Euroopan unionin rahoittama
NextGenerationEU

Vaihtotyön kehitys Digiradan toteutusvaiheessa

DIGI RATA

Versio	Pvm.	Kirjoittajat	Katselmoijat	Hyväksyjä	Kommentit
1.0	7.7.2025	Olli-Pekka Maasalmi, Jan Nylund	Haapala Saara, Ahtiainen Toni, Kymäläinen Ville, Hakanen Erno, Gauriloff Piia, Eriksson Jonas, Löppönen Pasi, Vatanen Jani, Nieminen Jari, Tilli Ari, Häkki Katri	Johanna Kuismin	

Tiivistelmä

ETCS-järjestelmään siirryttäessä Suomessa pitää laajasti uusia rautateiden teknisiä järjestelmiä, jonka yhteydessä tarjoutuu samalla mahdollisuus kehittää nykyistä vaihtotyötoimintaa. Tätä dokumenttia varten on järjestetty sidosryhmien kanssa työpajoja ja haastatteluja siitä, miten vaihtotyön tekemisen tulevaisuus nähdään Suomessa tulevina vuosikymmeninä ja minkä prosessien, ohjeiden ja järjestelmien kehittämiseen Digiradan Toteutusvaiheessa pitäisi erityisesti keskittyä. Kehityskohteita on tunnistettu useita eri laajuisia turvalaitejärjestelmien yksittäisistä ominaisuuksista aina laajoihin oheisjärjestelmien kokonaisuuksiin. Tässä dokumentissa kerrotaan mitä niiden kehittämisellä voitaisiin saavuttaa ja millaisia asioita olisi suunnittelussa otettava huomioon.

Tunnistettujen kehityskohteiden lisäksi tähän dokumenttiin on kirjoitettu Digiradan asiantuntijoiden käyttöön kuvaus siitä, miten ETCS-järjestelmä tulee yleisesti vaikuttamaan vaihtotöiden tekemiseen sekä millaisia valintoja ja toimintamalleja EKA-rataosan vaihtotyön tekemisen suhteen on turvalaitejärjestelmän kehityksessä tehty. Dokumentin lopussa kuvataan myös muita, varsinaisesta Digirata-hankkeesta riippumattomia vaihtotyön kehitystä edesauttavia erillisen harkinnan mukaan kehitettäviä kohteita.

Vaihtotyön kehittämisestä tekee erityisen haastavaa se, että suuri osa näistä tunnistetuista kehityskohteista ei välttämättä yksistään mahdollista merkittävien edistysaskelien ottamista, vaan kokonaisvaltaisen kehityksen saavuttamiseksi on asioita edistettävä yhtäaikaisesti useissa lähes täysin erillisissä hankkeissa. Siitä syystä kehityskohteiden tunnistaminen ja niihin sitoutuminen eri sidosryhmien kesken on erityisen tärkeää. Tämä dokumentti toimii yhtenä keskeisenä osana operointikonseptin lähtötietokokoelmaa sekä ohjaavana dokumenttina Digiradan toteutusvaiheen aikana tehtävään järjestelmien jatkokehitykseen. Dokumentti toimii myös yleisenä kuvauksena vaihtotyön tekemisen mahdollisuuksiin ETCS-järjestelmän käyttöönoton myötä.

Sisällysluettelo

SANASTO 3

1 JOHDANTO 6

2 VAIHTOTYÖ SUOMESSA NYKYÄÄN 7

3 VAIHTOTYÖN KEHITYSTÄ OHJAAVAT TARPEET 9

4 VAIHTOTYÖ ETCS-JÄRJESTELMÄSSÄ JA EKA-RADALLA 11

4.1 Ajolupamerkki ja raideopastimien käyttö vaihtotöissä 13

4.2 Baliisit vaihtotyön rajaamisessa 14

4.2.1 Vaihtotyöalueen rajapistebaliisit 14

4.2.2 Vaihtotyöalueen aktivoinnin yhteydessä toimitettava baliisilista 15

4.3 Ratalaitteiden hyödyntäminen liikennöintimuodon vaihtamiseen 16

4.3.1 Vaihtotyötilaan siirtyminen suoraan ratalaitteiden ohjaamana 16

4.3.2 Liikennöinti vaihtotyöalueelta SR-toimintatilassa ja siirtyminen junaliikenteeseen vaihtotyöalueen rajalla 16

4.4 Vaihtotyö ETCS-veturilaitteella varustetulla yksiköllä 17

4.4.1 Valvottu vaihtotyö liikennepaikalla 17

4.4.2 Vaihtotyö rautatieliikennepaikkojen välillä 19

4.4.3 Vaihtotyö yleisesti ETCS-veturilaitteilla varustettuna 21

4.5 Liikenteenohjauksen hätäpysäytyskäskyt ETCS-varustetuille vaihtotyöyksiköille 22

4.6 Vaihtotyö yksiköllä, joka ei ole varustettu ETCS-laitteistolla 23

4.6.1 Liikennepaikkojen välinen vaihtotyö yksiköllä, joka ei ole varustettu ETCS-laitteistolla 23

5 TOTEUTUSVAIHEEN VAIHTOTYÖN KEHITYKSEEN VAIKUTTAVIA NÄKÖKULMIA JA TOIMINTOJA 24

5.1 Järjestelmäversio 2.2 24

5.2 Järjestelmäversio 3.0 25

5.3 Mobiilipäätelaite sekä sähköiset oheisjärjestelmät 26

5.4 Ratakapasiteetin roolin kasvattaminen 28

5.5 ATO-veturilaite vaihtotyössä 29

5.6 Digitaalinen automaattikytkin (Digital Automatic Coupler, DAC) 31

5.7 Hybrid Train Detection (HTD) 32

5.8 Liikennepaikkojen infran kehittäminen 33

5.9 Vaihtotyön suuntaus eurooppalaisessa ohjeistuksessa ja järjestelmäkehityksessä ..34

6 SUOSITUS TOTEUTUSVAIHEEN AIKANA KEHITETTÄVISTÄ ASIOISTA 35

7 MUUT SUOSITUKSET VAIHTOTYÖHÖN KEHITETTÄVISTÄ ASIOISTA 37

7.1 Vaihtoehtoiset yksikön eheyden valvontajärjestelmät 37

7.2 Matkakuntoisuuden tarkastamisen automatisointi 38

7.3 Veturin radio-ohjauslaitteiden kehittäminen 38

7.4 Tähystyspaikkojen lisääminen ja kehittäminen 39

7.5 Uudet palvelumallit 39

8 YHTEENVETO 39

LÄHDELUETTELO 41

LIITE 1. TARGETOR-RISKIT 42

Sanasto

- Baseline: Eritelmäkokonaisuuden nimitys CCS YTE:n mukaisesti (esim. ETCS Perusversio 4), joka määrittelee tietyn version ETCS-veturilaitteen EVC:n vakaan ytimen toiminnallisuuden, suorituskyvyn sekä muut ei-toiminnalliset ominaisuudet.
- TSA (Temporary shunting area): Väliaikainen vaihtotyöalue, jolla suoritetaan vaihtotyötä.
- PSA (Permanent shunting area): Turvalaitteelle määritelty pysyvä vaihtotyöalue, jolla voidaan suorittaa vain vaihtotyöliikkeitä. PSA voi sijaita ensimmäisen tai toisen luokan liikenteenohjauksen alueella.
- KITA (Kiinteä työalue, Working Area). Asetinlaitteelle (tai TMS-järjestelmään sen turvallisuustason salliessa) ratatöiden tekemiseen määritelty kiinteä alue, jonka järjestelmä osaa suojata yhdellä komennolla.
- Handheld terminal (HHT): Päätelaite, jonka sovelluksen avulla saadaan reaaliaikaista informaatiota ajoluvista, raiteiston käytöstä, kokoonpanoista vaihtotyön aikana. Käytetty myös termiä mobiilipäätelaite.
- Valvottu vaihtotyö: Vaihtotyöliikkeiden tekemistä veturilaitteen valvomana esim. FS- tai OS-toimintatiloissa. Yksikön kuljettaja näkee ajoluvan pituuden veturilaitteen kuljettajapaneelista (DMI). Yksikön pitää olla varustettuna ETCS-veturilaitteella.
- DMI (Driver Machine Interface): ETCS-veturilaitteen käyttöpaneeli kuljettajalle, johon välitetään kaikki kuljettajan tarvitsema tieto.
- RBC (Radio Block Center): Radiosuojastuskeskus. Välittää tietoja radioyhteydellä turvalaitejärjestelmän ja veturilaitteen välillä.
- Työntöliike: Vaihtotyöliike, jossa veturi työntää vaunuja yksikön kulkusuuntaan nähden takapäästä.
- Vetoliike: Vaihtotyöliike, jossa veturi vetää vaunuja yksikön kulkusuuntaan nähden etupäästä.
- TMS (Traffic Management System): Järjestelmä, jolla liikenteenohjaus ohjaa asetinlaitetta etänä liikenteenohjauspisteestä. Tässä dokumentissa TMS:llä viitataan sekä kauko-ohjausjärjestelmään (CTC) että liikenteenhallinnan muihin järjestelmiin.
- OBU (On-Board Unit): ETCS-veturilaitekokonaisuus, joka koostuu useasta eri komponentista. Mukaan lukien tekstissä esiintyvä DMI.

- Rataelementti: Rata-alueella sijaitseva kiinteä elementti, esimerkiksi vaihde, sähköratapylväs, raideosuus tai muu vastaava elementti.
- Vaihtotyönjohtaja (VTJ). Vaihtotyönjohtaja ohjaa vaihtotyöliikkeitä veturin radio-ohjaus laitteella tai puheyhteydellä veturinkuljettajan kanssa.
- ATO yksikön automaattiajo: Vaihtotyöyksikkö on varustettu ETCS-veturilaitteiden lisäksi ATO-OB järjestelmällä (ATO-veturilaite), lisäksi liikenteenohjaus järjestelmä tulee ATO-TS järjestelmällä (ratalaitteet tukevat ATOa yhdessä liikenteenohjaus järjestelmän kanssa).
- Täysvalvonta (FS, Full supervision): FS-toimintatilaa käytetään normaalissa liikennöintitilanteessa. Tällöin kaikki kulunvalvontaan liittyvät toiminnot ovat käytössä. Toimintatila aktivoituu automaattisesti, kun kaikki yksikön kokoonpanoon sekä rataprofiiliin liittyvät lähtötiedot ja edellytykset täyttyvät.
- Last Mile -varustelu: Sähköistämättömillä raiteilla liikkumista varten sähköveturissa voi olla ns. last mile -varustelu, eli dieselyksikkö, joka tuottaa tarvittavan sähkön veturin ajomoottoreille mahdollistaen vaunuston siirrot esimerkiksi sähköistämättömälle lastausraiteelle ilman veturin vaihtamista.
- Näkemäajo (OS, On sight): Näkemäajotoimintatilaa (OS) voidaan käyttää silloin, kun on tarpeen liikennöidä varatulle raiteelle, raiteella on jokin muu este tai sen vapaanaoloa ei voida varmistaa. OS-toimintatila vastaa osittain JKV-järjestelmän varatun raiteen junakulkutie -toimintoa, RBC välittää tiedot yksikön ETCS-veturilaitteelle.
- Vaihtotyö (SH, Shunting): SH-toimintatilassa voidaan tehdä vaihtotöitä. SH-toimintatilaa voidaan myös hyödyntää muissa tilanteissa edestakaisin liikkumisen ja varustamattomalla alueella toimimisen mahdollistamiseksi käyttösäännöissä määritellyissä tilanteissa.
- Kuljettajan vastuulla ajo (SR, Staff responsible): SR-toimintatilaa käytetään, kun liikennöidään ETCS-varustetulla alueella, mutta kaikkia OS- tai FS-toimintatilan tietoja ei ole käytettävissä. SR-toimintatilassa voidaan liikennöidä vain liikenteenohjauksen luvalla mutta tilassa liikennöinti tapahtuu kuljettajan vastuulla huomioiden esimerkiksi liikenteenohjauksen antamat rajoitteet. SR-toimintatilaa voidaan käyttää esimerkiksi luvallisessa ajoluvan päätekohdan ohituksessa (Override, ohitustoiminto), radioyhteyden katketessa tai yksikön lähtiessä liikkeelle ilman sijaintitietoa.
- DAC-kytkin (Digital Automatic Coupler): Digitaalinen automaattikytkin, jonka avulla vaunut/yksiköt kytketään samanaikaisesti mekaanisesti ja sähköisesti. Kytkimen avulla voidaan välittää sähköistä tietoa vaunujen välillä sekä avata mekaaniset

kytkimet kauko-ohjauksella. DAC-kytkin korvaa ruuvikytkimen ja SA-3 kytkimen käytön.

1 Johdanto

ETCS-järjestelmään siirryttäessä Suomessa pitää laajasti uusia rautateiden teknisiä järjestelmiä, jonka yhteydessä tarjoutuu samalla mahdollisuus kehittää nykyistä vaihtotyötoimintaa. Uutta järjestelmää määriteltäessä on myös tehtävä valintoja erilaisiin teknisiin toiminnallisuuksiin liittyen ja näillä valinnoilla on suoria vaikutuksia operatiiviseen toimintaan ja sitä kautta esimerkiksi kaluston varustelutarpeeseen. Vaihtotyön tekemistä olisi mahdollista kehittää yleisesti prosessien osalta ja esimerkiksi suullinen viestintä vaihtotyönjohtajan ja liikenteenojauksen välillä voi tulevaisuudessa olla teoriassa tarpeetonta. Keskusteluissa on alustavasti tunnistettu, että vaihtotyön kehittämisessä olisi potentiaalia hankkeen tavoitteisiin nähden mm. rautatieturvallisuuden parantamisen ja kapasiteetin lisäämisen suhteen. ETCS-järjestelmän kulunvalvontaa hyödyntämällä esimerkiksi rautatieturvallisuutta voidaan parantaa vähentämällä vaihtotyöhön liittyviä riskejä ja ratapihojen kapasiteettia voidaan kasvattaa sujuvoittamalla vaihtotyön tekemistä automatisoimalla vaihtotyöhön liittyviä toimenpiteitä sekä vähentämällä yksikön käsittelyssä tarvittavien liikkeiden määrää.

Tästä syystä Digirata-hankkeessa on keskusteltu useiden sidosryhmien kanssa raideliikenteen kehityksestä. Tätä dokumenttia varten keskustelua on käyty yhteisissä tapaamisissa sekä organisaatiokohtaisissa haastatteluissa erityisesti vaihtotyötoiminnan tulevaisuuden näkökulmasta. Ensimmäiset palaverit pidettiin jo vuoden 2022 syksyllä, mutta tällöin keskustelu jäi odottamaan EKA-radalle tehtäviä määrittelyjä. Tätä dokumenttia varten työtä jatkettiin kaikkien yhteisillä palavereilla toukokuussa 2024 ja sitä seuraavana syksynä organisaatiokohtaisilla haastatteluilla. Näissä palavereissa ja haastatteluissa on ollut mukana vaihtelevasti henkilöitä seuraavista organisaatioista: Traficom, Väylävirasto, Fintraffic Raide, VR, Fenniarail, Operail sekä North Rail.

Sidosryhmien kanssa käytyjen keskustelujen tavoitteena oli selvittää, millaisia näkemyksiä eri ryhmillä oli rautatiejärjestelmän sekä operatiivisen toiminnan kehittämisen ja tunnistaa erityisiä ongelma- tai kehityskohteita, joihin uusi järjestelmä voisi tuoda ratkaisuja. Työn ja keskustelujen tukena ovat toimineet hankkeessa aiemmin vaihtotyöhön liittyen tehdyt selvitykset ja dokumentit, kuten EKA-rataa varten tehdyt ”Vaihtotyön liikennepaikkakohtainen tarveselvitys v2.0” ja ”ETCS vaihtotyömallit v1.0” sekä Targetor-järjestelmään aiemmin hankkeen yhteydessä kirjatut vaihtotyöhön liittyvät riskit.

Työn alkaessa tavoitteena oli luoda vaihtotyön pitkäaikaiselle kehittämiselle yksi rautatiealan yhteinen visio, mutta tämän muodostaminen osoittautui työn edetessä sekä laajuudessaan että monimutkaisuudessaan hyvin haastavaksi tehtäväksi. Tavoite olisi joko niin korkeatasoinen, että siitä ei olisi juurikaan hyötyä järjestelmien määrittelyissä tai sitten

mahdollisia vaihtoehtoisia ratkaisumalleja olisi eri järjestelmien kehityksestä ja niiden muodostamista yhdistelmistä riippuen niin useita, että valittu visio olisi hyvin todennäköisesti nopeasti vanhentunut. Tämän takia tästä dokumentista on pyritty tekemään hankkeen päätöksenteon tueksi yleisempi kuvaus vaihtotyön tekemisestä ETCS-järjestelmän eri versioilla sekä kuvaamaan mitä asioita ja kehitystarpeita pitäisi hankkeen päätöksenteossa ottaa huomioon järjestelmiä suunniteltaessa ja kehitettäessä.

Tämä dokumentti toimii yhtenä keskeisenä osana operointikonseptin lähtötietokokoelmaa sekä ohjaavana dokumenttina Digiradan toteutusvaiheen aikana tehtävään järjestelmien jatkokehitykseen. Dokumentti toimii myös yleisenä kuvauksena vaihtotyön tekemisen mahdollisuuksiin ETCS-järjestelmän käyttöönoton myötä. Dokumentin lopussa on kuvattu myös muutamia esiin nousseita vaihtotyöhön liittyviä kehitysideoita, joihin turvalaitejärjestelmän uusinnalla ei varsinaisesti ole vaikutusta eivätkä täten ole suoraan Digirata-hankkeen piirissä, mutta joiden edistämistä olisi hyödyllistä tarkastella muissa yhteyksissä. Dokumentissa esitetään erilaisia kehityskohteita ja tavoitteita, joiden seurantaa varten tarvitaan yksi yhteinen taho, joka voi seurata ja tarvittaessa ohjata eri sidosryhmien Digirataan liittyvää kehitystä oikeaan suuntaan.

2 Vaihtotyö Suomessa nykyään

Puhuttaessa vaihtotöistä suomalaisessa rautatiekontekstissa, sillä tarkoitetaan useimmiten veturilla ratapihoilla tehtävää vaunujen ja kaluston siirtelyä raiteelta toiselle esimerkiksi käsiteltäessä tavara- ja matkustajajunia lähtö- ja määräasemilla. Ohjeiden ja sääntöjen mukaan vaihtotyöllä taas tarkoitetaan kaikkea liikennöintiä vaihtotyöstä annettujen määräysten ja ohjeiden mukaan (Junaliikenteen ja vaihtotyön turvallisuussäännöt 2024, Jt.). Vaihtotyö eroaa junaliikenteestä määräysten mukaan esimerkiksi siten, että vaihtotyössä vastuu yksikön turvallisesta liikennöinnistä on vaihtotyönjohtajalla, kun taas junaliikenteessä liikenteenohjaus vastaa kulkuteiden turvaamisesta.

Käytännössä vaihtotyötä tehdään useissa erilaisissa tilanteissa myös jo mainitun lähtevän ja saapuvan junakaluston käsittelyn lisäksi. Vaihtotyönä voidaan liikkua esimerkiksi joidenkin junaliikenteen häiriötilanteiden yhteydessä, siirrettäessä ratainfran kunnossapitoyritysten käyttämiä työkoneita tai jopa tehtäessä pidempiä liikennepaikkojen välisiä siirtymiä tietyillä Väyläviraston ratakapasiteetin hakuohjeen määrittelemillä alueilla. Vaihtotyötä käytetään niissä tilanteissa, kun on tarve liikuttaa kalustoa normaalia junaliikennettä kevyemmällä ja joustavammalla menetelmällä.

Vaihtotöitä voidaan tehdä joko yksin tai kahden henkilön työryhmällä. Yksin vaihtotöitä tehdään joko veturin omilla hallintalaitteilla ohjaamosta käsin tai niin sanotulla radio-ohjauslaitteella, jolloin voidaan ohjata yksikköä myös veturin ohjaamon ulkopuolelta. Kaksi henkilöä tarvitaan silloin, kun tehdään taaksepäin suuntauvia liikkeitä eikä ole radio-

ohjauslaitetta käytettävissä tai kun veturinkuljettaja on ohjaamossa eikä voi itse tähystää samanaikaisesti taaksepäin. Kauko-ohjauslaitetta käyttämällä voidaan saavuttaa parempi näkyvyys yksikön kulkusuuntaan ja suorittaa monimutkaisempiakin edestakaisia vaihtotyöliikkeitä yhden henkilön toimesta. Käytännössä veturinkuljettaja voi siis yksin ajaa junan ensin lähtöasemalta määräasemalle, suorittaa tarvittavat vaihtotyöliikkeet sekä ajaa paluujunan takaisin. Tämä vähentää rautatieyrityksen tarvitsemia henkilöresursseja merkittävästi.

Koska merkittävä osa tavaravaunujen käsittelyyn käytetyistä ratapihoista, varikoista ja sivuraiteista on sähköistämättömiä, vaihtotöitä tehdään pääosin dieselvetureilla, mutta uudempien veturien ns. last mile -varustelu on vähentänyt dieselvetureiden tarvetta. Sähkövetureihin on asennettu dieselmoottoreita, joilla tuotetaan sähköä ajomoottoreille ja voidaan suorittaa vaihtotyöliikkeitä myös sähköistämättömillä ratapihoilla. Last mile -ominaisuudet yhdessä veturin radio-ohjauslaitteiden kanssa tuovat kustannustehokkuutta operaattoreille. Pidemmät siirtymät rataverkolla ajetaan sähkön avulla, vaihtotyöt ratapihoilla voidaan suorittaa tarvittaessa diesel moottoreiden avulla tuotetulla sähköllä.

Tällä hetkellä vaihtotyöliikkeitä suoritetaan Suomessa ilman JKV-järjestelmän valvontaa. Toisin sanoen, vaihtotöitä tehdään useimmiten ilman asetinlaitteen turvaamia junakulkuteitä ja JKV-laite on vaihtotyötilassa, jolloin se ei valvo kuin kaluston suurinta korkeinta nopeutta 35 km/h. Vaihtotyössä käytetyt nopeudet ovat matalampia kuin junaliikenteessä, mutta ratapihoilla tehtävissä vaihtotöissä yksiköiden kokonaispainot voivat olla todella raskaita. Vaihtotyössä käytetään lähtökohtaisesti vaihtokulkuteitä, joissa turvallisuusvaatimukset ovat matalammat mutta joita liikenteenohjauksen on helpompi muodostaa, tarvittaessa nopeampi purkaa eivätkä ne rajoita ratapihan muuta kapasiteettia niin voimakkaasti.

Ilman kulunvalvontaa tehtävän vaihtotyön riskejä minimoidaan junaliikenteestä eriävällä vaihtotyöohjeistuksella ja vaihtotyöhön pitää ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella olla aina liikenteenohjaukselta määrämuotoisella viestillä saatu suullinen lupa. Suullisesta viestinnästä huolimatta vaihtotyön tekemistä pidetään joustavana ja helppokäyttöisenä muotona liikennöidä etenkin, koska junana liikennöimiseen liittyy tiettyjä ennakkovaatimuksia kuten aikataulun hakeminen, JKV-laitteen tietojen syöttäminen sekä kokoonpanotietojen ilmoittaminen.

Kahdella järjestelyratapihalla (Tampere ja Kouvola) on vaunujen uudelleenjärjestelemisen helpottamiseksi käytössä laskumäki, jossa vaunut voidaan jaotella painovoiman ja järjestelmän automatiikan avulla helposti ja nopeasti useille eri raiteille ilman edestakaisia vaihtotyöliikkeitä. Suurin osa Suomessa tehtävistä vaihtotöistä suoritetaan kuitenkin tasamaan vaihtotyönä.

Vaihtotyö on siis huomattavasti monipuolisempaa ja vaihtelevampaa kuin normaali junaliikenne ja sen tarpeet ja kehitysmahdollisuudet on otettava huomioon Suomen ERTMS-järjestelmää suunniteltaessa. Vaihtotyön monipuolisuus edellyttää, että sitä voidaan sopeuttaa erilaisiin tilanteisiin, jotka saattavat muuttua nopeastikin.

3 Vaihtotyön kehitystä ohjaavat tarpeet

Sidosryhmien kanssa käytyjen keskustelujen tavoitteena oli selvittää, millaisia kehitystarpeita tai haasteita rautatieyritykset tunnistavat etenkin turvallisuuden, kustannustehokkuuden, sujuvuuden sekä asiakastarpeiden näkökulmista katsoen. Samalla pyrittiin arvioimaan eroavatko nykypäivän tarpeet jotenkin esimerkiksi tarpeista 15 vuoden päästä.

Rautatiejärjestelmän turvallisuus on Suomessa yleisesti korkealla tasolla ja kaikessa rautatiejärjestelmän kehityksessä yleisenä lähtökohtana on, että turvallisuustaso ei saisi heikentyä. ETCS-järjestelmän tuoman kehityksen myötä vaihtotyön tekeminen onkin yksi niistä osa-alueista, joilla olisi mahdollisuus saada isoimpia turvallisuushyötyjä verrattuna nykyiseen tilanteeseen, jossa vaihtotyöt tehdään pääosin ilman kulunvalvontaa ja järjestelmän tuomaa tukea. Toisaalta turvallisuustason parantaminen nykyisestä saattaa aiheuttaa suuria haasteita vaihtotyön sujuvuuteen ja sen kääntöpuolena on tehdä vaihtotyöstä nykyistä merkittävästi kankeampaa, jolla puolestaan on suora vaikutus rautatieliikenteen houkuttelevuuteen ja kilpailukykyyn. Vaihtotyön automaatiotason lisäämisellä voisi olla merkittäviä parantavia vaikutuksia rautatiejärjestelmän turvallisuuteen, mikäli voidaan vähentää esimerkiksi puheviestinnästä johtuvia inhimillisiä virheitä, mutta samalla automaation lisääminen vaatisi kulunvalvonnan ohella myös muiden oheisjärjestelmien suhteen kaikkein suurimpia kehitysaskelia lisäten samalla kustannuksia merkittävästi. Vaihtotyöhön liittyviä riskejä voitaisiin osaltaan vähentää myös sähköisen luvanannon avulla, jolloin liikenteenohjauksen käytössä olisi aina samat järjestelmään määritellyt vaadittavat tiedot, kuten esimerkiksi yksikön vetovoima (diesel/sähkö), ensimmäisen liikkeen suunta ja kuinka pitkälle liikkeen pitää ulottua. Tämän avulla liikenteenohjauksen dokumentaatio olisi yhtenäistä ja aina ajan tasalla, vähentäen epäselvästä tai puutteellisesta viestinnästä johtuvia inhimillisiä riskejä.

Kustannustehokkuus ja sujuvuus ovat näkökulmia, jotka ovat vaihtotyöstä puhuessa usein hyvin lähellä toisiaan. Tällä hetkellä vaihtotyön kustannustehokkuutta ja sujuvuutta parantavat esimerkiksi joustava puheviestintä ja luvanpyynti sekä junaliikenteeseen verrattuna kevyempi säätely. Tästä esimerkkinä junana liikkumiseen tarvitaan aina haettu ja myönnetty kapasiteetti eli liikkeet pitää olla mahdollisimman hyvin etukäteen suunniteltuna, kun taas vaihtotyötä voidaan tehdä hyvinkin joustavasti ja lyhyellä varoitusajalla. Mikäli ei olla kiireisellä monitoimijaratapihalla, vaihtotyöluvan saamista rajoittavat eniten liikenteenohjauksen tavoitettavuus, aikataulutettu junaliikenne sekä mahdolliset radan kunnossapitotyöt ja niiden välilliset vaikutukset. Edellisistä asioista sidosryhmähaastatteluissa nostettiin haasteeksi etenkin liikenteenohjauksen tavoitettavuus, sillä tällä hetkellä kaikki vaihtotyön luvananto tapahtuu puheviestinnällä ja mikäli aluetta ohjaava liikenneohjaaja on varattuna, voi vaihtotyöluvan saamista joutua odottamaan

rautatieliikenteenharjoittajan näkökulmasta turhaan, vaikka kyseisellä ratapihalla ei olisikaan esteitä vaihtotyön tekemiselle. Mikäli luvananto voitaisiin tehdä osittain tai täysin sähköisesti, voitaisiin vaihtotyön tekemisen sujuvuutta ja sitä kautta myös kustannustehokkuutta parantaa oleellisesti. Luvanannon sähköistäminen voisi parantaa kustannustehokkuutta myös liikenteenohjauksen näkökulmasta, sillä rataosasta riippuen vaihtotöiden hallinnointi voi olla liikenteenohjaukselle merkittävä kuormitusta aiheuttava tekijä ja se voi estää laajempien ohjausalueiden muodostamisen kautta tehtävän liikenteenohjauksen tehostamisen. Sähköinen luvananto voisi tuoda liikenteenohjaukselle kustannustehokkuutta myös siten, että vaihtotöistä saataisiin yksityiskohtaista dataa suoraan järjestelmän ymmärtämässä muodossa ja voitaisiin näin esim. ennakoida vaihtotöiden aiheuttamaa resurssitarvetta liikenteenohjauksessa.

Asiakastarpeiden näkökulmasta haastatteluissa ei noussut esiin erityisiä merkittäviä kehitysaskelia ainakaan Digiradan toteutusvaiheen eli seuraavien n. 15–20 vuoden aikana. Asiakkaan näkökulmasta vaihtotyön luotettavuus ja ennustettavuus ovat tärkeitä ominaisuuksia, eli työt pitää saada tehtyä sujuvasti yllättävistä muutoksistakin huolimatta. Mikäli myös ratapihoilla tehtävää vaihtotyötä haluttaisiin tulevaisuudessa tehdä enemmän ratakapasiteetin alaisena, kapasiteetin hakemiseen liittyvän prosessin pitäisi olla merkittävästi nykyistä sujuvampaa. Vaihtotyöliikkeisiin liittyvän ratakapasiteetin hakemista on pilotoitu esimerkiksi Kotkan ratapihalla vuonna 2024 (Kapasiteetinhallinnan pilotti, Väyläviraston ohjeita 28k/2024) mutta se aiheutti merkittäviä haasteita työn sujuvuuteen eikä sitä nykymuodossaan voida suositella tulevaisuuden toimintamalliksi ilman järjestelmien kehitystä. Ratakapasiteetin roolin kasvattaminen vaihtotyötoiminnassa on kuitenkin edellytys liikennöinnin ja ratatyön automatisoinnin kehittämiseksi ja tätä on käsitelty tarkemmin dokumentin myöhemmissä kappaleissa.

Yhteenvetona vaihtotyön kehityksen ohjaavina lähtökohtina pitäisi olla:

1. Vaihtotyön ja yleisesti Suomen rautatiejärjestelmän turvallisuustaso ei saisi heikentyä nykyisestä. Mahdollisuuksien mukaan turvallisuustasoa on pyrittävä nostamaan.

2. Vaihtotyön on kuitenkin oltava tulevaisuudessakin mahdollisimman kustannustehokasta ja sujuvaa.

3. Vaihtotyön on oltava luotettavaa loppuasiakkaalle.

4. Vaihtotyön tekemisen ennustettavuutta tulisi pystyä parantamaan.

Seuraavissa kappaleissa esitetään useita ETCS:ään ja siitä riippumattomiin järjestelmiin liittyviä kehityskohteita ja edellä mainitut näkökulmat on pyritty ottamaan huomioon etenkin erilaisten kehitysehdotusten yhteydessä.

4 Vaihtotyö ETCS-järjestelmässä ja EKA-radalla

EKA-radan kaikki tekniset ratkaisut eivät ole olleet valmiina dokumenttia laadittaessa, joten viittaukset toiminnallisuuksin perustuvat EKA-turvalaitehankinnan järjestelmävaatimuksiin, KoKoHa (Kouvola-Kotka/Hamina) maastotesteissä havaittuihin asioihin sekä EKAn järjestelmätoimittajalta saatuihin alustaviin tietoihin.

EKA-radalle tullaan liikennöintiä aloittaessa ottamaan käyttöön ratalaitteiden ETCS-järjestelmäversio 2.1 (Baseline 3, release 2, version 2.1), jossa on yksi erityisesti vaihtotyötä varten suunniteltu toimintatila (SH, Shunting). SH-toimintatilassa veturilaite katkaisee yhteyden radiosuojastuskeskukseen (RBC) eikä yksikölle voida välittää ajolupaa lukitun kulkutien mukaisesti kuten junaliikenteessä, joten veturinkuljettajalla tai vaihtotyönjohtajalla ei ole ETCS-veturilaitteen DMI-näytön avulla näkyvyyttä turvattuihin kulkuteihin ja niiden päätepisteisiin. Vaihtotyötilassa veturilaite ei myöskään välitä radiosuojastuskeskukselle sijaintiaan yksikön liikkuessa ratapihalla, joten liikenteenohjauksella ei ole reaaliaikaista näkymää yksikön tarkkaan sijaintiin samalla tavalla kuin muissa toimintatiloissa. Suurimmalla osalla ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen aluetta liikenteenohjaus kuitenkin näkee ohjausjärjestelmästä ratapihan raiteiden varautumiset akselinlaskijoiden avulla kuten JKV-alueillakin, eli ohjauksella on joka tapauksessa näkyvyys yksikön liikkeisiin vähintään yksittäisten raideosuuksien tarkkuudella.

SH-toimintatilaa käytetään EKA-radalla lähtökohtaisesti vaihtotöihin siitä syystä, että ns. valvotuissa toimintatiloissa (esim. täysvalvonta [FS] ja näkemäajo [OS]), yksikköä ei käytännössä voida liikuttaa veturin kulkusuuntaan nähden taaksepäin, jota vaihtotyössä joudutaan toistuvasti tekemään. Tämän lisäksi nykyään Suomessa merkittävä osa vaihtotöistä suoritetaan radio-ohjauksella ja SH-toimintatila on tällä hetkellä ETCS-järjestelmässä ainoa toimintatila, jossa radio-ohjausta voidaan käyttää.

ERTMS-ETCS käyttösäännöt mahdollistavat vaihtotyöliikkeiden tekemisen myös valvotuissa toimintatiloissa, mutta niiden käyttäminen rajoittunee edellä mainittujen teknisten rajoitteiden vuoksi lähinnä pelkällä veturilla tehtäviin yksittäisiin liikkeisiin ennalta suunnitelluissa tilanteissa. Myös liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä valvottujen toimintatilojen käyttö voisi olla teknisesti mahdollista, koska ajetaan muuta vaihtotyötä pidempiä matkoja ilman suunnan muutoksia.

Uusien toimintatilojen lisäksi ETCS-järjestelmä tuo vaihtotyöhön uudet käsitteet *väliaikainen vaihtotyöalue (TSA)* ja *pysyvä vaihtotyöalue (PSA)*. Molemmat alueet ovat pelkästään vaihtotyönä liikkumista varten, ja niiden sisällä ei oletuksena ole mahdollista liikkua junaliikenteen toimintatiloissa. Molemmat alueet määritellään järjestelmään kiinteästi sen suunnitteluvaiheessa, mutta tilapäinen vaihtotyöalue nimensä mukaisesti aktivoidaan liikenteenohjauksen toimesta tarpeen mukaan ja pysyvä vaihtotyöalue on aina aktiivinen. Alueita voidaan myös yhdistää ja varata näin vaihtotyölle aina tarkoituksen mukainen alue. Käytännössä suurin osa PSA-alueista ovat nykyisiä toisen luokan liikenteenohjauksen

alueita, mutta rataosille voi teoriassa jäädä ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueiksi määriteltyjä alueita, joita ei nykyään ole varustettu vapaanaolon valvonnalla eikä varustella myöskään ETCS-järjestelmään siirtyessä. EKA-radalla tällainen alue löytyy esimerkiksi Porin liikennepaikalta. Koska yksikkö katkaisee SH-toimintatilaan siirtyessä yhteyden radiosuojastuskeskukseen, vaihtotyöalueita käyttämällä voidaan vaihtotyöalueen sisäisten sivusuojavaihteiden avulla suojata sekä vaihtotyötä tekevää yksikköä muulta liikenteeltä että estää vaihtotyöyksikköä ajautumasta ilman lupaa vaihtotyöalueen ulkopuolelle.

SH-toimintatilaan on myös mahdollisuus määrittää yksikölle SH-toimintatilan siirryttäessä aluekohtaisesti kansallisesta arvosta (35 km/h) poikkeava alempi nopeusrajoitus V_MAMODE parametrillä, mikäli tunnistetaan alueita, joissa tarvitaan alennettua nopeutta vaihtotyössä esimerkiksi raiteiston heikon kunnon vuoksi. Tällä saadaan veturilaite valvomaan normaalia 35 km/h alempaa nopeutta järjestelmän toimesta ilman maastoon asennettuja erillisiä nopeusrajoitusmerkkejä. Tämän heikkoutena on toisaalta se, että koska SH-toimintatilaan siirtyessä katkaistaan yhteys radiosuojastuskeskukseen, ei nopeusrajoitusta voi poistaa veturilaitteelta, kunnes se ottaa uuden yhteyden. Toisin sanoen, rajoitus voidaan määrätä vain kokonaista aluetta koskevaksi sen sijaan, että voitaisiin asettaa pienemmille alueille esimerkiksi raide- tai vaihdekohtaisia rajoituksia. EKA-radalla tätä ominaisuutta ei ole käytössä, mutta tämän käyttämistä kannattaa harkita aluekohtaisesti aina uusia ETCS-käyttöönottoja suunniteltaessa.

Kuljettajan ei ole mahdollista siirtää yksikön veturilaitetta SH-toimintatilaan täysin omatoimisesti, vaan siihen vaaditaan radiosuojastuskeskuksen hyväksyntä. Hyväksyntäprosessi voidaan toteuttaa eri tavoin, mutta tämänhetkisen tiedon mukaan SH-toimintatilaan siirtyminen tullaan käytännössä sallimaan EKA-radalla järjestelmän toimesta automaattisesti kaikilla alueilla riippumatta siitä, sijaitseeko yksikkö esimerkiksi väliaikaisella tai pysyvällä vaihtotyöalueella. Tällä varmistetaan, että vaihtotyön tekeminen olisi EKA-radalla mahdollisimman sujuvaa. Kun ETCS-järjestelmän toiminnasta on saatu enemmän tietoa ja käytännön kokemusta, voidaan SH-toimintatilaan siirtymistä rajoittaa teknisesti ja esimerkiksi vaatia tietyissä tilanteissa liikenteenohjauksen manuaalinen hyväksyntä kauko-ohjausjärjestelmällä.

Yleisesti on kuitenkin huomioitava, että EKA-radalla käytettävä vaihtotyöveturikalusto tulee todennäköisesti siirtymäkauden ajan olemaan ETCS-varustelematonta ja ne veturit mitä varustellaan, tullaan käyttämään vaihtotöissä radio-ohjauksella. Eli seuraavissa kappaleissa kuvattavat valvotun vaihtotyön ominaisuudet ja mahdollisuudet eivät todennäköisesti tule vaikuttamaan EKA-radan vaihtotöihin kuin korkeintaan matkaveturien eli lähtevien ja saapuvien yksiköiden vetureita siirrettäessä. Kun toteutusvaihe etenee ja enemmän rataosia varustellaan, tulee vaihtotyöveturitkin olemaan lopulta ETCS-varusteltuja.

4.1 Ajolupamerkki ja raideopastimien käyttö vaihtotöissä

Yksi suurimpia eroja vaihtotyön tekemisessä ETCS-radalla nykyiseen JKV-rataan verrattuna on näkyvien valo-opastimien väheneminen tai jopa poistuminen kokonaan. EKA-radalla pääopastimia ei tule maastoon lainkaan, mutta raideopastimet jäävät käyttöön niille ratapihoille, joilla niitä nykyäänkin on. Raideopastimien säilyttämistä EKAlla on perusteltu esimerkiksi seuraavalla tavalla:

Raideopastimet säilyttämällä puheviestinnän määrä vaihtotöissä ei lisääntyisi nykyisestä. Liikenteenohjaajan antaessa vaihtotyöluvan ja ohjatessaan yksikön liikettä raideopastimin riittää viestintään yksi puhelu, jossa kerrotaan suoritettava liike. Ratapihan kapasiteettiin ei tulisi suuria muutoksia ja läpäisykyky raiteilla säilyisi, eikä liikenteenohjaushenkilöstöä olisi tarvetta lisätä. (Selvitys - 02728 - Vaihtotyön liikennepaikkakohtainen tarveselvitys v1.0 FIN)

Raideopastimet toimivat EKA-rataosalla tekemistä turvaavina rataelementteinä kertomalla vaihtotyönjohtajalle tai kuljettajalle, milloin vaihtokulkutie on lukittuna ilman ylimääräistä viestintää liikenteenohjauksen kanssa. Raideopastimien avulla voidaan yhdellä luvanannolla suorittaa useampi vaihtotyöliike vaihtaen välissä kulkusuuntaa. Alueilla, joilla raideopastimia ei ole käytettävissä, vaihtotyöluvan voi käytännössä antaa vain yhdelle liikkeelle kerrallaan, ellei vaihtotyötä tehdä paikallislupien avulla, aiheuttaen merkittävää kapasiteetin heikkenemistä ja viestinnän lisääntymistä (Targetor riski ID 513). Tällöin vaihtotyönjohtaja tai kuljettaja kääntää vaihteet maastosta kulkutien mukaiseen asentoon omatoimisesti vaihteiden läheisyydestä löytyvillä paikalliskääntöpainikkeilla.

Pääopastimet korvataan ajolupamerkeillä ja liikenteenohjaus voi rajata vaihtotyöalueen ajolupamerkkien tunnuksilla. Vaihtotyöalueen rajaamiseen voitaisiin käyttää myös TSA-alueiden rajoja, mikäli nämä merkitään erikseen maastoon. EKA-radalla ei ole tällä hetkellä tiedossa, että TSA-alueita oltaisiin merkitsemässä tai käyttämässä muita eurooppalaisia vaihtotyömerkkejä. Tätä olisi kuitenkin hyvä tarkastella uudestaan viimeistään toteutusvaiheessa. Varsinainen vaihtotyölupa annetaan määrämuotoisella viestillä “Lupa ohi ajolupamerkkien” (ERTMS-ETCS käyttösäännöt iteraatio 5 S-A305 *Opastimet ja ajolupamerkit vaihtotöissä*), jonka saatuaan yksikkö saa ohittaa ajolupamerkit vaihtotöissä. Koska, toisin kuin pääopastimet, ajolupamerkit eivät näytä kuljettajalle tai vaihtotyönjohtajalle visuaalisia opasteita eikä niistä voi päätellä onko kulkutietä lukittuna vai ei, korostuu ETCS-alueella raideopastimien rooli entisestään niin kauan, kunnes käytettävissä on jokin erillinen mobiilipäätelaite, josta kulkutien lukittuminen voidaan päätellä. EKA-radalla vaihtokulkuteitä käytettäessä raideopastimet toimivat kulkuteiden mukaisesti ja näyttävät aja varovasti -opastetta kulkutien muodostuttua. TSA-alueen (väliaikainen vaihtotyöalue) aktivointi ei suoraan vaikuta raideopastimiin, mutta mikäli TSA-alueen sisällä on erikseen aktivoitu paikallislupa-alue, alueeseen kuuluvat raideopastimet näyttävät ei opasteita -opastetta ja alueen rajalla olevat raideopastimet näyttävät Seis -opastetta. Ajolupamerkkeihin liittyviä vaihtotyön riskejä ovat Targetor ID 582 ja 583 (Liite 1. Targetor-riskit).

Raideopastimen lisäksi ETCS-järjestelmällä varustelulle radalle jää käyttöön lukitusopastin (avattavan sillan yhteydessä) sekä tasoristeysopastin.

4.2 Baliisit vaihtotyön rajaamisessa

4.2.1 Vaihtotyöalueen rajapistebaliisit

ETCS-varustellulla radalla vaihtotöitä voidaan teknisesti rajata sijoittamalla vaihtotyön rajapistebaliiseja (Stop if in Shunting -baliisi) vaihtotyöalueen rajoille. EKA-rataosalla nämä sijoitetaan liikennepaikkojen rajoille, mutta näitä voidaan käyttää myös esimerkiksi TSA- ja PSA-alueen rajoilla estämään yksikön luvaton liike vaihtotyöalueelta tai liikennepaikalta pois. Ongelmaksi näiden kanssa voi muodostua se, että vaihtotyön rajapistebaliisi lähettää vakiosanomaa, joka pysäyttää kaikki SH-toimintatilassa liikkuvat yksiköt, ellei kuljettaja suorita aina kyseistä baliisia ylittäessään tiettyjä toimenpiteitä ylityksen mahdollistamiseksi. Hallitsematon pysähdys voi jopa aiheuttaa vakavan vaaratilanteen kaluston mukana matkustavalle henkilölle. Eli esimerkiksi TSA-alueiden rajoille sijoitetut rajapistebaliisit voivat aiheuttaa merkittäviä haasteita vaihtotyöyksiköiden liikkumiselle silloin, kun TSA-alueista muodostetaan laajempia yhdistelmiä ja isomman alueen sisälle jää aktiivisia rajapistebaliiseja. Rajapistebaliisit voivat myös estää SH-tilan käyttämisen radio-ohjauksella kokonaan, sillä nykyisillä ohjaimilla ei ole mahdollista antaa DMI:lle komentoa joka kyseisen baliisin ohittamiseen tarvitaan. Mikäli rajapistebaliisi voitaisiin aktivoida ja deaktivoida vain tarpeen mukaan esimerkiksi kulloinkin aktiivisena olevan vaihtotyöalueen mukaisesti, näiden käyttäminen voisi tuoda lisäturvaa ETCS-alueen vaihtotöihin.

Vaihtotyötoiminnan lisäksi rajapistebaliisit voivat parantaa turvallisuutta ratatöiden yhteydessä silloin, kun käytössä on ETCS-järjestelmällä varustettu ratatyökone. Joko pysyvien tai ratatyön yhteydessä radalle tilapäisesti asennettujen baliisien avulla voitaisiin varmistaa työkoneen pysyminen ratatyöalueen rajojen sisäpuolella. Tavarajunien vaihtotöiden yhteydessä on kuitenkin muistettava, että koska tavaravaunut eivät itsessään ole ETCS-varusteltuja, kyseinen baliisi tunnistaa ja pysäyttää yksikön vain veturin kohdalla, eli mikäli vaihtotyöliikettä tehdään vaunut edellä työntämällä, voidaan yksikön pituudesta riippuen ajautua pitkällekin alueen ulkopuolelle ennen kuin liike pysähtyy baliisin toimesta. (Liite 1. Targetor-riskit ID 543, 1361

Mikäli rajapistebaliiseja on käytössä, käyttösääntöihin on luotu tätä tilannetta varten sääntö, jolla vaihtotyöalueen rajapistebaliisi voidaan luvallisesti ohittaa (ERTMS-ETCS käyttösäännöt iteraatio 5 S-A213 *Vaihtotyöalueen rajapistebaliisin luvallinen ohitus*). Edellä mainittujen yhdistettyjen TSA-alueiden lisäksi vaihtotyöyksiköllä tulee tarve ohittaa kyseinen baliisi liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä, mikäli liike tehdään SH-toimintatilassa. Käytännössä liikenteenohjaus antaa yksikölle luvan ohittaa baliisin ja kuljettaja käyttää

ETCS-veturilaitteen ohitustoimintoa. Kuljettajan ja liikenteenohjauksen pitää kuitenkin olla aina tietoinen missä rajapistebaliiseja on käytössä ja milloin kyseinen baliisi on tarve ylittää, jolloin baliisit pitää olla selvästi merkittynä maastoon tai ohjausjärjestelmiin. Lähtökohtaisesti rajapistebaliisien käyttö muualla kuin selkeissä helposti tunnistettavissa sijainneissa, kuten liikennepaikkojen rajoilla, vaatii tarkkaa harkintaa, jotta niiden haitat eivät kasva liian suuriksi.

4.2.2 Vaihtotyöalueen aktivoinnin yhteydessä toimitettava baliisilista

Rajapistebaliisien lisäksi yksikön pysymistä vaihtotyöalueella voidaan kontrolloida yksikölle lähetettävällä sallittujen baliisien listalla. Tätä listaa käyttämällä vaihtotyöyksikön veturilaite tietää mitkä baliisit se saa SH-toimintatilassa liikkuessaan ylittää ja mikäli yksikkö ylittää listalle kuulumattoman baliisin, pysäyttää veturilaite automaattisesti liikkeen.

Baliisilista voidaan toimittaa yksikölle RBC:n toimesta (paketti 49) kun TSA-alue aktivoidaan. Jotta baliisilistasta on hyötyä, on vaihtotyöyksikön oltava TSA-alueella SH-toimintatilassa, muiden toimintatilojen käyttö ei ole mahdollista. Radiosuojastuskeskus (RBC) välittää tiedot, kun veturilaite (OBU) on aktiivisen vaihtotyöalueen sisällä (TSA). ETCS-veturilaite vastaanottaa lähetetyn viestin ja taltioi muistiin baliisilistan (15kpl baliiseja per lista), joilla voidaan rajata TSA-aluetta. Vaihtotyöyksikön ylittäessä ei sallitun baliisin, järjestelmä tekee jarrutuksen.

EKA-radalla vaihtotyöalueen yhteydessä ei tämänhetkisen tiedon mukaan veturilaitteelle toimiteta sallittujen baliisien listaa, sillä EKA-radan suurilla liikennepaikoilla rajaavien baliisien määrä todennäköisesti loppuisi kesken ja koska tilapäisiä vaihtotyöalueita yhdisteltäessä toimitettua listaa ei voida päivittää vaan se vaatisi yksiköltä aina SH-toimintatilasta poistumisen ja siihen uudelleen siirtymisen. Mikäli tulevat järjestelmät sallivat listalle suuremman määrän baliiseja ja listan päivittämisen alueen laajentamisen ja/tai supistamisen yhteydessä, voi TSA-alueen yhteydessä lähetettävä baliisilista olla tehokas tapa varmistaa vaihtotyön pysyminen sallitulla alueella.

Mikäli aktiivisen TSA-alueen sisällä tehdään vaihtotöitä ja muodostetaan ajolupia OS/FS-toimintatilassa, ei baliisilistojen tarjoamalla suojalla ole merkitystä. Baliisilista tarjoaa suojaa SH-toimintatilassa ainoastaan silloin, kun vaihtotyönjohtaja hallinnoi TSA-aluetta ja vaihteet käännetään paikallisesti. Samoin kuin liikennepaikan rajoilla olevien rajapistebaliisien kanssa, on huomioitava, että työntöliikkeen seurauksena vaihtotyöyksikön etupää voi ylittää vaihtotyöalueen rajan ilman järjestelmän pysäytystä, mikäli vaihtotyöyksikön veturi ja siten ETCS-veturilaite sijaitsee yksikön toisessa päässä. TSA-alueilla liikkumista ja rajapistebaliisien käyttämistä koskevat Targetor riskit ID 567,603,451,453 (Liite 1. Targetor-riskit).

4.3 Ratalaitteiden hyödyntäminen liikennöintimuodon vaihtamiseen

4.3.1 Vaihtotyötilaan siirtyminen suoraan ratalaitteiden ohjaamana

ETCS-järjestelmä mahdollistaa teknisesti liikennöintimuodon vaihtamisen junaliikenteestä vaihtotyöhön ilman, että yksikön tarvitsee pysähtyä. Nykyjärjestelmässä tämä ei ole JKV-järjestelmän toiminnan takia mahdollista, joten tulevaisuudessa liikkumismuodon vaihtaminen junaliikenteestä vaihtotyöhön voi olla sujuvampaa, mikäli ohjeet ja prosessit tukevat järjestelmän ominaisuutta.

Tämän mahdollistamiseksi kuljettajalla on oltava ennakkotieto siirtymisestä junaliikenteestä vaihtotyöhön, joka nykyisten ohjeiden mukaan voidaan antaa suullisesti tai sähköisesti (ERTMS/ETCS-käyttösäännöt iteraatio 5 S-A091 *Siirtyminen junaliikenteestä vaihtotyöhön ratalaitteiden ohjaamana*). Tämän lisäksi kuljettajalle on kerrottava junakulkutien päätekohta, sillä ilman ennakkotietoa kuljettaja ei saa kuitata DMI:n näytöltä SH-toimintatilan kuittauspyyntöä. Liikennepaikan raiteistokaavion rakenne yhdessä ETCS-järjestelmän kanssa voi mahdollistaa liikennemuodon vaihtamisen ilman pysähtymistä. Tätä hyödyntämällä liikennepaikalla tehtävien vaihtotyöliikkeiden määrää voidaan vähentää, jolloin säästetään henkilötyövuosia ja energiaa.

4.3.2 Liikennöinti vaihtotyöalueelta SR-toimintatilassa ja siirtyminen junaliikenteeseen vaihtotyöalueen rajalla

Liikennemuotoa voidaan teoriassa vaihtaa myös vaihtotyöstä junaliikenteeseen pysähtymättä ETCS-järjestelmän avulla. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi toisen luokan liikenteenohjauksen alueelta lähtiessä siten, että yksikkö tekee lähtövalmiusilmoituksen ennen kuin lähtee liikenteeseen vaihtotyönä ja ensimmäisen luokan alueelle päästyään siirtyy junaliikennöintiin pysähtymättä, kunhan ensimmäisen luokan alueelle on tehty FS- tai OS-kulkutie valmiiksi. ERTMS/ETCS-käyttösäännöissä on määritelty tilanteet, joissa toimintoa on ohjeiden puolesta mahdollista käyttää (S-A320 *Liikennöinti vaihtotyöalueelta SR-toimintatilassa ja siirtyminen junaliikenteeseen vaihtotyöalueen rajalla*). Kuljettaja tietää ennakkoilmoituksen perusteella, missä liikennemuodon vaihto tapahtuu liikennepaikalla. Liikennepaikan raiteiston ja turvalaitevarustelun suunnittelu yhdessä ETCS-järjestelmän kanssa voi mahdollistaa liikennemuodon vaihtamisen ilman pysähtymistä. Tätä

hyödyntämällä liikennepaikalla tehtävien vaihtotyöliikkeiden määrää voitaisiin vähentää, jolloin säästetään henkilötyövuosia ja energiaa.

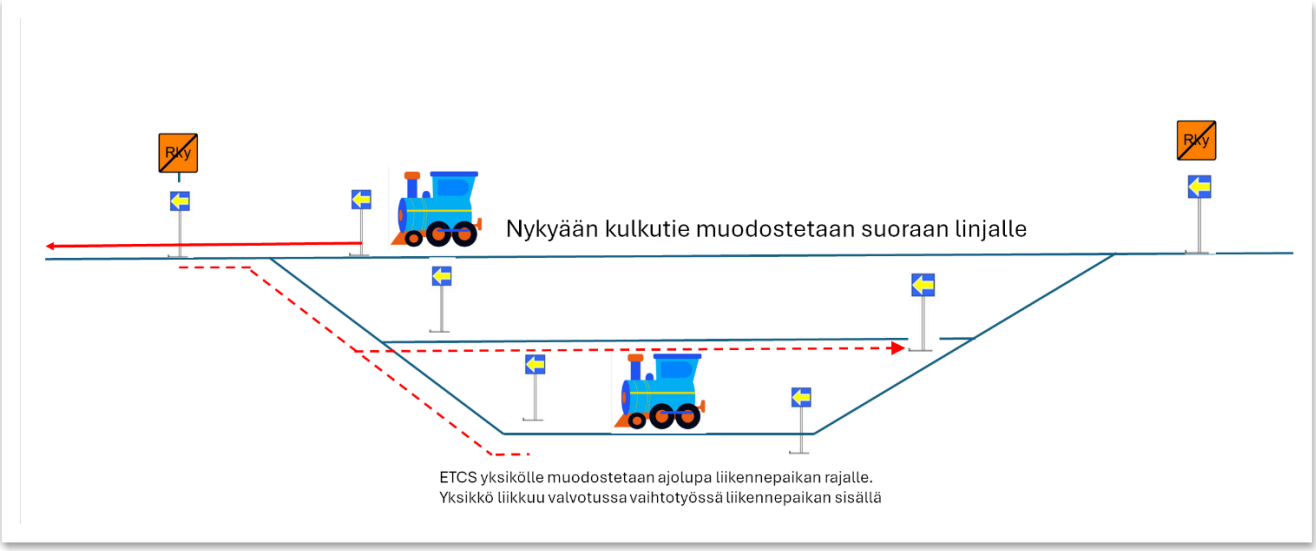
4.4 Vaihtotyö ETCS-veturilaitteella varustetulla yksiköllä

4.4.1 Valvottu vaihtotyö liikennepaikalla

Valvottu vaihtotyö tarkoittaa vaihtotyöliikkeiden tekemistä veturilaitteen valvomana esim. FS- tai OS-toimintatiloissa. Toisin kuin SH-toimintatilassa, valvotussa vaihtotyössä yksikön kuljettaja näkee ajoluvan pituuden veturilaitteen kuljettajapaneelista. Valvotun vaihtotyön mahdollistamiseksi yksikön pitää olla varustettuna ETCS-veturilaitteella.

Valvotusta vaihtotyöstä halutaan saada EKA-radalla käyttökokemuksia, mutta EKA-radalla kaikki vaihtotyöyksiköt eivät välttämättä ole varusteltu ETCS-laitteilla. Tunnistettuja tilanteita, joissa valvottua vaihtotyötä voitaisiin käyttää ovat esimerkiksi veturin ympäriajo, matkaveturin siirto lähtevän junarungon eteen ja saapuvan veturin siirto junarungon edestä pois. Valvotun vaihtotyön käyttäminen vaatii, että kuljettaja syöttää veturilaitteeseen yksikön oikeat kokoonpanotiedot, joten riippuen veturilaitteen ominaisuuksista, sen käyttäminen voi olla varsinaisessa vaihtotyötilassa (SH) liikkumista hitaampaa. Liikenteenohjaus muodostaa yksikölle FS- tai OS-kulkutien ja antaa vaihtotyöluvan määrämuotoisella viestillä ”Lupa valvottuun vaihtotyöhön” (ERTMS/ETCS-käyttösäännöt iteraatio 5 S-A309.R01 *Valvottu vaihtotyö liikennepaikalla*). Tämän jälkeen kuljettaja noudattaa DMI:n ajoluvan ehtoja kuten junaliikenteessäkin. Valvotun vaihtotyön käyttäminen on yksi merkittävimmistä tavoista parantaa vaihtotyön turvallisuutta, koska tällöin käytetään aina turvalaitteen junakulkuteitä ja ajoluvan pituus sekä järjestelmään asetetut nopeusrajoitukset näkyvät DMI:n näytössä. Turvallisuustasoa voidaan lisätä etenkin liikennepaikoilla, joilla ei ole käytössä raideopastimia, eli kuljettaja ei voi nähdä opastimen opasteesta koska kulkutie on muodostettu. Valvotun vaihtotyön tekemiseen liittyviä Targetor riskejä ovat ID 684, 568, 569, 570, 572 ja 715 (Liite 1. Targetor-riskit).

ETCS-järjestelmä mahdollistaa valvotun vaihtotyön tehokkaamman käyttämisen JKV-järjestelmään verrattuna siitä syystä, että uusille asetinlaitteille voidaan turvalaitesuunnittelussa määritellä omat junakulkutiet jokaista ajolupamerkkiä kohden toisin kuin JKV-alueilla, joilla junakulkutien käyttäminen liikennepaikan sisällä perinteisen suunnittelutavan mukaan varaa lähtökohtaisesti myös seuraavan linjaosuuden. Kuva 1. visualisoi tätä kulkuteiden muodostamisen eroa JKV vs ETCS järjestelmissä.



Kuva 1. Kulkuteiden käyttäminen vaihtotyössä

Valvottua vaihtotyötä kannattaa arvioida EKA-radalta saatujen käyttökokemusten perusteella. Esimerkiksi kuinka paljon kapasiteettia vähenee, kun käytetään valvottua vaihtotyötä verrattuna normaaliin vaihtokulkutiehen. Valvottua vaihtotyötä tehdessä käytetään asetinlaitteen junakulkuteitä, jolloin turvallisuusvaatimuksia on enemmän verrattuna vaihtokulkuteihin. Kulkuteiden käyttämisen kapasiteettivaikutus riippuu esimerkiksi ohiajovaroista ja sivusuojavaihteista.

Valvottuun vaihtotyöhön liittyen on muistettava, että mikäli Suomessa junaliikenne ja vaihtotyö pidetään Jt-ohjeistuksessa tulevaisuudessakin erillisinä käsitteinä omine ohjeistuksineen, pitää kuljettajan valvoa valvottua vaihtotyötä tehtäessä itse suurinta sallittua vaihtotyön nopeutta eli 35 km/h tai 50 km/h, mikäli radan normaali rajoitus on FS- tai OS-tiloissa korkeampi. Tätä ongelmaa voidaan teoriassa kiertää erilaisilla kansallisilla toteutuksilla, kuten esimerkiksi tekemällä turvalaitteeseen perinteisen vaihtokulkutien sijaan tai lisäksi ylimääräinen vaihtotyöhön tarkoitettu OS-kulkutie, johon on määritelty suurimmaksi sallituksi nopeudeksi 35 km/h liikennepaikoille ja 50 km/h liikennepaikkaväleille. Valvottuja vaihtotyöliikkeitä tehtäessä olisi mahdollisuus myös uudistaa ohjeistusta siten, että junaliikenteen toimintatiloja käytettäessä ajettaisiin niiden ohjeistusten ja rajoitusten mukaisesti. Tässä pitää huomioida esimerkiksi eurooppalainen lainsäädäntö ja OPE YTE -ohjeistukset.

Valvottuun vaihtotyön liittyviä isoja kysymyksiä ovat myös, kuinka paljon kuljettajalta vie aikaa muuttaa kokoonpanotiedot veturilaitteella tai kuinka kauan kokoonpanotietojen tarkistus vie yksikön vaihtaessa kulkusuuntaa. Toisaalta tätä voidaan teoriassa myös automatisoida siten, että yksikölle voidaan syöttää junatiedot automaattisesti TMS-järjestelmästä, mikäli vaihtotyöhön liittyvät tiedot olisivat esimerkiksi kapasiteetinhallintajärjestelmässä tiedossa. Tämä olisi potentiaalisesti käytännöllinen esimerkiksi valmiiden junarunkojen siirroissa tai yksittäisten veturien tai siirroissa.

Edestakaisin tehtävissä järjestelytyöhön liittyvissä vaihtotyöliikkeissä muuttuvalla kokoonpanolla TMS-järjestelmän ajan tasalla pitäminen on todennäköisesti epärealistinen tavoite. Testien ja käyttökokemusten perustella voidaan arvioida ovatko nämä ajat kokonaisuuden kannalta merkittäviä tekijöitä vaihtotyön sujuvuuden kannalta lisääntyneeseen turvallisuuteen verrattuna.

4.4.2 Vaihtotyö rautatieliikennepaikkojen välillä

Toisin kuin vaihtotyön tekeminen yleisesti, liikennepaikalta toiselle ulottuvat vaihtotyöliikkeet ovat sallittuja vain Väyläviraston Ratakapasiteetin hakuohjeen määrittelemillä alueilla ja EKA-radalla näitä ovat tällä hetkellä Pori–Mäntyluoto, Pori-Aittaluoto sekä Mäntyluoto-Tahkoluoto väliset alueet.

Liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä turvallisuutta voidaan kasvattaa, mikäli käytetään valvottuja FS- ja OS-toimintatiloja sekä kulkuteitä vaihtotyöliikkeen tekemiseen. Tällöin yksikön sijaintitieto on järjestelmän ja liikenteenohjauksen käytettävissä ja kuljettaja voi noudattaa DMI:n ajoluvan ehtoja. Turvallisuus paranee, koska ajoluvan pituus ja nopeusrajoitukset näkyvät DMI:n näytössä eikä liikennöidä pelkästään kuljettajan omien silmämääräisten havaintojen perusteella. Liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä liikutaan yleensä myös huomattavasti pidempiä etäisyyksiä liikennepaikkojen sisäiseen vaihtotyöhön verrattuna, jolloin liikenteenohjauksella on tarkempi tieto yksikön sijainnista ja vaihtotyön vaatimasta ajasta kuin jos yksikkö siirtyy SH-toimintatilaan ja katkaisee yhteyden radiosuojastuskeskukseen.

Mikäli liikennepaikkojen välistä vaihtotyötä tehdään kuitenkin SH-toimintatilassa, tuo ETCS-järjestelmä nykyiseen verrattuna hieman lisäturvaa, mikäli liikennepaikan rajoille asennetaan vaihtotyön rajapistebaliisit, jotka pysäyttävät tahattomasti liikennepaikan rajan ylittävän vaihtotyötilassa liikennöivän yksikön. Toisaalta pääopastimien poistuminen voi aiheuttaa liikennepaikkojen väliseen vaihtotyöhön uuden riskin, mikäli liikennöidään SH-tilassa tai varustelemattomalla kalustolla ja tämä on huomioitava prosesseissa ja ohjeissa.

Käytännössä ETCS-järjestelmällä voidaan tehdä liikennepaikkojen välistä vaihtotyötä useassa eri toimintatilassa. Alla on listattuna näitä eri vaihtoehtoja ja toimintatiloja, niiden sallimat suurimmat nopeudet sekä muita huomioon otettavia asioita liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä:

- Ilman ETCS-veturilaitteistoa suurin sallittu nopeus 35 km/h. Ei järjestelmän tukea nopeusrajoituksen noudattamiseen.

- IS-toimintatilassa suurin sallittu nopeus 35 km/h. Tässä tilanteessa veturilaite on varusteltu ETCS-veturilaitteella, mutta se on jostain syystä kytketty pois päältä. Tällöin järjestelmä ei valvo nopeusrajoituksia eikä liikuttua matkaa.

- SH-toimintatilassa suurin sallittu nopeus 35 km/h. SH-toimintatilassa ETCS-veturilaite valvoo yksikön toimintatilan suurinta nopeutta 35 km/h. Koska veturilaite katkaisee yhteyden radiosuojastuskeskukseen, matalampia nopeuksia tai mahdollisia nopeusrajoituksia ei valvota vaan yksikön kuljettaja on vastuussa nopeuksien noudattamista. Järjestelmällä tai liikenteenohjauksella ei myöskään ole yksikön tarkkaa sijaintitietoa, vaan sijaintitieto perustuu ainoastaan akselinlaskijoihin tai eristysosuuksiis kuten JKV-radoillakin. Liikennepaikkojen rajoille asennettavat vaihtotyönrajapiste baliisit pysäyttävät, mikäli yksikkö tahattomasti siirtyy linjaosuudelle.

- OS-toimintatilassa suurin sallittu nopeus 50 km/h. OS-toimintatilassa ETCS-veturilaite valvoo kaikkia kulunvalvonnan ehtoja pois lukien raiteen vapaana/varattuna -olon varmistaminen. Yksikön sijaintitieto päivittyy liikenteenohjaukselle. Yksikön suurin sallittu nopeus 50 km/h.

- FS-toimintatilassa suurin sallittu nopeus 50 km/h. FS-toimintatilassa kaikki kulunvalvontaan liittyvät toiminnot ovat käytössä. Toimintatila aktivoituu automaattisesti, kun kaikki yksikön kokoonpanoon sekä rataprofiiliin liittyvät lähtötiedot ja edellytykset täyttyvät. Yksikön sijaintitieto päivittyy liikenteenohjaukselle. Teknisesti yksikön suurin sallittu nopeus on radan normaalin nopeuden mukainen, mutta vaihtotyötä tehdessä voidaan liikennöidä korkeintaan 50 km/h nopeudella sillä FS-toimintatilassakin vaihtotyössä säilyy edelleen Jt-ohjeistuksen mukainen vaihtotyön nopeusrajoitus (ERTMS/ETCS-käyttösäännöt S-A310 *Vaihtotyö rautatieliikennepaikkojen välillä SH/OS/FS-toimintatilassa*).

Vaihtotyön nopeudet eivät nousisi nykyisestään ETCS-järjestelmää käytettäessä mutta ETCS-järjestelmän OS- ja FS-toimintatilojen avulla yksikön sijainti on liikenteenohjauksen tiedossa ja muut ETCS-järjestelmän tuomat turvallisuusominaisuudet kuten hätäpysäytyskomennot ovat käytössä. ETCS-järjestelmän hätäpysäytystoiminnallisuuksia on tarkemmin dokumentin kappaleessa 4.5. Lisäksi valvotun vaihtotyön käyttäminen liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä helpottaisi kuljettajien havainnointia, kun ajolupa näkyy suoraan DMI:llä, sillä ajolupamerkkien ja etenkin niiden tunnusten erottavuus ei välttämättä ole niin hyvä kuin JKV-alueen opastimilla. (Liite 1. Targetor-riskit ID 1363 ja 1365)

Liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä myös tasoristeysturvallisuus parantuu ETCS-varustelun myötä, mikäli liikennöidään valvotuissa toimintatiloissa. ETCS-järjestelmään kytketystä tasoristeyslaitoksesta saadaan järjestelmän toimesta automaattinen

nopeusrajoitus sekä kuljettajalle DMI:llä näkyvä ilmoitus, mikäli laitos ei kykene saavuttamaan turvattua tilaa ennen yksikön saapumista tasoristeykselle. Toisaalta on huomioitava, että tasoristeyslaitoksen pitää olla turvalaitokseen kytketty eikä ns. autonominen linjalaitos, joita suurin osa EKA-radan ja Suomen tasoristeyslaitoksista nykyään on.

4.4.3 Vaihtotyö yleisesti ETCS-veturilaitteilla varustettuna

Ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella vaihtotöitä voidaan suorittaa ETCS-varustelulla seuraavilla tavoilla:

- OS tai FS-toimintatilassa ns. valvottuna vaihtotyönä:
    - Liikenteenohjaus muodostaa junakulkutien ja vaihtotyöyksikkö liikkuu ajoluvan mukaisesti OS tai FS-toimintatilassa. Ajoluvan tiedot ja järjestelmään asetetut nopeusrajoitukset näkyvät veturilaitteen DMI-näytöllä ja valvotaan veturilaitteen toimesta. On huomioitava, että vaihtotyöliikkeen suurin sallittu nopeus voi Jt:n ohjeistuksen mukaan silti olla 35 km/h tai 50 km/h, vaikka radan normaali nopeusrajoitus FS- tai OS-tiloissa olisi korkeampi. Liikenteenohjaus näkee vaihtotyöyksikön tarkan sijainnin ja muut RBC:n välittämät tiedot sekä pystyy käyttämään ETCS-järjestelmän hätäpysäytysominaisuuksia.
- SH-toimintatilassa:
    - Liikenteenohjaus muodostaa vaihtokulkutien ja yksikkö liikkuu joko raideopastimen opasteiden tai suullisen luvanannon mukaisesti tai, mikäli käytettävissä, vaihtotyönjohtaja havaitsee muodostetun vaihtokulkutien mobiilipäätelaitteesta. Järjestelmä valvoo SH-toimintatilaan määriteltyä suurinta sallittua nopeutta (Suomessa kansallinen arvo 35 km/h), mutta ei valvo eikä näytä kuljettajalle järjestelmään asetettuja nopeusrajoituksia. SH-toimintatilaan siirryttäessä yksikkö katkaisee yhteyden radiosuojastuskeskukseen, joten liikenteenohjaus ei näe vaihtotyöyksikön sijaintitietoa kuin raiteiden varautumistietojen tarkkuudella. Liikenteenohjaus ei voi käyttää ETCS-järjestelmän hätäpysäytysominaisuuksia.
    - Liikenteenohjaus muodostaa yksikölle vaihtotyöalueen yhdestä tai useammasta asetinlaitteella aktivoitavasta TSA-alueesta. TSA-alueen sisälle voidaan aktivoida myös tarvittavat paikallisluparyhmät vaihteille. Paikallislupia tarvitaan esimerkiksi avainsalpalaitteiden takana oleville raideosuuksille pääsemiseksi.
        - Vaihtotyönjohtaja kääntää paikallisesti vaihteet ja yksikkö liikkuu TSA-alueen sisällä.

- Vaihtotyönjohtaja muodostaa vaihtokulkutiet itsenäisesti TSA-alueen sisällä, mikäli käytössä on mobiilipäätelaite.

4.5 Liikenteenohjauksen hätäpysäytyskäskyt ETCS-varustetuille vaihtotyöyksiköille

Valvottujen toimintatilojen käyttämistä vaihtotöihin tukevat ETCS-järjestelmän uudet hätäpysäytysominaisuudet. Yksikön ollessa yhteydessä radiosuojastuskeskukseen, liikenteenohjauksella on vaaratilanteen uhatessa mahdollisuus pysäyttää yksikön liike kulunvalvontajärjestelmän avulla välittömästi lähettämällä liikenteenohjausjärjestelmän kautta hätäpysäytyskomento suoraan veturilaitteelle. Vaihtoehtoisesti liikenteenohjaus voi lähettää hätäpysäytyskomennon yksittäisen yksikön sijasta myös tiettyä aluetta koskevana, jolloin järjestelmä pysäyttää kaikki juna- ja vaihtotyöyksiköt, joiden ETCS-veturilaite on yhteydessä alueen radiosuojastuskeskukseen. Lievemmän uhkatilanteen uhatessa, voidaan suosia yksittäisen yksikön pysäyttämistä, jolloin voidaan minimoida muuhun liikenteeseen aiheutuvia haittavaikutuksia. Tällä tavalla ETCS-järjestelmä tarjoaa turvallisemman ja mahdollisesti nopeamman keinon keskeyttää liikenne nykyisin käytössä olevan pelkän puhelinliikenteen tueksi.

Hätäpysäytysalueet pitää määritellä järjestelmän suunnitteluvaiheessa mahdollisimman käyttökelpoisiksi siten, että alueet ovat hätätilanteessa selkeitä mutta muodostamatta kuitenkaan tarpeettoman suuria alueita ylimääräisen haitan välttämiseksi. Esimerkiksi isoilla rautatieliikennepaikoilla kuten Tampere tai Kouvola on mietittävä alueen jaottelua pienempiin mutta selkeisiin kokonaisuuksiin.

Vaihtotyöliikkeitä tehtäessä on otettava huomioon, että ETCS-järjestelmäversioilla 2.x SH-toimintatilaan siirryttäessä yksikkö katkaisee yhteyden radiosuojastuskeskukseen, joten hätäpysäytyskäskyjä ei ole mahdollista antaa ETCS-järjestelmällä vaihtotyön ollessa käynnissä. Hätäpysäytyskäsky ei tietysti vaikuta myöskään alueella liikkuviin varustelemattomiin yksiköihin kuten varustelemattomiin vaihtotyövetureihin tai ratatyökoneisiin, joten hätäpysäytyskäskyyn liittyvä prosessi on käsiteltävä tarkasti käyttösääntöjen yhteydessä.

4.6 Vaihtotyö yksiköllä, joka ei ole varustettu ETCS-laitteistolla

Järjestelmäversiossa 2.1, vaikka vaihtotyöyksiköt eivät olisi varustettu ETCS-veturilaitteilla, on teknisesti mahdollista käyttää mobiilipäätelaitteita. Mobiilipäätelaitetta käyttämällä voidaan mahdollisesti korvata raideopastimen visuaalinen näkemä.

Huomioitavaa on, että tällöin vaihtotyöyksikölle ei ole mitään nopeuteen ja sijaintiin perustavaa valvontaa. Liikenteenohjaukselle yksikön liikkeet näkyvät akselilaskentaosuuksien perusteella. Viestintä tapahtuu puhelimella RAILI-palvelun kautta.

Ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella vaihtotöitä voidaan suorittaa ilman ETCS-varustelua seuraavilla tavoilla:

- Liikenteenohjaus muodostaa asetinlaitteella kulkutien ja yksikkö liikkuu liikenteenohjaukselta suullisesti saadun ja rajatun luvan mukaisesti. Vaihtotyöluvan antamiseen ja rajaamiseen vaikuttaa liikennepaikan varustelu eli ovatko raideopastimet käytössä vai ei.
- Liikenteenohjaus muodostaa yksikölle vaihtotyöalueen yhdestä tai useammasta asetinlaitteella aktivoitavasta TSA-alueesta. TSA-alueen sisälle voidaan aktivoida myös tarvittavat paikallisluparyhmät vaihteille. Paikallislupia tarvitaan esimerkiksi avainsalpalaitteiden takana oleville raideosuuksille pääsemiseksi.
    - Vaihtotyönjohtaja kääntää paikallisesti vaihteet ja yksikkö liikkuu TSA-alueen sisällä.
    - Vaihtotyönjohtaja muodostaa vaihtokulkutiet itsenäisesti TSA-alueen sisällä, mikäli käytössä on mobiilipäätelaite.
- Turvalaitteen toteutustavasta riippuen vaihtotyöt voidaan tehdä paikallisluvilla myös ilman TSA-alueen aktivointia. Mikäli tämä on mahdollista, vastaa toiminta käytännössä nykyistä JKV-alueen prosessia, jossa paikallislupa-alue aktivoidaan ilman erillisiä teknisiä ennakkovaatimuksia ja yksikön liikettä rajaavat lähtökohtaisesti raideopastimet ja liikennepaikkojen rajat.

4.6.1 Liikennepaikkojen välinen vaihtotyö yksiköllä, joka ei ole varustettu ETCS-laitteistolla

Koska yksikkö ei ole yhteydessä radiosuojastuskeskukseen, liikenteenohjaus ei voi käyttää hyödykseen yksikön tarkkaa sijaintia ja liikenteenohjaus näkee ETCS-veturilaitteella

varustamattoman yksikön sijaintitiedon liikenteenohjausjärjestelmässään vain raiteen vapaanaolon valvonnan eli akselinlaskennan tai raidevirtapiirien välittämien raiteen varautumistietojen perusteella. Tämä vastaa käytännössä nykyistä JKV-ratojen toimintamallia.

Ilman kulunvalvontaa liikennöitäessä yksikön nopeuden valvonta on täysin kuljettajan tai vaihtotyönjohtajan vastuulla. Kuljettaja tai vaihtotyönjohtaja ei myöskään saa järjestelmästä tietoa liikenteenohjauksen muodostamista kulkuteistä muualta kuin raideopastimista eli liikennepaikan varustelusta riippuen liikennöinti saattaa tapahtua pääosin puhelinviestinnän perusteella.

Teknisesti EKA-rataosalla ei ole estettä ottaa käyttöön mobiilipäätelaitetta, jonka avulla kuljettajalle voitaisiin ilmaista lukittu kulkutie tai myönnetty vaihtotyölupa ilman veturilaitettakin. EKA-rataosalla tulee olemaan käytössä myös kuljettajan päätelaite (KUPLA), jota kuljettaja voi käyttää paikantamismerkkien ja muiden radan merkkien ohella sijaintinsa paikantamiseen.

5 Toteutusvaiheen vaihtotyön kehitykseen vaikuttavia näkökulmia ja toimintoja

Seuraavissa kappaleissa esitellään osin ETCS-järjestelmään liittyviä ja osin siitä täysin riippumattomia vaihtotyöhön liittyviä järjestelmiä, näkökulmia ja kehityskohteita, joiden kehityksellä tulee olemaan merkittävä rooli siinä, miten vaihtotöitä Suomessa tulevaisuudessa tullaan tekemään. Lähtökohtaisesti jokainen eritelty aihepiiri on oma itsenäinen kokonaisuutensa, mutta näillä kaikilla voi olla myös selvä linkki toisiinsa ja/tai ETCS-järjestelmän toiminnallisuuksiin. Suurimmat hyödyt kokonaisjärjestelmän kannalta voidaan saavuttaa vain kehittämällä useita eri järjestelmiä ja toimintamalleja toisiaan tukevilla tavoilla.

5.1 Järjestelmäversio 2.2

Digiradan Toteutusvaiheen käyttöönotot on päätetty tehdä ETCS-järjestelmäversiolla 2.2. Kyseinen järjestelmäversio sisältää kaikki toiminnallisuudet mitä EKA-radalla käyttöönotettava ja edellisissä kappaleissa kuvattu järjestelmäversio 2.1 sisältää eli uudempi järjestelmäversio ei suoraan vaikuta vaihtotyön perusprosesseihin lainkaan. Merkittävin uudistus tulee siitä, että järjestelmäversio 2.2 mahdollistaa automaattiajon eli ATOn. ATOn käyttö vaatii kuitenkin sekä yhteensopivaa ATO-laitteen (ATO-OB) sisältävää kalustoa että ATOlle liikennöintiin vaadittavaa dataa syöttävän ATO-trackside (ATO-TS) -

järjestelmän. ATO-järjestelmän mahdollista käyttöä vaihtotöissä on kuvattu tarkemmin tämän dokumentin kappaleessa 5.5.

5.2 Järjestelmäversio 3.0

Toisin kuin alun perin ERTMS/ETCS-järjestelmäversiosuunnitelmassa (Väyläviraston julkaisuja 67/2023) on kerrottu, hankkeessa on keväällä 2025 tehty päätös, että Digiradan Toteutusvaiheessa ei tulla hankkimaan järjestelmäversion 3.0 mukaista ETCS-järjestelmää. Tähän dokumenttiin on kuitenkin haluttu jättää yleinen kuvaus siitä, kuinka järjestelmäversio 3.0 voisi vaikuttaa vaihtotyön kehitykseen, mikäli päätöstä valitusta järjestelmäversiota arvioidaan myöhempien rataosien kohdalla uudestaan.

Järjestelmäversio 3.0 (Baseline 4, release 1, version 3.0) kattaa kaikki samat toiminnot, mitä aiemmat järjestelmäversiot mutta vaihtotyön näkökulmasta merkittävimpänä lisäyksenä se sisältää uuden Supervised Manouevre (SM) -toimintatilan. SM-toimintatila mahdollistaa FS- ja OS-toimintatiloja joustavamman tavan tehdä lyhyitä edestakaisia vaihtotyöliikkeitä siten, että veturilaitteelle välitetään vaihtokulkutien mukaan DMI:llä näkyvä ajolupa ja yksikkö pysyy yhteydessä radiosuojastuskeskukseen. Erityisesti pääkaupunkiseudun vaihtotyöliikenteessä SM-tilasta voitaisiin saada kapasiteetin näkökulmasta hyötyjä, jos voidaan vaihtotyöliikkeiden aikanakin pysyä yhteydessä radiosuojastuskeskukseen.

SM-toimintatilassa yksikkö ei katkaise yhteyttä radiosuojastuskeskukseen eli liikenteenohjaus tietää yksikön tarkan sijainnin ja voidaan käyttää RBC:n välittämiä ajolupia. Lisäksi kulkusuuntaa vaihtaessa ETCS-veturilaite osaa ottaa huomioon veturin sijainnin kokoonpanossa eli vaikka vaihtotyöliike tehtäisiin työntämällä peräpäästä, järjestelmä osaa laskea käytettävän ajoluvan pituuden viimeisen vaunun sijainnin perusteella. Haasteena SM-toimintatilan käytössä voi olla vaihtotöissä yksikön pituuden muuttuminen tiuhaan tahtiin, jolloin käyttäjän on aina muutettava tiedot ETCS-veturilaitteen tietoihin. Tämä on erityisen hankalaa, mikäli radio-ohjauksen käyttäminen on mahdollista SM-tilassa, koska vaihtotyönjohtaja saattaa olla satojen metrien päässä itse vaihtotyöyksiköstä. Tätä voitaisiin mahdollisesti helpottaa käyttösääntöjen avulla esimerkiksi siten, että mikäli kokoonpanon tiedetään muuttuvan usein lyhyessä ajassa, veturilaitteelle voitaisiin asettaa suoraan kokoonpanon pisimmät eli ns. rajoittavimmat tiedot, jolloin voitaisiin tehdä turvallisia liikkeitä ilman kokoonpanotietojen jatkuvaa vaihtelua.

Ajolupaa käyttäessä SM-toimintatila valvoo kulkutien pituuden, suurimman sallitun nopeuden ja valvontanopeuden, mutta vaihtotyöyksikön nopeuden ollessa alle ajoluvan päätepisteen valvontanopeuden, kuljettajan on huomioitava valvontanopeus kulkutien päätepisteessä. Tämä on erityinen huomioitava asia vaihtotöissä, joissa nopeudet ovat pääosin junaliikennettä matalampia. Vaihtotyöyksikkö voi siis teoriassa helpommin ohittaa

kulkutien päätepisteen myös veturilaitteen valvoessa, mikäli nopeus on alle kulkutien valvontanopeuden. Tämä olisi huomioitava järjestelmän perehdytys- ja koulutusvaiheessa.

SM-toimintatila eroaa valvotuista FS- ja OS-toimintatiloista siinä, että etenkin FS-kulkutiehen verrattuna voidaan käyttää kevyempiä vaihtokulkuteitä ajoluvan välittämiseen, voidaan tehdä valvottuja liikkeitä myös työntöliikkeissä ja veturilaitteen junatietojen syöttäminen on mahdollisesti kevyempi ja nopeampi prosessi. SM-toimintatilan käyttö vaihtotöihin voisi olla myös ETCS/ERTMS-käyttösääntöjen näkökulmasta helpompaa kuin FS- ja OS-toimintatilojen, koska silloin voitaisiin yhdistää junaliikenteen ja vaihtotyön operatiiviset ohjeistukset tiettyihin toimintatiloihin, esim. tekemällä junaliikennettä aina FS- ja OS-toimintatiloissa ja vaihtotöitä aina SH- ja SM-toimintatiloissa.

5.3 Mobiilipäätelaite sekä sähköiset oheisjärjestelmät

Nykyisellään kaikki vaihtotyöhön liittyvä lupien pyynti sekä myöntäminen tapahtuu suullisesti määrämuotoisella viestinnällä, eikä tähän ole automaattisesti tulossa ETCS-järjestelmän myötä muutoksia. Esimerkiksi EKA-radan käyttöönottovaiheessa ainoa muutos vaihtotyön luvanpyyntiin näkyy määrämuotoisen viestinnän sanamuotojen muutoksissa pääopastimien vaihtuessa ajolupamerkkeihin. Myös asetinlaitteiden vaihtokulkutiet muodostetaan ohjausalueen ja käytössä olevan kauko-ohjausjärjestelmän mukaan joko täysin tai osittain manuaalisesti liikenteenohjauksen toimesta.

Vaihtotöiden suorittamisella ja niiden ohjaamisella on liikenteenohjauksessa merkittävä työllistävä vaikutus. Kiireisinä hetkinä sekä häiriötilanteissa tämä näkyy sidosryhmille helposti viiveinä esimerkiksi puhelimeen vastaamisessa tai kulkuteiden muodostamisessa. Vaikka normaalitilanteessa suullinen viestintä ja luvanpyynti mahdollistaa vaihtotyön joustavuuden ja tehokkuuden, aiheuttaa se vastaavasti tietyissä tilanteissa turhia ylimääräisiä viiveitä liikenteenohjauspalvelun tuottamisessa.

Nykyistä toimintaa voitaisiin kehittää usealla erilaisella tavalla:

- Vaihtotyön suunnittelu ja suunnitelmien tai vaihtotyölle varatun ratakapasiteetin esittäminen liikenteenhallinnan järjestelmissä
- Vaihtotyöluvan pyytämisen ja antamisen sähköistäminen
- Vaihtotyöautomatiikan kehittäminen liikenteenohjausjärjestelmissä
- Vaihtotyönjohtajan mobiilipäätelaitteen kehittäminen

Vaihtotyöluvan pyytämisen ja antamisen sähköistäminen sekä vaihtotyöautomatiikan kehittämisellä voisi olla suuri vaikutus liikenteenohjauksen resursointiin ja operaattoreille

näkyvän palvelun laadun säilymisen häiriötilanteissakin lisäksi se voisi vapauttaa liikenteenohjauksen resurssien käyttöä muihin tehtäviin.

Operaattoreilla on jo nykyään käytössä mobiilipäätelaitteita rautatiemaailmassa. Mahdollisuutena olisi joko näiden järjestelmien lisäkehittäminen tukemaan uusia toimintoja tai kokonaan uuden ETCS-järjestelmään suoraan kytketyn turvalaitteen (HHT, handheld terminal) hankkiminen. Mobiilipäätelaite mahdollistaisi reaaliaikaisentiedon välittämisen infranhaltijan, liikenteenohjauksen sekä rautatieyritysten kesken. Laitteen turvallisuustason mukaan siihen voitaisiin integroida erilaisia toimintoja ja maastossa olevat henkilöt voisivat järjestelmän avulla saada reaaliaikaista tietoa ja visuaalisen havainnekuvan esimerkiksi raiteiston kapasiteetista ja muodostetuista kulkuteistä tai jopa muodostaa kulkuteitä tietyillä ennalta määritellyillä alueilla itse omaa käyttöään varten. Vaihtotöiden lisäksi mobiilipäätelaitetta voitaisiin käyttää myös ratatyötoiminnan tukena.

Edellisten lisäksi mobiilipäätelaitetta voitaisiin hyödyntää myös sähköisen vaihtotyöluvan pyytämiseen ja antamiseen, mutta sen ominaisuuden kehitys ei ole välttämättä suoraan sidoksissa ETCS-järjestelmään ja Digirataan, vaan tätä toiminnallisuutta voitaisiin kehittää jo nykyisin voimassa oleviin järjestelmiin. Ominaisuutta voitaisiin kokeilla nykyisen RUMA-järjestelmän kaltaisella järjestelmällä esimerkiksi yksittäisten vaihtotyöliikkeiden pyytämiseen ja suorittamiseen. Pidemmälle kehitettynä operaattorit voisivat toimittaa sähköisen vaihtotyösuunnitelman, jota käyttämällä liikenteenohjauksen ohjausjärjestelmä voisi automaattisesti toteuttaa ja seurata vaihtotyöyksikön liikkeitä liikennepaikalla.

Tarpeeksi kehittyneiden tietojärjestelmien avulla voitaisiin vaihtotyönjohtajalle ja yksikön kuljettajalle tuottaa kulkuteiden tilanteesta kertova reaaliaikainen visuaalinen tieto ilman järjestelmäversion 3.0 SM-tilaa ja DMI:llä näytettävää ajolupaa. Mikäli maastossa työskentelevä henkilö voi saada tiedon järjestelmästä esim. tehdystä kulkutiestä, saattaisivat raideopastimet jäädä lopulta tarpeettomiksi.

Mobiilipäätelaitteen käyttö voisi tehdä myös paikallislupien suunnittelusta ja rakentamisesta asetinlaitejärjestelmiin tarpeetonta, mikäli vaihteiden käyttö hoituu pääosin erillisellä järjestelmällä. Paikallisluparyhmät ja niiden yhdistelmät ovat nykyään yksi asetinlaiteprojektien monimutkaisimpia toiminnallisuuksia. Paikallislupien rakentaminen asetinlaitteelle tuo usein projektilla merkittäviä kustannuksia sillä ne vaativat huolellisen suunnitteluprosessin, monimutkaisen logiikan turvalaitejärjestelmään sekä laajaa varustelua ratapihoille mm. kaapelointien ja fyysisten painikkeiden muodossa.

Mobiilipäätelaitteen mahdollisia ominaisuuksia voisivat olla:

- Liikennepaikan raiteistokaavion näyttäminen ja liikennetilanteen näyttäminen
- Vaihtotyöhön tarvittavien liikkeiden suunnittelu ja suunnitelmien välittäminen liikenteenohjaukselle

- Sähköisen vaihtotyöluvan pyytäminen ja saadun luvan välittäminen vaihtotyönjohtajalle
- Väliaikaisten ja pysyvien vaihtotyöalueiden näyttäminen raiteistokaaviossa alueittain, eri väreillä aktiivisena sekä ei -aktiivisena sekä näihin mahdollisesti liittyvät sivusuojaelementit
- Asetinlaitteen muodostamien kulkuteiden ja välitettyjen ajolupien visualisointi
- Yksiköiden sijainti raiteistokaaviolla ja raiteiston varaustilanne
- Vaihteiden kääntäminen ja kulkuteiden muodostaminen aktiivisen TSA-alueen sisällä
- Vaihteiden säätäminen kunnossapidon toimesta. (Kunnossapito tarkistaa mekaanisesti vaihteen kääntymisen raja-arvot vaihteessa ja tarvittaessa säätää vaihteen arvot)
- Aktiivisten ratatyöalueiden näyttäminen raiteistokaaviolla.
- Liikennepaikalle myönnetyn vaihtotyön ja junaliikenteen ratakapasiteetin esittäminen

Mobiilipäätelaitteen kehittämisessä on erityisesti otettava huomioon järjestelmän turvallisuustaso ja sen mahdollistamat ominaisuudet sekä käyttäjälähtöisyys. Järjestelmästä olisi luotava kustannustehokas ja tarpeeksi helppokäyttöinen, sekä huomioitava ulkona tapahtuva työskentely kaikissa sääolosuhteissa ja eri vuodenaikoina. Mobiilipäätelaitteen kehittämisen lähtökohtana pitäisi olla se, että sen käyttäminen ei saisi viedä enempää aikaa kuin luvanpyynti nykyään. Yksi mahdollinen tapa mahdollistaa mobiililaitteen ohjaus ulkona haastavissakin olosuhteissa voisi olla ääniohjauksen käyttäminen.

5.4 Ratakapasiteetin roolin kasvattaminen

Ratakapasiteetin roolia on tarkoin harkittava tulevaisuuden vaihtotyössä, sillä sidosryhmien haastatteluissa korostui useaan kertaan se, että jatkossakin vaihtotyöliikkeiden täytyy olla joustavia ja nopeasti toteuttavissa. Toisaalta keskusteluissa oltiin pääosin yhtä mieltä myös siitä, että vaihtotyön ennakoinnilla esimerkiksi ratakapasiteetin myöntämisen kautta voitaisiin saada myös lisähyötyjä. Esimerkiksi ratapihoilla voitaisiin yhteensovittaa nykyistä paremmin ratatyötoiminta sekä vaihtotyö, joka nykyään koetaan etenkin liikenteenohjauksen näkökulmasta paikoin haastavaksi ja voi heijastua ratapihalle lisääntyneinä viiveinä ja epätietoisuutena vaihtotyö- tai ratatyöluvan saamisesta. Tämä voisi auttaa kunnossapitoyrityksiä myös omatoimisesti ennakoimaan ja yhteensovittamaan omia töitään ratapihoilla esimerkiksi mobiilipäätelaitteen avulla.

Käytännössä ratakapasiteetin roolia vaihtotyössä voitaisiin yrittää kasvattaa askel kerrallaan. Nykyään vaihtotyölle pitää hakea kapasiteetti Väyläviraston Ratakapasiteetin hakuohjeen mukaisesti ainoastaan liikennepaikkojen väliselle vaihtotyölle. Seuraavassa kehitysvaiheessa voitaisiin selvittää esimerkiksi lähtevien sekä saapuvien veturien siirtoihin liittyvien vaihtotyöliikkeiden lisäämistä junien kapasiteettiin. Sitä seuraavana askeleena voisi olla esimerkiksi TSA-alueiden tarkkuudella suunniteltavat vaihtotyöt, jolla vältettäisiin liian tarkka raidekohtainen määrittely ja annettaisiin operaattoreille joustovaraa, mutta saataisiin sidosryhmien käyttöön silti nykyistä selvästi tarkempi käsitys liikennepaikkojen raiteiston käytöstä eri vuorokaudenaikoina.

Määrittelyä voitaisiin ohjeistaa yleispätevän linjauksen sijaan myös liikennepaikkakohtaisena ohjeistuksena, jolloin voitaisiin säilyttää joustavuus ja tehokkuus vaihtotöiden tekemisessä niillä paikoilla, joilla kapasiteetin tarkemmalla hallinnalla ei koeta saavutettavan merkittäviä hyötyjä.

Ratakapasiteetin roolin kasvattamista vaihtotyössä voitaisiin selvittää tarkemmin, mutta mahdollinen kapasiteetin hakeminen ja myöntäminen pitäisi pystyä tekemään tehokkaasti ja järkevästi joka nykyisillä järjestelmillä ja toimintamalleilla ei lähtökohtaisesti ole mahdollista. Edellä mainituilla kehitysaskeilla voitaisiin parantaa yhteistä tilannekuvaa liikennepaikkojen ratakapasiteetista ja näistä saatujen kokemusten perusteella voitaisiin mahdollisesti pyrkiä laajentamaan ratakapasiteetin hakeminen koskemaan kaikkea vaihtotyöliikennettä, mikäli käytössä olevat järjestelmät mahdollistaisivat tämän tehokkaasti. Vaihtotyökapasiteettiin ja sen hakemiseen liittyvät Targetor riskit ID 503 ja 504 (Liite 1. Targetor-riskit).

5.5 ATO-veturilaite vaihtotyössä

ETCS-järjestelmän kehityksen myötä Suomessa on tarkoitus päästä käyttämään yksikön automaattiajoa eli ATOa (Automatic Train Operation). Tällä hetkellä automaattiajossa tähdätään tasolle 2 (ATO GoA 2), jolloin yksikössä on vielä kuljettaja ohjaamossa tekemässä tiettyjä ajamiseen liittyviä toimintoja, joten täysin automaattisia vaihtotyöliikkeitä ei tällöin vielä voida suorittaa.

Suomesta ei ole vielä saatavilla tutkimustuloksia, kuinka automaattiajoa voitaisiin tarkalleen hyödyntää vaihtotöissä. Ensimmäiset ATOlla varustetut Sm5-sähköjunayksiköt yksiköt tulevat testikäyttöön Suomeen syksyllä 2025, jonka jälkeen suoritettavien koeajojen perusteella voimme päätellä, kuinka hyvin automaattiajoa voitaisiin soveltaa sähköjunayksikköjen vaihtotyössä. KoKoHan testiradalla voidaan testata esimerkiksi yksiköiden lähtemistä ja saapumista liikennepaikalle sekä erillisiä vaihtotyöhön liittyviä testitapauksia. Syksyllä 2025 suoritettavien maastotestien jälkeen saadaan käytännön testien kautta tietoa, kuinka ATO voidaan mahdollisesti hyödyntää vaihtotyössä Suomessa.

ATO:lla tehtävää vaihtotyötä rajoittaa kuitenkin standardeista tulevat rajoitukset eikä ATO:lla lähtökohtaisesti voida ajaa varatulle raiteelle. Eli käytännössä ATO:sta voisi saada vaihtotöissä apua esimerkiksi siirtäessä valmista junayksikköä huoltoraiteen ja lähtöraiteen välillä. Suomessa vaihtotöitä voitaisiin tehdä ATO:n tukemana esimerkiksi Ilmala-Helsinki-Ilmala välillä.

Tulevaisuudessa olisi kiinnitettävä huomiota siihen, kannattaisiko myös ohjausvaunut varustaa ATO-laitteilla samalla, kun ne tullaan varustamaan ETCS-veturilaitteilla. Ohjausvaunun ja veturin muodostamasta vaihtotyöyksiköstä voidaan suorittaa vaihtotyöliikkeet molempiin suuntiin ETCS-veturilaitteen valvomana ja automaattiajon avustamana.

Yleisiä ATOn mahdollisia etuja vaihtotyössä:

- Vaihtotyöyksikön siirtämistä ratapihoilla ajoluvan mukaisesti liikenteenohjauksen muodostamien kulkuteiden perusteella. Kulkuteitä voidaan tehdä erillisen esimerkiksi mobiilipäätelaitteella lähetetyn vaihtotyösuunnitelman tai puheviestinnällä tehtyjen pyyntöjen mukaan.
- Vaihtotyöyksikön nopeudenhallinta säätämällä veto- ja jarruvoimia.
- Vaihtotyöyksikön nopeudenhallinta erityisnopeuskohteissa (esim. pesukoneet, hallien sisäraiteet, sorvit).
- Vaihtotyöyksikön pysäytys mahdollisemman tarkasti ennen ajoluvan päätepistettä.
- Mahdollisuus varoittaa, havaita ja pysäyttää vaihtotyöyksikkö ennen äkillistä estettä, mikäli yksikössä sopiva kameravarustus
- Tunnistaa vaihteiden asennot, mikäli yksikössä sopiva kameravarustus

Vaikka Suomessa automaattiajolla tehtyä vaihtotyötä ei ole vielä päästy testaamaan, on Euroopasta saatu kokemuksia, joiden perusteella ATOa voitaisiin hyödyntää myös vaihtotyössä. Automaattiajo vaatii lähtökohtaisesti kuitenkin reaaliaikaista liikenteenohjausjärjestelmän dataa, jota syötetään ATOlla varustetulle ETCS-veturilaitteelle. Toisin sanoen, käytännössä automaattiajon tehokas hyödyntäminen vaatisi lähtökohtaisesti suullisen viestinnän ja luvanannon sijaan vaihtotyöliikkeiden ja aikataulun syöttämistä liikenteenohjausjärjestelmään. Automaattiajon kehittäminen vaihtotyötä varten tukisi siis edellisissä kappaleissa kuvattuja vaihtotyön kehitysnäkökulmia ratakapasiteetin ja oheisjärjestelmien osalta.

5.6 Digitaalinen automaattikytkin (Digital Automatic Coupler, DAC)

Vaunukalustoon asennettava digitaalinen automaattikytkimen (DAC-kytkin) avulla voidaan muodostaa vaunujen välille samanaikaisesti mekaaninen ja sähköinen kytkentä ilman manuaalisia toimenpiteitä. Toisin sanoen, DAC-kytkintä käytettäessä vaihtotyönjohtajan ei tarvitse käydä yksiköiden välissä suorittamassa mekaanista kytkemistä ja sen avulla saadaan vaunujen välille samalla sähköinen kytkentä, jolla mahdollistetaan tiedonsiirto yksikön päästä toiseen. Nykyään käytettävissä olevien mekaanisten kytkimien kanssa (SA-3 tai ruuvikytkin) ei ole mahdollista suorittaa sähköistä kytkentää.

Vaikka DAC-kytkimiä valmistavat useat eri yritykset, itse kytkimen toiminta on standardoitu. Uusimmassa versiossa DAC5 on täysin automatisoitu kytkentä sekä kytkennän irrottaminen ja se mahdollistaisi vaunukaluston täyden digitalisoinnin. Kytkintä käyttämällä mahdollistetaan esimerkiksi kaluston pituuden tunnistaminen sähköisesti. DAC-kytkimen pääasiallinen käyttötarkoitus olisikin tavaravaunuissa, sillä matkustajavaunuissa käytetään ruuvikytkimen lisäksi sähköisiä kaapeleita tiedonvälitykseen. Matkustajajunissa kokoonpanomuutoksia tulee harvemmin, jolloin DAC-kytkimen käyttö näiden kytkennässä ei todennäköisesti ole taloudellisesti perusteltua.

Automaattikytkin ei konseptina ole uusi, mutta sen käyttö tavarajunissa edustaa uutta lähestymistapaa. Samanlaisia automaattikytkimiä käytetään esimerkiksi Sm5-sähköjunayksiköissä, joilla suoritetaan ATO-testiajoja syksyllä 2025. Testiajoissa voidaan simuloida myös DAC-kytkimen käyttöä ja aktiivisestä ohjaamosta voidaan hallita molempien yksiköiden automaattikytkimiä.

DAC-kytkien käyttö tavaravaunuissa voisi tuoda lukuisia hyötyjä, esimerkiksi:

- Ratapihojen kapasiteetti kasvaisi tavarajunien käsittelyn nopeutuessa automaattisen kytkennän ja katkaisun sekä etänä tehtävän jarrujenkoettelun avulla.
- Vähentäisi henkilöstökuluja manuaalisten toimenpiteiden vähentyessä ja junien käsittelyn nopeutuessa sekä lisäisi ratapihojen turvallisuutta, koska olisi vähemmän tarvetta kulkea liikkuvien vaunujen välillä.
- ETCS-veturilaitteen ja kytkimen välisellä integraatiolla kokoonpanotiedot voitaisiin välittää ja päivittää automaattisesti ETCS-veturilaitteelle. Tämä voisi mahdollistaa veturien radio-ohjausjärjestelmän kehittämisen nykyistä monipuolisemmaksi sekä vaihtotöiden tekemisen useammin valvotuissa toimintatiloissa.
- Voisi mahdollistaa junaliikenteessä HTD:n laajemman käytön, sillä DAC-kytkintä voitaisiin käyttää apuna valvomaan myös tavarajunien eheyttä. DAC-kytkimen

turvallisuusluokitus ei todennäköisesti kuitenkaan riitä tähän yksinään, vaan tarvitaan mukaan myös jokin toinen järjestelmä.

Suomen rataverkolla on tällä hetkellä paljon vaunuja ja vetureita, jotka on varusteltu mekaanisella SA-3 kytkimellä tai ruuvikytkimellä, jotka eivät mahdollista sähköistä tiedonsiirtoa vaunujen välillä. DAC-kytkimen käyttöönotossa suurin haaste on sen kallis hinta ja vaunuston varustelusta operaattoreille aiheutuvat kulut, sillä järjestelmän tehokas käyttö vaatisi käytännössä tuhansien kytkimien asentamisen tavaravaunuihin sekä vetureihin. Käytännössä DAC-kytkimien käyttöönotto niin Suomessa kuin muissakin Euroopan maissa vaatisi EU-tasoista rahoitusinstrumenttia kulujen kattamiseen.

DAC-kytkimen käyttöönottoon liittyy rahoituksen lisäksi useita muitakin ratkaistavia haasteita, kuten esimerkiksi:

- Yhteiskäyttö matkustajajunien kaluston kanssa, sillä veturiin asennettu DAC-kytkin estäisi veturin käyttämisen nykyisen matkustajajunien vaunuston kanssa. DAC-kytkimen ja ruuvikytkiminen välinen kytkentä ei ole teknisesti mahdollista ja operaattoreiden veturien kierrätys vaikeutuisi kaluston erilaisten kytkimien takia. Tämä voisi myös heikentää varautumista erilaisissa häiriö- ja poikkeustilanteissa, mikäli yhteensopivan kaluston määrä vähenisi nykyisestä.
- Suomen talviolosuhteet voivat aiheuttaa ongelmia sähköiselle DAC-kytkennälle ja esimerkiksi aiheuttaa tarpeen sulattaa vaunuja ja kytkimiä, joka nykyisillä kytkimillä ei ole tarpeen.
- Kaluston kunnossapitotarve lisääntyisi merkittävästi varusteltujen vaunujen osalta ja yleinen häiriöherkkyys kasvaisi monimutkaisempien komponenttien myötä

Mikäli Suomen rataverkkoa ja kalustoa kehitetään tulevaisuudessa enemmän eurooppalaiseen järjestelmään yhteensopivaksi muutenkin kuin ETCS-järjestelmän osalta, DAC-kytkimien käyttöönotto voi tulla Suomessakin ajankohtaiseksi.

5.7 Hybrid Train Detection (HTD)

Hybrid Train Detection (HTD) on ETCS-järjestelmään kehitetty virtuaalisia raideosuuksia ylimääräisinä suojastusosuuksina hyödyntävä tekniikka. HTD:llä varustettua järjestelmää käytettäessä turvalaitteelle määritellään fyysisten akselinlaskentaosuuksien lisäksi kiinteitä virtuaalisia raideosuuksia. Tämä mahdollistaa rataosan kapasiteetin lisäämisen, mikäli radalla liikkuva kalusto on varustettu eheydenvalvontajärjestelmällä (TIMS, Train Integrity Monitoring System) mutta säilyttäen samalla fyysisten akselinlaskijoiden tuoman turvallisuuden liikuttaessa kalustolla, joka ei ole varusteltu ETCS-laitteistolla tai mikäli

ETCS-varusteltu yksikkö menettää yhteytensä radiosuojastuskeskukseen joko tarkoituksella tai häiriötilanteessa.

Mikäli HTD:llä varustetulla radalla kulkee kaksi peräkkäistä ETCS-varusteltua yksikköä ja etummaisella yksiköllä on TIMS, voivat turvalaitteet käsitellä virtuaalisia raideosuuksia kuten fyysisiäkin ja antaa virtuaalisen osuuden vapautuessa takana tulevalle yksikölle luvan ajaa varatulle akselinlaskentaosuudelle ja toimittaa tällöin ajoluvan aikaisemmin kuin ilman HTD:tä ja TIMS:iä liikennöitäessä. Kuljettajan näkökulmasta ajamisessa ainut ero on se, että ajolupa voi päättyä virtuaaliselle ajolupamerkille, eli maastossa ajoluvan päätekohdassa ole välttämättä mitään fyysistä merkkiä.

Vaihtotöiden tekemiseen HTD-järjestelmä voi tuoda pieniä muutoksia toimintatapoihin, mutta sillä tuskin on merkittävää vaikutusta esimerkiksi vaihtotöiden tehokkuuteen tai sujuvuuteen. Suurin hyöty voidaan todennäköisesti saavuttaa ratakapasiteetin lisääntymisen ja sen välillisten vaikutusten kautta liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä, esimerkiksi Helsinki-Ilmala välillä. Mikäli ruuhkaisella rataosalla edellä menevällä junalla on eheydenvalvontajärjestelmä ja perään lähtevä vaihtotyöyksikkö pääsee lähtemään liikkeelle nopeammin kuin perinteisellä järjestelmällä. Liikennepaikkojen sisäiseen vaihtotyöhön HTD-järjestelmä ei todennäköisesti tuo merkittäviä hyötyjä, vaikka liikennepaikkojen sisälläkin raiteita ja jopa vaihdeosuuksia voidaan teknisesti rajata pienempi virtuaalisiin osuuksiin liikenteen sujuvoittamiseksi.

EKA-rata otetaan aluksi käyttöön ilman HTD-järjestelmää, mutta se on tarkoitus päivittää myös EKA-radalle myöhemmässä vaiheessa. Yleisesti Suomessa HTD-järjestelmän käyttöönoton hyötyjen saavuttamista rajoittanee tavaravaunujen varustelun puute, sillä ne eivät ainakaan lähitulevaisuudessa lähtökohtaisesti ole varustettu DAC-kytkimillä tai vastaavilla eheydenvalvontaa mahdollistavilla järjestelmillä. Vaihtotyöyksikköjen eheyttä ei siis lähtökohtaisesti voida järjestelmällä valvoa, joten vaihtotyöyksikköjen perässä kulkevat yksiköt eivät pääse hyötymään HTD-järjestelmän eduista.

5.8 Liikennepaikkojen infran kehittäminen

Yksiköiden pituuksien ja junapainojen kasvattamiselle on todennäköisesti tulevaisuudessa lisääntyvä tarve. Liikennepaikkojen raiteiden hyötypituus ei nykyäänkään riitä kaikissa tilanteissa ja määräpaikalle saapuneita junia joudutaan viemään vaihtotyönä useammassa osassa esimerkiksi terminaaliraiteelle. Tämän lisäksi joillakin liikennepaikoilla on ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella vaihtotöiden näkökulmasta puutteellisesti varusteltu turvalaite ja esimerkiksi keskittämättömiä vaihteita, joiden varustelu on vaihtotöiden näkökulmasta tärkeää. Liikennepaikkojen yksittäiset tarpeet ovat liikennepaikkakohtaisia, mutta yleisesti uusia rataosia suunniteltaessa liikennepaikkojen

infran kehittämistä vaihtotyön sujuvoittamiseksi olisi hyvä selvittää esimerkiksi seuraavista näkökulmista:

- Vaihtotyöliikkeitä voidaan vähentää lisäämällä raiteiden hyötypituuksia ja mahdollistamalla ratapihoja suunniteltaessa liikennöintimuodon vaihtaminen liikkeessä vaihtotyöstä junaliikenteeseen ja päinvastoin, mahdollistaen näin sujuva saapuminen tai lähteminen.
- Edestakaisten vaihtotöiden tekemistä voi helpottaa kasvattamalla ratapihoilla vaihtotöihin käytettävien ns. ”vetopätkien” pituuksia, vähentäen tarvetta tehdä vaihtotöitä muun liikenteen seassa pääraiteilla. Vetopätkällä tarkoitetaan liikennepaikalla sijaitsevaa päättyvää raidetta, joka päättyy raidepuskimeen
- Liikennepaikoilla olisi pystyttävä rajaamaan vaihtotyölle varattu alue mahdollisimman tehokkaasti esim. väliaikaisilla vaihtotyöalueilla (TSA) ilman, että junaliikenne häiriintyy. Vastaavasti vaihtotyölle varattu raiteisto mahdollistaa operaattoreille tehokkaan tavan toteuttaa vaihtotyöt ilman junaliikenteen aiheuttamia keskeytyksiä. Tehokkaalla suunnittelulla TSA-alueet voivat olla yhtäjaksoisesti aktiivisena koko vaihtotyölle varatun kapasiteetin ajan ja parantaen näin työturvallisuutta, koska työntekijälle ei muodostu aikarajoista johtuvaa kiireen tuntua.
- Liikennepaikkojen vaihteiden sähköistäminen edesauttaa mobiilipäätelaitteiden käyttöä tulevaisuudessa mutta helpottaa myös nykyisten vaihtotöiden suorittamista. Myös vaihteiden lämmitys parantaa vaihtotyön sujuvuutta talvisissa olosuhteissa.

5.9 Vaihtotyön suuntaus eurooppalaisessa ohjeistuksessa ja järjestelmäkehityksessä

Tätä dokumenttia tehdessä ei ole ollut selkeää kuvaa siitä, mihin suuntaan eurooppalaisen sääntelyn tasolla vaihtotöitä ja niihin mahdollisesti liittyvien järjestelmien kehitystä pyritään ohjaamaan. Näillä voi olla merkittävä vaikutus siihen mitä Suomessa kannattaa vaihtotöihin liittyen kehittää ja pitäisi ymmärtää tarkasti miten esimerkiksi eurooppalainen aikataulujen uudistamishanke (TTR), EU-Railin edistämä System Pillar -työ tai OPE YTE -ohjekehitys tulevat osaltaan ohjaamaan suomalaista vaihtotyötoiminnan kehitystä.

Lisäksi ERTMS/ETCS-järjestelmän mukana tulevien veturilaitteen ajotilojen käyttö voisi mahdollistaa myös laajemmat ohjemuutokset, joiden myötä ei puhuttaisi enää vaihtotyöstä ja junaliikenteestä erikseen vaan olisi vain erilaisissa toimintatiloissa tehtäviä liikkeitä erilaisilla vaatimuksilla ja vastuilla, mutta tämä on riippuvainen eurooppalaisesta ohjekehityksestä ja näillä näkymin tämä ei olisi Suomen näkökulmasta mahdollista eikä

tämän vaikutuksia tai mahdollisuuksia ole siitä syystä tässä dokumentissa tarkemmin kuvattu.

6 Suositus toteutusvaiheen aikana kehitettävistä asioista

Yksittäinen ETCS-järjestelmäversion tai oheisjärjestelmän päivitys tai liikennepaikkojen infran parantaminen tuo mukanaan laajaa ja merkittävää muutosta vaihtotöiden tekemiseen Suomen rautatiejärjestelmässä. Järjestelmät ja kehityskohteet muodostavat kokonaisuuden ja järjestelmät tarvitsevat toistensa tukea, jotta tulevaisuuden vaihtotyöt kehittyvät kokonaisuudessa. Ilman useiden eri järjestelmien, ohjeiden ja prosessien kehitystä vaihtotöiden tekeminen Suomessa säilyisi hyvin pitkälti nykyisen JKV-maailman mukaisena ja pelkän ETCS-järjestelmän aiheuttamat muutokset on kuvattu tämän dokumentin luvussa neljä.

Näiden erilaisten kehityskohteiden muodostamien mahdollisten yhdistelmien suuren lukumäärän takia on haastava kuvata yhtä selkeää mallia, miten Suomessa vaihtotöitä tulisi tulevaisuudessa tehdä. Tässä kappaleessa pyritään kuitenkin kuvaamaan kokoelma keskeisiä tavoitteita, joita kohti Digiradan Toteutusvaiheen aikana olisi tätä työtä varten tehtyjen työpajojen, haastattelujen ja yleisesti käytyjen keskustelujen perusteella hyvä pyrkiä uusia järjestelmiä ja prosesseja kehittäessä vaihtotyötoiminnan ja sitä kautta koko rautatiejärjestelmän turvallisuuden ja tehokkuuden kehittämiseksi.

Tämä malli on kuvattu tämänhetkisten päätösten mukaan sillä olettamuksella, että kaikki Toteutusvaiheen aikana uusittavat turvalaitejärjestelmät perustuvat ETCS-järjestelmäversioon 2.2.

- Vaihtotyölupien pyytäminen ja myöntäminen suoritetaan sähköisellä järjestelmällä. Tämä ei itsessään kuitenkaan vielä vaadi haettua ja myönnettyä kapasiteettia lupaa hakiessa ja myönnettäessä, vaan lupapyyntejä voidaan muodostaa vapaamuotoisesti siihen soveltuvalla järjestelmällä. Tässä voidaan hyödyntää liikennepaikoilla järjestelmään valmiiksi tallennettuja yleisimpiä lupapyyntejä toiminnan nopeuttamiseksi.
    - Vaatii kehitystä TMS-järjestelmään sekä vaihtotyöyksiköllä käytössä olevan mobiilipäätejärjestelmän.
- Liikenteenohjausjärjestelmä käsittelee lupapyynnöt itsenäisesti liikenteenohjauksen valvonnassa sekä muodostaa tarvittavat vaihtotyöalueet tai yksittäiset kulkutiet tilanteen salliessa automaattisesti ilman inhimillisen toiminnan aiheuttamia viiveitä tai virheitä.

  - Vaatii kehitystä TMS-järjestelmään sekä ratapihojen infran kehittämistä mm. sähköistämättömien vaihteiden osalta.

- Ilman TSA-alueita tehtävät vaihtotyöliikkeet suoritetaan pääosin valvotuissa toimintatiloissa, jotta vaihtotyöliikkeissä saadaan veturilaitteen tarjoamaa turvaa mahdollisimman paljon mm. DMI:llä näkyvän ajoluvan pituuden sekä järjestelmän kautta toimitettavien nopeusrajoitusten muodossa ja liikenteenohjauksella pysyy reaaliaikainen näkyvyys liikkuvaan yksikköön tarkemmin kuin pelkkää vapaanaolon valvontaa käytettäessä.

  - Vaatii vaihtotyössä käytetyn kaluston varustelua ja/tai prosessien kehitystä siten, että varustamattoman kaluston vaihtotyöliikkeet tehdään lähtökohtaisesti TSA-alueiden sisällä.

- TSA-alueita käytettäessä vaihtotyönjohtaja muodostaa vaihtokulkutiet tai kääntää tarvittavat vaihteet itsenäisesti mobiilipäätelaitteella aina kun se työn luonteen suhteen on mahdollista. Liikennepaikoille ei ole pakko suunnitella enää monipuolisia ja useita variaatioita ja yhdistelmiä sisältäviä paikallislupa-alueita, mikäli vaihteiden kääntäminen onnistuu pääosin erillisellä järjestelmällä. Mobiilipäätelaitteiden toimintaoikeus rajataan vain aktivoiduille TSA- tai KITA-alueille, jotta vaihtotöiden tekeminen ei aiheuttaisi odottamatonta haittaa kapasiteetin mukaiselle liikenteelle tai ratatöille.

  - Vaatii vaihtotyöyksiköllä käytössä olevan mobiilipäätejärjestelmän.

- Ratapihojen infran ja liikenteenohjauksen TMS-järjestelmän kehitys mahdollistaa vaihtotöiden tekemisen automatisoinnin mahdollisimman pitkälle. Vaihtotöihin liittyvä puhelinliikenne, luvananto ja kulkuteiden muodostaminen ei työllistä liikenteenohjausta kuin häiriötilanteissa. Liikenteenohjauksessa voidaan siirtyä vaihtotöiden osalta enimmäkseen valvontatyöhön.

  - Vaatii kehitystä TMS-järjestelmään sekä vaihtotyöyksiköllä käytössä olevan mobiilipäätejärjestelmän.

- Yksiköiden siirtymistä SH-toimintatilaan valvotaan järjestelmän toimesta ja sen aktivoiminen vaatii liikenteenohjauksen hyväksynnän järjestelmän tai ihmisen toimesta. Automatisoitu hyväksyntä voi olla yhdistetty esimerkiksi aktivoituun TSA-alueeseen, hyväksyttyyn vaihtotyölupapyyntöön tai vaihtotyölle suunniteltuun kapasiteettiin.

  - Vaatii toteutustavasta riippuen kehitystä vähintään TMS-järjestelmään.

- Yksiköiden veturilaitteelle tapahtuva junatietojen syöttäminen on automatisoitu järjestelmän toimesta tapahtuvaksi TMS:ltä radioverkon välityksellä saatavien tietojen perusteella.

- Vaatii kehitystä TMS-järjestelmään sekä huomioimista CSS- ja veturilaitehankinnoissa.

7 Muut suositukset vaihtotyöhön kehitettävistä asioista

Seuraavissa kappaleissa kuvataan keskusteluissa muita esiin nousseita vaihtotyöhön liittyviä kehitysideoita tai näkökulmia, joihin turvalaitejärjestelmän uusinnalla ei suoranaisesti ole vaikutusta, mutta joiden edistämistä voisi olla hyödyllistä tarkastella muissa yhteyksissä. Tässä kuvatuilla kehityskohteilla voimme parantaa joiltain osin vaihtotöihin liittyvää toimintaa myös ilman aiemmin kuvattuja kehityskohteita tai jopa niiden lisänä.

7.1 Vaihtoehtoiset yksikön eheyden valvontajärjestelmät

Liikennepaikkojen välisessä vaihtotyössä kapasiteettia voidaan parantaa käyttämällä virtuaalisia raideosuuksia (HTD) mutta hyötyjen savuttamiseksi yksikön kokonaisuus pitää olla valvottu TIMS-järjestelmän avulla, joka vaatisi esimeriksi tavaravaunujen laaja-alaista varustamista digitaalisella automaattikytkimellä (DAC).

Vaihtoehtoisena järjestelmänä yksikön kokonaisuuden valvontaan voitaisiin kehittää ns. ”radioloppuopastinjärjestelmä”. Tällaisessa järjestelmässä yksikön viimeisen vaunuun asennetaan radioloppuopastin, joka välittää peräpään sijaintitietoa vetoyksikköön. Järjestelmänä idea ei ole uusi, ainoastaan sen soveltaminen ERTMS/ETCS-järjestelmään. Nopeatempoisessa vaihtotyössä, jossa yksikön kokoonpano vaihtuu useasti, saattaa radioloppuopastimen käyttö olla työlästä ja hidasta, koska se joudutaan asettamaan fyysisesti aina yksikön viimeiseen vaunuun. Järjestelmästä voi myös tulla kallis, mikäli kaikkiin tarvittaviin vaunuihin asennetaan varustus sijainnin määrittämiseksi.

Selvityksessä voitaisiin tarkastella, voidaanko samaa järjestelmää hyödyntää vaihtotyöliikkeissä korvaamaan järjestelmäversiossa 2.2 puuttuva SM-toimintatila. Radioloppuopastimella tai muilla vaihtoehtoisilla järjestelmillä toteutetaan ja määritetään reaaliaikainen yksikön pituus, jolloin vaihtotyöyksikön kokoonpanon etu- ja takapään sijaintitiedot määrittämällä voidaan hyödyntää väliaikaisen vaihtotyöalueen (TSA) rajaamista. Yksikön pääsy vaihtotyöalueen ulkopuolelle voidaan pysäyttää, koska yksikön molempien päiden tarkka sijainti tiedetään. Vetoliikkeessä voidaan hyödyntää RBC:n välittämää etupään sijaintitietoa ja työntöliikkeessä voidaan hyödyntää vaihtoehtoista yksikön kokonaisuuden valvontajärjestelmän sijaintitietoa, joten saadaan kaikki kulkusuunnat valvottua.

7.2 Matkakuntoisuuden tarkastamisen automatisointi

Nykyisin yksikön jarrujentestaukseen tarvitaan aina käyttäjä, mutta junien matkakuntoisuuden tarkastus voitaisiin osittain automatisoida sensoreiden, kuten kamerajärjestelmien avulla. Tällä hetkellä yksikön jarrut voidaan tarkistaa kahdella eri tavalla, ulkoisella tai sisäisellä jarrujenkoetteluohjelmalla, mutta molempiin prosesseihin kuuluu yksikön kiertäminen kävellen. Tarkastus tapahtuu visuaalisesti toteamalla yksittäisen vaunun tarkastettavat kohteet ja junan kokoonpanon ja pituuden mukaan operaattorin henkilöstöllä voi kulua tähän merkittävästi aikaa. Matkakuntoisuuden tarkastamisessa voitaisiin hyödyntää kamerateknikkaa, joka suorittaisi junan tarkastamisen alta, päältä ja sivuilta. Järjestelmälle opetetulla tekniikalla voidaan havaita poikkeamat ja lämpökameran avulla voidaan asettaa jarrukomponenteille lämpötilarajat. Järjestelmän avulla voitaisiin ehkäistä laahaavista jarruista aiheutuneet pyörästöviat ja tekniikkaa käyttämällä voitaisiin yleisesti lyhentää junien valmisteluaikoja.

7.3 Veturin radio-ohjauslaitteiden kehittäminen

Nykyisin käytössä olevat veturin radio-ohjaimet eivät tue ETCS-järjestelmän monipuolista käyttöä, ja näiden kanssa ainoa vaihtoehto on SH-toimintatilan käyttäminen. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista integroida ajolupanäyttö ja DAC-kytkimen käyttökytkimet samaan ohjainlaitteeseen. Veturin radio-ohjauksen integraatio ETCS-veturilaitteen sekä ATOn ja DAC-kytkimen järjestelmien kanssa mahdollistaisi järjestelmäversiolla 3.0 SM-toimintatilan sujuvan käytön, koska junan kokoonpanotiedot päivittyvät automaattisesti eri järjestelmiin.

On jo olemassa ratkaisuja esimerkiksi FRMCS:n välityksellä käytettävään kauko-ohjaukseen, mutta tämän edistäminen vaatisi operaattoreilta kiinnostusta käyttää kehittyneitä radio-ohjauslaitteita tulevaisuudessa sekä infran haltijalta kiinnostusta vaikuttaa regulaatioon ja ylipäänsä tahtotilaa edistää radio-ohjauslaitteiden monipuolisempaa käyttämistä tulevaisuudessa. Myös radio-ohjaimen fyysinen koko saattaa rajoittaa mahdollisuuksia integroida mobiilipäätelaite radio-ohjaimeen.

Lisäksi veturinkuljettajan tai vaihtotyönjohtajan on jatkossakin pystyttävä käyttämään radio-ohjainta yksikön ohjaamiseen, mikä asettaa rajoituksia laitteen fyysiselle koolle. Myös Suomen haastavat vuodenajat luovat lisävaatimuksia laitevalmistajien kehitystyölle.

Mikäli DAC-kytkimet yleistyvät Suomessa tulevaisuudessa, vähenee tarve suorittaa mekaanisten kytkinten irrotuksia vaunujen välissä mahdollistaen kauko-ohjauksen tehokkaamman käytön

7.4 Tähystyspaikkojen lisääminen ja kehittäminen

Liikennepaikoille, joilla tehdään vaihtotyötä veturin radio-ohjauslaitteen avulla, voidaan määritellä tähystyspaikkoja, joissa vaihtotyönjohtaja voi silmämääräisesti tähystää määritetylle suunnalle liikkeitä suorittaessaan. Esimerkiksi mikäli vaihtotyöyksikkö tekee lyhyitä edestakaisia liikkeitä ratapihan päädyssä, tähystyspaikalta on sallittua ohjata vaihtotyöliikettä ilman että vaihtotyönjohtaja olisi aina kulkusuuntaan nähden ensimmäisessä yksikössä. Tähystyspaikat voivat hyvin suunniteltuina vähentää vaihtotyönjohtajan kävelytarvetta liikennepaikalla merkittävästi, jolloin vaihtotyöhön käytetty aika vähenee ja ratapihan kapasiteetti lisääntyy.

Mahdollisesti ratapihoille voisi lisätä kameroita ja tähystyspaikoille näille näyttöjä, jolloin voidaan mahdollistaa vielä tarkempi tähystäminen kulkusuuntaan. Nykyään monilla liikennepaikoilla käytetään kameravalvontaa yleiseen ratapihojen valvontaan, mutta nykyiset kamerajärjestelmät eivät välttämättä sovellu suoraan vaihtotyöliikkeen ohjaamiseen. Kamerateknikkaa käytetään jo nykyään tähystämiseen ja vaihtotyöliikkeiden ohjaamiseen joidenkin teollisuuslaitosten terminaalihallien sisällä.

7.5 Uudet palvelumallit

Vaihtotyön kapasiteetin hakeminen ja automatisointi voisi luoda uusia palvelumalleja. Esimerkiksi vaihtotyöliikkeisiin liittyvien ratakapasiteettimaksujen laskenta ja laskutus voisivat tapahtua järjestelmän tukemana tai kokonaan automaattisesti. Lisäksi liikennepaikoilla tapahtuvat vaihtotyöliikkeet voitaisiin kohdistaa lähtevään tai saapuvaan yksikköön ja vaihtotyölaskentaa voitaisiin tehdä esimerkiksi kapasiteetin vaatimien yksittäisten kulkuteiden tai väliaikaisten vaihtotyöalueiden (TSA) käytön mukaisesti.

8 Yhteenveto

Digiradan Toteutusvaiheen aikana vaihtotyötoiminnan kehittämiselle avautuu erinomaisia mahdollisuuksia useiden järjestelmien uusimisen yhteydessä. Mikään näistä järjestelmistä ja kehityskohteista ei kuitenkaan yksinään mullista vaihtotyötoimintaa Suomen rautatiejärjestelmässä vaan kehitystä tarvitaan usealla eri saralla toisiaan tukien. Tämä tekeekin vaihtotyön kehittämisestä erityisen haastavan kokonaisuuden, koska päätöksiä tehdään useassa kehityshankkeessa yhtä aikaa eri työryhmien toimesta, joille vaihtotyön kehittäminen ei välttämättä ole kyseisen hankkeen päätavoitteena.

Tässä dokumentissa on esitetty yleiskuva vaihtotyön tekemisestä Suomessa nykyään sekä ETCS-järjestelmän myötä EKA-rataosalla. Lisäksi tässä on listattu ETCS-järjestelmän ja siihen liittyvien oheisjärjestelmien tuomia muita mahdollisuuksia järjestelmittäin ja näkökulmittain esiteltynä. Dokumentissa on esitetty myös sidosryhmien kanssa käytyjen keskustelujen ja haastattelujen pohjalta tehty ehdotus vaihtotyöhön liittyvistä tärkeimmistä kehityskohteista ja niiden eduista ja mahdollisuuksista. Lopuksi on esitetty muita työn yhteydessä esiin nousseita kehityskohteita ja -ideoita, joita kannattaisi tutkia myös Digirata-hankkeen ulkopuolella.

Suomalaisen rautatiejärjestelmän vaihtotyön kehityksen isot linjat vaativat korkean tason tavoitteiden asettamista ja esimerkiksi päätöksiä siitä, millaiset kustannukset ollaan valmiina hyväksymään. Tämän jälkeen yksityiskohtaiset päätökset toteutustavoista tehdään lopulta niissä ryhmissä, joissa yksittäisiä järjestelmiä määritellään. Tämän dokumentin tarkoitus on toimia näiden keskusteluiden tukena ja antaa samalla lukijalle yleisesti kuva siitä, miten ETCS-järjestelmän käyttöönotto tarkoittaa vaihtotöiden näkökulmasta Suomen rautatiejärjestelmälle.

Lähdeluettelo

- Digirata. ERTMS-ETCS-käyttösäännöt iteraatio 5. Vielä julkaisematon, julkaisu 2025.
- Digirata. Käsikirja - 02731 - ETCS vaihtotyömallit v1.0 FIN. Julkaistu 2023.
- Digirata. Selvitys - 02728 - Vaihtotyön liikennepaikkakohtainen tarveselvitys v2.0 FIN. Julkaistu 2024.
- ERTMS Users Group (EUG). ERTMS/ETCS System Requirements Specification. Subset 026, Issue 4.0.0. Julkaistu 2023.
- Väylävirasto. ERTMS/ETCS-järjestelmäversiosuunnitelma 13.5.2025. (Väyläviraston ohjeita 54/2025)
- Väylävirasto. ERTMS/ETCS-muuttujien Suomen kansalliset arvot, VÄYLÄ/3956/06.04.01/2023 (Väyläviraston ohjeita 24/2023)
- Väylävirasto. Junaliikenteen ja vaihtotyön turvallisuussäännöt, VÄYLÄ/8600/06.04.01/2024 (Väyläviraston ohjeita 2/2025)
- Väylävirasto. Kapasiteetinhallinnan pilotti, VÄYLÄ/5964/07.01.01/2024 (Väyläviraston ohjeita 28k/2024)
- Väylävirasto. Ratakapasiteetin hakuohje, VÄYLÄ/1300/07.01.00/2025 (Väyläviraston ohjeita 16/2025)

Liite 1. Targetor-riskit

Tähän on tuotu liitteeksi Targetor-järjestelmään kuvatut riskit, joihin tässä dokumentissa on viitattu. Tässä taulukossa on listattuna vain riskin tunnus, kuvaus sekä kirjatut seuraukset. Tarkemmat ja ajantasaiset tiedot riskeistä on katsottava suoraan Targetor-järjestelmästä.

ID	Riskin kuvaus	Riskin seuraukset
451	Käyttösäännöt S-A074, S-A075 Danger for SH -baliiseja käytettäessä yksikkö ajaa baliisin yli, jonka ylittämistä ei ole sallittu. Yksikkö tekee hätäjarrutuksen. Kuljettaja ajaa yksikköä radio-ohjauksella ohjaamon ulkopuolelta ja menettää tasapainonsa. Yksikköä ohjaava henkilö ei havainnoi veturin ylittävän vaihtotyöalueen rajaa.	Ohjaajan loukkaantuminen tai kuolema.
453	Käyttösäännöt S-A073 TSA-alueita useampi käytössä. Liikenteenohjaus ottaa pois käytöstä TSA-alueen, vaikka alueella tehdään vielä vaihtotöitä. Vaihtotyöyksiköitä jää TSA-alueen ulkopuolelle. Yksiköt voivat liikkua yksiköille annetuilla vaihtotyöalueilla. Palataan, kun TSA-alueiden ja kulkuteiden määrittely on valmistunut.	Rajan ylityksiä. Kuljettaja ei tiedä muuttuneesta vaihtotyöalueen rajasta, ajaa vasten muodostettua kulkutietä.
503	Nykytilassa vaihtotyölle ei haeta kapasiteettia. Ei ole määritelty kapasiteetin hakuprosessia tulevaisuudessa. Liittyy riskiin #504.	
504	Kapasiteetin hakemisen kankeus. Liittyy riskiin #503.	
513	Raideopastimien liikennepaikkakohtaisessa määrittelyssä epäonnistutaan/ei tunnisteta tarvetta.	Puheviestinnän tarve lisääntyy huomattavasti. Kapasiteetin merkittävä huonontuminen. Liikenteenohjauksen kuormittuminen. Turvallisuuden vaarantuminen.
543	Vaihtotyöyksikkö ylittää TSA-alueen rajan työntöliikkeessä. Danger for SH -baliisi pysäyttää yksikön vasta veturin ollessa baliisin kohdalla.	Vaunuletka ajautuu risteävälle kulkutielle. Törmäys.
567	Liikennöinti toiselta TSA-alueelta toiselle ei ole sujuvaa (ei pystytä muodostamaan kulkutietä toiselta TSA-alueelta toiselle). Liike pysähtyy rajalla, järjestelmä tunnistaa alueet erillisinä.	Toiminnallista haittaa vaihtotöille. Tarve purkaa olemassa oleva TSA-alue. (1. yksikkö ei tiedä TSA-alueen purkamisesta, ei yhteydessä RBC:lle.) Väärinymmärrys, liikenteenohjauksen kuormittuminen, Vaikutukset kapasiteettiin.
568	Valvotussa tilassa siirtoajojen suorittaminen, kapasiteetin kannalta kuormittavaa. Teknisesti hitaampaa siirtyä tiloista toiseen (minuutteja). Oletukset: Joillakin paikkakunnilla voidaan hyödyntää suurempaa nopeutta.	Toiminnallista haittaa, jos kapasiteetinhakuprosessi on kankea. Toimintatiloista toiseen siirtymisen hitaudella ei juurikaan vaikutusta toimintaan.

569	TSA-alueen sisällä vaihtokulkuteiden muodostaminen (vaihtokulkutiellä/vastaavilla) ei ole mahdollista. Järjestelmätoimittaja ei pysty vastaamaan tarpeeseen ja toimittamaan järjestelmää, joka mahdollista vaihtokulkuteiden hyödyntämistä TSA-alueella. Käsittelyyn, kun aletaan keskustelemaan järjestelmän optioista	Liikkeet TSA-alueella pystytään tekemään vain paikallisluvilla. Toiminnalliset vaikutukset. Ei välttämättä saada koko potentiaalia irti tulevaisuudessa (kapasiteettivaikutukset). Ei saada järjestelmän turvallisuushyötyjä käyttöön (haasteet esim. ATO:n toteutukseen).
570	Suunnittelussa ei huomioida valvotun vaihtotyön tarpeita. Suunnitellut junakulkutiet eivät tue valvotussa tilassa tehtävää vaihtotyötä. Kapasiteetin riittävyys FS-/OS-tilassa liikkuessa (ohiajovarat, sivusuojat jne.) (esim. Helsinki-Ilmala)	Kapasiteetti huononee. Liikennöinti hidastuu.
572	Tämänhetkiset junakulkutiet syövät paljon kapasiteettia. Junakulkutiet varaavat koko linjaosuuden kerrallaan vaihtotöissä.	Jos käytetään FS-tilaa ja OS-tilaa, seuraa toiminnallista haittaa. Ei pystytä käyttämään valvottua tilaa (FS- tai OS-tila). Ei saavuteta turvallisuushyötyjä.
582	Kuljettaja tai vaihtotyönjohtaja ei näe ajolupamerkkiä toimiessaan ajolupamerkkien varassa (ei FS tai OS-tilassa).	Kuljettaja ajaa ohi ajolupamerkin. Seurauksena suistuminen, vaihteen aukiajo, osuuden varautuminen, törmäys.
583	Ajolupamerkki on irronnut kiinnityksestä tai se on irrotettu (ilkivalta). Ajolupamerkki on siirretty oikealta paikaltaan ilkivaltaisesti ja asetettu väärään paikkaan tai poistettu alueelta kokonaan.	Kuljettaja tai vaihtotyönjohtaja ajaa toimitiloissa joissa ajoluvan päätepiste tulee tähystää radalta (ei FS- tai OS-tila). Kuljettaja ei huomaa puuttuvaa merkkiä ja ajaa ohi merkistä. Ohiajosta voi seurata suistuminen, vaihteen aukiajo, törmäys tai osuuden varautuminen. Vaihtotyön rajaaminen epäonnistuu. Törmäysriski.
603	TSA-alueella suojaavien baliisien määrä on rajattu. Suojaavia baliiseja 15 kpl esim. Packet 49 (sisältää baliisit, jotka saa ylittää). Kun yksikkö SH-tilassa, ei voida enää antaa RBC:ltä lisätietoja baliiseista.	Rajaa packet 49:n käyttämisen pienillä TSA-alueilla. Rajallisesti hyödynnettävissä oleva ominaisuus.
684	Vaihtotyötä tehdään FS-tilassa noudattaen FS-tilan rajoitteita. FS-tilassa nopeusrajoitus tulee junakulkutien ja kaluston junatietojen muodostamista rajoitteista. Arvioidaan mahdollisuutta, jos sallitaan 50 km/h liikkuminen vaihtotyönä. Liittyy vaaraan #715 joka on luotu arvioimaan tilannetta, jossa toimintaa koskee vaihtotyön nykyiset rajoitteet.	Vaatimukset junatietojen oikeellisuudelle kasvavat. Vaihtotyökapasiteetti on priorisoitu alemmas kuin junakapasiteetti. Onko kuljettajan mahdollista noudattaa vaihtotyön asettamia vastuita liikkuessa yli 50 km/h?
715	FS/OS-tilassa tehtävässä vaihtotyössä ETCS-laite ei	Ylinopeus. Jarrutuksen

	valvo vaihtotyöyksikön nopeutta. ETCS-laite valvoo FS/OS-tilan nopeutta, joka voi olla suurempi kuin vaihtotyön suurin sallittu nopeus nykyisin. Liittyy vaaraan #684	pitkäksi meno. Törmäys tai suistuminen. Ei voida jarruttaa ETCS-laitteen valvomalla käyrällä, jos yksikön jarrutuskyky poikkeaa junatietojen mukaisesta jarrutuskyvystä.
1361	Yksikkö liikkuu SR- tai SH-tilassa ja kohtaa vaihtotyön rajapistebaliisin (Seis jos SH-tila) tai pysäytys SR-tilassa (Seis jos SR-tila) baliisin. Yksikön on tarkoitus liikkua baliisin yli, mutta kuljettaja ei tunnista radassa sijaitsevan liikkumisen estävän baliisin.	Hätäjarrutus -> lovipyörät, ei päästä liikkeelle ylämäkeen, henkilöstön loukkaantuminen äkillisessä pysähdyksessä.
1363	Liikennepaikkojen välinen vaihtotyö ja merkkien luettavuuden riittäminen siinä.	Ajolupamerkki havaitaan liian myöhään, mahdollinen ylinopeus.
1365	Ajolupamerkin yksilöivän tunnisteen näkemä ei riitä. Skenaario: Vaihto- ja ratatyöt (vaihtotyönjohtaja tukeutuu tunnuksen luettavuuteen, paikantaminen ja tunnistautuminen perustuu ajolupamerkkiin ja sen yksilöivään tunnisteeseen.).	Ei pystytä lukemaan merkin tunnistetta. Epäonnistutaan paikantamisessa. Ohitetaan ajolupamerkki, johon olisi pitänyt pysähtyä. Hätäjarrutus. Vaihteen aukiajo. Pahimmassa tapauksessa hätäjarrutusmatkan piteneminen ja ajautuminen esim. varatulle kulkutielle.

Euroopan unionin rahoittama
NextGenerationEU

DIGI RATA

digirata.fi