksia rautateiden koulutuksiin. Siirtyminen etätoteutettuun koulutusmalliin avasi täysin uudenlaisia mahdollisuuksia niin koulutusten toteutusmallissa kuin myös tekniikan hyödyntämisessä opetuksessa. Kirjoitushetkellä, vuonna 2022 Väyläviraston poikkeuslupa etäkoulutuksiin on edelleen voimassa määräaikaisena vuoden loppuun saakka. On kuitenkin selvästi havaittu, että paluuta täysin entisenlaiseen toimintatapaan ei enää ole. Opiskelijoilta ja koulutuslaitoksilta kerätty palaute on selvästi osoittanut, että etäkoulutuksen hyödyt ovat monilta osin kiistattomat. Etäkoulutus on ekologista ja on koettu helposti saavutettavaksi mistä vain. Opetustapana etäkoulutus on koettu monissa koulutuksissa jopa perinteistä luokkaopetusta tehokkaammaksi tavaksi opiskella. Toteutus on myös varsin kustannustehokasta sekä koulutuslaitoksen että koulutusta hankkivan organisaation näkökulmasta. Uusia koulutusmenetelmiä tulee kuitenkin omaksua nykyisten rinnalle täydentämään ja tehostamaan opetusta.

1 Johdanto

Rautateiden markkinaehtoiset koulutukset ovat olleet pitkään tarkasti säädeltyjä Väyläviraston toimesta. Markkinaehtoisilla koulutuksilla viitataan rautateiden pätevyyskoulutuksiin, kuten Ratatyöturvallisuuskoulutukseen, Ratatyövastaavan peruskoulutukseen ja Turvamieskoulutukseen.

Ennen korona-aikaa koulutuksia toteutettiin ainoastaan lähi-toteutuksena ympäri Suomen. Etätoteutusmahdollisuudesta oli käyty keskusteluita, mutta lupaa etätoteutukseen ei ollut. Koulutusten saatavuuden tilanne olikin usein haastava pienemmillä paikkakunnilla, ja usein koulutus koitui työnantajalle varsin kalliiksi. Myös koulutuksen sisältö saattoi toisinaan kärsiä tilanteissa, joissa olisi pitänyt päästä katsomaan paikan päälle esimerkiksi tietynlaista rautatietekniikkaa, kuten usein koulutusten maastopäiväosuuksissa. Paikkakuntien laitekanta ja vuodenaikojen vaihtelut asettivat omat rajoituksensa sille, mitä pystyttiin katsomaan käytännössä.

Korona-aika toi kuitenkin pikaisen muutoksen tilanteeseen ja aukaisi samalla uusia mahdollisuuksia koulutussisältöjen monipuolistamiseen, erilaisten oppijoiden huomioimiseen ja alueellisten erojen tasoittamiseen koulutusten saatavuudessa.

2 Rautatiekoulutusten murros koronan aikana

Keväällä 2020 koronavirustilanteen pysäyttäessä hetkellisesti koko yhteiskunnan piti keksiä nopeasti tapa toteuttaa koulutuksia tavalla, joka mahdollistaisi koulutustoiminnan jatkumisen poikkeustilanteesta huolimatta. Nopeana ratkaisuna akuuttiin tilanteeseen Väylävirasto myönsi hakuehdot täyttäneille koulutuslaitoksille poikkeuslupan järjestää markkinaehtoisia koulutuksia etä-



Kaisa Pakanen
Proxion

toteutuksena. Poikkeusluvalla koulutukset siirrettiin Väyläviraston LMS-alustalle, jossa koulutuksia toteutettiin virtuaaliluokkahuoneessa etäluentoina. Koulutusmateriaalina käytettiin alun perin lähiopetuksen laadittua koulutusmateriaalia.

Tästä nopeasta muutoksesta seurannut muutama kuukauden murrosaika tai ns. rautatiekoulutusten digiloikka haastoi sekä koulutusorganisaatioita että koulutettavia organisaatioita monilla tavoilla. Koulutusorganisaatioiden piti varmistaa hetkessä uusien järjestelmien yhteentoimivuus sekä kehittää ohjeistuksia ja asiakaspalvelua vastaamaan uutta tilannetta. Koulutettavilla organisaatioilla puolestaan oli haasteita varmistaa tietokoneiden ja mui-

den opiskelussa tarvittavien laitteistojen riittävä saatavuus sekä rauhallinen opiskelutilanne. Riittämättömät tietotekniset taidot tuottivat myös näinä kuukausina erityisen paljon työtä. Muutoksesta kuitenkin selvittiin.

3 Toteutustapojen monipuolistuminen

Kun korona-aika pakotti toteuttamaan hetkellisesti kaikki koulutukset etänä, havaittiin, että etätoteutus ei suinkaan toimi kaikissa koulutuksissa. Esimerkiksi viisipäiväinen Ratatyövastaavan peruskoulutus on koettu etänä liian raskaaksi sekä opettajan että opiskelijan näkökulmasta. Myös pakollinen käytännön osuus asettaa ehtonsa koulutustavan valinnalle. Lähiopetusta kaivataan usein myös puhtaasti vuorovaikutuksen näkökulmasta.

Koulutustapoja mietittäessä ei kannata tarkastella tilannetta siten, että eri koulutusmenetelmät olisivat toisilleen vastakkaisia. Päinvastoin, eri menetelmät täydentävät toisiaan ja luovat uusia mahdollisuuksia nykyisten toteutustapojen rinnalle. Lähiopetusta voidaan täydentää esimerkiksi mobiililaitteilla toimivilla tehtävillä, tai perinteisesti maastossa toteutettava koulutuspäivä voidaan siirtää verkossa toteutettavaksi.

Olenainen näkökulma koulutusta kehitettäessä onkin huomioida ensisijaisesti kohderyhmä, opettava ydinaines sekä pedagoginen lähestymiskulma opetukseen. Myös aikuisopetuksessa oppimisen tulee olla hauskaa, aktiivista ja mielenkiintoista, sillä tunne oivaltamisesta on oppimisen ydin. Luomalla opiskelijalle positiivinen oppimiskokemus ja esittämällä jo tuttuakin asioita uudella tavalla voidaan vahvistaa valmiutta omaksua myös täysin uusia asioita. Seuraavaksi esittelen lyhyesti muutamia jo käytössä olevia menetelmiä.

3.1 LMS – Learning management system

Oppimislustojen (LMS) käyttö on jo vakiintunut koulutuslaitosten keskuudessa. Väyläviraston koulutusten materiaalit sijaitsevat Moodle-alustalla, ja koulutusten sisältöjä on hiljalleen uudistettu Väyläviraston tilausten mukaisesti vastaamaan sekä lähi- että etätoteutetun koulutuksen tarpeita. Koulutusmateriaalia mukaut-

taan oppimisolustalla niin, että sinne saadaan upotettua erilaisia tehtäviä ja elementtejä, esimerkiksi videoita. Moodlessa opetuksesta on mahdollista monipuolistaa siten, että tehtävillä voidaan todentaa halutun asian oppiminen ja aktivoida opiskelijaa. Alustalle on myös mahdollista luoda monipuolisia itsenäisesti opiskeltavia kokonaisuuksia.

3.2 360-kuvaus ja videoinnit

360-kuvaustekniikka luo opiskelijalle ympäristön, jossa voidaan havainnoida erilaisissa ympäristöissä ja olosuhteissa toimimista, teettää tehtäviä ja esittää aiheeseen liittyvää lisämateriaalia monipuolisesti. Tekniikalla vähennetään turvallisuusriskejä, voidaan kuvata halutut olosuhteet ja keskittyä opetettaviin kohteisiin ajallisesti tehokkaasti. Proxion Rataopisto tuottaa parasta aikaa Perusteet rautatiejärjestelmästä -koulutukseen virtuaalimaastopäivää 360-kuvausta hyödyntävällä tekniikalla.

Videoilla voidaan lisätä opetuksen mielenkiintoisuutta ja esittää asiat yksiselitteisesti ja havainnollisesti. Esimerkiksi ohjeiden sisältö voidaan avata yksiselitteiseen muotoon ja samalla vähentää tulkinnanvaraisuuksia. Videotuotantojen osuus koulutussisällöissä on kasvanut ja lunastanut paikkansa myös jatkossa opetuksen kehitystä mietittäessä.

3.3 VR-tekniikka ja simulaattorit

VR-tekniikalla voidaan mennä astetta pidemmälle kuin 360-kuvauksessa ja sijoittaa opiskelija esimerkiksi kiskopyöräkaivinkoneen ohjaimiin. VR-tekniikalla koulutukseen voidaan tuoda myös pelillisyyttä ja opettaa asioita käytännön kokemisen kautta, turvallisesti. Simulaattoritekniikka on myös kehittynyt valtavasti viime vuosina, ja se mahdollistaa jatkossa yhä paremmin käytännön tilanteiden harjoittelun.



Tiedätkö mistä ratarakenteen ongelmat johtuvat?

Ratarakenteen kunnan heikkeminen johtuu monista tekijöistä. Tunnistamme ratarakenteiden ongelmat ja ehdotamme parhaat kunnossapitotoimet niiden hoitamiseksi.

Loram Finland Oy on johtava ratarakenteiden kunnan diagnostiikan ja integroidun analyysin asiantuntija sekä kunnossapitoratkaisujen osaaja Suomessa ja maailmalla. Mittaus- ja diagnostiikkapalveluidemme avulla saat ennakoivat, täsmälliset ja optimoidut kunnossapitoratkaisut ratarakenteiden ongelmiin.

Lisätietoja: Mika.A.Silvast@Loram.com
 puh. 050 5430 008 / www.loram.com
 Loram Finland Oy Åkerlundinkatu 2 A 33100 Tampere

LORAM
 Finland
 RATARAKENTEIDEN DIAGNOSTIIKAN PALVELUT

©2022 Loram Technologies, Inc.



SWECO

Transforming society together

>>> sweco.fi

Pohjoismainen yhteistyö – NJS:n rooli tiedonjakajana

NJS – Forum för Nordiskt Järnvägssamarbete on riippumaton rautatiealan ammattilaisia yhdistävä organisaatio Pohjoismaissa, mukana Norja, Ruotsi, Suomi ja Tanska. NJS:llä on tärkeä tehtävä yhdistää eri organisaatioissa toimivia rautatiealan ammattilaisia yhteisten asioiden äärelle. Rautatie-liikenne on säilyttänyt asemansa tulevaisuuden liikennemuotona. NJS toimii keskustelufoorumina ja tiedon välittäjä nykyisessä rautatiesektorin monitoimijaympäristössä Pohjoismaissa ja edistää rautatiealan asiantuntijoiden verkostoitumista. NJS julkaisee myös jäsenlehteä ”Nordisk järnbanetidsskrift (NJT), joka ilmestyy viisi kertaa vuodessa ja kuuluu jäsenetuihin. Jäsenmäärä on Pohjoismaissa noin 1200 henkeä. Tärkeä kanava jakaa tietoa NJS:n toiminnasta on tänä päivänä nettisivusto: <https://www.njs.one/>

Yhteistyötä yli rajojen

Pohjoismaiden Rautatieseura Suomen osasto ry toimii läheisessä yhteistyössä Tanskan, Norjan ja Ruotsin vastaavien osastojen kanssa. Yhteistyöllä on pitkä historia. Suomi liittyi NJS:ään vuonna 1874 eli 50 vuotta myöhemmin kuin NJS oli perustettu Norjan, Ruotsin ja Tanskan kesken vuonna 1824. NJS:n 150-vuotisjuhlia ja Suomen osaston 100-vuotisjuhlia vietetään vuonna 2024!

NJS tarkoituksena on edistää yhteistyötä pohjoismaisten rautatiealan toimijoiden välillä, kehittää jäsenten ammatillista tietoutta ja toimia yhteisymmärryksen ja yhteenkuuluvuuden puolesta. Näihin tavoitteisiin pyritään järjestämällä rautatiealaan liittyviä seminaareja, tutustumiskäyntejä ja opintomatkoja. Yhteisiä pohjoismaisia tapaamisia ovat pohjoismaiset seminaarit, yleiskokoukset ja aiemmin myös kuuden eri jaoston kokoukset painotuen suunnitteluun ja hallintoon, ratatekniikkaan, sähkö- ja telekniikkaan, markkinointiin, liikennesuunnitteluun ja liikkuvaan kalustoon. Jaostokäytännöstä luovuttiin 1988, jonka jälkeen toiminnassa on otettu huomioon nämä rautateiden eri osa-alueet.

Osallistuminen messujärjestelyihin

Nordic Rail -messut ja konferenssi joka toinen vuosi Jönköpingissä Ruotsissa ovat olleet pitkään NJS:n jäsenten yhteinen kohtauspaikka. NJS on osallistunut korkean tason liikennekonferenssin toteuttamiseen yhteistyössä messujärjestäjä Elmian kanssa. Myös Suomesta oli edustaja valmisteluryhmässä. Elmia Nordic Rail -tapahtuman järjestäminen on ollut katkolla koronapandemian takia, mutta tapahtuma toteutuu vuoden 2023 lokakuussa seuraavan kerran. NJS:n Ruotsin osasto hoitaa neuvotteluja messujärjestäjien kanssa. NJS on sitoutunut maaliskuussa Tukholmassa toteutettavan Train & Rail 2023 -messu- ja kongressitapahtuman järjestelyihin.



Arja Aalto
Pohjoismaiden
Rautatieseura
Suomen osasto ry

Suomen osaston rooli NJS-toimijana

Suomen osastoa johtaa *hallitus*, joka vastaa NJS:n toiminnasta Suomessa ja on mukana pohjoismaisessa yhteistyössä. Aktiviteeteissa otetaan huomioon monipuolisesti rautatiealan eri toiminnot ja rooli joukkoliikenteessä. Pohjoismaiden hallitus, johon kuuluvat eri maiden hallitusten puheenjohtajat, koordinoi NJS:n yhteispohjoismaista toimintaa ja kehittämistä sekä vastaa NJT-lehden tuottamisesta. Suomessa virallinen kieli kotimaan toiminnassa on suomi.

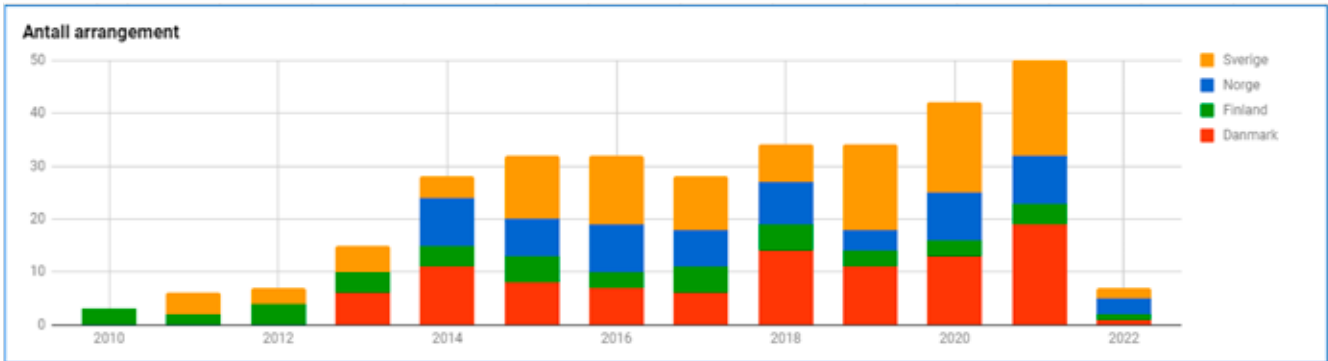
NJS:n toiminnassa on mukana asiantuntijoita rautatiesektorin eri osa-alueilta. NJS Suomen osaston tavoitteena on tarjota jäsenille monipuolista ja ajankohtaista tietoa ja laadukasta ohjelmaa ottaen huomioon laajasti rautatieala ja sen kehittäminen.

Infrastruktuuri- ja kalustoasiat, t&k-toiminta, liikennepolitiikka ja -suunnittelu, tieto- ja tekniset järjestelmät, kehittämissuunnitelmat sekä tavara- ja henkilöliikenne ovat keskeisiä osa-alueita kuin myös pohjoismainen yhteistyö sekä EU-asiat.

Tiivistetysti voidaan sanoa: NJS myötävaikuttaa rautatiealaan jakamalla tietoa, ideoita ja kokemuksia. Rautatieseura tarjoaa jäsenilleen seminaareja, retkiä, opintomatkoja, tutustumiskäyntejä ja yhteispohjoismaista ohjelmaa, joiden sisältö on sekä poikkiammatillista että harrastuspohjaista. Tavoitteena ovat korkeatasoiset ja ajankohtaiset aktiviteetit.

NJS:n seminaaritoiminta

Netti-seminaarien järjestäminen on ollut koronapandemian aikana pääaktiviteetti. Suomen osasto järjesti vuonna 2021 neljä seminaaria, jotka toteutettiin Teams-yhteyden kautta webinaareina. Näistä on saatu hyvää palautetta kuulijoilta. Webinaarit ovat olleet maksuttomia ja myös avoimia ei-jäsenille. Seminaareja tullaan järjestämään myös fyysisinä, mutta webinaarit jäävät varmasti yhdeksi toimintamuodoksi. Muissa Pohjoismaissa järjestetyt webinaarit ovat olleet suosittuja koronapandemian aikana. Seminaarikutsut on jaettu kaikille pohjoismaisille jäsenille. Jäsenet Suomesta ovat osallistuneet aktiivisesti muiden maiden tilaisuuksiin. Kielenä on ollut yleensä maan oma kieli, mutta myös englanninkielisiä webinaareja on järjestetty. Myös nämä tilaisuudet ovat olleet avoimia kaikille kiinnostuneille jäsenten lisäksi.



Kuva 1. NJS:n seminaari- ja webinaaritoiminnan kehitys 2010–2021 ja vuoden 2022 alku /lähde: NJS

NJS Suomen osaston webinaarit

- 18.11.2020 Koronapandemian vaikutukset joukkoliikenteeseen
- 18.02.2021 Raitiotieyhteyksiä kehitetään – suunnittelua ja uusia ratkaisuja
- 15.11.2021. The Railways in Finland
- 29.03.2021 Pietarin rata 150 vuotta
- 06.05.2021 Joukkoliikenne raiteille Turussa ja Tampereella
- 20.01.2022 Nopeaa, tunnin junayhteyttä suunnitellaan Helsingin ja Turun välille
- 06.04.2022 Digirata-hanke etenee
- 19.10.2022 Rautateiden toimintaympäristö muutoksessa ja Kansainvälinen rautatiliitto UIC 100 vuotta

Suomen osasto on järjestänyt jäsenistölle useita ulkomaan matkoja sekä kesäretkiä kotimaassa. Perheenjäsenet ovat olleet tervetulleita osallistumaan NJS:n matkoille. Aina on järjestetty myös ammatillista ohjelmaa ja mielenkiintoisia rautateihin liittyviä tutustumiskohteita. Mieleenpainuvia ovat olleet kesämatkat mm. Narvikiin, Viroon, Petroskoihin, Unkariin, Ukrainaan, Pietariin ja InnoTrans-messuille Berliiniin. Retket ja vierailut luovat yhteenkuuluvuutta ja ovat tilaisuuksia verkostoitua ja tutustua kollegoihin kuin myös rautatietoimintoihin ja alan tekijöihin. Uudet jäsenet ovat tervetulleita mukaan toimintaan ja pohjoismaiseen yhteistyöhön viemään eteenpäin NJS:n perintöä.

Tulevaisuuden missio: Pohjoismaiden rautatieseura pysyy vireänä järjestönä ja sen toimintaedellytykset säilyvät tukena aktiivinen jäsenistö.

Uusi koulutusmalli yhteistyössä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin kanssa

Yleisen tasoinen perehdytys rautatieteknologian alaan kaikille kiinnostuneille. Rautatien suunnittelua vaivanneeseen osaajapulaan alettiin hakea erilaisia ratkaisuja yhdessä yritysten ja koulutuslaitosten kanssa, josta sitten kehittyi lopputuloksena Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin ja Proxionin välinen yhteistyö. Lopputuloksena Xamkin Avoimessa ammattikorkeakoulussa on tarjolla ”Rautatieteknologian osaaja” -koulutus, joka on laajuudeltaan 30 opintopistettä. Koulutus on jaettu 10 opintopisteen itsenäisiin kokonaisuuksiin, joita ovat Rata tekninen toimintaympäristö, Radan turvalaitteet sekä Turva-automaatiot ja turvalogiikat.

Rata teknisen toimintaympäristön tavoitteena on tarjota opiskelijalle tiedot rautatiejärjestelmän kokonaiskuvasta: sen rakenteesta, toimijoista, säädöksistä sekä niiden välisistä riippuvuus-suhteista. Radan turvalaitteet -opintokokonaisuus keskittyy rautatieteknologian yleisimpiin käsitteisiin ja niiden merkitykseen. Tavoitteena on, että opiskelija tunnistaa laitteet ja järjestelmät sekä niiden väliset vuorovaikutussuhteet. Turva-automaatiot ja turvalogiikat -opintokokonaisuus keskittyy toiminnalliseen turvallisuuteen ja sen toteuttamiseen. Proxion on toteuttanut kokonaisuudesta 23 opintopisteen edestä oppimateriaalia ja rakentanut opintokokonaisuuden Xamkin verkko-oppimisympäristöön. Xamk on tuottanut 2 opintojaksoa (yht. 7op) sekä toiminut Proxionille tuotannon tukena oppilaitoksen puolelta.

Xamkin Sähkö-, talo- ja materiaali tekniikan koulutus vastaa koulutuksesta, jota tarjotaan kaikille alasta kiinnostuneille Avoimen ammattikorkeakoulun opintoina Xamk Pulsen kautta. Myös Xamkin tutkinto-opiskelijoilla on ollut mahdollisuus opiskella näitä sisältöjä vapaasti valittavien opintojen kautta. Avoimen ammattikorkeakoulun kautta opiskelevat ovat voineet tulla mukaan ilman lähtötietoja. Tarkoituksena onkin ollut tarjota yleisen tason perehdytys rautatiealaa ja samalla kertoa työmahdollisuuksista, joita ala tarjoaa.

Suunnittelun taustat

Neljä yritystä, joista yksi oli Proxion, ja Xamkin koulutusjohto kokoontuivat pohtimaan, millaisesta koulustarjonnasta olisi hyötyä alalle sekä miten ja millä reunaehdoilla käytännön toteutus voitaisiin tehdä. Aikaisemmin ratatekniikkaa on voinut opiskella toisella asteella, mutta ammattikorkeakoulussa tämän tasoinen koulutus, johon lähtötietoja alalta ei vaadittu, oli uutta. Aikaisemmin alemmassa korkeakoulututkinnossa on toteutettu vain lisäkoulutuksia jo alalla työskennelleille. Päädyttiin siihen, että halutaan tarjota matalan kynnyksen osaajakoulutus, joka perehdyttää rautatiealan perusasioihin ilman vaadittavia lähtötietoja. Kokonaisuudet on myös suunniteltu siten, että ne voi suorittaa vapaassa järjestyksessä toisistaan irrallisina kokonaisuuksina. Opintokokonaisuus haluttiin tarjota suurelle yleisölle ajasta ja paikasta riippumattomana ja täysin itseopiskeltavana konseptina, mikä mahdollistaa mm. sujuvan töiden ohessa opiskelun. Toteutustapa poikkeaa näin perinteisenä pidetystä koulutuksesta,

*Kyllikki Virta
Proxion*

johon liittyy tavallisesti yhteisiä aikatauluja, ryhmätöitä tai tapaamisia. Uuden toteutustavan etuna näyttäytyy joustavuus ja koulutuksen sujuva sovitaminen monenlaiseen elämäntilanteeseen. Koulutuksen julkaisu osui korona-aikaan, joten myös se tuki valittua ratkaisua, vaikka korona-aika ei ollutkaan suunnittelun lähtökohta. Proxionilla oli myös oman koulutusliiketoiminnan kautta kokemusta opintojen verkkototeutuksesta.

Koulutuksen toteutus

Käytännön toteutuksen alkaessa Proxion toteutti oppimateriaalin käsikirjoitusta itsenäisesti muiden yritysten jättäytyessä pois. Toteutus oli Proxionille haasteellinen aikataulujen tiukkuuden ja aiheen laajuuden vuoksi. Koulutusmateriaalin koostamisessa ja sisältöjen luonnissa hyödynnettiin sisäisesti Proxionin eri alojen ja asiantuntijoiden välistä yhteistyötä. Suurimmalle osalle suunnittelijoista koulutusmateriaalin tuottaminen oli täysin uutta. Vaikka Proxionilla on omaa, itsetuotettua perehdytysmateriaalia käytössä runsaasti, oli kaikki tehtävä uusiksi siitä näkökulmasta, että opiskelija ei tiedä alasta mitään. Yrityksenä Proxion haluaa olla kehittämässä ja viemässä alaa eteenpäin. Opintojaksolle onkin sisällytetty taustamateriaaliksi työelämäosuus, jossa kerrotaan alan työllistymismahdollisuuksista ja työnantajista.

Projektiin osallistui jollakin tasolla Proxionin kaikki suunnittelualat ja niistä valitut asiantuntijat, jotka kokosivat ja tuottivat verkkoalustalle vietävän materiaalin. Proxionin koulutusorganisaatiolla oli vastuu koordinoinnista ja koulutuksen tuottamisesta verkkoalustalle, mukaan lukien arvioinnin perusteiden ja osaamisen varmistavien tenttien määrittäminen yhdessä ammattikorkeakoulun kanssa.

Opintojaksot pitävät sisällään myös erilaisia tehtäviä, joiden tarkoituksena on herättää omaa ajattelua ja pohtia opitun tiedon käytännön soveltamista. Harjoitustöistä ei voitu antaa yksilöllistä palautetta, mutta harjoituksiin sai palautuksen jälkeen yleiset ”mallivastaukset”, joihin omia vastauksia pystyi vertaamaan.

Palaute kursista

Osallistujia on kahdella ensimmäisellä toteutuskierröksellä ollut valtavasti. Opiskelupaikkoja oli avoinna noin 120 per opintokokonaisuus, joista molemmat olivat lähes täynnä. Kurssille ilmoitautuneista suurin osa on myös suorittanut opintokokonaisuuden loppuun. Opiskelijoiden palautteessa opintojaksot ovat saaneet arvosanan 4/5, joten toteutuksessa on onnistuttu. Toki aina on kehitettävää ja parannettavaa, ja koska tavoitteena on järjestää koulutuskokonaisuus myös jatkossa, tulee opintomateriaalin läpikäynti aina ennen uudelleenaloitusta ajankohtaiseksi, sillä moni ohje ja säädös päivittyy ja tieto vanhenee.

Paras palaute, mitä olemme opiskelijoilta saaneet, on opintojaksolla vahvistunut tieto siitä, että haluaa työskennellä rautatiealalla ja on ohjautunut Proxionille myös töihin. Xamkista tuodaan esiin, että yhteistyö tämän uuden osaajakoulutuksen kehittä-

Rautatieteknologian osaaja, 30 op		
Ratatekninen toimintaympäristö 10 op	Turvallitteet 10 op	Turva-automaatiot ja turvalogiikat 10 op
Rataympäristö 2 op	Rautatieturvallisuus 2 op	Toiminnallinen turvallisuus 3 op
Rata ja radan tekniset järjestelmät 5 op	Junan kulunvalvonta 3 op	Turva-automaatiot ja turvalogiikat 2 op
Liikennöinti ja liikenteen ohjaus 3 op	Radan turvalaitteet 5 op	Ohjelmointi 5 op

Kuva 1. Rautatieteknologian osaaja -opintokokonaisuuden sisältö.

tämisessä on ollut sujuvaa. Proxionia toteutuksessa tukenut jatkuvan oppimisen asiantuntija Virva Korpinen tiivistää kokemukset: ”Olemme kokeneet, että tässä prosessissa on opittu yhdessä tämän kaltaista koulutusmuotoilua. Oppimisprosessi on siis ollut arvokas lisä, joka tästä yhteistyöstä on koulutustuotteen lisäksi tullut. Ammattikorkeakoulujen toiminnassa tiivis työelämäyhteistyö on olennaista. Tämä tuotantoprojekti on tehnyt sitä omalla tavallaan näkyväksi.” Koulutusyhteistyö tuotti hyvää osaamista ja kyvykkyyttä myös Proxionille tuottaa tämän suuntaisia koulutuskokonaisuuksia.

Jatko

Osaajakoulutuksen kolmas toteutus käynnistyy tammikuussa 2023. Opinnot käynnistyvät Ratatekninen toimintaympäristö -opintokokonaisuudella, joka pitää sisällään opintojaksot ”Rataympäristö 2 op”, Rata ja radan tekniset järjestelmät 5 op sekä ”Liikennöinti ja liikenteenohjaus 3op”. Tervetuloa mukaan opiskelemaan ja oppimaan.



Kuva 2. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin Mikkelin kampus (kuva: Xamk).

Rautatiealan koulutukset Tampereen yliopistossa

Tampereen yliopiston tutkimuskeskus Terralla on pitkät perinteet infrarakenteiden tutkimuksessa ja opetuksessa. Rautatietekniikka on yksi merkittävistä Terran tutkimusalueista, ja tutkimuksen kautta pystymme tarjoamaan viimeisintä tutkimustietoa opetuksen käyttöön ja siten laajemmin alan hyödynnettäväksi.

Tutkimuskeskus Terra on osa Tampereen yliopiston Rakennetun ympäristön tiedekuntaa, jossa toimivat Rakennustekniikan ja Arkkitehtuurin yksiköt. Rakennustekniikasta valmistuu vuosittain noin 100 diplomi-insinööriä, joista 15–20 tekee diplomityön infrarakenteista, joihin myös rautatietekniikka kuuluu. Diplomi-insinöörin tutkinto on kaksivaiheinen kokonaisuus, jossa ensin suoritetaan kandidaatin tutkinto koostuen tutkinto-ohjelman yhteisistä opinnoista, matemaattis-luonnontieteellisistä opinnoista, aineopinnoista sekä vapaasti valittavista opinnoista. Kandidaatin tutkinnon aineopintokokonaisuudeksi valitaan toisen opiskeluvuoden aikana talonrakentaminen tai yhdyskuntatekniikka. Talonrakentamisen opintokokonaisuus antaa pohjatiedot diplomi-insinöörin tutkinnon rakennesuunnittelun ja rakentamistalouden syventäville opinnoille. Yhdyskuntatekniikan opintokokonaisuus antaa pohjatiedot infrarakenteiden sekä liikenne- ja kuljetusjärjestelmien syventäville opinnoille.

Diplomi-insinöörin tutkinto koostuu yhteisistä opinnoista, syventävistä opinnoista sekä vapaasti valittavista opinnoista. Vapaasti valittaviin opintoihin voi sisällyttää kursseja rakennustekniikan tutkinto-ohjelman tarjonnasta (*rakennusfysiikka, lujuusoppi, sillanrakennus, korjausrakentaminen, pohjarakentaminen, geotekninen suunnittelu, kalliorakentaminen, kunnallistekniset rakenteet, väylärakenteet, infrarakentaminen liikennesuunnittelussa, liikennejärjestelmät infrarakentamisessa, rakentamisen tietotekniikka*), muusta Tampereen yliopiston laajasta tarjonnasta tai toisista yliopistoista. Varsinaista rautatietekniikan opintosuuntaa ei ole valittavana.

Rautatiealan kursseista mainittakoon maisterivaiheen kurssi Rautatietekniikka (5 op), joka toteutetaan joka toinen vuosi. Kurssi on käytännössä ainoa säännöllisesti toteutettava pelkästään rautatieaiheinen kurssi. Muilta osin rautatietä sivuavat asiat on integroitu osaksi laajempia kokonaisuuksia, kuten geotekniikkaa, liikennesuunnittelua ja liikennejärjestelmiä käsitteleviä kursseja. Esimerkiksi geotekniikan kursseilla opetetaan radan perustamisesta, kuitavuksesta ja ratarakenteen materiaaleista yhdessä tie- ja katusovellusten kanssa.

Opiskelu Tampereen yliopistossa on monipuolista. Lähiopetuksena toteuttavan luento- ja pienryhmäopetuksen lisäksi opintoihin kuuluu itsenäistä ja ryhmissä opiskelua sekä verkko-opetusta. Opiskelua rytmittävät erilaiset mm. viikkoharjoitukset ja harjoitustyöt, joita tehdään mm. yritysyhteistyössä ja laboratorioharjoituksina. Useilla opintojaksoilla käytetään työelämässä käytössä olevia suunnittelu-, mallinnus- ja laskentaohjelmistoja. Opintojen aikana tehdään myös ekskursioita, joissa tutustutaan erilaisiin organisaati-



Heikki Luomala
Tampereen yliopisto

oihin, työskentely-ympäristöihin ja työtehtäviin. Osa opinnoista on suoritettavissa itsenäisesti.

Täsmäkoulutuksia alan tarpeisiin – RASU

Perustutkintokoulutuksen lisäksi opetustarjontamme kuuluvat räätälöidyt opintojaksot, joista ajankohtaisin esimerkki on käynnissä oleva **Rautatiesuunnittelu – RASU -koulutus**. Alati kasvava pula rautatiealan osaajista synnytti tarpeen täsmäkoulutuksen järjestämiseen. Tampereen yliopiston tutkimuskeskus Terra ja Väylävirasto ryhtyivät alan kanssa yhteisvoimin järjestämään kolmannen toteutuksen Rautatiesuunnittelu - RASU koulutuksesta. Keskeinen syy koulutustarpeelle oli suunnit-

lijoiden täystyöllisyys, sillä rautateihin ja raideliikenteeseen investoidaan Suomessa juuri nyt ennennäkemättömällä tavalla.

Rautatiesuunnittelu - RASU -koulutuksen tavoitteena on antaa osallistujille kokonaiskuva rautatiejärjestelmästä, sen teknisistä ratkaisuksista ja eri tekniikalajien vaikutuksista radan kokonaisuuteen. Mallia toteutukseen otettiin kahdella aikaisemmalla toteutuskerralla – vuonna 2007 ja vuosina 2011–12 – suuren suosion saavuttaneesta Rautatiesuunnittelun erikoisopintojaksosta RASUsta.

Koulutus suunnattiin täydennyskoulutuksena yritysten työntekijöille, joille koulutus on maksullista. Täydennyskouluttajat voivat halutessaan osallistua koko toteutuksen sijaan myös pienempiin osakokonaisuuksiin. Toisaalta koulutus suunnattiin yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen ammattiainevaiheessa oleville perustutkinto-opiskelijoille, joiden opinnot sivuavat rautatiealaa.

Hyväksytysti suoritetusta kokonaisuudesta (12 op) tai osiosta (3 op) annetaan suoritustodistus myös opintopisteinä. Hyväksytty suoritus edellyttää koulutuspäivien sisällön omaksumista. Oppimista mitataan tenttien, harjoitustyön ja oppimispäiväkirjojen avulla.

Koulutuksen toteuttamiseen tarvitaan suuri joukko asiantuntijoita. Kurssilla luentoja pitää yli 50 asiantuntijaa, joista monet Väylävirastosta, ja kattavasti myös muista alan yrityksistä. Luentojen ja tenttien ohella kurssille ominaista on laaja harjoitustyö, jossa tehtävänä on ratasuunnitelman laatiminen todellisesta kohteesta ja tavoitteena opiskelijoiden perehdyttäminen rautatiesuunnittelun prosesseihin. Harjoitustyötä ohjaavat kokeneet suunnittelijat viidestä suuresta konsulttitoimistosta. Tampereen yliopiston jatkuvan oppimisen palvelut Tree toimii fasilitaattorina käytännön järjestelyissä ja allekirjoittanut toimii vastuuopettajana vastaten koulutuksen sisällöstä.

RASU-koulutus on artikkelin julkaisuhetkellä ehtinyt jo yli puolivälin. Rata 2023 -seminaari on pakollinen osasuoritus kurssikonaisuutta suorittaville. Seminaari lienee yksi kurssin kohokohdista ainakin tutkinto-opiskelijoille, jotka eivät ehkä ole osallistuneet tapahtumaan aiemmin. Rata 2023 -seminaarista opiskelijoiden tulee kirjoittaa oppimispäiväkirja kahdesta kuuntelemastaan esityksestä.



Kuva 1. Rautatiesuunnittelu – RASU -koulutuksen ensimmäisen koulutuspäivän osallistujia Tampereella 8.9.2022.

HAMKin raideliikenteen koulutustarjonta



*Pauliina Kuronen
HAMK*



*Teppo Sotavalta
HAMK*



*Marja Savolainen
HAMK*

Hämeen ammattikorkeakoulu (HAMK) on Suomen ainoa ammattikorkeakoulu, joka on erikoistunut liikennesuunnitteluun, viisaaseen liikkumiseen ja älyliikenteen mahdollisuuksiin osana liikenteen ja kuljetusten suunnittelua sekä hallintaa.

HAMKiin tullaan opiskelemaan, kun tavoitteena on oppia jotain uutta. Kun kehitämme ja suunnittelemme opintoja, niin pohdimme asiaa opiskelijoiden ja oppimistavoitteiden kautta - kun suoritat tämän opinon, niin MITÄ OPIT?

Liikennealan koulutuksessa HAMK auttaa ymmärtämään, kuinka liikenne toimii osana yhteiskuntaa, kuinka henkilöautot, tavarakuljetukset, joukkoliikenne, pyöräilijät ja kävelijät sovitetaan yhteen turvallisesti ja taloudellisesti. Opiskelija saa HAMK:ssa valmiudet liikennesuunnittelussa tarvittavien liikennetutkimusten ja välityskytarkastelujen tekemiseen sekä yleisimpien suunnitteluohjelmien käyttöön. Ympäristöstävällisyys ja liikenneturvallisuus ovat avainasemassa liikennealan opinnoissa.

Raideliikenteen koulutustarjonta HAMKissa

HAMK tarjoaa laajan opintomahdollisuuden raideliikenteeseen.

Ensimmäisen kosketuksen raideliikenteeseen opiskelijat saavat Liikenteen ohjaus ja hallinta -moduulin osassa Raideliikenteen liikenteenohjaus 5 op. Tässä moduulissa raideliikenteen opiskelijalle annetaan eväät hahmottaa raideliikenteen toimintakenttää ja eri toimijoiden roolia osana kokonaisuutta ja auttaa tuntemaan raideliikenteen lait ja asetukset. Lisäksi moduulissa hahmotetaan vakioaikataulujärjestelmää ja sen suunnitteluperiaatteita sekä raideliikenteen liikenteen ohjauksen toimintaperiaatteita ja laitteita, joiden avulla liikenteen ohjausta suoritetaan. Moduulissa opiskelijaa autetaan ymmärtämään myös liikenteen ohjaajan ja kuljettajan roolia osana kokonaisuutta. Koulutuksessa tutustutaan myös ratatöiden aikaiseen liikennesuunnitteluun ja tavoitteena on, että kurssin jälkeen opiskelija ymmärtää raideliikenteen turvallisuuskulttuuria ja raideliikenteen luonnetta turvallisuuskriittisenä toimialana.



Kuva 1a. Ratatyö Riihimäen asemalla (kuva: T. Sotavalta).

Syksyllä 2022 HAMK Liikenneala ja Fintraffic Raide Oy solmivat kumppanuussopimuksen, jonka pohjalta parhaillaan viimeistellään kevään 2023 neljänteen jaksoon tulevaa uutta Rautatiealan moduulia. Opinto on tarjolla 3. vuosikurssin liikennealaa tai sähkö- ja automaatiota opiskeleville.

Rautatieala, järjestelmät ja turvallisuus on 15 op:n moduuli, joka muodostuu kolmesta eri osiosta. Alustavan hahmotelman mukaan (marraskuu 2022) moduuli koostuu seuraavista sisällöistä:

Rautatiealan perusteissa (5 op) käydään läpi rautatiejärjestelmän infrastruktuuria, peruskäsitteitä ja kansallista sääntelyä. Koulutus sisältää perusteet kapasiteetin hallinnasta, rautatieyritysten sekä radan rakentamisen ja kunnossapidon tuotannon suunnittelusta. Lisäksi osiossa katsotaan tulevaisuuteen mm. juuri käynnistyneen Digirata-hankkeen kautta. Tämä opinto on tarjolla myös täydennyskoulutuksessa.

Järjestelmät (5 op) -opinnoissa syvennyttään rautatiealalla käytössä oleviin järjestelmiin ja tekniikkaan sekä niiden suunnitteluun. Keskiössä ovat turvalaitetekniikka, liikenteenhallinnan järjestelmät, rautatiekalusto, sähkörata sekä Digiradan tulevaisuuden ratkaisut.



Kuva 1 b. Sm5 Linnunlaulun vaihteissa (kuva: T. Sotavalta).

Turvallisuus (5 op) -opinnoissa keskitytään pääasiassa rautatieturvallisuuteen liittyviin aiheisiin sisältäen inhimilliset tekijät (HF), nykyinen turvallisuustaso, riskien ja poikkeamien hallinta sekä varautuminen ja jatkuvuussuunnittelu. Lisäksi käsitellään kyberturvallisuutta rautatiejärjestelmän näkökulmasta.

Kaupunkiraideliikenne

Kaupunkiraideliikenteen opinnot tulivat tarjolle 3. vuosikursin opiskelijoille keväällä 2022. Keväällä 2023 opiskelijat voivat valita Rautatiealan ja Kaupunkiraideliikenteen erikoistumisopinnon välillä.



Kuva 2. Tampereen ratikka (kuva: P. Kuronen).

Raitioteiden suunnittelu (10 op) -koulutus auttaa tuntemaan raitioliikenteen suunnitteluperiaatteet ja sen, mitä täytyy huomioida suunniteltaessa raitiotietä katusuunnitelmatasolla. Lisäksi opinnoissa opitaan tuntemaan raitotien toimintaedellytyksiä ja tulkitsemaan suunnitteluohjeita sekä soveltamaan niitä suunniteltaessa raitotietä kadulle.

HAMK tarjoaa raideliikenteen täydennyskoulutusta

Suomessa ja muissa Pohjoismaissa on menossa tai vireillä raitiotiehankkeita, jonka seurauksena raitiotieosaamisen tarve kasvaa. Hämeen ammattikorkeakoulun jatkuvan oppimisen koulutustarjonnan kokoava HAMK Up on vastannut työelämän tarpeeseen tuottamalla neljä suomenkielistä raitiotiealan täydennyskoulutus-

ohjelmaa. Tarjonta muodostaa kattavan koulutuskokonaisuuden raitiotiealan uusille ja vanhoille toimijoille sekä asiantuntijoille. Koulutuksissa osallistuja voi perehtyä raitioteiden yleis- ja hankesuunnitteluun, radan rakentamiseen ja tekniseen suunnitteluun tai radan sähköistykseen. Koulutukset ovat maksullisia.

Raitiotien sähköjärjestelmän täydennyskoulutuksessa (3 op) käydään läpi raitiotiejärjestelmän infrastruktuurin kokonaisrakennetta ja eri rakenneosien merkitystä ratasähköjärjestelmässä. Koulutuksessa keskitytään taajamaliikenteessä käytössä olevaan ajosähkönsyöttöön perustuvaan, tasasähköä energianaan käyttävään, pienjännitteiseen liikennejärjestelmään. Koulutuksen aikana osallistujat saavat kokonaiskuvan ratasähköjärjestelmän toiminnosta, toteutustavoista, sähköturvallisuusvaatimuksista ja erityisesti tasasähköön liittyvistä oheisongelmista.

Raitiotietekniikan täydennyskoulutus (6 op) on kuuden päivän laajuinen koulutus, joka antaa laaja-alaisen teknisen perehdytyksen raitiotien suunnitteluun, rakentamiseen ja kunnossapitoon. Tähän mennessä koulutus on toteutettu viisi kertaa ja tämän huipusuositun koulutuksen on ehtinyt käymään jo yli 170 henkilöä. Koulutus on suunnattu ensi sijassa pikaraitio-/raitioiteiden parissa toimiville suunnittelu- ja työnjohtotehtävien ammattilaisille sekä kaupunkien raitiotiehankkeissa toimiville ja alan hankinnoista vastaaville ammattilaisille.

Raitiotie osana liikennejärjestelmää (5 op) ja raitiotiesuunnittelu (10 op) opintokokonaisuuksia tarjotaan vuorovuosina myös täydennyskoulutuksena. Nyt raideliikenteen kokonaistarjontaa on täydennetty myös rautatiealan perusteilla (5 op). Keväällä 2023 tarjolla täydennyskoulutuksessa ovat raitiotiesuunnittelu (10 op) sekä rautatiealan perusteet (5 op).



Kuva 3. Ratikka kiskojen rakentamista Kalasatamassa (kuva: T. Sotavalta).

Vuosittain opiskelijamme tekevät myös raideliikenteen aiheista amk- sekä yamk-opinnäytetöitä. Jos sinulla on aihe, josta haluaisit teettää opinnäytetyön, niin ota yhteyttä - me etsimme tekijän.

proxion

Tervetuloa
Rata2023-messuille!
Tule testaamaan
koordinaatiokykyjäsi
osastollemme.

www.proxion.fi