



Tavarajunan suistuminen Tampereella 30.11.2023



ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia Tampereella 30.11.2023 tapahtuneen tavarajunan suistumisen.

Turvallisuustutkinnan tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen, onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen sekä onnettomuuksista aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Turvallisuustutkintaa ei tehdä oikeudellisen vastuun kohdentamiseksi.

Tutkintaryhmän johtajaksi nimettiin hallintotieteiden maisteri Erkki Rajamäki ja jäseniksi insinööri (AMK) Timo Kivelä, psykologian kandidaatti Emmi Kirvesmäki, turvalaiteasiantuntija Markku Korhonen sekä erikoistutkija Mikko Tikkanen. Tutkinnanjohtaja oli raideliikenneonnettomuuksien johtava tutkija Lasse Laatta.

Erityisasiantuntijaksi kaluston kulkuominaisuuksien ja hyväksyntäprosessin osalta nimettiin diplomi-insinööri Juha Tammisto ja raivaustoiminnan ja kaluston pyöräkertojen kunnossapidon osalta insinööri (AMK) Ismo Toivanen.

Turvallisuustutkinnassa selvitetään tapahtumien kulku, syyt ja seuraukset sekä tehdyt pelastustoimet ja viranomaisten toiminta. Tutkinnassa selvitetään erityisesti, onko turvallisuus otettu riittävästi huomioon onnettomuuteen johtaneessa toiminnassa sekä onnettomuuden tai vaaran aiheuttajina taikka kohteina olleiden laitteiden ja rakenteiden suunnittelussa, valmistuksessa, rakentamisessa ja käytössä. Lisäksi selvitetään, onko johtamis-, valvonta- ja tarkastustoiminta asianmukaisesti järjestetty ja hoidettu. Tarvittaessa on myös selvitettävä mahdolliset puutteet turvallisuutta ja viranomaisia koskevissa säännöksissä ja määräyksissä.

Tutkintaselostus sisältää selostuksen onnettomuuden kulusta, onnettomuuteen johtaneista tekijöistä ja onnettomuuden seurauksista sekä asianomaisille viranomaisille ja muille toimijoille osoitetut turvallisuussuositukset sellaisiksi toimenpiteiksi, jotka ovat tarpeen yleisen turvallisuuden lisäämiseksi, uusien onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäisemiseksi, vahinkojen torjumiseksi sekä pelastus- ja muiden viranomaisten toiminnan tehostamiseksi.

Onnettomuuteen osallisille sekä tutkittavan onnettomuuden alalla valvonnasta vastaaville viranomaisille on varattu tilaisuus antaa lausuntonsa tutkintaselostuksen luonnoksesta. Lausunnot on otettu huomioon tutkintaselostusta viimeisteltäessä. Yhteenveto lausunnoista on tutkintaselostuksen lopussa. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuustutkintalain mukaisesti julkaista.

Tutkintaselostuksen tiivistelmän sekä johtopäätökset ja turvallisuussuositukset on käänntänyt ruotsin ja englannin kielille Lingsoft Kielipalvelut Oy.

Tutkintaselostus ja sen tiivistelmä on julkaistu 22.11.2024

Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.turvallisuustutkinta.fi.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	2
1 TAPAHTUMAT	5
1.1 Tapahtumien kulku.....	5
1.1.1 Tapahtuma-aika ja -paikka.....	5
1.1.2 Tapahtumien kuvaus.....	6
1.2 Hälytykset ja pelastustoimet.....	8
1.3 Seuraukset.....	13
1.3.1 Henkilövahingot.....	13
1.3.2 Kalusto-, rata- ja laitevauriot.....	13
1.3.3 Ympäristövahingot.....	13
1.3.4 Liikennehäiriöt	13
2 TAUSTATIEDOT	15
2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät.....	15
2.1.1 Kalusto	15
2.1.2 Rata.....	23
2.1.3 Kaluston ja radan yhteensopivuus, kulkuvarmuus	30
2.1.4 Suistuminen	32
2.1.5 Turvalaitteet	35
2.1.6 Viestintävälineet	36
2.2 Olosuhteet	36
2.2.1 Sääolosuhteet	36
2.2.2 Työskentelyolosuhteet	36
2.3 Tallenteet.....	37
2.3.1 Veturin kulunrekisteröintilaitteen tallenne	37
2.3.2 Asetin- ja turvalaitetallenne	38
2.3.3 Liikenteenohjauksen puherekisteritallenteet	38
2.3.4 Muut tallenteet.....	38
2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta	38
2.4.1 Onnettomuudessa osallisina olleet henkilöt	38
2.4.2 Organisaatiot	38
2.4.3 Turvallisuudenhallinta	41
2.5 Viranomaisten ennalta ehkäisevä toiminta.....	45
2.6 Pelastustoimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius.....	48
2.7 Sädökset, määräykset ja ohjeet.....	49
2.7.1 Lait, asetukset ja sopimukset	49
2.7.2 Liikenne- ja viestintäviraston määräykset ja ohjeet	53

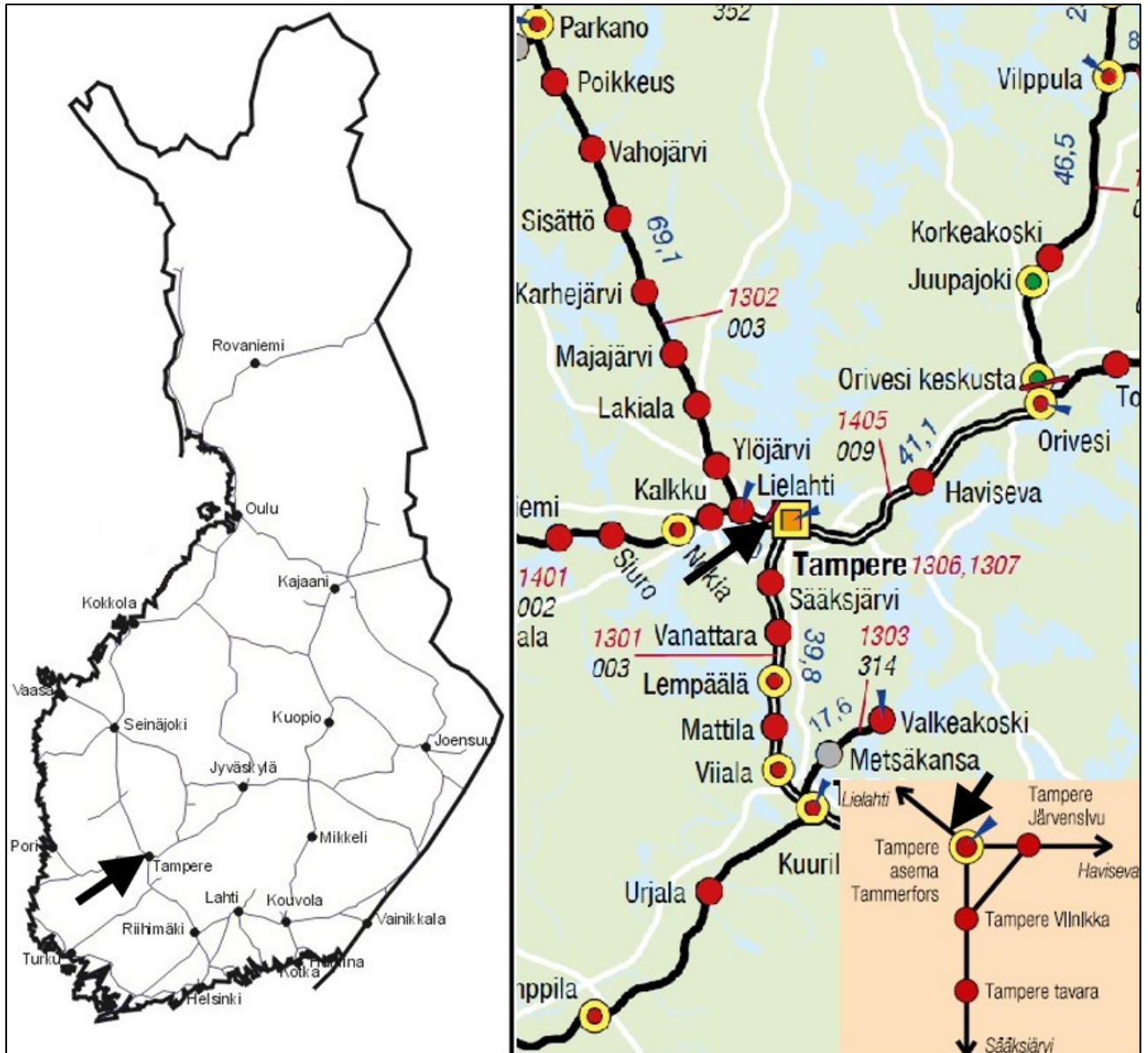
2.7.3	Kansainväliset ohjeet	56
2.7.4	Väyläviraston ohjeet.....	56
2.7.5	Toimijoiden sisäiset ohjeet	59
2.8	Muut selvitykset.....	60
2.8.1	Tampereen yliopiston tutkimus suistumisesta.....	60
2.8.2	Väyläviraston teettämät raiteen poikittaisvoimamittaukset.....	62
2.8.3	Aiemmin Suomessa käytössä olleet 6-akseliset veturit.....	64
2.8.4	Väyläviraston tutkinta	64
3	ANALYYSI	67
3.1	Tapahtuman analysointi.....	67
3.2	Junan kulku	67
3.3	Suistuminen.....	68
3.3.1	Vaihte V171	68
3.3.2	Vaihteiden kunnossapito ja sitä koskeva ohjeistus	69
3.3.3	Dr18-veturin pyörien kulumisen sekä niiden kunnossapito	70
3.3.4	Liikennöitävän kaluston ja ratalaitteiden raja-arvot.....	71
3.4	Ilmoitukset ja radan tarkastus	71
3.5	Raivaus ja radan korjaus.....	72
3.5.1	Raivauksen suunnittelu ja sen toteuttaminen.....	72
3.5.2	Osaaminen	72
3.5.3	Johtamisjärjestelyt	73
3.6	Viranomaisten toiminnan analysointi.....	74
4	JOHTOPÄÄTÖKSET	75
5	TURVALIISUUSUOSITUKSET	77
5.1	Vaihteiden kielisovitusalueiden tarkastus- ja kunnossapitomenettelyt.....	77
5.2	Uusinta- ja investointihankkeiden huomiointi radan kunnossapidossa	77
5.3	Rautatiekaluston pyöräprofiilien kulumisen seuranta.....	77
5.4	Yhteistyö raivaustoiminnassa	78
5.5	Kaluston ominaisuuksien huomiointi radan ja kaluston yhteentoimivuuden raja-arvojen määrittelyssä.....	78
5.6	Toteutetut toimenpiteet	79
5.7	Muita huomioita.....	80
	LÄHDELUETTELO	81
	YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA	82

1 TAPAHTUMAT

1.1 Tapahtumien kulku

1.1.1 Tapahtuma-aika ja -paikka

Onnettomuus tapahtui torstaina 30.11.2023 kello 19.26 Tampereen aseman pohjoispuolella vaihteessa V171, Tampereen ja Seinäjoen välisellä rataosalla numero 1306, ratakilometrillä 188+044.

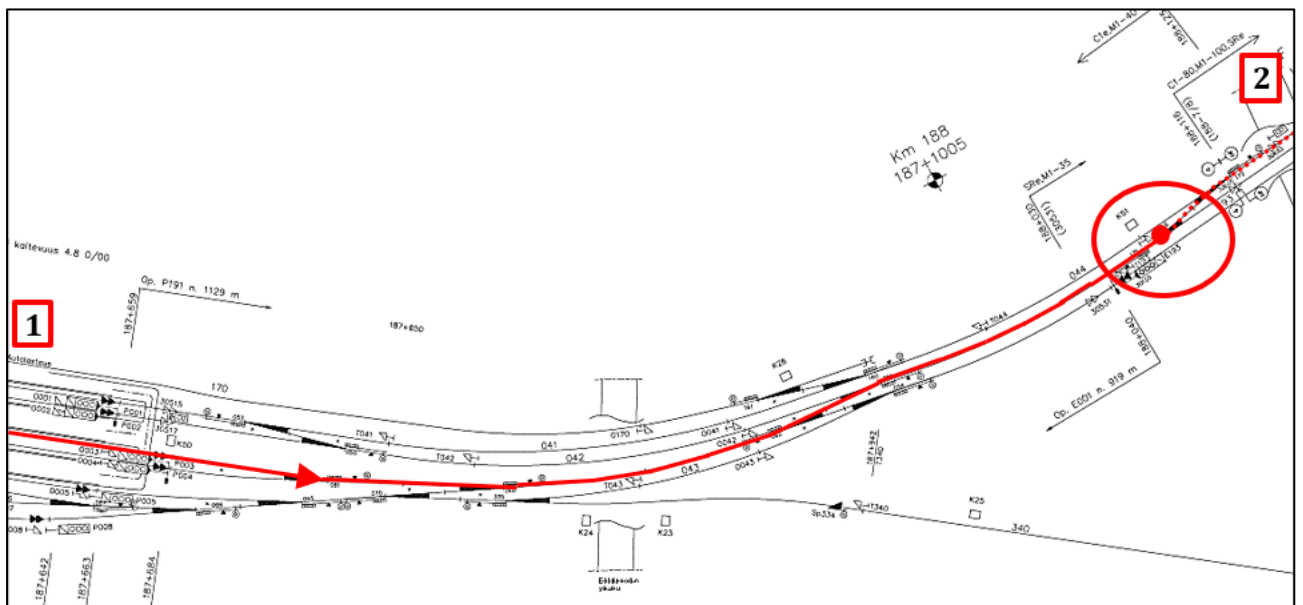


Kuva 1. Onnettomuus tapahtui Tampereen aseman pohjoispuolella. (Pohjakartta: Väylävirasto, Merkinnät: OTKES)

1.1.2 Tapahtumien kuvaus

Tavarajuna T7121 oli matkalla *Kouvola lajittelusta* Tampereen kautta Poriin. Se koostui Dr18-veturista ja 22 tyhjästä Vop-raakapuuvaunusta. Juna lähti *Kouvola lajittelusta* torstaina 30.11.2023 kello 14.22 ja saapui *Tampere tavararan* raiteelle 850 kello 18.49. Junan aikataulun mukainen lähtöaika *Tampere tavarasta* oli kello 19.17, mutta juna pääsi jatkamaan matkaansa 25 minuuttia etuajassa kohti *Tampere Viinikkaa*. *Tampere Viinikassa* juna odotti kulkutien vapautumista ja jatkoi kohti Lielahdea aikataulun mukaisesti kello 19.20. *Tampere Viinikasta* lähtiessä kuljettaja havaitsi veturin ympärilyönnistä¹ keliolosuhteiden olevan liukkaat.

Tavarajuna T7121 ohitti Tampereen aseman raidetta 003 pitkin kello 19.25. Junalle oli turvattu kulkutie² *Tampere aseman* raiteelta 003 edelleen vaihteiden V061, V060, V062, V051, V171 ja V172 kautta Tampereen ja Lielahden välisen rataosuuden läntisimmälle raiteelle.



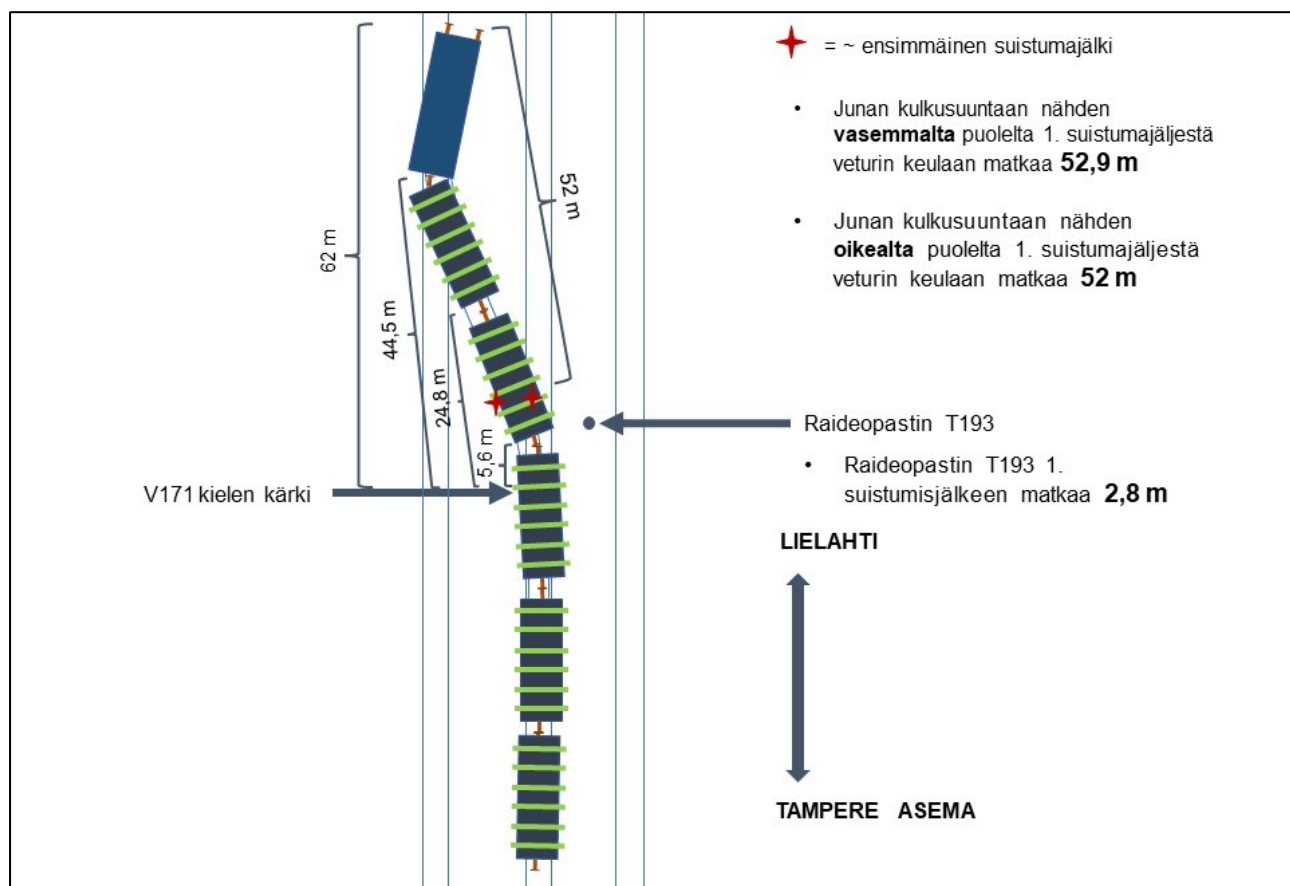
Kuva 2. Vaihteen V171 sijainti ja junan T7121 kulkema reitti. Suistumapaikka on merkitty punaisella pisteellä, junan kulkema reitti punaisella viivalla ja junan suunniteltu reitti punaisella katkoviivalla. Tampereen asema (1) näkyy kuvan vasemmassa reunassa ja Lapintien silta (2) kuvan oikeassa reunassa. (Kuva: Väylävirasto, Merkinnät: OTKES)

Ohitettuaan Tampereen aseman juna siirtyi vaihteiden V062 ja V051 kautta keskimmaiselle, pohjoiseen vievälle raiteelle. Kun juna saapui vaihteeseen V171, veturinkuljettaja tunsu pienen hypyn veturin kulussa. Tämän jälkeen veturin keula ohjautui vaihteesta suoralle raiteelle ja perä poikkeavan raiteen suuntaan. Kuljettaja totesi, että veturi oli suistunut kiskoilta. Suistuminen tapahtui kello 19.26.20. Junan nopeus suistumahetkellä oli 19 km/h. Veturi kulki suistuneena 52 m ennen

¹ Ympärilyönnillä tarkoitetaan tilannetta, jossa veturin tai muun rautatiekaluston vetävät pyörät eivät saa riittävästi pitoa, vaan luistavat kiskolla.

² Liikenneohjaajan tai automatiikan muodostama reitti junalle.

pysähtymistään. Veturin kaikki pyöräkerrat³ suistuivat kiskoilta. Lisäksi junan ensimmäisen vaunun ensimmäinen teli suistui kiskoilta.



Kuva 3. Veturin ja junan ensimmäisten vaunujen sijainti suistumisen jälkeen. (Pirros: OTKES)

Liikkeen pysähtyttyä kuljettaja ilmoitti tapahtuneesta liikenteenohjaukseen kello 19.27. Veturinkuljettaja ja liikenneohjaaja totesivat, että suistunut veturi estää liikenteen kahdella läntisimmällä raiteella, mutta liikenne onnettomuuspaikan ohi olisi todennäköisesti mahdollista itäisintä raidetta pitkin. Liikenneohjaaja sopi, että veturinkuljettajan tekemän silmämääräisen tarkastuksen lisäksi Tampereen asemalta tulee VR-Yhtymä Oyj:n kuljettaja veturilla tarkastamaan mahdolliset itäisen raiteen liikennöinnin esteet.

Junan T7121 kuljettaja soitti vielä kello 19.38 rautatiehäätäpuhelun⁴. Hän halusi varmistuksen liikennetilanteesta sekä siitä, että muuta liikennettä on tiedotettu suistumisesta. Tämän jälkeen kuljettaja poistui veturista maastoon tarkastamaan tilanteen, ja ilmoitti tapahtuneesta Fenniarail Oy:n kuljetustenhallintaan. Raiteen tarkastus veturilla ei onnistunut aikataulusyistä, joten tarkastus tehtiin ajattamalla Lielahdessa odottanut matkustajajuna onnettomuuspaikan ohi. Ennen tarkastusta riskeistä keskusteltiin junan kuljettajan kanssa. Tarkastuksen perusteella itäinen raide pystyttiin pitämään alennetulla nopeudella avoinna ohikulkevalle junaliikenteelle.

³ Pyöräkerta käsittää pyörät, akselin, akselin laakeroinnit ja vetävässä pyöräkerrassa akselinkäyttölaitteen.

⁴ Rautatiehäätäpuhelulla tarkoitetaan puhelua, jolla tavoitetaan liikenneohjaajan lisäksi kaikki alueella liikkuvat kalustoyksiköt sekä muut toimijat, jotka käyttävät RAILI-palvelua. Puhelu mahdollistaa nopean tiedoksiannon esimerkiksi mahdollisesta vaaratilanteesta.



Kuva 4. Tilanne suistumisen jälkeen. Kuvanottohetkellä junan 19 viimeistä vaunua oli viety pois liikennehäiriöiden vaikutusten vähentämiseksi. Kuvan kaksi oikeanpuoleista raidetta olivat liikenteeltä suljettuina. (Kuva: OTKES)

Onnettomuuden aiheuttamien liikennehäiriöiden vähentämiseksi juna katkaistiin 3. ja 4. vaunun välistä ja viimeiset 19 vaunua siirrettiin 1.12. kello 1.15 Viinikan ratapihalle. Onnettomuuspaikalle jäi suistuneen veturin lisäksi junan kolme ensimmäistä tavaravaunua. Onnettomuuden raivaustoimet aloitettiin tämän jälkeen.

1.2 Hälytykset ja pelastustoimet

Liikenneohjaaja ilmoitti onnettomuudesta hätäkeskukseen. Liikenteenohjauksen tilannekoordinaattori⁵ keskusteli tilanteesta päivystävän palomestarin kanssa. Keskustelun perusteella todettiin, että pelastuslaitoksen läsnäololle ei ole tarvetta, koska onnettomuudessa ei ollut syntynyt henkilövahinkoja eikä mukana ollut vaarallisia aineita.

Liikenteenohjaus hälytti kello 19.36 onnettomuuspaikan raivaukseen Väyläviraston pelastus- ja raivausyksikön. Hälytyksen saatuaan raivausryhmän johtaja lähti välittömästi onnettomuuspaikalle tekemään tapahtuman tilanearviointia. Matkalla onnettomuuspaikalle hän sai puhelimitse tietää, että tavarajunan veturi ja yksi vaunu olivat suistuneet kiskoilta.

⁵ Fintraffic Raide Oy:n raideliikenteenohjaus tuottaa Tilannekoordinaattori-palvelua Helsingin ja Tampereen ohjauskeskuksista vuorokauden ympäri, vuoden jokaisena päivänä. Tilannekoordinaattorin tärkein tehtävä on toimia onnettomuus- ja häiriötilanteissa linkkinä rautatietojärjestelmien ja viranomaisten välillä sekä tukea näissä tilanteissa myös liikenteenohjausta. Toinen puoli työtä on huolellinen raportointi, sillä häiriötilanteesta kerättyä tietoa hyödyntämällä voidaan kehittää eri toimijoiden yhteistyötä. Palvelua tuotetaan koko Suomen rataverkon alueella.

Raivausryhmän johtaja neuvotteli Väyläviraston asiantuntijan kanssa raivausresursseista, koska hänellä ei ollut oikeutta tehdä itsenäisesti resursseja koskevia päätöksiä. Väyläviraston asiantuntija johti raivaustoimintaa puhelimen välityksellä.



Kuva 5. Havainnekuva raivaustoiminnan työskentelyalueesta. Kuvaan on merkitty suistuneen veturin sijainti (1) ja raivausauton sijoituspaikka (2). Raivauskaluston siirtoreitti raivausautolta suistumispaikalle on merkitty punaisilla nuolilla. (Ilmakuva ©Maanmittauslaitos 7/2024, Merkinnät: OTKES)

Saavuttuaan onnettomuuspaikalle kello 20.15 raivausryhmän johtaja arvioi raivaustehtävän haastavaksi. Arviossaan hän otti huomioon muun muassa veturin ja tavaravaunun vaihtoehtoiset nostotavat, nostokaluston siirtoreitin, tarvittavat raivausresurssit sekä nostotyön vaarat.

Raivausryhmän kalustotuntemus Dr18-veturin osalta oli vähäistä, ja ryhmällä käytössä olleet veturin nosto-ohjeet, *nostokortit*⁶, käsittelivät pääosin veturin nostoa nosturilla ja nostopukeilla. Fenniarail Oy:n ilmoituksen mukaan Dr18-veturi on suunniteltu nostettavaksi ensisijaisesti nosturilla. Nostoa varten on olemassa veturin sivuille ja pätyihin asennettavat erilliset *nostoadapterit*⁷.

⁶ Nostokortti on veturisarjakohtainen ohje kiskoilta suistuneen veturin nostamiseksi.

⁷ Nostoadapteri on veturin rakenteeseen suunniteltu apuväline, jota käytetään tarvittaessa veturin nostoissa kunnossapidossa ja kiskoilta suistumisissa.

Raivausryhmän johtaja selvitti yhdessä Fenniarail Oy:n kalustoasiantuntijan kanssa ajoneuvonosturin käytön mahdollisuutta veturin nostamisessa. Onnettomuuspaikan sijainnin vuoksi sen käyttö ei ollut mahdollista. Väyläviraston asiantuntijan selvityksen mukaan raidenosturia ei myöskään ollut saatavilla paikalle. Tämän takia veturi päätettiin nostaa kiskoille hydraulisella tunkkikalustolla.



Kuva 6. Esimerkkikuva raivauksessa käytetystä tunkkikalustosta. Kuvassa sivuttaissiirtopalkki (1), sivuttaissiirtotunkki (2), siirtokelkat (3), välitangot (4) ja nostotunkit (5). Nostotunkit on sijoitettu välitangoilla toisiinsa yhdistettyjen siirtokelkkojen päälle. Kiskoille nostettaessa suistunut kalusto nostetaan tunkeilla ylös, siirretään sivuttaissiirtotunkilla kiskojen kohdalle ja lasketaan alas. Kalustoa voidaan siirtää sivuttaissiirtotunkilla vain kymmeniä senttejä kerrallaan. (Kuva: Väylävirasto, Merkinnät: OTKES)

Kun nostotapa oli päätetty, sovittiin, että veturi siirretään vaihteen V172 suuntaan. Perusteluna siirtosuunnalle oli ohiajavan junaliikenteen turvallinen sujuminen ilman merkittäviä liikennehäiriöitä. Veturin noston työturvallisuus ja veturin lopullinen siirtoreitti tarkastukseen Tampereen varikolle vaikuttivat myös päätökseen. Nostotyöalue rajattiin ohikulkevan junaliikenteen aiheuttamien vaarojen välttämiseksi.

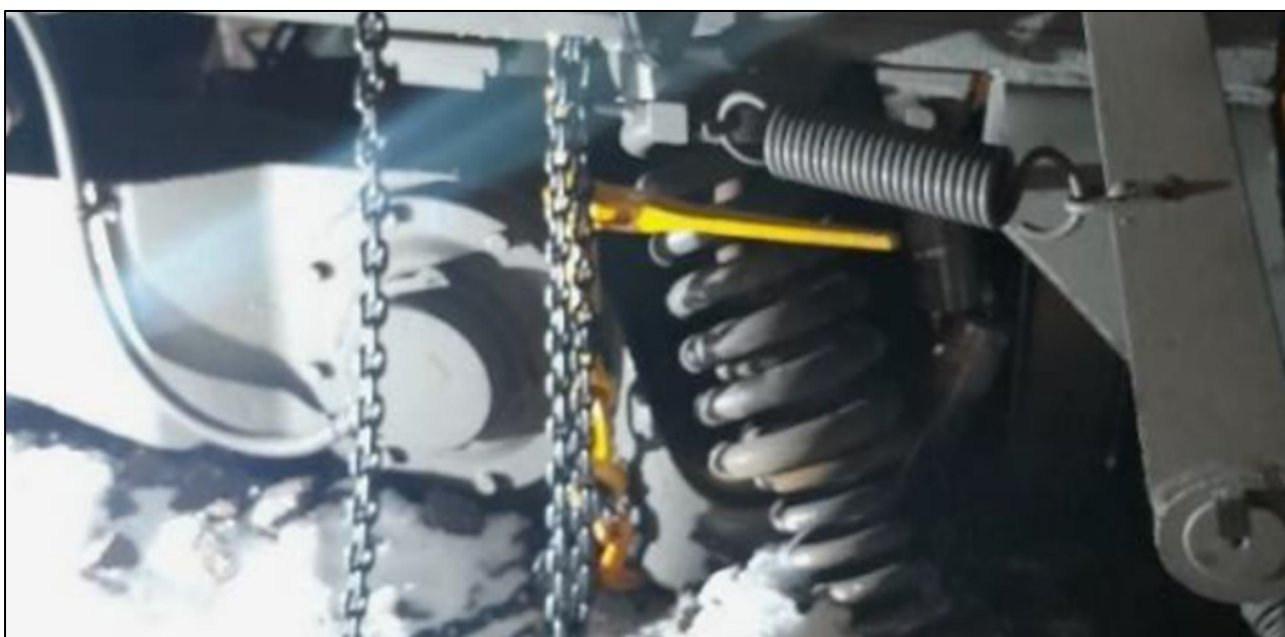
Väyläviraston raivaus- ja pelastuspalvelun Riihimäen toimipisteestä lähtenyt raivausryhmä saapui paikalle kello 22.13. Tunkkikaluston siirto aloitettiin jo Onnettomuustutkintakeskuksen (OTKES) paikkatutkinnan aikana 1.12. noin kello 0.30. Raskaan tunkkikaluston kuljetusreitti onnettomuuspaikalle oli hankala ja satojen metrien pituinen (Kuva 5.).

Kun onnettomuuden paikkatutkinta oli päättynyt ja onnettomuuspaikka oli luovutettu raivausryhmälle kello 02.30, Fenniarail Oy:n asiantuntijat aloittivat veturin telien ja akseleiden kiinnittämisen sekä nostoadapterien asentamisen veturin päätyihin. Valmistelujen yhteydessä veturin polttoainesäiliössä havaittiin murtuman kaltainen vaurio. Polttoainetta ei kuitenkaan ollut vuotanut ulos. Fenniarail Oy:n kalustoasiantuntija arvioi, että veturin noston ja sivuttaissiirron yhteydessä oli vaara, että polttoainesäiliö alkaisi vuotaa. Riskin minimoimiseksi säiliön polttoaineen määrää päätettiin vähentää murtumakohdan alapuolelle. Polttoainesäiliössä oli polttoainetta noin 4000 litraa ja sitä pumpattiin säiliöstä pois noin 2000 litraa ennen veturin nostamista.



Kuva 7. Polttoainesäiliössä havaittiin murtuman kaltainen vaurio. Pois siirrettävän polttoaineen määräksi arvioitiin noin 2000 litraa. (Kuvat: Väylävirasto, Merkinnät: OTKES)

Polttoaineen pumppauskaluston siirto kohteeseen ja pumppaus työ kestivät yhteensä noin kahdeksan tuntia. Aamulla lisääntynyt junaliikenne viivästytti pumppauskaluston siirtoja, koska siirtojen turvallisuuden kannalta olennaisia liikennekatkoja ei pystytty tällöin järjestämään. Siirtopumppaus lopetettiin kello 12.45.



Kuva 8. Ennen nostoa pyöräkerran tukivarret sidottiin telirunkoon kiinni ketjuilla ja vanttiruuveilla. (Kuva: Väylävirasto)

Varsinaiset nostotyöt aloitettiin 1.12.2023 kello 13.05. Ensimmäiseksi nostettiin ensimmäisen vaunun suistunut teli kiskoille, ja vaunu siirrettiin pois onnettomuuspaikalta. Veturin nostotyön valmistelu aloitettiin kello 14.30. Nostoa varten raivauspaikalle tilattiin jännitekatko⁸. Veturin kaikki pyöräkerrat olivat pois kiskoilta ja painuneet syväälle raidesepeliin, joten veturin nostaminen oli hankalaa. Lisäksi nostoa vaikeuttivat myös veturin rakenteista puuttuvat, raivausnostoon suunnitellut, nostokohdat. Kun veturi saatiin nostettua tunkkien avulla riittävän ylös, asetettiin sivuttaissiirtoon tarvittava kalusto kiskoille. Veturin sivuttaissiirto aloitettiin noin kello 17.00.



Kuva 9. Veturin akselinkäyttölaitteiden koteloita jouduttiin poistamaan. (Kuva: Väylävirasto, Merkinnät: OTKES)

Sivuttaissiirto jouduttiin keskeyttämään 2.12.2023 kello 02.20, koska veturin akselinkäyttölaitteiden kotelot ottivat kiinni kiskoon. Fenniarail Oy:n kalustoasiantuntijan luvalla kahden pyöräkerran kotelot poistettiin, jotta veturin sivuttaissiirtoa pystyttiin jatkamaan.

Sivuttaissiirtoja välituntoineen oli toistettava useita kertoja nostotyön edetessä risteävän kiskotuksen ylitse. Nostokalustoa jouduttiin siirtämään monta kertaa veturin päästä toiseen, jotta veturin ensimmäinen teli saatiin kiskoille. Toisen telin pyöräkertojen saaminen kiskoille oli hankalaa. Pyöräkerrat saatiin asettumaan kiskoille vasta kun kiskoilla olleen ensimmäisen telin tilapäiset nostosidonnat löysätettiin ristikkäisistä nurkista ja telin rakenteellinen liikevara vapautui. Veturi saatiin nostettua kokonaan kiskoille 03.12.2023 kello 15.45.

Nostotyön aikana sivuttaissiirtojen yhteydessä tunkit kaatuivat kaksi kertaa, jolloin veturi putosi alas raidesepelille. Tunkkien kaatumiseen vaikuttivat muun muassa sivuttaissiirtopalkin tukeminen epävakaaile raidesepelipohjalle, veturin paino, tunkkien nostokorkeus ja telien tilapäiset sidonnat.

⁸ Jännitekatko tarkoittaa raivaustoiminnan näkökulmasta sähköradan ajolangan ja sen rakenteiden jännitteettömäksi tekemistä halutulta alueelta, joka muodostuu yhdestä tai useammasta kytkentäryhmästä.

Kiskoille noston jälkeen veturi valmisteltiin siirtokuntoon. Polttoainesäiliön kyljessä todettu vaurio osoittautui tarkastuksessa ainoastaan maalipinnan murtumaksi. Poistettu polttoaine pumpattiin takaisin veturin polttoainesäiliöön kello 20.30.

Raivausr ryhmä ilmoitti Väylävirastolle raivauksen päättyneen 3.12.2023 kello 22.19. Veturi siirrettiin pois vauriopaikalta kello 22.25. Raivaustyön haastavuuteen vaikuttivat tapahtumapaikan sijainti, tunkeilla toteutettu nosto ja raivaajien vähäinen tuntemus veturityypistä. Onnettomuushetkestä raivaustyön päättymiseen kului aikaa kolme vuorokautta ja kolme tuntia. Vaihde V171 oli suljettuna liikenteeltä 8.12.2023 saakka, jolloin se lukittiin kielisalvoilla suoraan asentoon. Vaihteet saatiin lopullisesti korjattua 20.12.2023.

1.3 Seuraukset

1.3.1 Henkilövahingot

Onnettomuudesta ei aiheutunut henkilövahinkoja.

1.3.2 Kalusto-, rata- ja laitevauriot

Suistumisessa vaihde V171 vaurioitui pahoin. Vaihteen kielet, tukikisko, kääntölaite ja kääntöavustin jouduttiin uusimaan. Raiteen 192 kiskotus vaurioitui vaihteen V171 pohjoispuolelta 30 m:n matkalta. Radan vaurioiden korjauskustannukset olivat noin 100 000 €.

Suistuneen veturin kaikki pyöräkerrat ja molempien telien rakenteet vaurioituivat. Pyöräkerrat jouduttiin sorvaamaan ja teleihin jouduttiin uusimaan muun muassa iskunvaimentimet sekä kolmen akselinkäyttölaitteen kotelot. Lisäksi jarruvivustoja, telien paineilmaputkistoja ja kaapelointeja jouduttiin kunnostamaan. Veturin vaurioiden kokonaiskustannukset olivat 44 000 €. Veturi palasi liikenteeseen korjausten ja tarkastusten jälkeen 8.1.2024.

Junan ensimmäisen vaunun ensimmäinen teli vaurioitui lievästi suistumisessa. Vaunun vaurioiden kustannukset olivat noin 1000 €.

Raivauksen kustannukset olivat 111 000 €.

Onnettomuuden välittömät kokonaiskustannukset olivat 256 000 €.

1.3.3 Ympäristövahingot

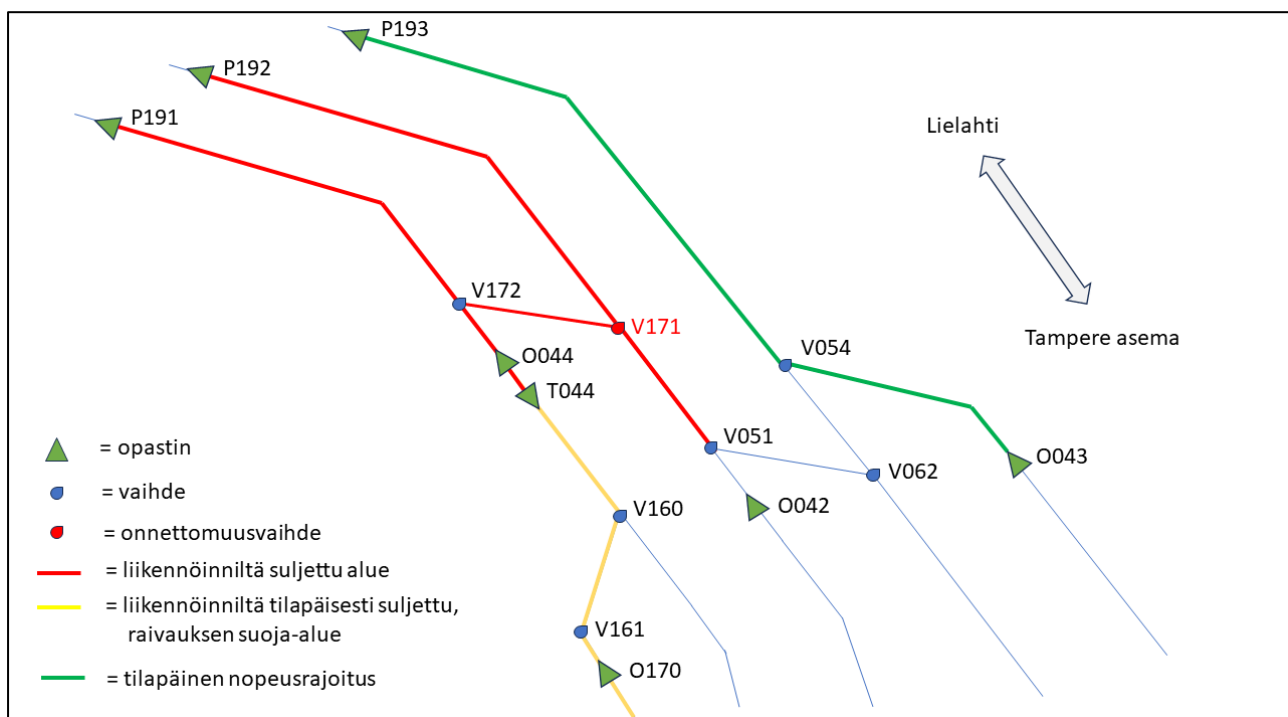
Onnettomuudesta ei aiheutunut ympäristövahinkoja. Suistumisessa oli kuitenkin riski ympäristövahingolle, koska suistuneen veturin polttoainesäiliö lähes kosketti kiskoon. Säiliössä oli suistumishetkellä noin 4000 litraa dieselöljyä. Ennen veturin noston aloittamista polttoainesäiliö tyhjennettiin siten, että säiliössä olevan polttoaineen pinta jäi säiliössä havaitun oletetun murtuman alapuolelle. Polttoainesäiliöön jäi noin 2000 litraa dieselöljyä, mikä aiheutti ympäristövahingon riskin myös noston aikana.

Veturin kuudesta akselinkäyttölaitteen kotelosta kolme rikkoontui suistumisessa. Tästä ei kuitenkaan aiheutunut öljyvetoja, koska Dr18-veturin akselinkäyttölaitteet ovat rasvavoidellut.

1.3.4 Liikennehäiriöt

Suistuminen, raivaustyöt sekä vaurioituneiden vaihteiden korjaustyöt aiheuttivat laajoja liikennehäiriöitä. Liikennöintiä häiritsi erityisesti onnettomuuden jälkeinen yksiraiteisuus, jolloin junaliikenteellä oli käytettävissään Tampere – Lielähti-välillä vain itäisin raide 193. Yksiraiteisuus jatkui 3.12.2023 saakka ja se aiheutti myöhästymisiä

junaliikenteelle. Lisäksi Tampere – Nokia välin M-junat jouduttiin perumaan kokonaan 3.12.2023 iltaan asti.



Kuva 10. Yksinkertaistettu havainnekuva onnettomuuden aiheuttamista liikennöinnin rajoitteista 30.11.–3.12.2023 välisenä aikana. (Kuva: OTKES)

Itäiselle raideosuudelle opastimien 0043 ja P193 välille asetettiin tilapäinen nopeusrajoitus onnettomuuden jälkeen 30.11.2023 kello 23.09 alkaen (Kuva 10.). Nopeusrajoitus jatkui 1.12.2023 kello 7.36 saakka. Rajoitteen tarkoituksena oli turvata viereisellä raiteella tapahtuvaa työskentelyä. Keskimmäisen ja läntisen raiteen liikennöinti oli keskeytetty onnettomuuden takia 3.12.2023 kello 21.33 saakka. Lisäksi 1.–2.12.2023 aikavälillä suljettiin tilapäisesti pienempiä raideosuuksia raivauksen suoja-alueeksi. Suojaraiteiden ansiosta raivaus pystyttiin tekemään turvallisesti, eikä ohikulkevalle junaliikenteelle ollut tarvetta asettaa lisärajoitetta nopeuden suhteen.

Vaikka isoimmat liikennöinnin rajoitteet poistuvat 3.12.2023, määrättiin vaihde V171 suistumisen seurauksena käyttökieltoon ja vaihde V172 lukittiin suoralle kulkutielle. Sen vuoksi siirtyminen läntiseltä raiteelta itäiselle raiteelle ei ollut mahdollista ennen vaihteiden korjausta ja *Tampere aseman* raide 002 oli käytettävissä onnettomuushetkestä aina 8.12.2023 saakka vain etelän suunnasta. Raide 002 toimii pääasiallisena pysähdyspaikkana etelästä saapuville matkustajajunille, jotka jatkavat matkaansa pysähdyn jälkeen pohjoisen suuntaan. Käyttörajoitteen takia tavanomainen liikennöinti ei ollut mahdollista. Tampereen aseman raiteiston käyttö täytyi tilapäisesti suunnitella uudelleen, mikä ruuhkautti aseman alueen junaliikennettä ja aiheutti myöhästymisiä.

Vaihteet V171 ja V172 saatiin korjattua 20.12.2023, jolloin normaali liikennöinti käynnistyi. Muut korjaustoimenpiteet alueella jatkuivat vuoden 2024 puolelle. Ne eivät kuitenkaan aiheuttaneet liikenteelle häiriöitä.

2 TAUSTATIEDOT

2.1 Toimintaympäristö, laitteet ja järjestelmät

2.1.1 Kalusto

Tavarajuna T7121 koostui Fenniarail Oy:n käytössä olevasta Dr18-veturista numero 105⁹ ja 22 tyhjästä OSJD¹⁰/GOST¹¹-standardin mukaisesta Vop-raakapuuvaunusta. Junan pituus oli 450 m ja paino 732 t.

Dr18-veturi on kuusiakselinen raskas dieselsähköinen tavarajunaveturi. Vetureita on Suomessa käytössä Fenniarail Oy:llä kuusi kappaletta. Veturit on yksilöity numeroin 101–106. Veturin akselijärjestys on Co'Co' eli veturissa on kaksi kolmeakselista teliä, ja kaikki akselit ovat vetäviä. Veturissa on jokaisella kuudella pyöräkerralla erillinen ajomoottori. Veturin paino työkunnossa on 120 t ja akselipaino 20 t. Veturin pituus on 17,36 m, leveys 3,07 m ja korkeus 4,45 m. Veturin Caterpillar 3512C HD V12 dieselmoottorin nimellisteho on 1550 kW ja vetovoima 380 kN. Veturin suurin sallittu nopeus on 90 km/h. Veturin pienin kaarresäde on 120 m (80 m maksiminopeudella 5 km/h). Veturi on varustettu radio-ohjauslaitteistolla.



Kuva 11. Dr18-veturi. (Kuva: Fenniarail Oy)

Veturi on modernisoitu 1960-luvulla valmistetusta T669-0- veturista¹².

Modernisoinnin on suunnitellut ja toteuttanut tšekkiläinen CZ Loko a.s. Dr18-veturi kuuluu CZ Lokon modernisoituihin sarjan 774.7 vetureihin. Sarjan vetureiden alkuperäiset mallisarjat ovat: CME3P (Ukraina), CME-3M (Latvia, Valko-Venäjä) sekä TEM TMX (Liettua). Koska Suomessa on käytössä 1524 mm:n raideleveys, ovat Dr18-veturit nimetty muista 774.7-sarjan vetureista poiketen mallisarjaksi 774.7F / CME3F.

Dr18-veturin telirunko koostuu kahdesta sivu- ja kahdesta poikkipalkista. Veto- ja jarruvoimat siirretään vetotapin avulla telistä veturin runkoon. Teli on tuettu runkoon viistoilla elastisilla kumijoustinelementeillä, jotka sallivat telin kääntymisen veturin runkoon nähden. Pyöräkerrat on ripustettu teliin pitkittäisillä kääntövarsilla, jotka on jousitettu kierrejousin ja varustettu hydraulisilla iskunvaimentimilla. Pyöräkertojen ripustus telirunkoon on erittäin jäykkä. Kääntövarsien laakerointien ja kääntövarren rungon välisessä holkissa on ohut vulkanoitu kumikerros, mutta se ei salli pyöräkerran

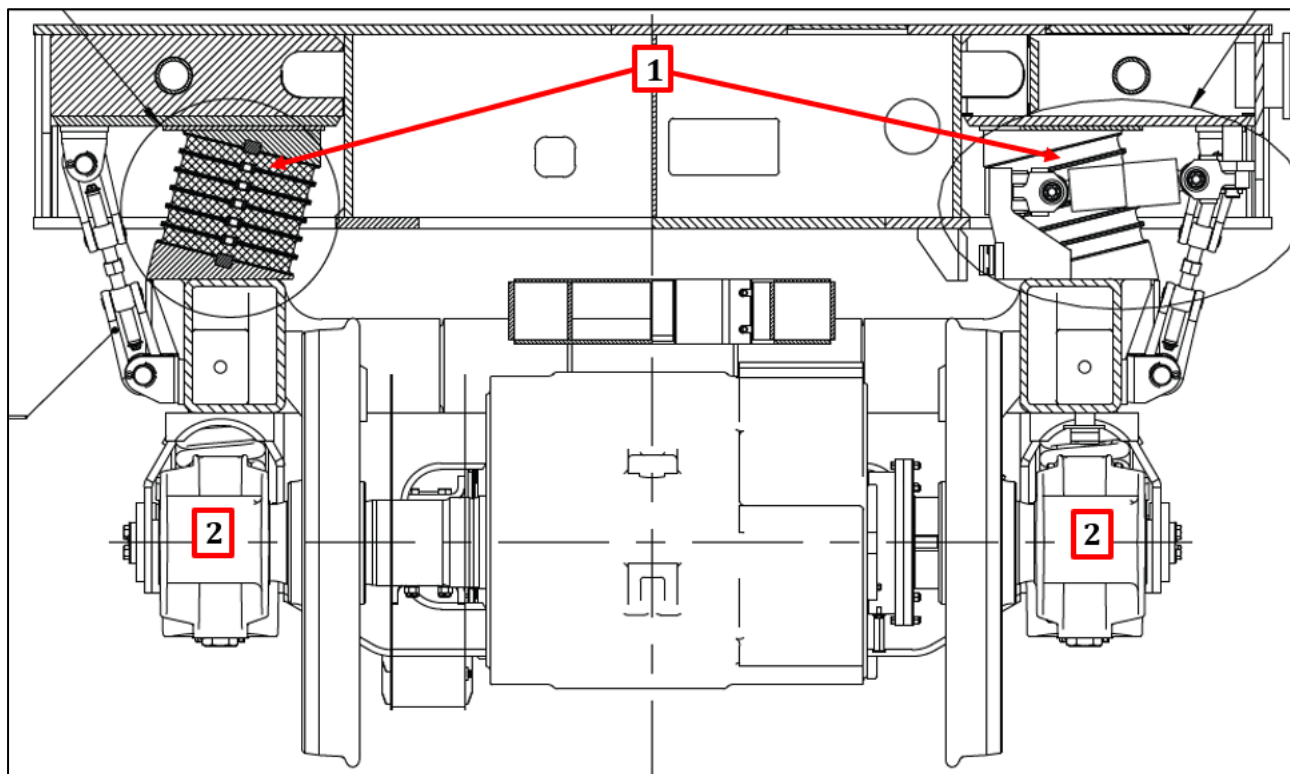
⁹ Dr18-veturin 105 EVN-numero (European Vehicle Number) on 92102102105-7.

¹⁰ OSJD on rautateiden yhteistyöjärjestö, jonka tarkoituksena on kehittää ja ohjata kansainvälistä rautatieliikennettä erityisesti Euroopan ja Aasian välillä.

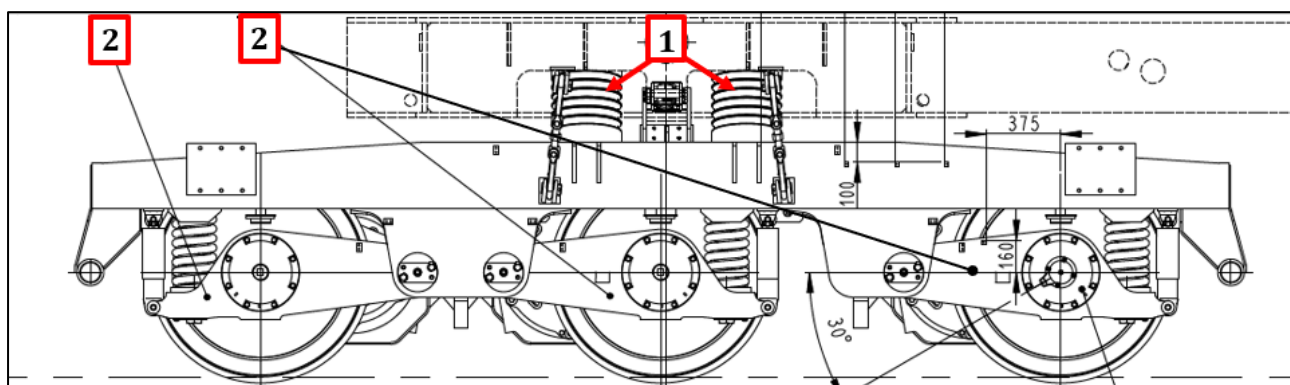
¹¹ GOST standardit ovat teknisiä standardeja, joita sovelletaan Itsenäisten valtioiden yhteisön alueella.

¹² Tyyppikoodit (CME3, 770, S200).

sivuttais- tai kääntöliikettä suhteessa telirunkoon. Rakenteen jäykkyys kasvattaa pyöräkertojen poikittaisvoimia¹³ kiskoon kaarteissa ja vaihteissa. Telin reunimmaisten akselien suuri keskinäinen etäisyys, 4 m, kasvattaa myös veturin rataan kohdistamia poikittaisvoimia.



Kuva 12. Dr18-veturin telin piirustus, jossa näkyvät telin ja veturin rungon väliset joustinelementit (1) ja pyöräkertojen kääntövarret (2). Kuva on kaluston nosto-ohjeesta, minkä takia kuvan telissä iskunvaimentimet on korvattu sidonnoilla. (Kuva: CZ Loko a.s./Fenniarail Oy, Merkinnät: OTKES)



Kuva 13. Dr18-veturin telin piirustus, jossa näkyvät telin ja veturin rungon väliset joustinelementit (1) ja pyöräkertojen kääntövarret (2). Kuva on kaluston nosto-ohjeesta, minkä takia kuvan telissä iskunvaimentimet on korvattu sidonnoilla. (Kuva: CZ Loko a.s./Fenniarail Oy, Merkinnät: OTKES)

¹³ Liialliset poikittaisvoimat voivat aiheuttaa esimerkiksi laipan nousun, kiskon kaatumisen tai raidelevyyden levenemisen. Laipan nousu aiheutuu poikittaissuuntaisten voimien kasvaessa niin suuriksi, että laippa kohoaa kiskon päälle. Tyypillisesti laipan nousu tapahtuu kaarteissa, jolloin suurin vaikutus on kaarresäteellä, radan ja kiskon profileilla, telin jäykkyydellä ja ajonopeudella. Laipan nousun seurauksena juna voi suistua raiteilta.

Veturin pyörien halkaisija uutena on 1050 mm, ja niiden minimihalkaisija on 890 mm. Pyöräprofiili on S1002, ja pyöränlaippojen sisäpintojen etäisyys, eli niin sanottu Ar-mitta on 1444–1446 mm. Telin keskimmäisten pyöräkertojen pyörien laipat on ohennettu kulkuominaisuuksien parantamiseksi.

Veturissa on laipanvoitelujärjestelmä, joka voitelee kulkusuunnassa ensimmäisen pyöräkerran. Laipanvoitelun tarkoituksena on vähentää pyörän laipan kulumaa sekä melua, joka syntyy pyörän laipan hangatessa kaarteissa kiskoon. Laipanvoitelu vähentää myös kiskon kulumista vaihteissa ja kaarteissa.

Veturissa on kolme jarrujärjestelmää: paineilmajarru, sähködynaaminen jarru ja käsikäyttöinen mekaaninen seisontajarru. Sähködynaaminen jarru vaikuttaa pyöräkertoihin ajomoottoreiden kautta. Paineilmajarrujärjestelmä jaetaan seuraaviin tyyppeihin:

- Itsetoimijarru, joka ohjaa jarrujohdon paineen kautta veturien ja vaunujen jarrusylinterien painetta.
- Suoratoimijarru, joka ohjaa veturin jarrusylinterien painetta.



Kuva 14. Dr18-veturin jarrutönkkä pyörän sisäpuolelta kuvattuna. Jarrutönkässä olevat pyörän laipan yli kaartuvat kitkapinnan osat ovat kuvassa ympyröitynä. (Kuva ja Merkinnot: OTKES)

Paineilmajarru vaikuttaa veturin pyöriin jarrutönkkien kautta. Jarrutönkkien kitkamateriaali on valurautaa.

Jarrutönkät puristavat pyöriä sekä niiden kulkukehältä että laipan päältä. CZ Lokon mukaan kyseisellä rakenteella pyritään maksimoimaan jarrutönkän jarrutusvoima asemoimalla tönkkä mahdollisimman tarkasti pyörälle pituus- ja vaakasuunnassa. Edellä mainittu rakenne, jossa jarrutönkkä puristaa kulkukehän lisäksi pyörän laippaa on tällä hetkellä käytössä Suomessa vain Dr18-veturissa. Pyöräkerran kulkukehän kulumisen, jarrutönkän muodon sekä jarruvivuston rakenteen vaikutuksesta saattaa jarrutuksessa syntyä tilanne, jossa jarrutönkkä koskettaa ainoastaan laipan harjaa. Tässä tilanteessa jarrutönkän aiheuttama pintapaine laipan harjalle on suuri.

Veturin valmistaja on toimittanut Fenniarail Oy:lle Dr18-veturin huolto-ohjelman ja huoltotoimenpiteitä koskevat huolto-ohjeet. Huolto-ohjeet sisältävät perustiedot veturin määräaikaishuolloista ja -korjauksista. Määräaikaishuollot suoritetaan asetetuin väliajoin, ja niiden tarkoituksena on veturin turvallisuuden, luotettavuuden ja käyttötaloudellisuuden varmistaminen. Veturin määräaikaishuolto-ohjelma koostuu viidestä huoltotasosta:

- Taso 0: L0-huolto on veturin päivittäinen tarkastus.
- Taso 1: L1-huolto on veturin käytönaikaista kunnossapitoa ja se tehdään kahden kuukauden tai 10 000 km välein.
- Taso 2: L2-huolto on pieni tarkastushuolto, joka tehdään 12 kuukauden tai 30 000 km välein.
- Taso 3: L3-huolto on veturin laajempi korjaus, joka tehdään 6 vuoden tai 300 000 km välein.
- Taso 4: L4-huolto käsittää veturin peruskorjauksen. Se on suunniteltu tehtäväksi 12 vuoden tai 900 000 km välein.

Huollot, joiden määräväli on annettu aikana sekä kilometreinä, toteutetaan sen mukaan, kumpi kriteereistä täyttyy ensimmäisenä. L0-huollon, eli päivittäisen tarkastuksen, tekee kuljettaja ratapihalla. Muut huollot tekee perehdytetty huoltohenkilöstö varikko- tai konepajaolosuhteissa.

Veturin pyörien ja jarrutönkkien tarkastus- ja huoltotoimenpiteet jakautuvat L0-L2-huoltoihin seuraavasti:

- L0-huollossa pyörät tarkistetaan materiaalsiirtymien ja lovien osalta. Jarrutönkkien kohdalla tarkistetaan, että kitkapinnat ovat yli 15 mm minimipaksuuden. Lisäksi tarkistetaan jarruvivuston oikea asento sekä jarrujen irrotus.
- L1-huollossa pyörät tarkistetaan halkeamien, materiaalsiirtymien ja lovien osalta. Jarrutönkkien osalta tarkistetaan kitkapinnat ja mikäli kitkapintojen paksuus on alle 25 mm vaihdetaan tönkät uusiin. Lisäksi huollossa tarkistetaan jarruvivuston oikea asento sekä jarrujen irrotus.
- L2-huollossa tarkistetaan pyörät halkeamien, materiaalsiirtymien ja lovien osalta. Lisäksi pyöräkerrat mitataan. Jarrutönkkien osalta tarkistetaan kitkapinnat ja mikäli niiden paksuus on alle 25 mm vaihdetaan tönkät uusiin. Lisäksi huollossa tarkistetaan jarruvivuston oikea asento sekä jarrujen irrotus.

Kaikissa huolloissa tehtävien pyöräkertojen tarkastusten perusteella veturi tulee ohjata pyörien sorvaukseen tai niiden vaihtoon, mikäli pyörissä havaitaan vikoja. Näin tulee toimia myös, jos L2-huoltoon kuuluvassa pyöräkertojen mittauksessa havaitaan, etteivät pyöräkertojen mitat ole raja-arvojen sisällä.

Huolloissa tehtävät pyöräkertojen tarkastukset ja mittaukset keskittyvät ainoastaan pyörien kulkukehään. Pyörän laipan osalta L2-huollossa mitataan laipan korkeus, paksuus ja jyrkkyys, mutta laippaa ei tarkisteta esimerkiksi materiaalin siirtymien osalta. Tästä syystä ainoastaan suuret, silmännähtävät vauriot laipassa johtavat jatkotoimenpiteisiin. Huolto-ohjeistus on tyyppillinen kiskoliikennekalustolle, koska laipassa ei normaalisti esiinny materiaalin siirtymiä tai vastaavia muodonmuutoksia.

Dr18-veturin pyöräkertojen tarkastuksissa veturia ei liikuteta tarkastuksen aikana. Tämä hankaloittaa pyörän tarkastusta, koska pyörät eivät ole kaikilta osin esteettä näkyvissä telirakenteiden takaa. Osa rautatiekaluston kunnossapitäjistä on edellä mainitun puutteellisen näkyvyyden takia ottanut käyttöön työtavan, jossa kalustoa liikutetaan tarkastuksen aikana siten, että koko pyörä voidaan tarkastaa vaiheittain.

Tutkinnassa selvisi, että henkilö, joka tekee veturin huoltojen yhteydessä pääosan pyöräkertojen mittauksista, ei ole saanut mittausten suorittamiseen koulutusta suoraan veturin valmistajalta. Hänen perehdytyksensä on hoitanut toinen, valmistajan koulutukseen osallistunut, asentaja. Pyörät mitannut asentaja toimittaa mittaustulokset Fenniarail Oy:n kalustopäällikölle, joka mittaustulosten perusteella päättää jatkotoimenpiteistä. Fenniarail Oy oli aloittanut pyöräkertojen mittaamisen veturin valmistajan ohjeista poiketen myös L1-huoltojen yhteydessä vuoden 2023 alussa. Päätöksen taustalla oli elinkaarensa loppupuolella olevat pyörät sekä lähestyvät telihuollot. Tiheämmän mittaussälin tarkoituksena oli varmistaa, että vaikka pyöräkertojen mitoissa tapahtuisi äkillisiä muutoksia, pysyisivät pyörät silti sallituissa mitoissa ja telihuoltojen ajoitus oikeassa järjestyksessä.

Tarkasteltaessa vuosien 2022–2023 mittaustuloksia, on veturin ensimmäisen pyöräkerran mittauksista havaittavissa, että Dr18-veturin pyörän laippa kuuluu muusta rautatiekalustosta poikkeavasti. Mittaustuloksien mukaan pyörien kuluminen on edennyt lähes lineaarisesti 2.10.2023 mittaukseen saakka, mutta tämän jälkeen tehtyjen mittausten tulokset poikkeavat edellisistä. Pyörien laipan jyrkkyys (qR) on ollut hyvin lähellä sallittua raja-arvoa. Kulkusuunnassa ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän qR-mitta oli 2.10.2023 huollon yhteydessä tehdyssä mittauksessa 6,53 mm, kun raja-arvo on 6,50 mm.

Tutkinnassa havaittiin, että suistuneen veturin pyöräkertojen pyörien laippojen kärjestä oli kulunut osittain pois kalottialue ja pyöräkertojen 1, 3, 4, ja 6 pyöriin oli materiaalin siirtymän seurauksena muodostunut laipan päälle kohouma, purse. Kohouma oli suurin ensimmäisessä ja kuudennessa pyöräkerrassa eli veturin äärimmäisissä pyöräkerroissa. Pyörien laippojen kuluessa edellä kuvatulla tavalla, pyörän laipan korkeus ei välttämättä kasva kulkukehän kuluman mukaisesti, kuten raideliikennekaluston pyörien kuluessa normaalisti tapahtuu. Laipan harjan kuluminen poikkeavaan muotoon saattaa myös vääristää muita mittaustuloksia, kuten qR-mittoja.

Tutkinnassa todettiin, että veturin suistuminen alkoi 1. pyöräkerran oikeanpuoleisesta pyörästä, joka nousi vaihteen V171 kielen päälle. Liikenne- ja viestintäviraston tarkastaja mittasi suistuneen veturin pyöräkerroista laipan korkeuden, paksuuden ja qR-mitan sekä laippojen välisen etäisyyden VR FleetCaren Tampereen varikolla 5.12.2023. Ennen vaurion jälkeistä sorvausta VR FleetCare mittasi pyörät lukuun ottamatta laippojen välistä etäisyyttä Helsingin varikolla 15.12.2023. Mittausten perusteella kaikki pyöräkerrat olivat lähellä raja-arvoja eli niiden käyttörajamittoja¹⁴. Telien keskimmäisten akselien pyörien, pyöräkertojen 2 ja 5,

¹⁴ Käyttörajamitoiksi kutsutaan rautatiekaluston pyörien minimi- ja maksimimittoja, joita käytössä olevan kaluston pyörien mitat eivät saa ylittää.

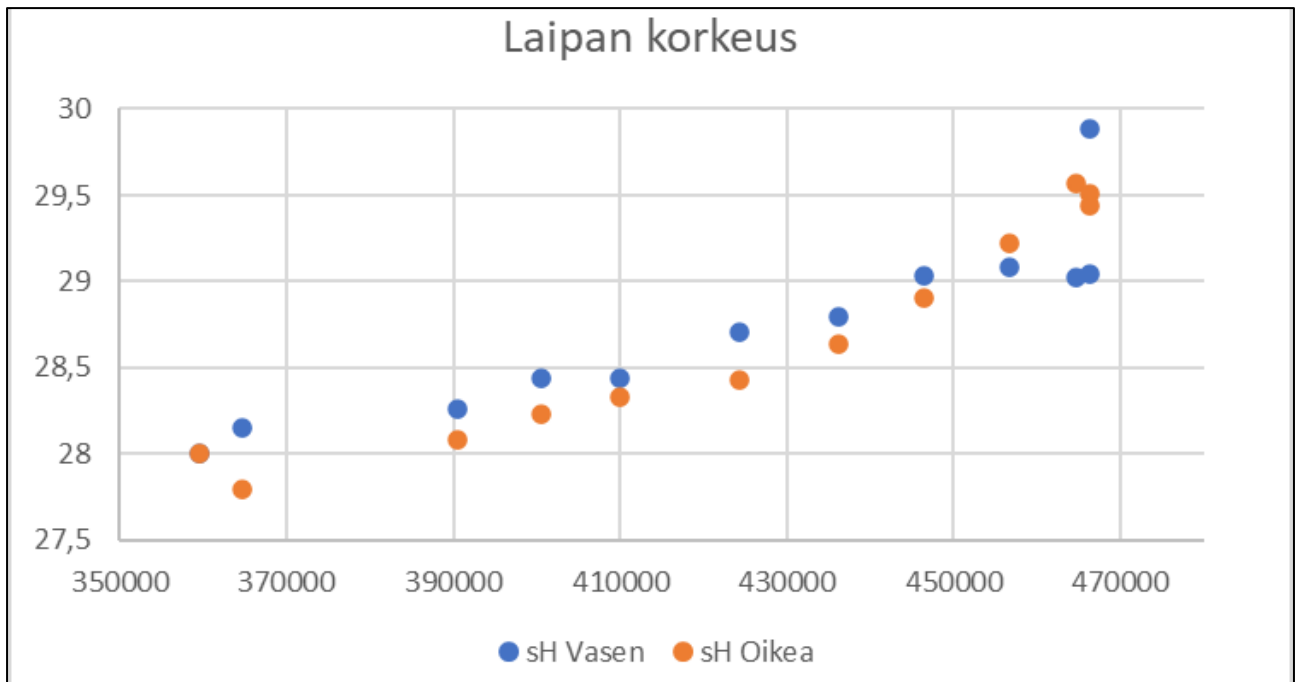
laippojen korkeus oli Yhteentoimivuuden teknisessä eritelmässä (YTE) määriteltyä minimiarvoa pienempi. Veturin huolto-ohjeissa sille ei ole kuitenkaan annettu minimiarvoa, ainoastaan maksimiarvo.

Taulukko 1. Suistuneen veturin pyörien mittaustulokset 5.12.2023 (Sh, sD ja qR), 2.10.2023 (Ar ja Hl) ja 15.12.2023 (D). Pyöräkertojen 2 ja 5 kavennettujen laippojen ohjearvot ovat veturin huolto-ohjeiden mukaan seuraavat: sH= 33 mm (max), sD=15 mm (min) ja qR= 5,0 mm (min). Laipan korkeuden (sH) minimiarvo on YTE:n mukaan 27,5 mm. Edellä mainitun minimiarvon (sH) alittaneet mittaustulokset on merkitty taulukkoon punaisella.

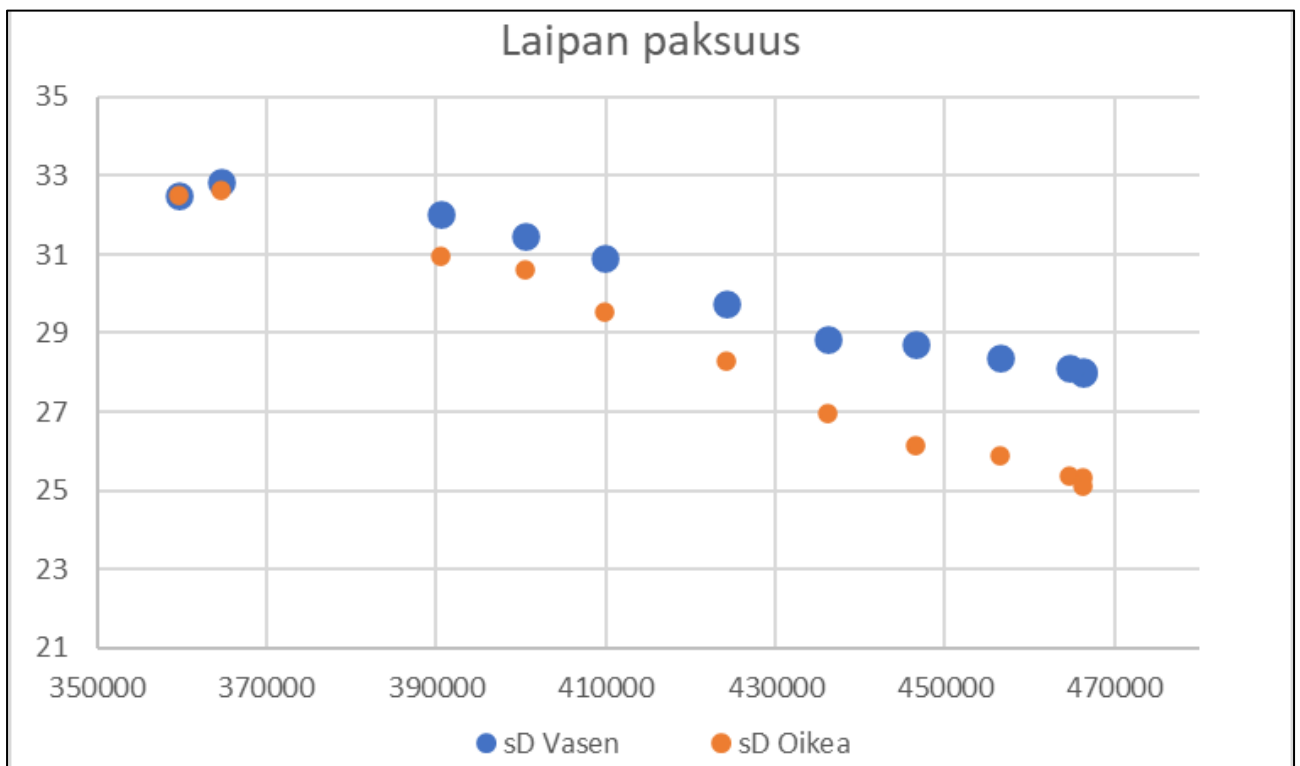
Pyöräkerta	Ar	Vasen					Oikea				
		sH	sD	qR	Hl	D	sH	sD	qR	Hl	D
1	1446	28,89	28,00	7,48	0,22	1032,11	29,51	25,33	7,05	0,11	1034,38
2	1445	26,33	19,18	7,98	0,26	1033,64	26,42	19,42	8,06	0,43	1036,33
3	1445	28,86	29,08	7,79	0,16	1036,26	29,31	24,53	6,76	0,17	1038,88
4	1444	28,60	28,25	7,32	0,19	1033,10	29,00	27,28	6,84	0,15	1036,14
5	1445	26,36	19,37	7,97	0,19	1034,79	26,25	18,59	7,76	0,29	1037,48
6	1445	29,13	29,06	7,82	0,17	1033,80	29,49	25,80	7,39	0,10	1035,75
Ohje-arvo	1442-1448	27,5-36	22-33	min. 6,5	-	1050-890	27,5-36	22-33	min. 6,5	-	1050-890
Selite	Sisäpintojen väli (mm)	Laipan korkeus (mm)	Laipan paksuus (mm)	Laipan jyrkkyyys (mm)	Kulkukehän kuluma	Pyörän halkaisija (mm)	Laipan korkeus (mm)	Laipan paksuus (mm)	Laipan jyrkkyyys (mm)	Kulkukehän kuluma	Pyörän halkaisija (mm)

Taulukko 2. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran mittaukset vuosilta 2022-2023.

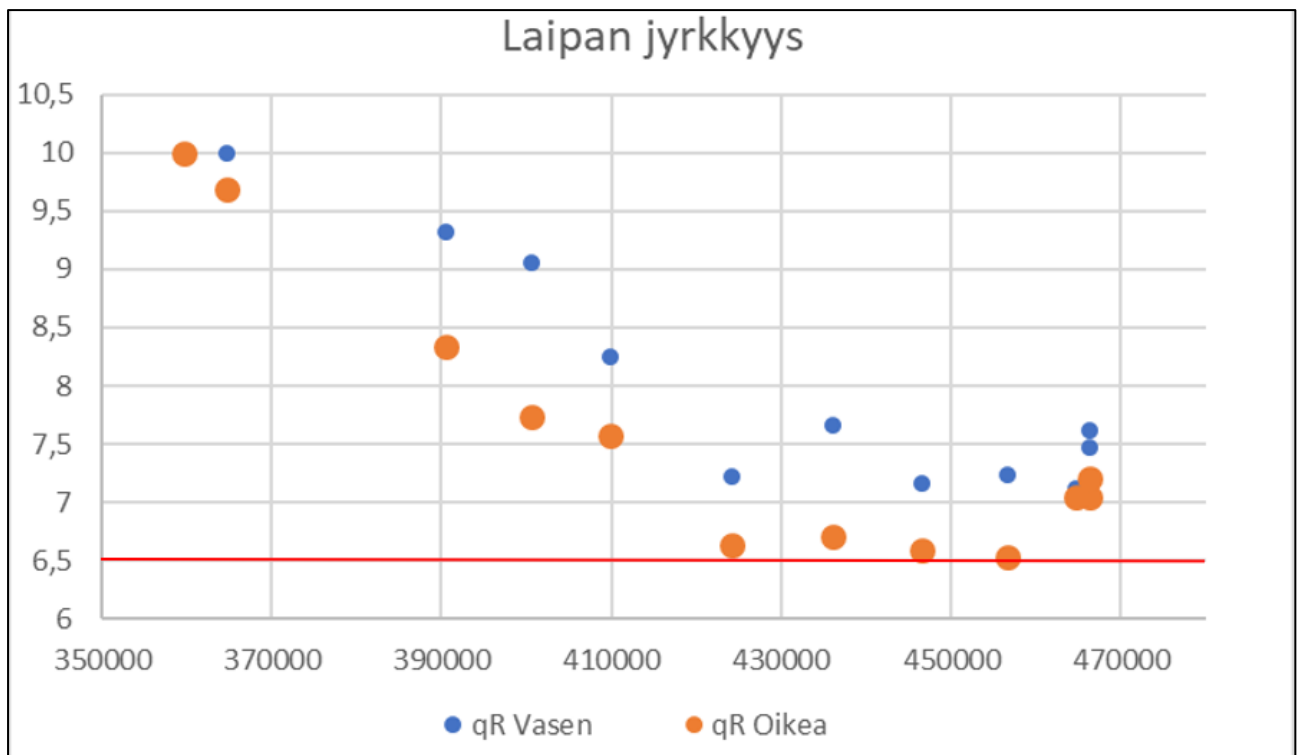
Mittauspäivä	Vasen				Oikea				Kilometri-lukema
	sH	sD	qR	Hl	sH	sD	qR	Hl	
5.12.2023	29,89	28	7,48	-	29,51	25,33	7,05	-	466238
1.12.2023	29,04	28,05	7,62	-	29,44	25,11	7,21	-	466238
22.11.2023	29,02	28,1	7,12	0,19	29,57	25,37	7,05	0,13	464677
2.10.2023	29,08	28,38	7,24	0,22	29,22	25,9	6,53	0,11	456587
21.8.2023	29,03	28,71	7,16	0,17	28,91	26,15	6,59	0,1	446528
10.7.2023	28,8	28,84	7,66	0,19	28,64	26,94	6,71	0,08	436126
29.5.2023	28,71	29,75	7,22	0,14	28,43	28,27	6,63	0,1	424255
5.4.2023	28,44	30,9	8,25	0,13	28,33	29,55	7,58	0,09	409884
23.2.2023	28,44	31,49	9,06	0,18	28,23	30,61	7,74	0,1	400541
16.1.2023	28,26	32,01	9,32	0,15	28,08	30,97	8,34	0,1	390449
9.8.2022	28,15	32,84	10	0,19	27,8	32,62	9,69	0,14	364629
7.7.2022	28	32,5	10	-	28	32,5	10	-	359669



Kuva 15. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran laipan korkeuden (sH) muutos aikavälillä 7.7.2020–5.12.2023. Kuvaajan x-akselilla on veturin kilometrilukema ja y-akselilla laipan korkeus, sH (mm). (Kuva: OTKES)



Kuva 16. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran laipan paksuuden (sD) muutos aikavälillä 7.7.2020–5.12.2023. Kuvaajan x-akselilla on veturin kilometrilukema ja y-akselilla laipan paksuus, sD (mm). (Kuva: OTKES)



Kuva 17. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran laipan jyrkkyuden (qR) muutos aikavälillä 7.7.2020–5.12.2023. Kuvaajan x-akselilla on veturin kilometrilukema ja y-akselilla laipan jyrkkyys, qR (mm). Laipan jyrkkyyttä kuvaavan qR-arvon muutos poikkeaa muiden kalustojen pyöräkertojen kulumisesta. Laipan jyrkkyuden raja-arvo, 6,50 mm on merkitty kuvaan punaisella viivalla. (Kuva: OTKES)

Vop-raakapuuvaunuja voidaan käyttää raakapuun ohella puupylväiden kuljettamiseen. Yksittäisen vaunun pituus on 14,62 m. Vaunun omapaino on 25 t ja suurin sallittu kokonaispaino 90 t. Vaunut on varustettu SA3-keskuspuskimin. Vaunut on rakennettu raakapuun tuontiin Venäjältä. Raakapuun tuonnin loputtua keväällä 2022 Ukrainan sodan takia vaunujen käyttö Suomen sisäisessä liikenteessä sallittiin Raideliikennelain muutoksella 22.6.2023 väliaikaisesti vuoden 2026 loppuun asti.



Kuva 18. Vop-raakapuuvaunu. (Kuva: Fenniarail)

2.1.2 Rata

Tampereen henkilöratapihaa on uusittu vuosien kuluessa useita kertoja. Nykyisen muotonsa ratapiha sai 1980-luvulla. Nykyisin käytössä olevat kiskot, betonipölkkyt ja vaihteet on asennettu pääsääntöisesti vuosien 1993 ja 2002 välisenä aikana.

Onnettomuuspaikalla rata on kolmiraitainen. Raiteiden kiskotus on 60E1 kiskoa, ratapölkkyt betonia ja tukikerros sepeliä. Pääraiteen kiskot on hitsattu jatkuvakiskoraiteeksi¹⁵. Kiskojen kiinnitys on pääosin Pandrol¹⁶- tyyppinen.

Suistuminen tapahtui ratakilometrillä 0188+0044 vaihteessa V171. Vaihde sijaitsee länteen päin kääntyvän jyrkän kaarteeseen pohjoispuolella. Kaarteen säde (R) on 350 m. Vaihteen kohdalla rata nousee 9‰ kaltevuudella kohti pohjoista. Kaarre, vaihdekuja ja radan kaltevuus lisäsivät junan vetovoiman tarvetta vaihteessa V171.

Vaihde V171 on tyyppiltään YV60-300-1:9-V. Kyseessä on lyhyt kallistettu vaihde, joka on asennettu vuonna 2000. Vaihteen nimellinopeus on 35 km/h. Itäisen yhdysliikenteen vaunuilla, kuten Vop-raakapuuvaunuilla, kalustokohtainen nopeusrajoitus tämän tyyppisissä vaihteissa on 20 km/h.



Kuva 19. Kuva vaihteesta V171 junan T7121 tulosuunnasta katsottuna. Suistunut veturi oli kulkemassa vaihteesta vasemmalle siirtyäkseen Lielähteen johtavalle läntiselle raiteelle. Kuvassa vaihde on eri asennossa kuin onnettomuushetkellä. (Kuva: OTKES)

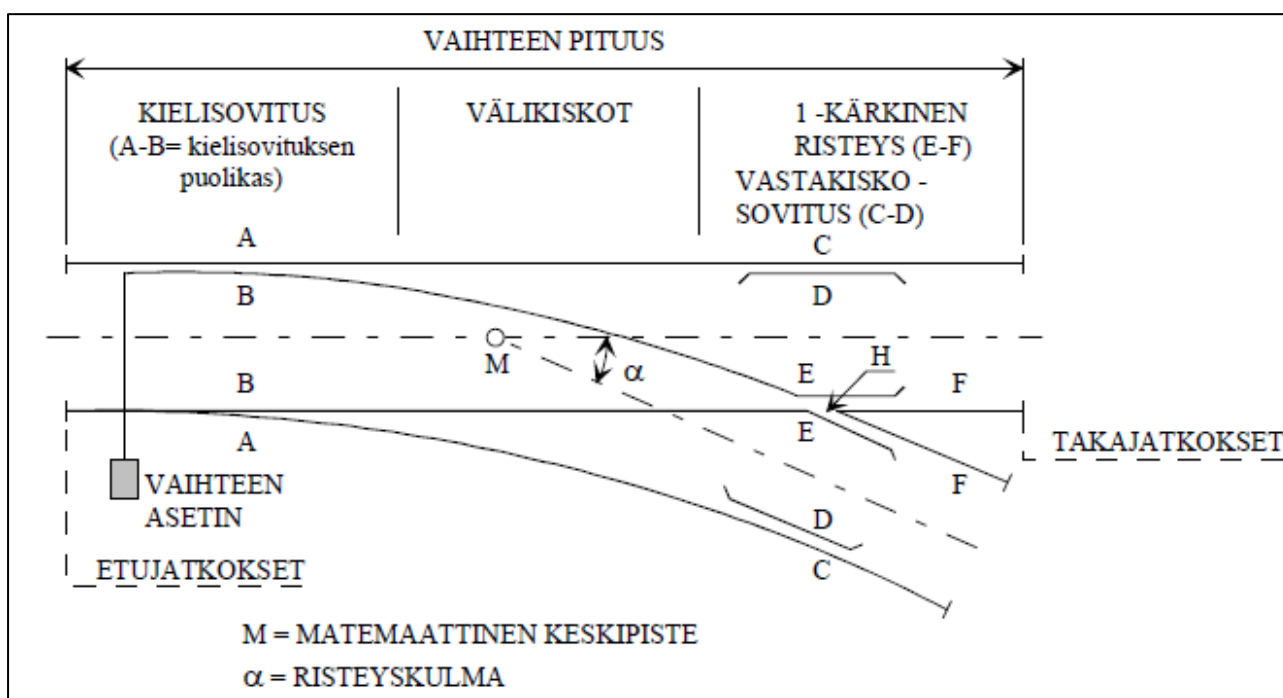
Vaihde V171 sijaitsee ylämäessä ja tiukassa kaarteessa. Sijainnin seurauksena sekä suoralle että poikkeavalle raiteelle ajava kalusto kulkee vaihdealueella todennäköisemmin laippakontaktissa, eli pyörän laippa koskettaa koko ajan kiskon

¹⁵ Jatkuvakiskoraide on raide, jossa kiskon pituus on yli 300 m. Jatkuvakiskoraide mahdollistaa suuret nopeudet, rakenteiden pienemmät dynaamiset rasitukset ja paremman matkustusmukavuuden. Jatkuvakiskoraiteessa lämpötilan muutosten aiheuttamat kiskon pituuden muutokset on estetty kiskon päitä lukuun ottamatta. Jatkuvakiskoraide mahdollistaa yli 120 km/h nopeuden ja yli 225 kN:n akselipainojen säännöllisen käytön.

¹⁶ Pandrol on jousimainen kiskokiinnike, jolla kisko kiinnitetään betonipölkkyssä olevaan aluslaattaan.

kylkeen. Kyseinen tilanne on ei-toivottu, sillä se kuluttaa vaihdetta vastavaihteeseen¹⁷ ajettaessa molemmilla reiteillä. Tällöin vaihteen kuluminen on normaalia nopeampaa sekä epätasaista, jonka seurauksena vaihteen kunnossapitotarve kohoaa. Epätasaista kulumista voitaisiin ehkäistä sijoittamalla vaihde siten, että sen edessä olisi kaarteeseen sijaan suora raideosuus. Kyseinen paikka on kuitenkin sijainniltaan ahdas, eikä vaihteen parempi asemoiminen ole välttämättä mahdollista.

Vaihde V171 on vilkkaasti liikennöity. Fintraffic Raiteen tietojen mukaan esimerkiksi marraskuussa 2023 vaihdetta V171 käytti yhteensä 2389 junaa. Vaihteen V171 yli kulkevan liikenteen profiili muuttui nopeasti helmikuun 2022 jälkeen. Siihen asti Venäjältä Porin Mäntyluodon satamaan kulkeneet raskaat hiilijunat kulkivat vaihteesta pääasiassa poikkeavalle raiteelle ja kuluttivat voimakkaasti vaihteen kieltä sekä tukikiskoa. Hiilijunaliikenne loppui maaliskuussa 2022 Venäjälle asetettujen pakotteiden myötä. Tämän jälkeen suurin osa vaihdetta käyttäneestä liikenteestä kulki vaihteesta suoraan. Liikenteen muutos vaikutti vaihteen V171 kulumiseen siten, että vaihteen kieli ja tukikisko kuluivat aiempaa epätasaisemmin. Kulumisen muutoksen seurauksena myös vaihteen kunnossapitotarve kohosi. Vaihteen V171 huoltoväli tihennettiin vuonna 2022 kuudesta kuukaudesta kolmeen kuukauteen.



Kuva 20. Vaihteen pääosat: A = tukikiskot, B = kielet (tukikiskot ja kielet muodostavat yhdessä kielisovituksen), C = vastakiskojen tukikiskot, D = vastakiskot (tukikisko ja vastakisko muodostavat yhdessä vastakiskosovituksen), E = siipikiskot, F = kärkikiskot (kärkikiskot muodostuvat risteyksen kärkiosasta ja siihen hitsatuista jatkekiskoista, siipikiskot ja kärkikiskot muodostavat 1-kärkisen risteyksen), M = vaihteen matemaattinen keskipiste (vaihteen risteyskulman mukainen suoran ja poikkeavan raiteen keskilinjojen leikkauspiste), H = risteyksen matemaattinen risteyspiste, risteyksen kulkureunojen leikkauspiste, α = vaihteen risteyskulma, joka ilmoitetaan tavallisesti vaihteen risteysuhteena, esimerkiksi 1:9. (Piiros: Väylävirasto)

¹⁷ Vastavaihteeseen ajettaessa tarkoitetaan tilannetta, jossa vaihdetta lähestytään vaihteen kielen kärjistä kohti sen kielen kantoja (Kuva 19.).

Suistumisjälkien perusteella veturin kulkusuunnassa oikeanpuoleinen ensimmäinen pyörä nousi vaihteen kielen päälle heti kielen kärjessä. Pyörän laippa kulki kielen päällä tukeutuen tukikiskoon ja putosi lopulta kielen ja tukikiskon väliin kääntöavustimen kohdalla. Vaihteen kieli vääntyi irti tukikiskosta aiheuttaen kääntöavustimen tankojen taipumisen.

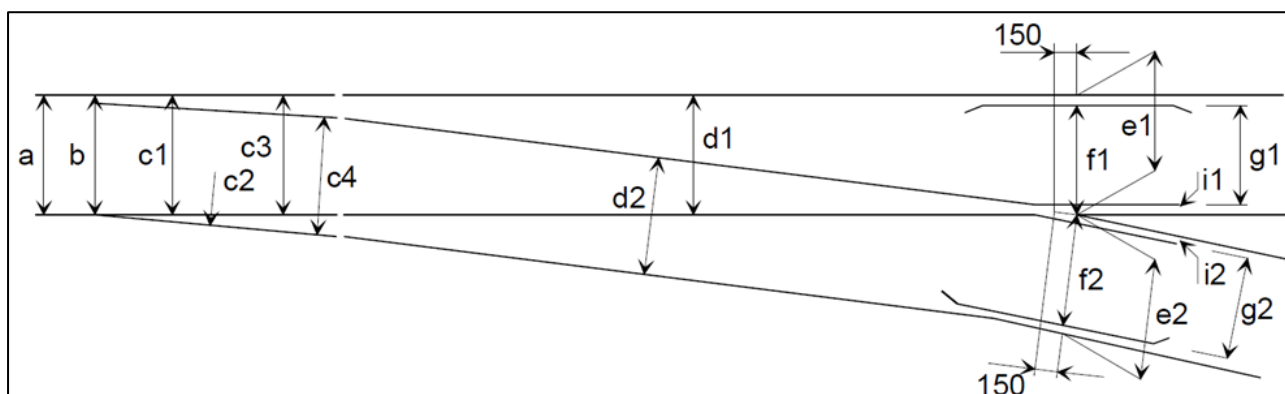
Raiteelta suistunut ensimmäinen pyöräkerta suisti kulkusuunnassa ensimmäisen telin kiskoilta ja ohjasi sen suoraan vaihteessa V171. Suistunut etuteli kulki vaihteesta suoralle raiteelle, ja takateli kääntyi poikkeavan vaihteen suuntaan vasemmalle. Kiskoista löytyneiden jälkien perusteella voitiin määrittää veturin takatelin tarkka suistumiskohta.

Veturin suistuminen ja kääntyminen vinoon raiteiden väliin puolestaan suisti junan ensimmäisen vaunun telin kiskoilta hieman ennen liikkeen pysähtymistä.



Kuva 21. Vaihteen RATO-ohjeen mukainen mittaus Vatjus-mittauslaitteella. Kuvassa mitataan vaihteen a-mittaa. (Kuva: OTKES)

Onnettomuuden tutkinnassa havaittiin vaihteen V171 olevan silmämääräisesti hyvin kulunut. Onnettomuutta ennen tehtyjen mittausten mukaan vaihde oli osin kulunut yli sallittujen kunnossapitotoleranssien ja mittauskohdassa b, eli vaihteen kielen kärjen kohdalla, kiskojen väli oli akuuttirajalla. RATO-ohjeiden mukaan todettu kunnossapitotoleranssin ylitys edellyttää kunnossapitäjältä korjaussuunnitelman esittämistä tilaajalle. Akuuttirajan ylitys vastaavasti edellyttää liikenteen keskeyttämistä ja välittömiä kunnossapitotoimenpiteitä vaihteessa.

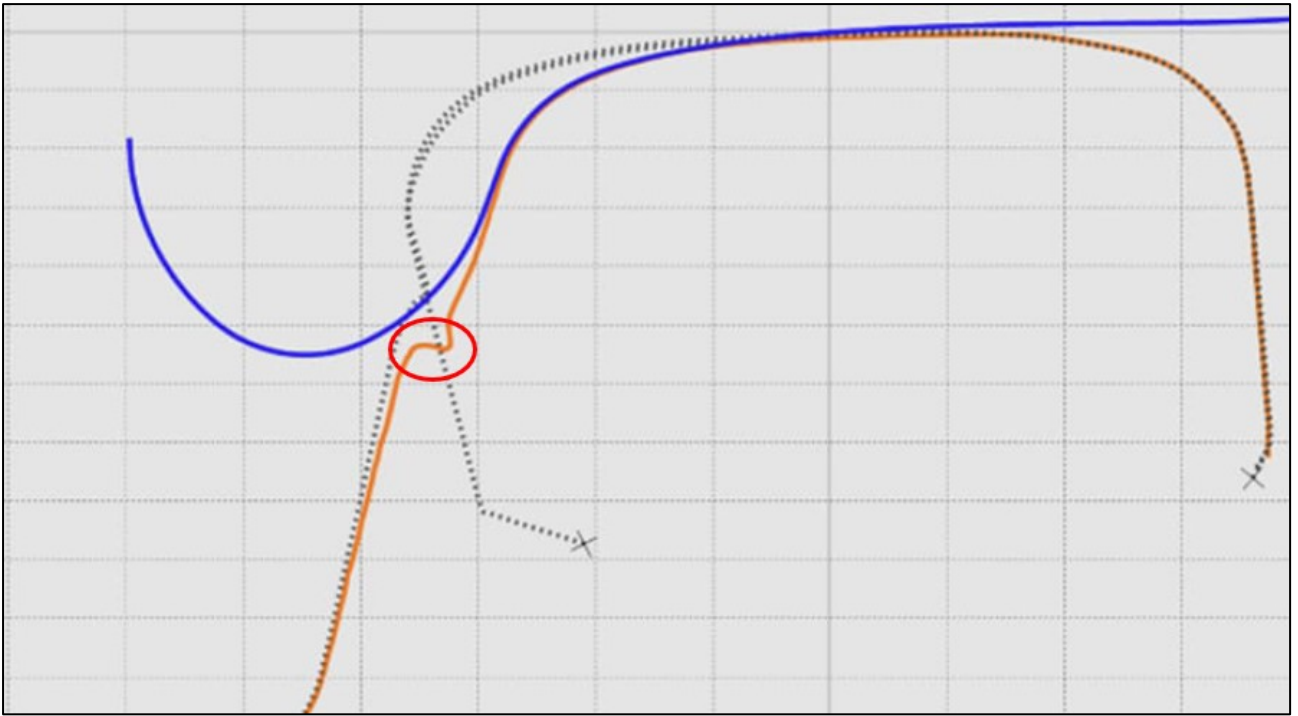


Kuva 22. Väyläviraston RATO-ohjeen mukaiset mittauskohdat vaihteessa. (Kuva: Väylävirasto)

Taulukko 3. Vaihteen V171 mitat 5.10.2023 suhteessa YV60-300-1:9-tyypin vaihteen kunnossapitotoleransseihin. Taulukkoon on merkitty punaisella arvot, jotka ovat toleranssien tai akuuttirajan yli tai rajalla. RATO-ohjeissa määritellyt kiskovälimittausten raja-arvot ovat samat vaihdealueilla ja linjaosuuksilla.

Mitta	V171 5.10.2023	Nimellismitta	Kunnossapitotoleranssit, pääraide		Akuuttiraja	
			+	-	+	-
a	1532	1524	6	-3	1535	1520
b	1532	1525	5	-3	1532	1520
c1	1534	1524	6	-3	1535	1520
c2	1535	1524	7	-3	1547	1520
c3	1529	1524	6	-3	1535	1520
c4	1531	1524	15	-3	1547	1520
d1	1524	1524	6	-3	1535	1520
d2	1535	1524	15	-3	1547	1520
e1	1523	1524	3	-3	1527	1519
e2	1521	1524	3	-3	1527	1519
f1	1480	1482	2	-2	1586	1478
f2	1480	1482	2	-2	1486	1478
g1	1435	1438	0	-4	1440	1432
g2	1438	1438	0	-4	1440	1432
i1	45	44	3	-1	49	41
i2	42	44	3	-1	49	41

Erityisesti vaihteen kielen yläreuna ja tukikiskon sivu olivat voimakkaasti kuluneet. Kielen kuluma muodosti lähes vaakasuoran tason, pykälän, kielen yläpintaan. Tämä kielen päälle muodostunut pykälä mahdollisesti pyörän pysymisen kielen päällä. Kielen ja tukikiskon, kulumasta todetaan RATO-ohjeissa, että tukikiskon *sivukuluneisuus ei saa ylittää hamaran alareunaa*. RATO-ohjeiden osassa 12 on lisäksi ohjeistettu mittatulkin käyttö viimeistelyhionnan yhteydessä (kuva 39.). Mittatulkissa olevilla neljällä mittamallilla mitataan tukikiskon kuluneisuus, kielen muoto ja korkeussuhteet tukikiskoon nähden.



Kuva 23. Vaihteen V171 mittauksien perusteella tehty poikkileikkauspiirros vaihteen kielen ja tukikiskon kulumasta kielen kärjen kohdalla. Punaruskea käyrä osoittaa vaihteen V171 kuluneen kielen ja tukikiskon profiilin. Musta katkoviiva on uuden kielen ja uuden tukikiskon profiili. Sininen käyrä kuvaa uuden S1002 profiilin mukaisen pyörän asettumisen kuluneeseen tukikiskoon. Kielen päälle muodostunut vaakasuora taso, pykälä, on ympyröity. (Kuva: Tampereen yliopisto)

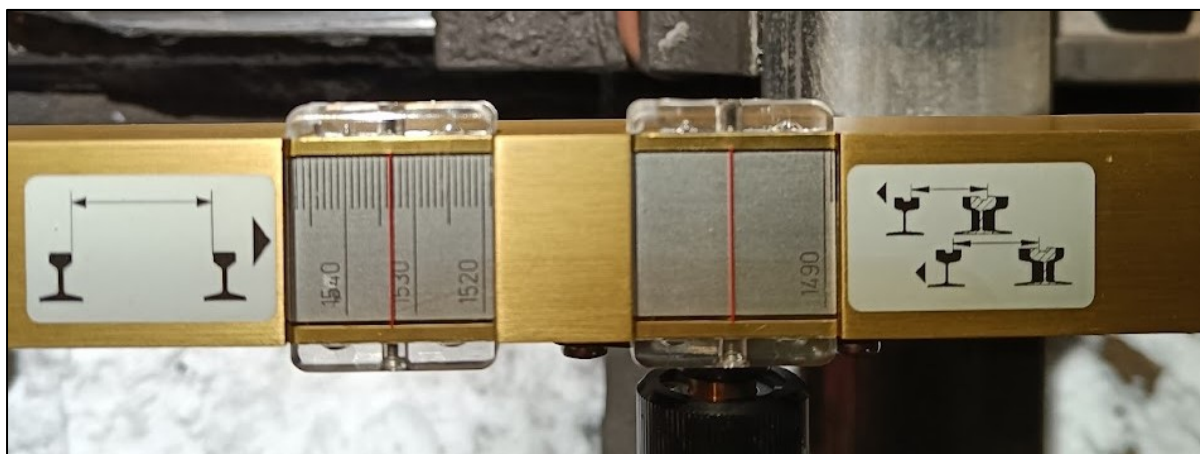
Tutkinnassa havaittiin vaihteen V171 kielessä, noin 90 cm:n etäisyydellä kielen kärjestä, lohkeama. Kyseisessä kohdassa kielen päällimmäinen terävä reuna oli lohjennut noin 10 cm:n matkalta, joka näkyi kielen poikkileikkausprofiilin muodonmuutoksena. Lohkeamaa ei havaittu vaihteessa edellisten tarkastusten (5.10.2023 ja 30.6.2023) yhteydessä, joten on mahdollista, että suistuminen on aiheuttanut lohkeaman.



Kuva 24. Vaihteen V171 kielen ja tukikiskon kuluma ja kielessä noin 90 cm päässä kielen kärjestä ollut lohkeama (ympyröity). Lohkeaman pituus on merkitty kuvaan punaisella viivalla. (Kuva: Tampereen yliopisto, Merkinnät: OTKES.)

Onnettomuuden jälkeen 1.12.2023 päivystävä rataisännöitsijä mittasi vaihteen V171 kielisovitusalueen kielen ja tukikiskon kuluneisuutta kielisovitustulkilla. Mittauksen mukaan kielisovitusalue oli erittäin kulunut sekä kielen edestä että kielen kärjestä.

Samassa yhteydessä rataisännöitsijä ja Tampereen yliopiston tutkimuskeskus Terran tutkijat mittasivat kielisovitusalueen raidelevyettä Vogel & Plötscherin RCA-raidelevyysmittarilla. Mittaus osoitti, että vaihteen V171 a-mitta oli 1532,5 mm ja b-mitta 1533,5 mm. Vaihteen b-mitta ylitti mittauskohdalle määritetyn akuuttirajan 1,5 millimetrillä. On kuitenkin huomioitava, että suistumisen jälkeen tehtyjä mittauksia ei voida pitää luotettavina, koska vaihde on todennäköisesti vaurioitunut suistumisessa.



Kuva 25. Vaihteen V171 kielisovitusalueen raidelevyeden b-mitan mittaus 1.12.2023 Vogel RCA-raidelevyysmittarilla. Kuvassa nähtävissä 1,5 mm ylitys määritetystä akuuttirajasta. (Kuva: Dexit Oy)

Onnettomuustutkinnan aikana selvitettiin vaihteen V171 kunnossapitohistoriaa. Vaihteen laajennetuissa vuositarkastuksissa oli todettu vuosina 2021–2022 toistuvasti vaihteen kunnossapitorajan ylityksiä sekä akuuttirajalla olevia mittoja vaihteen teräsosien mittauskohdissa a, b ja c1. Osittain tästä syystä vaihteen tarkastusväliä oli tihennetty. Vaihteen tarkastuksessa 4.5.2022 havaittiin VO kielisovituksen¹⁸, välikiskon ja risteyksen vaihtotarve. Tarkastuksessa todettu vaihtotarve kirjattiin RAIKU¹⁹-sovellukseen, mutta korjaussuunnitelmaesitystä ei tehty. RYHTI²⁰-sovelluksessa ei ollut merkintää vaihteen V171 laajemmasta korjauksesta tai vaihteen uusimisesta.

Vaihteelle tehdyssä laajennetussa vuositarkastuksessa 27.7.2022 todettiin vaihteessa käyrän puoleisen vastakiskon vaihtotarve. Vaihteen molemmat vastakiskot vaihdettiin 5.4.2023, ja korjaustoimenpiteestä tehtiin merkintä RAIKU-sovellukseen. Tutkinnan yhteydessä kävi ilmi, että vaihteeseen V171 ei ollut tehty laajennettua tarkastusta vuoden 2023 aikana. Vaihteen laajennettu tarkastus oli suunniteltu tehtäväksi ohjeistuksesta poiketen vasta vuoden 2024 aikana.

¹⁸ VO kielisovitus; vasenkätisen vaihteen oikeanpuoleinen kieli ilmoitetaan tunnuksella "VO".

¹⁹ Rataverkon ja -laitteiden kunnossapidon sovellukseen (RAIKU) kirjataan kaikkien ratakohteiden osalta havaitut huomiot ja viat sekä tehdyt tarkastukset ja toimenpiteet. Sovellus on ratojen kuntotiedon hallintajärjestelmä Väylän, valvontaorganisaation ja urakoitsijoiden sekä sidosryhmien käyttöön. Kunnossapidon kirjauksia voi tehdä useille ominaisuuslajeille. Kirjaukset voidaan tehdä myös mobiilisovelluksella. Sovellus on käytössä kaikilla radan kunnossapidon alueilla.

²⁰ Rataverkon ja -laitteiden ylläpidon ohjelmointisovellus (RYHTI) auttaa tekemään ratakohteiden ylläpidon keskipitkän ja pitkän aikavälin suunnittelua ja toimeenpanoa. Sen avulla kerätään keskitetysti ratakohteiden toimenpide-ehdotuksia ja huomioidaan ne ylläpidon ohjelmoinnissa. Toimenpiteiden käsittely järjestelmässä jättää päätöksentekohistorian perusteluineen talteen.

Viimeisessä, ennen onnettomuutta suoritetussa vaihteen V171 vaihdemittauksessa 5.10.2023²¹, todettiin kunnossapitotoleranssin ylitykset vaihteen mittauskohdissa; a, b, c1, c2, ja i2, joista b-mitta oli akuuttirajalla. Mittaushavainnoista huolimatta korjaussuunnitelmaa tilaajalle ei tehty, eikä vaihteen teräsosia vaihdettu ennen onnettomuutta. Toisaalta tilaajakaan ei vaatinut vaihteen korjaussuunnitelman tekemistä. Rataisännöinti otti vaihteeseen V171 liittyvät mittatoleranssien ylitykset esille seurantakokouksessa vasta suistumisonnettomuuden jälkeen. Tilaajan (rataverkon haltija), valvonnan (rataisännöinti) ja toimittajan (kunnossapitäjä) välinen tiedonkulku ja kommunikaatio ei ollut tässä tilanteessa toiminut, eikä vaihteen V171 teräsosien kriittistä tilaa tunnistettu riittävän hyvin.

Tutkinnan yhteydessä ilmeni, että Tampereen liikennepaikalla sijaitsevat vaihteet ovat mittaustulosten perusteella huonokuntoisempia kuin vaihteet muualla Suomessa.

Vaihteen V171 kääntölaite oli tyypiltään Siemens Bs9 malli 783EA. Kääntölaite oli tyypiltään Ei Aukiajettava²². Kääntölaite oli varustettu sisäisellä mekaanisella lukolla ja vaihteen kääntäminen tapahtui sähköisesti. Vaihteen V171 kääntölaite ei vaurioitunut suistumisen yhteydessä.

Onnettomuushetkellä vaihteessa V171 ollut kääntölaite toimitettiin tarkastettavaksi kääntölaitehuoltoon. Kääntölaitteessa ei havaittu vaurioita, joten sen kohdalla ei ollut tapahtunut suistumaa tai aukiajoo²³. Kyseinen kääntölaite oli vaihdettu huolto-ohjelman mukaisesti 26.10.2020. Suistuman jälkeen vaihteen V171 kääntölaite vaihdettiin huollettuun kääntölaitteeseen.

Vaihteen V171 Railex kääntöavustin oli tyypiltään R102, tunniste VLU 1201. Kääntöavustin avustaa vaihteenkääntölaitetta vaihteen käännessä pääteasennosta toiseen niin, että se käännon lopussa painaa kieltä tukikiskoa vasten.



Kuva 26. Vaihteen kääntöavustimen akseli vääntyi suistumisen seurauksena. (Kuva: OTKES)

²¹ Vaihdetarkastus; ID 1564721.

²² Aukiajettava kääntölaite on suunniteltu siten, että se ei rikoontu vaihteen aukiajossa, vaan antaa ainoastaan hälytyksen aukiajosta asetinlaitteelle. Ei Aukiajettava kääntölaite rikkoontuu vaihteen aukiajossa.

²³ Aukiajolla tarkoitetaan vaihteen liikennöintiä kannan suunnasta myötävaihteeseen, kun vaihde on kulkusuuntaan nähden väärässä asennossa.

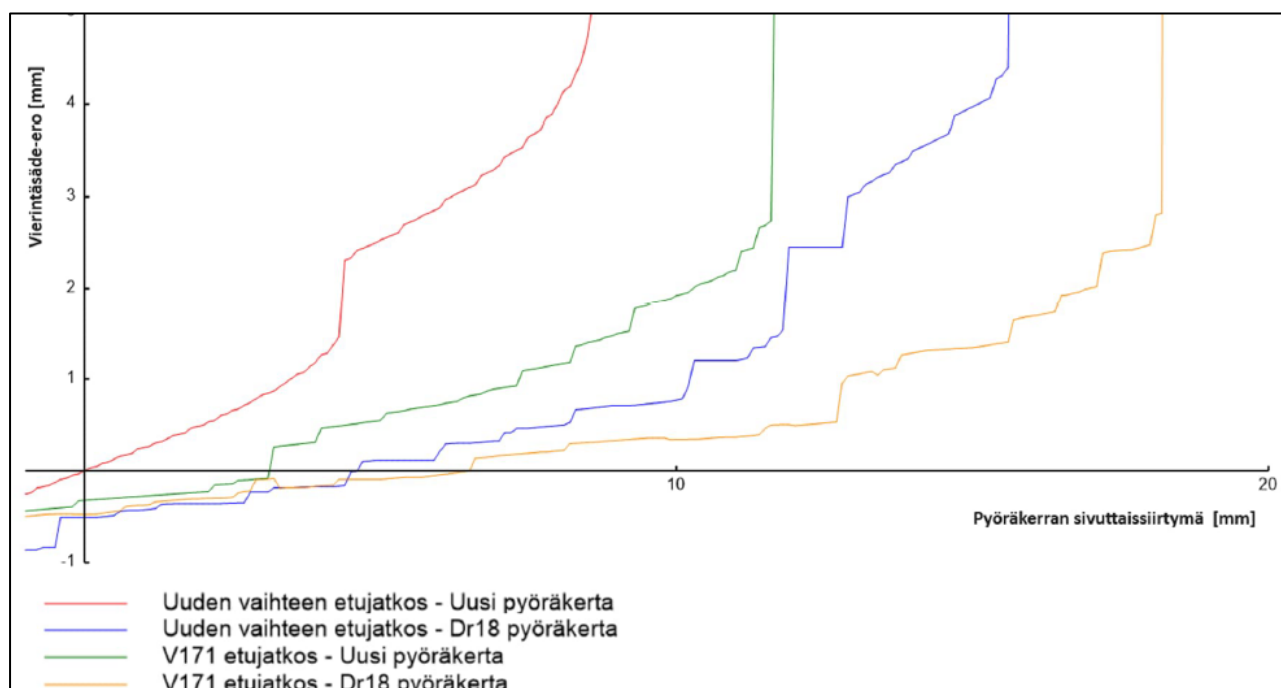
Vaihteen V171 kääntöavustimen kotelo, suojakaaret ja tangot vaurioituivat onnettomuudessa. Kääntöavustin vaihdettiin huollettuun laitteeseen ja vaurioitunut kääntöavustin toimitettiin tutkimuksiin. Vaurioituneen kääntöavustimen kokonaisen akselin ja haarukkapäiden kuntoa ei voitu tutkia, koska radan kunnossapitäjä oli katkaissut ne kääntöavustinta irrottaessaan. Muilta osin kääntöavustin toimi tarkastuksissa suunnitellusti.

Vaihteen V171 vaihteenkosketin oli tyypiltään Siemens ELP 319.

Vaihteenkoskettimen tehtävä on valvoa vaihteen asentoa kääntöavustimen kohdalla. Kosketintieto välitetään vaihteen kääntölaiteen kaapelointien kautta asetinlaitteelle. Suistumisessa veturin pyöräkerta nousi ensin vaihteen kielen päälle, putosi sitten kielen ja tukikiskon väliin ja pakotti kieltä erilleen tukikiskosta. Kyseisessä tilanteessa kääntöavustimen akselit vääntyivät ja vaihteenkosketin antoi asetinlaitteelle aukiajoilmaisun kello 19.26.20.

2.1.3 Kaluston ja radan yhteensopivuus, kulkuvarmuus

Dr18-veturille on ominaista ohjaavan pyöräkerran suuri kohtauskulma kaarteessa ajettaessa. Se johtuu telin äärimmäisten akselien pitkästä etäisyydestä toisiinsa. Lisäksi akseliohjaimet ovat laakeroitu lähes jäykästi telikehykseen. Telikeyhksen laakeripuslana toimii metalli-/kumielementti, jonka joustovara on pieni. Se ei anna pyöräkerran asettua kaarteessa kaarresäteen mukaisesti, mikä olisi ihanteellinen tilanne, kun pyöräkerrassa on riittävä kartiokkuus²⁴. Dr18-veturille on ominaista pyörien kuluminen pienelle kartiokkuudelle, jolloin pyöräkerran ohjautuvuus kaarteessa heikkenee.



Kuva 27. Uuden pyöräkerran sekä suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran pyörien väliset vierintäsäde-erot liikuttaessa kohti ulkokaarretta uuden vaihteen etujatkoksessa sekä vaihteen V171 etujatkoksessa. (Kuva: Tampereen yliopisto)

²⁴ Rautatiekaluston pyörien kulkukehät ovat profiililtaan kartioita. Kartiokkuus lasketaan pyörien vierintäsäteiden erona nimelliseltä kulkukehältä 3 mm poikkeutettuna. Laskennassa huomioidaan kiskon profiili.

Veturin telin sekundäärijousitus on kallistettu sisäänpäin (Kuvat 12. ja 13.), jolloin jousivoima pyrkii keskittämään veturin rungon keskeisesti teliin nähden. Telin jouselementit ovat pituussuunnassa erillään, joten jousitus pyrkii pitämään telin rungon suuntaisena eli vastustaa telin kääntymistä. Näiden tekijöiden vaikutuksesta telin ohjaavan pyörän poikittaisvoimat ovat suuret.

Veturin valmistaja on osana veturin hyväksyntätestausta tehnyt Tšekeissä veturille EN 14363:2005 standardin menetelmä 2²⁵ mukaisen staattisen kiskoillapysymisvarmuuden testin. Staattinen testi tarkoittaa veturin suistumisherkkyyden laskemista punnittujen pyöräpainojen ja mitattujen poikittaisvoimien perusteella. Testiraportissa²⁶ todetaan suistumisherkkyyttä kuvaavan Y/Q-suhteen²⁷ olevan tyydyttävissä lukemissa, eli $\leq 1,2$. Standardin mukainen raja-arvo Y/Q-suhteelle on 1,2 pyörälle, jonka laippakulma on 70°.

Tampereen yliopisto on mitannut Väyläviraston toimeksiannosta²⁸ rautatiekaluston rataa aiheuttamia pysty- ja poikittaisvoimia. Dr18-veturin ohjaavan pyörän poikittaisvoimat vaihtelevat mittausten perusteella ajonopeudesta 5 – 35 km/h riippuen 95 kN -> 125 kN. Näiden mittausten perusteella lasketut Y/Q-suhteet vaihtelevat 0,79 -> 0,95. Yleisesti voidaan todeta veturin aikaansaamien poikittaisvoimien olevan suuria ja näin myös Y/Q-suhde on korkealla tasolla.

Kaarteessa Dr18-veturin teli asettuu aina siten, että ohjaava pyörä on laippakosketuksessa ja telissä vastakkaisen kulman pyörä on vastaavasti lähes laippakosketuksessa. Tämä näkyy selvästi laippojen kulumisprofiilissa. Onnettomuusvaihteessa V171 oli nimellismittaa (1524 mm) leveämpi raideväli (a-mitta 1535 mm), mikä lisää ohjaavan pyörän kohtauskulmaa, joka vastaavasti kasvattaa suistumisriskiä.

Vaikka junan tyhjiä tavaravaunujen yhdistetty massa (22 x 25 t = 550 t) ei ollut kovin suuri, seuraavat seikat vaikuttivat onnettomuustilanteessa veturin suistumisriskin kasvuun;

- a) Veturin kolmiakselisen telirakenteen pituus johtaa telikeskiön ja SA3-kytkimen vetokynnen pitkään etäisyyteen, mikä kasvattaa momenttivartta ja näin etummaisen telin poikittaisvoimaa ulkokaarten puolelle.
- b) Radan 9 ‰ nousu ja vaunujen melko suuri kulkuvastus lisäsivät vetovoiman tarvetta, mikä yhdessä kohdan a) kanssa lisäsi etummaisen telin poikittaisvoimaa ulkokaarten puolelle.

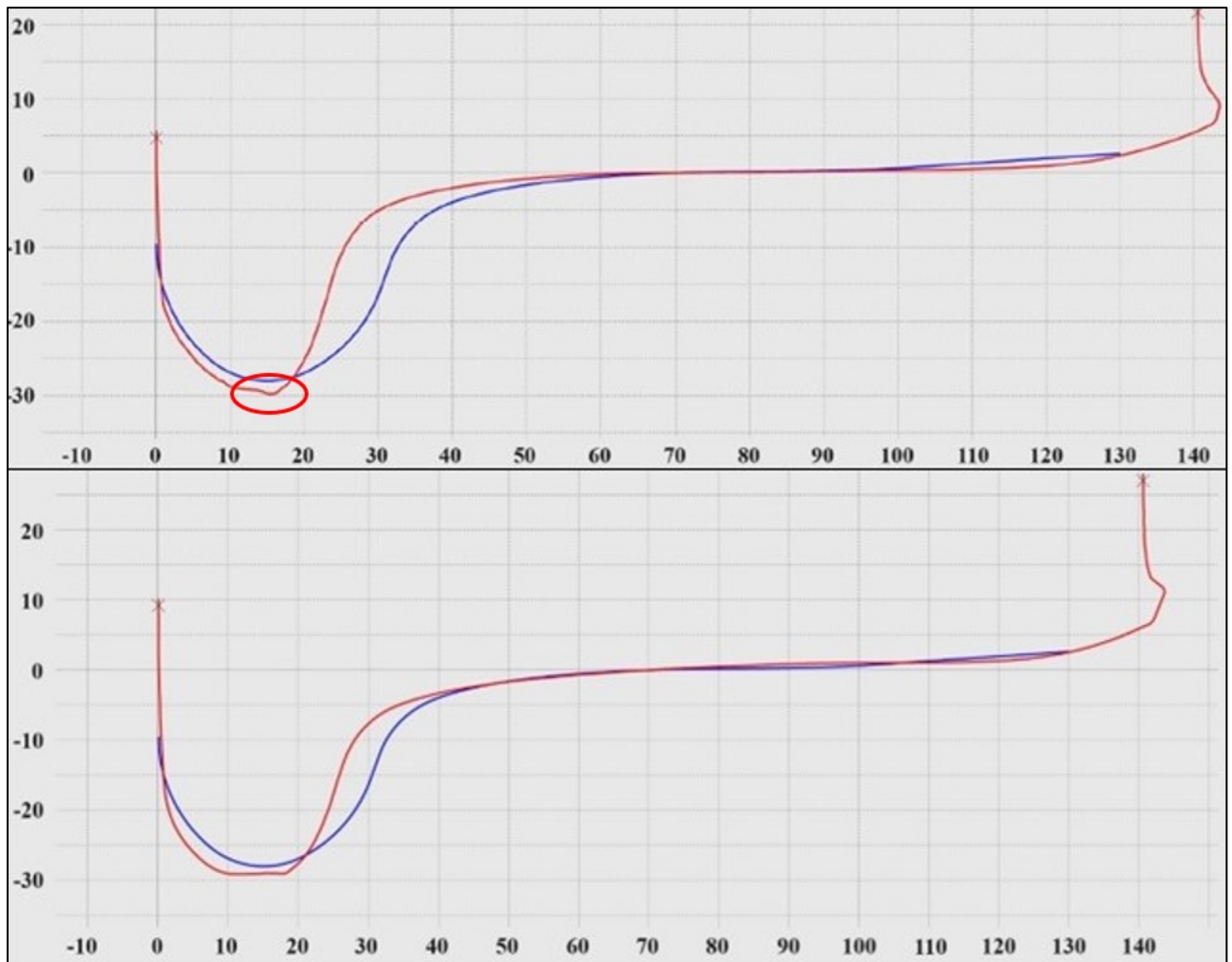
Tutkinnan tuloksena voidaan päätellä, että edellä kuvatut tekijät aiheuttivat veturin runkoon vääntömomentin kasvua. Tämä lisäsi entuudestaan veturin kuluneen ohjaavan pyörän poikittaisvoimaa kaartuvan radan kuluneessa vaihteessa.

²⁵ SFS-EN 14363: 6.1.5.2 Method 2: Test on twist test rig and flat test track.

²⁶ The report of test no.: P29-112-15 Stationary safety test of locomotive 774.711-6 gauge 1524 mm, against derailing.

²⁷ Pyörän ja kiskon väliset voimat voidaan jakaa poikittais (Y)- ja pystysuuntaisiin (Q) komponentteihin. Näiden voimien suhteen, Y/Q, tulee pysyä tietyn raja-arvon alapuolella. Jos suhde, Y/Q, ylittää tämän arvon, ns. Nadalin kriteerin, raiteilta suistuminen on mahdollista. S1002-pyöräprofiilissa laipan kulma on $\beta = 70^\circ$. Pyörä-kisko-kontaktin kitkakertoimen ollessa hyvin suuri ($\mu=0,50$), standardin mukaiseksi Y/Q-raja-arvoksi saadaan noin 0,95. Käytännössä kriittisenä Y/Q-suhteen raja-arvona pidetään yleisesti arvoa 1,2. Standardissa EN14363 määritellään oheisten raja-arvojen lisäksi myös tiettyjä testausmuotoja suistumisriskin tutkimiseksi. Näiden testien mukaan S1002-pyörillä varustettu kalusto ($\beta = 70^\circ$) on liikennekelpoista, jos Y/Q-suhde pysyy alle arvon 1,2. Huomioitavaa on, että laipan kulma on $\beta = 70^\circ$ uudessa S1002 pyörässä, mutta pyörän kuluessa laippakulma muuttuu, usein jyrkkenee. Laipan kulman muuttuessa, Y/Q-suhteen raja-arvo muuttuu.

²⁸ Tampereen yliopiston tutkimus: Veturien ja vaunukaluston vaakasuuntaisten voimien mittaaminen tiukassa R200- kaarteessa, MITTAUSRAPORTTI 1.10.2022.

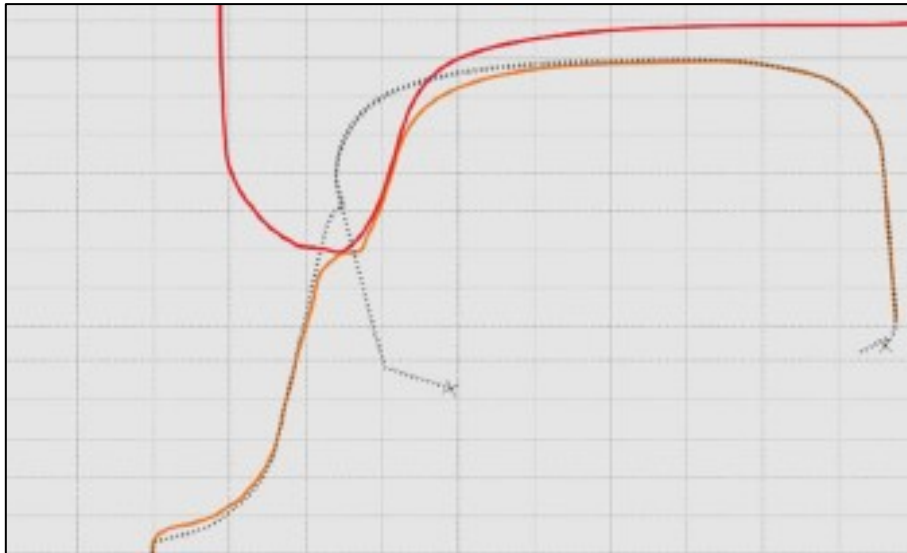


Kuva 28. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen (ylempi) ja vasemmanpuoleisen (alempi) pyörän profiili (punainen käyrä) suhteessa uuteen S1002 profiilin pyörään (sininen käyrä). Purse, joka oli muodostunut materiaalin siirtymän seurauksena oikean pyörän laipan harjalle, on ympyröity. (Kuva: Tampereen yliopisto, Merkinnät: OTKES)

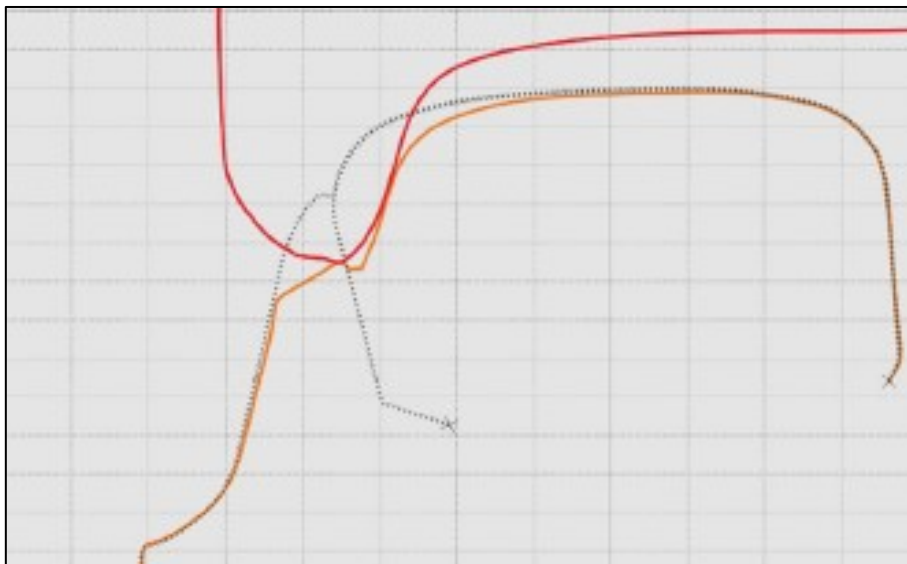
2.1.4 Suistuminen

Dr18-veturin 105 suistuminen vaihteessa V171 tapahtui edellä kohdissa 2.1.1, 2.1.2 ja 2.1.3 kuvattujen seikkojen yhteisvaikutuksesta seuraavasti:

1. Veturin tullessa vaihteen kielisovitusalueelle veturin kulkusuunnassa ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän laippa nousi vaihteen kielen päälle tukeutuen sivusuunnassa tukikiskoon. Veturin pyörien pieni kartiokkuus yhdistettynä kalustolle ominaisiin suuriin poikittaisvoimiin aiheutti laipan nousemisen kielen päälle. Vaihteen kielen ja tukikiskon kulumisen epätasaisesti siten, että kielen päälle oli muodostunut lähes vaakasuora taso (pykälä) ja pyörän laipan päälle oli muodostunut materiaalinsiirtymä (purse) mahdollistivat yhdessä pyörän laipan nousemisen ja pysymisen kielen päällä.

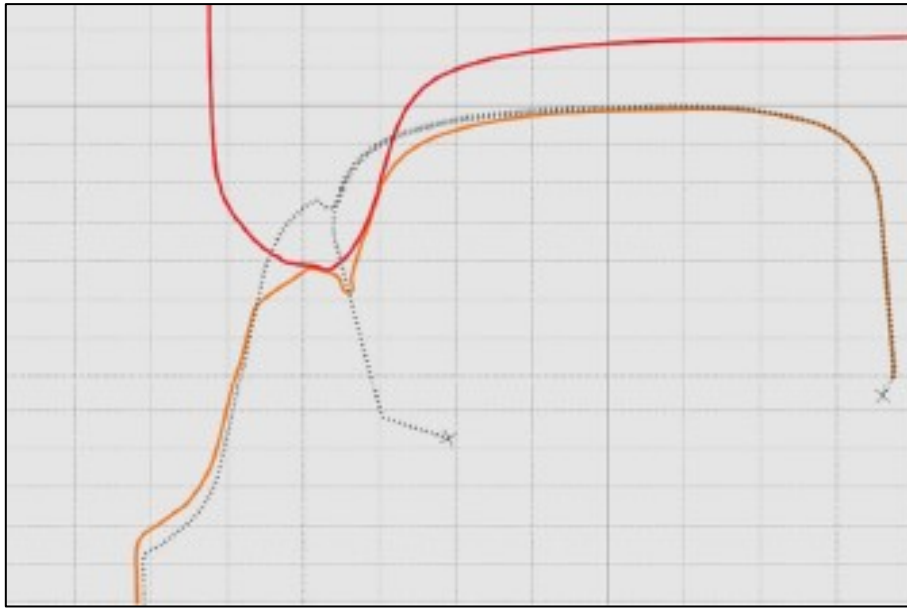


Kuva 29. Veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän kulku 10 cm vaihteen kielen kärjestä. Kaluston suurten poikittaisvoimien, kuluneen vaihteen ja kuluneen pyörän laipan yhteisvaikutuksesta pyörä nousi kielen päälle. (Kuva: Tampereen yliopisto)



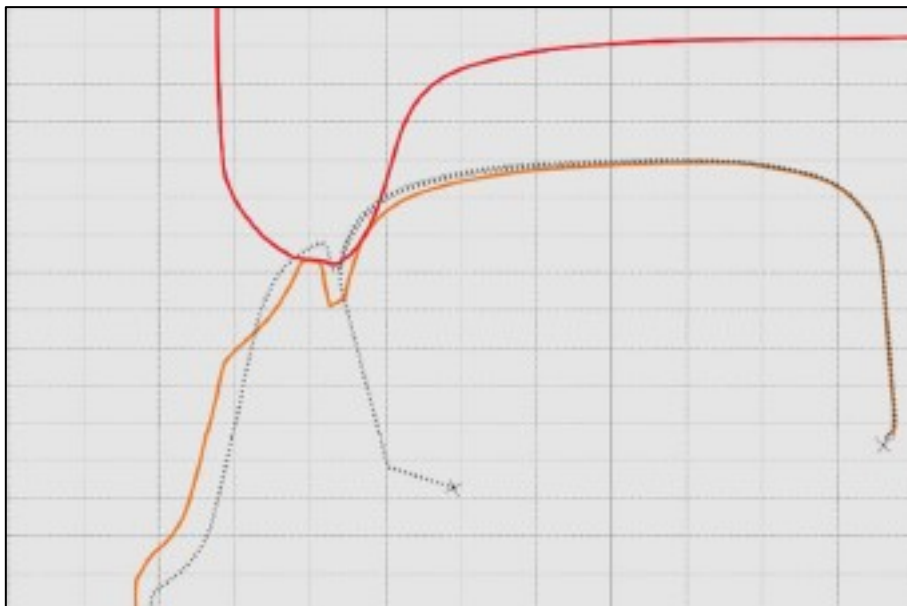
Kuva 30. Veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän kulku 40 cm vaihteen kielen kärjestä. Pyörä kulki edelleen kielen päällä ja laippa tukeutui vaihteen tukikiskoon. (Kuva: Tampereen yliopisto)

2. Suistumisen kannalta seuraava kriittinen kohta oli 90 cm:n etäisyydellä kielen kärjestä, missä kielen päällimmäinen terävä reuna oli lohjennut noin 10 cm:n matkalta. Lohkeamisen seurauksena kuluneen pyörän laipan päällä ollut materiaalsiirtymän aiheuttama purse siirtyi kielen korkeimman kohdan yli ja pääsi asettumaan kielen ja tukikiskon väliin. Tämän jälkeen kielen päälle noussut pyörä ei päässyt enää palaamaan takaisin kohti normaalia kontaktia, vaan pyörä jatkoi kulkuaan kielen päällä. Pyörän kontakti kielen väärälle puolelle oli tässä kohtaa jo niin merkittävä, että veturin akselipainon aiheuttamat pystysuuntaiset voimat pyrkivät painamaan pyörää kielen ja tukikiskon väliin ja avaamaan kieltä.



Kuva 31. Veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän kulku 90 cm vaihteen kielen kärjestä. Pyörä hakeutui kielen lohkeaman kohdalla kielen oikealle puolelle ja veturin paino väänsi koko ajan voimakkaammin kieltä erilleen tukikiskosta. (Kuva: Tampereen yliopisto)

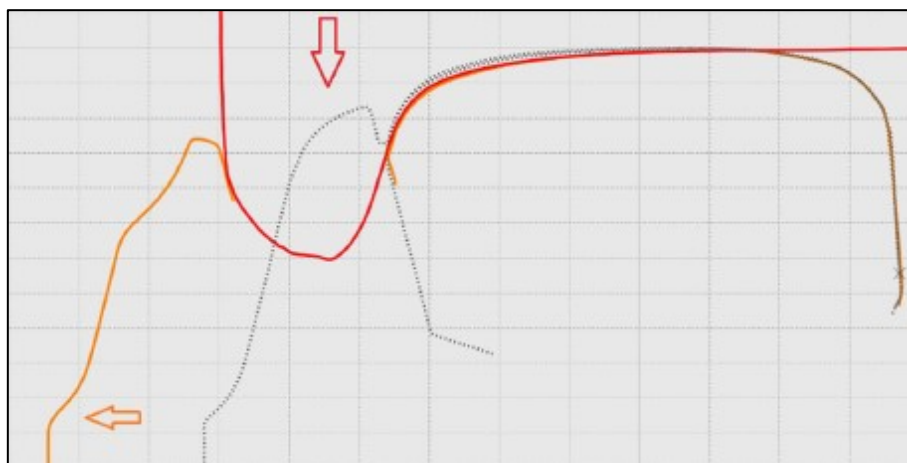
3. Pyörän ollessa 120 cm:n päässä kielen kärjestä, vaihteen kieli oli runsaan millimetrin raollaan. Raon takia pyörä ja erityisesti sen laipan päällä ollut materiaali siirtymän aiheuttama purse pääsi asettumaan kielen ja tukikiskon väliin.



Kuva 32. Veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän kulku 120 cm vaihteen kielen kärjestä. Pyörä asettui kielen ja tukikiskon väliin ja suistuminen oli väistämätöntä. (Kuva: Tampereen yliopisto)

4. Veturin akselipainon aiheuttamat pystysuuntaiset voimat avasivat vaihteen kieltä, ja pyörän laippa pääsi putoamaan kielen ja tukikiskon väliin. Pyörä kulki tämän jälkeen tukikiskolla, kunnes lopulta putosi tukikiskolta 10 m päässä kielen

kärjestä kohdassa, missä kielen ja tukikiskon välinen etäisyys oli sama kuin pyörän leveys.



Kuva 33. Veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleinen pyörän laippa putosi kielen ja tukikiskon väliin. Tässä tilanteessa vaihteen kieli liikkui vasemmalle niin suurella voimalla, että kääntöavustimen tangot vääntyivät ja vaihteenkosketin antoi aukiajoilmaisun kello 19.26.20. (Kuva: Tampereen yliopisto)

2.1.5 Turvalaitteet

Tampereen ratapihan asetinlaite on Siemens releryhmäasetinlaite, joka on tyypiltään Spurplan SpDrS 60-VR. Asetinlaite on otettu käyttöön 31.5.1991. Tapahtumahetkellä asetinlaitteen elinkaarta oli vielä jäljellä kymmeniä vuosia. Asetinlaitteen elinkaari perustuu käyttökokemuksiin vastaavista releasetinlaitteista, joiden vikamäärät ovat vähäisiä ja varaosien saatavuus hyvä. Releasetinlaitteen toiminta perustuu releiden ja niiden koskettimien erilaisiin variaatioihin. Releiden kosketintiedot ja -yhdistelmät muodostavat erilaisia turvalogiikoita, joilla turvallisuus varmistetaan. Releasetinlaitteelle tuodaan ja viedään valvontatietoja²⁹ sähköisessä muodossa kaapeleiden avulla ratapihalla olevista elementeistä, kuten opastimet³⁰, vaihteet³¹, raiteiden vapaana olon valvonta³² ja avainsalpalaitteet³³.

Tampereen releasetinlaitteeseen on viime vuosina tehty merkittäviä turvallisuutta parantavia päivityksiä. Niitä ovat muun muassa varatun raiteen kytkennän muutos ja raiteiden ajonestotoiminnot. Muutoksia on tehty yhteensä 102 kappaletta.

Tampereen ratapihan raiteiden vapaanaolon valvonta on toteutettu raidevirtapiireillä, joiden avulla valvotaan junien liikkumista raiteilla ja vaihteissa. Ratapihalla on opastimia ja junien kulunvalvontajärjestelmä (JKV³⁴).

²⁹ Valvontatietoja ovat jännite-, virta- ja tehoarvot, joiden avulla saadaan elementtien valvontaan liittyvät tiedot asetinlaitteelle.

³⁰ Opastin on turvalaite-elementti, jolla voidaan välittää näkyvä opaste.

³¹ Vaihte on raiderakenteessa osittain liikutettavista kiskoista muodostettu mekanismi, jonka liikkuvien kieliosien avulla juna voidaan ohjata raiteelta toiselle.

³² Raiteiden ja vaihteiden vapaana ololla tarkoitetaan tilannetta, jossa raide tai vaihte on vapaana kalustosta tai varattuna kalustolla. Raiteen vapaana olo voidaan toteuttaa muun muassa raidevirtapiirien tai akselinlaskijoiden avulla.

³³ Avainsalpalaitteella tarkoitetaan varmistuslukolla varustetun vaihteen tai raiteensulun käyttöavaimen säilytyspaikkaa, joka on lukittu perustilassa avainsalpalaitteeseen.

³⁴ JKV on Junien Kulun Valvontajärjestelmä, joka on veturilaitteen ja ratalaitteiden muodostama kokonaisuus.

Länsi-Suomen kauko-ohjausjärjestelmä (TAKO-järjestelmä) toimii Mipro TMS-ohjausympäristössä. Järjestelmällä ohjataan ratapihojen toimintoja. Liikenteenohjaajalla on käyttöohje, josta löytyvät erilaiset toiminnot, komennot ja ilmaiset. Liikenteenohjauskeskus on varustettu sähkökatkoksien varalta kahdella varavoimageneraattorilla ja akuilla.

2.1.6 Viestintävälineet

Tapauksen liikenneohjaajat ja veturinkuljettajat käyttivät viestinnässään rautateiden RAILI-palveluun³⁵ liitettyjä VIRVE-puhelimia.³⁶ Lisäksi heillä oli käytössään GSM-puhelimet.

Puheviestimien ohella veturinkuljettajalla oli käytössään KUPLA-järjestelmän päätelaitteena toimiva tablettitietokone. Päätelaitetta käytetään kahdensuuntaiseen viestintään liikenteenohjauksen ja kuljettajan välillä. Välitettäviä tietoja ovat muun muassa lähtövalmius- ja lähtölupailmoitukset sekä aikataulutiedot ja liikenteenohjauksen ilmoitukset.

2.2 Olosuhteet

2.2.1 Sääolosuhteet

Onnettomuushetkellä oli melko pilvistä ja satoi hieman lunta. Lämpötila oli Ilmatieteenlaitoksen Tampereen Härmälän havaintoasemalla $-5,7^{\circ}\text{C}$. Ilman kosteus oli 87 %.

Olosuhteet eri vuodenaikoina vaikuttavat radan kunnossapitourakoitsijoiden työaikataulujen suunnitteluun ja määrättyjen töiden toteuttamiseen. Esimerkiksi radan kunnossapidossa lämpötilarajat vaikuttavat päällysrakennetöiden toteuttamiseen. Sääolosuhteet lisäävät työn tekemiseen liittyviä turvallisuusriskejä vilkkaasti liikennöidyillä pääradoilla erityisesti silloin, kun toimenpiteet on niiden kiireellisyyden vuoksi tehtävä. Esimerkiksi vaihteille neljä kertaa vuodessa suoritettavat määräaikaistarkastukset on tehtävä sääolosuhteista riippumatta. Toisaalta RATO-ohjeiden mukainen, vaihteelle kerran vuodessa tehtävä laajennettu tarkastus on perusteltua tehdä kesäaikaan, jotta mittaukset sekä säädöt pystytään toteuttamaan tehokkaasti, laadukkaasti ja luotettavasti.

2.2.2 Työskentelyolosuhteet

Näkyvyys Dr18-veturin ohjaamosta on rajoittunut, mikä on veturityypille ominaista ajettaessa pitkä keula edellä. Näkyvyydellä ei ollut kuitenkaan vaikutusta onnettomuuden syntyyn. Veturinkuljettajan työvuoroa edelsivät vapaapäivät, ja työvuoron kulku ennen onnettomuutta oli tavanomainen.

Fenniarail Oy järjestää veturinkuljettajien henkisen hyvinvoinnin osalta debriefing-tyyppistä keskustelua esimerkiksi, kun ihminen on jäänyt junan alle. Junan suistumatilanteessa henkiseen kuormitukseen liittyvää purkua ei yhtiön arvion mukaan ole koettu tarpeelliseksi. Mikäli veturinkuljettaja kuitenkin itse arvioi tarvitsevänsä

³⁵ RAILI-palvelu on rautatiekäyttöön suunniteltu puheviestintäpalvelu, jota voidaan käyttää sekä VIRVE- että älypuhelimilla. Älypuhelimiin tarvitaan RAPLI-sovellus RAILI-palvelua varten. RAPLI on yleisen verkon älypuhelimiin tarkoitettu RAILI-palvelun käyttöä ja kirjautumista varten asennettava sovellus.

³⁶ Rautateiden liikenneviestinnässä käytetään kansallisten viranomaisten käyttämää VIRVE-verkkoa. Junan kuljettamisessa viestintään käytetään ensisijaisesti VIRVE-ohjaamoriadiopuhelinta. VIRVE on TETRA teknologiaan perustuva verkko, jolla tuotetaan korotetun turvallisuus- ja varautumistason radioviestintäpalveluja viranomaisten ja luvan saaneiden yhteiskunnan kriittisen infrastruktuurin toimijoiden yhteiskäyttöön. TETRA (Terrestrial Trunked Radio) on 380–400 MHz taajuusalueella toimiva korkean saatavuuden radioverkko.

onnettomuustilanteen jälkeen keskusteluapua tai tilanteen purkua, on hänellä mahdollisuus hakeutua yhtiön työterveyspalveluun.

Vaihteen V171 kunnossapitoon vaikutti tutkinnan perusteella Tampereen henkilöratapihan uusintahanke (*Tahera*), jossa ratapihalle ollaan tekemässä 2020-luvun loppuun mennessä laajoja uudistuksia. Hankkeen takia kunnossapitotoimia siirrettiin hankkeessa uusittavien radan elementtien kohdalla.

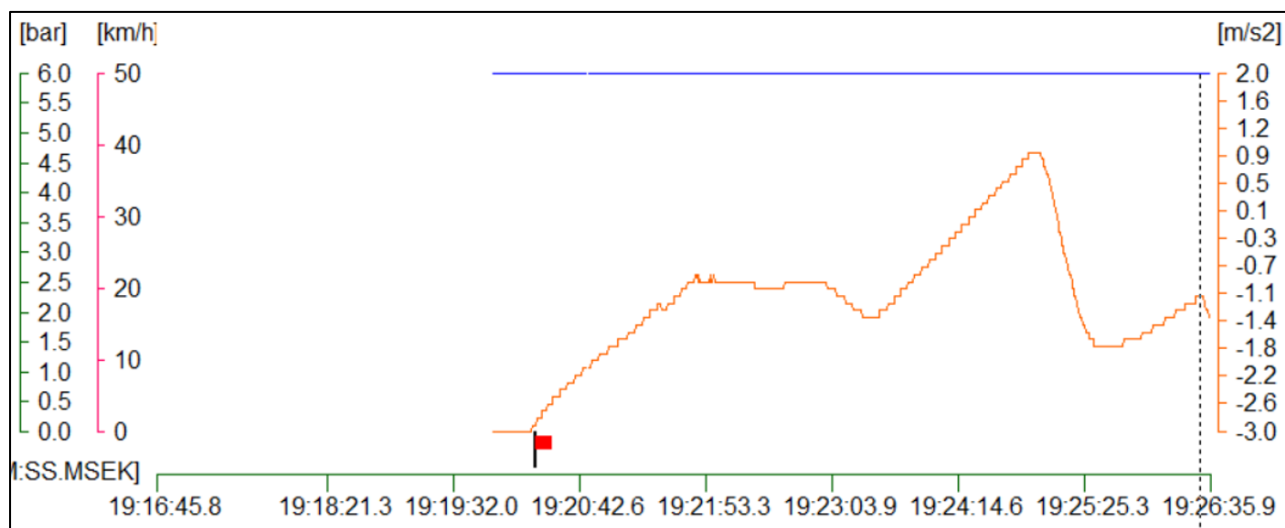
Hankkeen aikataulu on sen käynnistämisen jälkeen viivästynyt useilla vuosilla. Vuonna 2021 suunniteltiin rakennustöiden ajoittuvan vuosille 2022–2026. Vuonna 2022 aikataulu siirtyi vuosille 2023–2028 ja vuonna 2023 jo vuosille 2024–2029. Vuoden 2024 tietojen mukaan rakennustyöt alkavat vuoden 2025 alussa, ja niiden on suunniteltu valmistuvan vuoden 2029 loppuun mennessä. Suistumisvaihteen V171 uusinta oli ajoitettu hankkeen lopulle. Viimeisimmän tiedon mukaan vaihde oli tarkoitus vaihtaa uuteen vuonna 2029.

Kaluston kunnossapidossa kustannuksilla on merkittävä ohjaava vaikutus toimintaan. Erityisesti pyöräkertojen kunnossapidolla on huomattava vaikutus kaluston kunnossapitokustannuksiin, koska pyöräkertakustannuksien osuus kaluston kunnossapidon kustannuksista on suuri. Tästä syystä pyöräkeroilla pyritään ajamaan mahdollisimman pitkään. Pyöräkertojen ollessa hyvin lähellä käyttörajoja ovat tarkkuusvaatimukset mittausmenetelmille, mittaajien työtavoille ja tulosten analysoinnille korkeampia.

2.3 Tallenteet

2.3.1 Veturin kulunrekisteröintilaitteen tallenne

Onnettomuudessa olleen veturin rekisteröintilaitteen tallenteesta nähtiin muun muassa veturin nopeus tapahtumahetkellä. Tiedot on esitetty kohdassa 1.1.2 Tapahtumien kuvaus.



Kuva 34. Veturin rekisteröintilaitteen tallentama nopeuskäyrä (oranssi viiva) junan T7121 liikkeestä *Tampere Viinikasta* suistumiseen. (Kuva: OTKES)

2.3.2 Asetin- ja turvalaitetallenne

Asetinlaitteen playback-tallenne³⁷ on otettu *TAKO TMS* kauko-ohjauksen palvelimelta. Tavarajunalle T7121 muodostettiin kulkutie raiteelle 003 opastimelle P003 saakka kello 19.20.09. Kulkutie jatkettiin kello 19.21.15 Lielahden suuntaan opastimelle P191 saakka ja siitä edelleen kohti Lielahde. Vaihteet V061, V060, V062, VV051, V171 ja V172 lukittuivat normaalisti kulkutien mukaiseen asentoon. Tavarajuna saapui raiteelle 003 kello 19.23.55 jatkaen matkaa kohti P191 opastinta. Vaihte V171 varautui kello 19.26.06 vaihteen ollessa edelleen normaalisti lukittuna. Neljätoista (14) sekuntia myöhemmin, kello 19.26.20, asetinlaitteelle tuli vaihteesta V171 aukiajoilmaisuus. Ilmaisuhetkellä veturin ensimmäinen pyöräkerta putosi vaihteen kielen ja tukikiskon väliin ja väänsi kääntöavustinta, jolloin vaihteenkosketin antoi aukiajoilmaisun asetinlaitteelle ja liikenteenohjaukseen.

Turvalaitteet toimivat tallenteiden perusteella oikein onnettomuuden yhteydessä.

2.3.3 Liikenteenohjauksen puherekisteritallenteet

Tutkinnassa oli käytettävissä veturinkuljettajien ja liikenteenohjauksen väliset puherekisteritallenteet keskusteluista. Keskusteluiden sisällöt esitetään kohdassa 1.1.2 Tapahtumien kuvaus. Huomioitavaa on, että ainoastaan RAILI-palveluun liitetyissä VIRVE-puhelimissa käydyt keskustelut tallentuvat puherekisteriin.

2.3.4 Muut tallenteet

Ratapihalla olleista kameroista yksikään ei kuvannut onnettomuuspaikkaa. Tapahtunutta selvittäessä tutkintaryhmä sai käyttöönsä sivullisen asentaman rautatieliikennettä kuvaavan kameran tallenteen. Siitä ilmenee junan suistuminen, mutta pitkän kuvausetäisyyden takia sen avulla ei voida tarkemmin arvioida suistumisen syitä.

2.4 Onnettomuuteen liittyvät henkilöt, organisaatiot ja turvallisuudenhallinta

2.4.1 Onnettomuudessa osallisina olleet henkilöt

Junan T7121 veturinkuljettaja oli 45-vuotias, ja hän oli toiminut veturinkuljettajana 12 vuotta. Kuljettajan työhön vaadittavat pätevyudet ja lupakirjat olivat voimassa. Veturinkuljettajan toiminnalla ei ollut vaikutusta onnettomuuteen.

2.4.2 Organisaatiot

Liikenne- ja viestintäministeriö on liikennejärjestelmien suunnittelusta ja kehittämisestä vastaava viranomainen. Liikenne- ja viestintävirasto, Väylävirasto sekä liikenteenohjausyhtiö Traffic Management Finland Oy kuuluvat ministeriön hallinnonalaan.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom on liikennealan sääntely- ja valvontatehtäviä hoitava viranomainen. Viraston tehtävänä on huolehtia liikennejärjestelmän yleisestä turvallisuudesta ja turvallisuuden kehittämisestä. Viraston tulee huolehtia myös toimialaansa kuuluvista liikennemarkkinoihin liittyvistä tehtävistä. Liikenne- ja viestintävirasto on rataverkon haltijasta ja rautatieliikenteen harjoittajista riippumaton viranomainen. Virasto valvoo ja kehittää rautatieturvallisuutta ja rautatiejärjestelmän

³⁷ Playback on palvelimelle tallennettu videotallenne liikenneohjaajan näkymästä ohjausnäytöllä, jota voidaan myöhemmin tarkastella.

yhteentoimivuutta sekä valmistelee normeja. Viraston tulee huolehtia myös toimialaansa kuuluvista liikennemarkkinoihin liittyvistä tehtävistä.

Väylävirasto vastaa valtion tie- ja rataverkosta sekä vesiväylistä, niiden suunnittelusta, ylläpidosta ja rakentamisesta. Väylävirasto vastaa elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskusten (ELY-keskukset) liikenteen vastuualueen toimialaohjauksesta ELY-keskuksissa. Väylävirasto huolehtii liikenteen hallinnasta ja vastaa valtion rataverkon liikenteenohjauksesta. Liikenteenohjauspalvelut Väylävirasto hankkii valtion omistamalta ja liikenne- ja viestintäministeriön ohjauksessa toimivalta Fintraffic Raide Oy:ltä.

Väylävirasto on tilaajaorganisaatio, jonka toiminnan keskeisimpiä painopisteitä ovat yhteiskunnallinen vaikuttavuus ja väyläomaisuuden tehokas hallinta.

Tilaajaorganisaationa Väylävirasto kilpailuttaa muun muassa valtion rautateiden kunnossapitoalueiden kunnossapitosopimukset sekä rataisännöintipalvelut pääsääntöisesti viisivuotisille sopimuskausille. Sopimuksissa on usein lisäksi mahdollisuus optiovuosille.

Väylävirasto on ulkoistanut radan ja siihen kuuluvien vaihteiden kunnossapidon valvonnan rataisännöintipalvelun tuottajalle. Tutkittavana olevan tavarajunan suistuma-aikaan 30.11.2023 rataisännöintipalveluista Tampereen ratapihan alueiden osalta vastasi Dexit Oy.

Keskeinen osa Väyläviraston toimintaa on omavalvonta, jolla tarkoitetaan viraston oman toiminnan vaatimustenmukaisuuden valvontaa. Omavalvonnan tavoitteena on hallita toiminnan riskejä ja tuoda esille kehittämiskohteita toimintatavoissa. Omavalvonnassa virasto katsoo omaksi toiminnaksi kaikki sen vastuulla olevat toiminnat, vaikka toiminnan toteutus olisi annettu palveluntuottajan tehtäväksi.

Dexit Oy on tamperelainen vuonna 2020 perustettu konsulttitoimisto. Se vastasi toimeksiantosopimuksen mukaisesti Kunnossapitoalue kolmen rataisännöintitehtävistä Väylävirastolle. Toimeksianto sisälsi radan ja vaihteiden kunnossapidon- ja rakentamistöiden valvomisen, rataverkon hallintaan liittyvät lupa-asiat, maankäyttöasiat sekä töiden kilpailutusten valmistelemisen Länsi-Suomen rataverkon alueella. Turvallisuuskoordinaattorin tehtävät Väylävirasto oli siirtänyt valtakirjalla Dexit Oy:n kunnossapitoalueiden rataisännöitsijöiden vastuulle. Dexit Oy:n rataisännöinnin vastuun piiriin kuuluivat Kunnossapitoalue kolme Riihimäeltä Kokkolaan, Kunnossapitoalue neljä Raumalta Pieksämäelle ja Kunnossapitoalue viisi eli niin sanottu *Haapamäen tähti*.

Rataisännöitsijät valvoivat kenttätöissä pistokokein vaihteiden kunnossapitoa ja rataa kunnossapitoalueilla. Valvontahavainnoista raportoitiin sopimuksen mukaan Väylävirastolle. Esimerkiksi turvallisuuteen liittyvät havainnot käsiteltiin kuukausittain pidettävissä seurantakokouksissa. Valvonnassa ja raportoinnissa rataisännöinti käytti Väyläviraston tietojärjestelmien sovelluksia, kuten RAIKU-, RATKO³⁸- ja RYHTI-sovellusta.

Destia Rail Oy vastaa suuresta osasta Suomen rataverkon kunnossapitoa. Destia Oy ja Destia Rail Oy ovat vuodesta 2021 lähtien kuuluneet kansainväliseen Colas-konserniin. Yhtiö on erikoistunut muun muassa raidegeometriamittauksiin, hitsauspalveluihin sekä

³⁸ Ratakohteiden hallintasovellus (RATKO) tuottaa näkymän fyysisiin ratakohteisiin omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon tarpeiden näkökulmasta. RATKO toimii raitainfrastruktuuriin liittyvän tiedon pääasiallisena tietovarastona, minkä lisäksi se vaihtaa tietoja eri viraston sisäisten ja sidosryhmien kehittämien järjestelmien kanssa. Rajapintojen kautta voidaan hakea muuttuneita raitainfratietoja eri järjestelmiin kuten Finrailin Trakediaan liikenteenohjauksen käyttöön.

ultraäänitarkastuksiin. Kunnossapitourakoissa yhtiö vastaa radan päällysrakenteiden, vaihteiden, radan varusteiden ja pohjarakenteiden, rautatiealueiden, liikennepaikkojen, ulkoalueiden sekä ohjaus- ja turvalaitteiden kunnossapidosta.

Destia Rail Oy:llä ja Väylävirastolla (tilaaja) oli 30.11.2023 voimassa oleva sopimus radan sekä vaihteiden ja turvalaitteiden kunnossapidosta vuosille 2019–2023 kunnossapitoalueelle kolme. Sopimuksessa on lisäksi enintään neljän vuoden optiomahdollisuus.

Aliurakoitsijoita ja urakkasuhteita koskevien sopimusehtojen mukaan kunnossapittäjä voi käyttää tehtävissään aliurakoitsijoita ja vuokrahenkilöstöä. Aliurakoitsija saa tarvittaessa käyttää tehtävissään aliurakoitsijaa. Tämän pidemmälle työtehtävien ketjutus oli sallittua vain tilaajan kanssa erikseen sovittaessa. Urakoitsija on velvollinen tarkastamaan aliurakoitsija- ja vuokrahenkilöyrittysten tilaajavastuulain³⁹ velvoitteiden täyttymisen. Aliurakointijärjestelyt eivät vaikuta kunnossapitourakoitsijan vastuisiin ja velvoitteisiin.

Tampereen henkilöratapihan uusintahankkeen (Tahera) investointisuunnitelma tuleville vuosille otettiin yhtiön mukaan huomioon kunnossapittäjän tehtävien suunnittelussa.

Fintraffic Raide Oy on Fintraffic-konsernin tytäryhtiö. Fintraffic Raide Oy vastaa rautatieliikenteen ohjauksesta ja hallinnasta. Fintraffic Raide Oy:n tehtäviin kuuluvat rautatieliikenteen ohjaamisen ja turvaamisen ohella ratatöiden turvaaminen, kapasiteetin hallinta, matkustajainformaatiopalvelut sekä sähköratojen käyttökeskustoiminta. Yhtiön ohjauspalvelukeskukset sijaitsevat Helsingissä, Tampereella, Kouvolassa ja Oulussa. Onnettomuuspaikan liikennettä ohjattiin Fintraffic Raide Oy:n Tampereen ohjauspalvelukeskuksesta.

Fenniarail Oy on vuonna 2009 perustettu yksityinen, suomalainen rautateiden tavaraliikenteeseen keskittynyt rautatieyrittäjä. Yritys tunnettiin aikaisemmin nimellä Fennia Rail ja sitä ennen Proxion Train. Liikennöintiä harjoitetaan sekä valtion rataverkolla että muiden rataverkon haltijoiden raiteistoilla koko Suomessa.

Yhtiön organisaatio muodostuu toiminnoista, joista vastaavat toimintojen päälliköt. Operatiivisia, välittömästi rautatieliikenteen toteutukseen liittyviä, toimintoja ovat Liikennöinti- ja Kalusto-toiminnot. Liikennöinti-toiminnon alaisuudessa ovat kuljetustenhallinnan henkilöstö sekä veturinkuljettajat. Kalusto-toiminto vastaa kaluston hallinnasta ja kunnossapidosta. Muut toiminnot ovat hallinnollisia operatiivista toimintaa tukevia toimintoja.

Avesco Oy toimii Fenniarail Oy:n kaluston kunnossapidon pääasiallisena alihankkijana.

Teräspyörä Oy toimii Fenniarail Oy:n kaluston kunnossapidon alihankkijana pyöräkertojen ja telien osalta.

VR FleetCare toimii Fenniarail Oy:n palveluntuottajana vetokaluston pyöräkertojen sorvauksessa.

Sampel Rail Oy on vuonna 2022 perustettu yritys, joka tuottaa rautateiden jälkiraivauspalvelua Väylävirastolle. Jälkiraivauspalveluun kuuluu kiireellisten sekä ei-kiireellisten häiriö- ja hätätilanteiden edellyttämien tehtävien suorittamista valtion rataverkolla. Tehtävät voivat kohdistua esimerkiksi raiteilta suistuneen kaluston

³⁹ Laki tilaajan selvitysvelvollisuudesta ja vastuusta ulkopuolista työvoimaa käytettäessä 1233/2006 ja 678/2015.

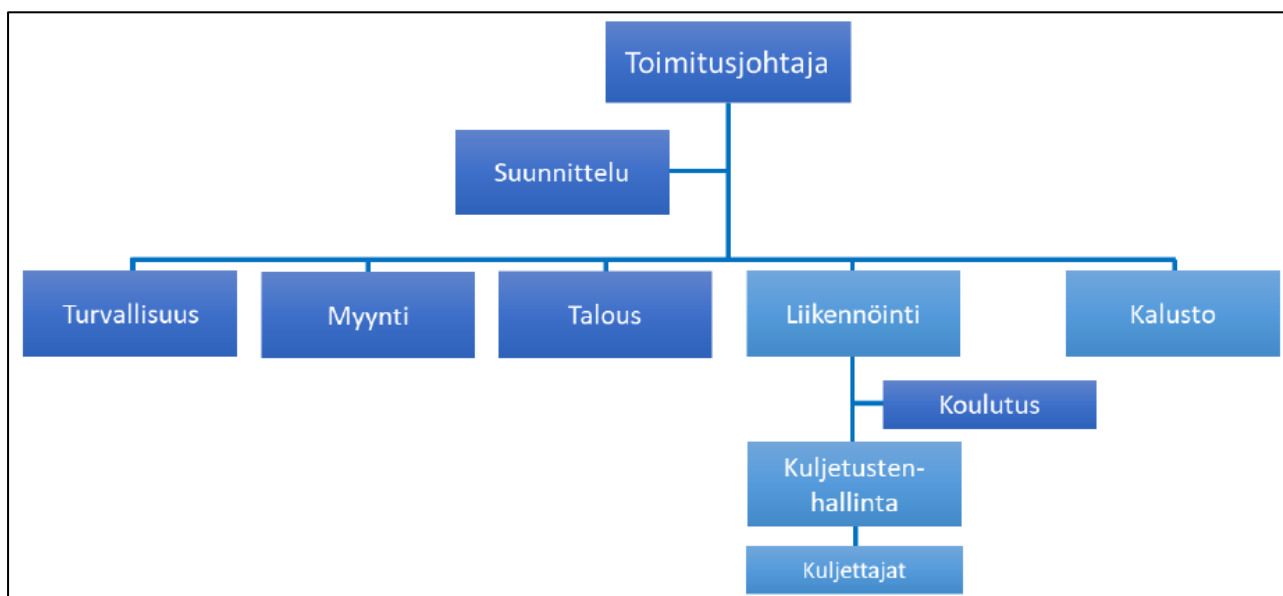
nostoon, henkilönnettomuuspaikalla pelastuslaitokselle annettavaan raivausapuun tai raiteilla törmänneiden kaluston törmäyspaikan jälkiraivaukseen.

Sampel Rail Oy on osa Sampel Group-konsernia. Konserniin kuuluu myös Sampel Oy, joka on vuonna 2013 perustettu palotekninen asiantuntijatoimisto. Sampel Oy on keskittynyt mm. rakennusten palotekniseen suunnitteluun ja ATEX-asiakirjojen laadintaan sekä paloturvallisuuskonsultointitehtäviin sekä vaarallisten aineiden varastointiin ja kuljetustoiminnan konsultointeihin.

2.4.3 Turvallisuudenhallinta

Fenniarail Oy:n turvallisuusjohtamisjärjestelmän kuvauksessa turvallisuustavoitteet määrittyvät toimintatapojen, ohjeistusten ja vastuiden jakautumisen kautta. Yhtiön tavoitteena on, ettei toiminta vaaranna ihmishenkeä tai terveyttä.

Turvallisuusjohtamisjärjestelmä ohjaa ja koskettaa yhtiön jokaista toimintoa. Sen mukaan yhtiön johto on sitoutunut edistämään turvallisuutta tavoitteellisella ja ennakoivalla turvallisuusriskien hallintamenettelyllä. Turvallisuudesta huolehtiminen on yhtiön koko henkilöstön yhteinen asia. Oman henkilöstön lisäksi se velvoittaa soveltuvin osin yhtiön alihankkijoiden toimintaa.



Kuva 35. Fenniarail Oy:n organisaatiokaavio. (Kuva: Fenniarail Oy)

Fenniarail Oy:n organisaatio on rakenteeltaan kevyt. Yhtiön eri toimintojen johtotehtävistä vastaavat yksittäiset henkilöt. Sijaistamiset on järjestetty ristiin eri toimintojen välillä. Esimerkiksi Fenniarail Oy:n turvallisuuspäällikkö vastaa laajalaisesti yhtiön turvallisuustoiminnan kehittämisestä ja ylläpidosta yhtiön toimitusjohtajan valvonnassa. Tarvittaessa yhtiön turvallisuuspäällikköä sijaistaa liikennepäällikkö, joka sijaistaa myös yhtiön kalustopäällikköä.

Turvallisuusjohtamisjärjestelmän mukaan yhtiön henkilöstöllä on oikeus ja velvollisuus puuttua esille tuleviin epäkohtiin ja keskeyttää vaaratilanteen havaittuaan vaaraa aiheuttava toiminta. Työntekijöillä on velvollisuus tehdä kaikista havaitsemistaan vaaratekijöistä poikkeamailmoitus toimintonsa vastuuhenkilölle. Turvallisuusvaarojen kirjaamista varten yhtiöllä on käytössä vaararekisteri, johon tallennetaan kaikki ilmenneet turvallisuusvaarat ja -riskit sekä turvallisuustoimintatavat.

Yhtiön turvallisuuspoikkeamat ja -havainnot ilmoitetaan turvallisuuspäällikölle, joka vastaa tietojen kirjaamisesta tilastointia varten. Poikkeamailmoituksen tekemistä varten on valmis malli, mutta ilmoituksen tekotapaa ei ole sidottu ohjeilla, jotta kynnys havaintojen tai poikkeamien ilmoittamiseen ei nousisi. Ilmoituksen pohjalta turvallisuuspäällikkö arvioi ja päättää tilanteeseen sopivan toimenpiteen ja nimeää sille vastuuhenkilön. Myös toimenpiteistä luopumisesta päättää turvallisuuspäällikkö. Palautteen antaminen poikkeamailmoituksen tekijälle vaihtelee tapahtuman tai havainnon laadun mukaan. Turvallisuuspoikkeamat käsitellään kuukausittain yhtiön johtoryhmässä, johon eri toimintojen päälliköt osallistuvat. Riskejä koskevat päätökset kirjataan käytännesäännöiksi ja tiedotetaan henkilöstölle sekä yhtiön muille kohderyhmille.

Fenniarail Oy pyrkii kaikissa toiminnoissa ennakoivaan riskienhallintaan. Vaarojen tunnistamisessa käytetään Potentiaalisten Ongelmien Analyysin (POA) menetelmää. Analyysiprosessia varten voidaan perustaa riskienhallinnan työryhmä, jonka jäseniksi valitaan aihealueen tuntijoita, työntekijöitä sekä riskienhallintaprosessin tunteva henkilö. Vaarojen tunnistamisessa yhtiö pyrkii ottamaan huomioon suorien turvallisuusvaikutusten lisäksi tapahtumien välilliset vaikutukset sekä ilmi tulleiden riskien seurannaisvaikutukset ja tapahtumaketjut. Yhtiön turvallisuuskehitystä ja riskienhallinnan tehokkuutta seurataan turvallisuustavoitteilla ja niiden mittareilla. Riskienhallinnan jatkuva parantaminen yhtiössä perustuu turvallisuuteen liittyvien tietojen keräämisen, seurannan, analysoinnin ja hyödyntämisen prosesseista.

Fenniarail Oy:n kalustotoiminto on integroitu yhtiön turvallisuusjohtamisjärjestelmään. Kalustotoimintoa johtaa ja valvoo kalustopäällikkö. Kalustotoiminto vastaa yhtiön omistuksessa tai hallinnassa olevan kaluston käytön ja kunnossapidon järjestelyistä sekä kalustoon liittyvän ohjeistuksen laatimisesta ja päivittämisestä. Kalustopäällikkö huolehtii, että Fenniarail Oy:n henkilökunta on perehdytetty kalustoon ja turvallisiin työtapoihin.

Toiminnan alkuvaiheessa kolme Wihurin (nykyisin Avesco Oy:n) asentajaa suorittivat veturin valmistajan järjestämän koulutuksen. Kyseiset henkilöt perehdyttivät nykyisen asentajan tehtäviinsä. Veturin valmistajan koulutukseen osallistuneista asentajista kukaan ei tällä hetkellä toimi päätoimisesti veturien huollossa.

Fenniarail Oy toimii Dr18-vetureiden kalustorekisteriin merkittynä kunnossapidosta vastaavana tahona (ECM⁴⁰). Käytännössä kaluston huolto- ja kunnossapitotoiminta hankitaan ostopalveluna. Dr18-vetureiden osalta kunnossapidosta vastaa pääosin Avesco Oy. Teliin ja pyöräkertojen kunnossapidon Fenniarail Oy hankkii Teräspyörä Oy:ltä. Veturin pyöräkertojen sorvaukset tehdään VR FleetCaren sorveilla Ilmalan varikolla. Kalustopäällikkö suunnittelee huoltojen toteutusajankohdat toteutuneiden ajokilometrien perusteella käyttäen apuna Excel-taulukkoa. Vikailmoitukset tehdään puolestaan Eedo-järjestelmän kautta. Eedo-järjestelmä muodostaa vikailmoituksista sähköpostin, jonka perusteella kalustopäällikkö ohjaa veturin tarvittaessa huoltoon korjattavaksi.

Fenniarail Oy:n kalustoyksikkö vastaa, että kalusto pidetään turvallisessa käyttökunnossa voimassa olevien vaatimusten mukaisesti ja että huollot sekä vikakorjaukset tehdään kaluston valmistajan ohjeiden mukaan. Henkilöstöllä on velvollisuus ilmoittaa kalustovioista ja -häiriöistä kalustopäällikölle, joka välittää tiedon kaluston kunnossapitäjälle. Kalustopäällikkö vastaa vika- ja häiriötilanteiden

⁴⁰ ECM = Entity in Charge of Maintenance = Kunnossapidosta vastaava taho. Kunnossapidosta vastaava yksikkö varmistaa sen vastuulla olevien kalustoyksiköiden turvallisesta käyttökunnosta.

seurannasta. Turvallisuuteen vaikuttavista häiriötilanteista on lisäksi tehtävä turvallisuuspoikkeamailmoitus yhtiön turvallisuuspäällikölle.

Väyläviraston rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä (RTJJ)⁴¹ pohjautuu raideliikennelakiin (1302/2018) ja Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin (EU) 2016/798 rautateiden turvallisuudesta. Väylävirasto toimii valtion omistaman rataverkon haltijana. Näin ollen sen tulee varmistaa rautatiejärjestelmien toimintavarmuus, turvallisuus, luotettavuus sekä huollettavuus. Lisäksi Väyläviraston tulee varmistaa rataverkolla liikkuvien, liikennöivien ja työskentelevien henkilöiden turvallisuus. Väyläviraston toimintaa valvoo Liikenne- ja viestintäministeriö.

Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmän käsikirja kokoo yhteen rautatietoimintojen osalta:

- *Väyläviraston turvallisuusjohtamisen,*
- *toimintojen ja toimialojen vastuut,*
- *riskienhallinnan kokonaisuuden ja ennakoivan turvallisuustyön menettelyt rautatietoinnoissa,*
- *turvallisuuden raportoinnin ja valvonnan menettelyt,*
- *operatiivisen toiminnan menettelyt,*
- *jatkuvan parantamisen menettelyt sekä*
- *dokumentoidun tiedon kokonaisuuden.*

Turvallisuusjohtamisjärjestelmässä *määritettyjen toiminta- ja menettelymallien kautta varmistetaan, että Väyläviraston kanssa sopimussuhteessa oleva palveluntuottaja toimii valtion rataverkolle asetettujen vaatimusten mukaisesti.* Dokumentissa korostetaan, *että palveluntuottajan tulee aina varmistaa, että se toimii ajantasaisen ohjeistuksen sekä toiminta- ja menettelymallien mukaisesti.* Rataverkolla toimivien palveluntuottajien tulee noudattaa turvallisuusjohtamisjärjestelmässä kuvattuja turvallisuusjohtamisen menettelyitä.

Väyläviraston kunnossapitourakoitsijan mahdollisilla aliurakoitsijoilla tai vuokrahenkilöstöllä on sopimuksen mukaan vastaavat velvollisuudet noudattaa Väyläviraston turvallisuusjohtamisjärjestelmän menettelyitä toiminnoissaan kuin toimeksiantajallaan.

Palveluntuottajien turvallisuusjohtamisen menettelyiden vaatimukset huomioidaan lisäksi Väyläviraston ja palveluntuottajien välisissä sopimuksissa. Väylävirasto varmistaa turvallisuusjohtamisjärjestelmästä johdettujen vaatimusten täyttymisen palveluntuottajiin kohdennetulla omavalvonnalla; muun muassa rataisännöintipalvelun keinoin. Omavalvonnan lisäksi erikoissuunnittelua, rakentamista sekä kunnossapittoa arvioidaan myös ulkopuolisten arviointi- ja tarkastuslaitosten toimesta.

Turvallisuuden varmistamiseksi Väyläviraston henkilöstöllä sekä palveluntuottajilla, rautatieyrityksillä ja rautatieliikenteen harjoittajilla on ilmoituksentekovelvollisuus, mikäli he havaitsevat turvallisuuspoikkeaman tai -havainnon jollain rautatieturvallisuuden osa-alueella⁴². RTJJ:n mukaan ilmoitus tulee tehdä riippumatta siitä, onko ilmoittaja itse osallisena poikkeamassa tai liittyykö se heidän omaan toimintaansa. Turvallisuuspoikkeamien ja -havaintojen pohjalta analysoidaan sen hetkisen turvallisuuden toteutumista ja laaditaan toimenpide-ehdotuksia turvallisuuden kehittämiseksi tulevaisuudessa.

⁴¹ Rautatietoimintojen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, Käsikirja, VÄYLÄ/746/00.01.01/2019.

⁴² Rautatieturvallisuuden osa-alueet ovat: junaliikenteen ja vaihtotöiden turvallisuus, radalla tehtävien töiden turvallisuus, tasoristeysturvallisuus, liikenteenohjauksen turvallisuus ja järjestelmä- ja kyberturvallisuus.

Turvallisuuspoikkeamista ilmoittaminen ja ilmoitusten käsittelemisen menettelyt on esitetty Väyläviraston ohjeissa *Turvallisuuspoikkeamien ilmoittaminen ja käsittely* sekä *Varautuminen rautatieonnettomuuksiin ja Rautateiden verkkoselostus*.

Turvallisuuspoikkeamat kirjataan järjestelmiin Väyläviraston Intranetissä ja Extranetissä. Ratainfrastruktuurin vika- ja häiriötilanteita varten on oma järjestelmä, Poikkeamien hallinta (POHA). Kyseiseen järjestelmään tehdään ilmoitus esimerkiksi ratatyön sovitun ajan ylityksistä, liikenteenhoitovirheistä, tietojärjestelmävioista sekä poikkeuksellisista sääolosuhteista tai ilkeistä.

Turvallisuuspoikkeamat ja poikkeamaraportit Väylävirasto käsittelee yhteistyössä rautatieyrityksen tai palveluntuottajan, kuten radan ja vaihteiden kunnossapitäjän ja sen mahdollisten alihankkijoiden kanssa. Väylävirasto laatii onnettomuuksista tiivistelmän organisaation omaa ja yhteistyöryhmien käsittelyä varten. Tarkoituksena on toiminnan kehittäminen ja tapauksista oppiminen.

Väylävirasto ja Destia Rail Oy tekivät 31.7.2018 sopimuksen radan ja turvalaitteiden kunnossapidosta vuosille 2019–2023 kunnossapitoalueelle kolme (Riihimäki-Kokkola). Sopimus sisälsi enintään neljä optiovuotta. Sopimus edellytti, että Destia Rail Oy täyttää kunnossapitoa suorittaessaan Liikenne- ja turvallisuusviraston sekä muiden viranomaisten kelpoisuus- ja pätevyys ehdot. Sopimuksessa Destia Rail Oy (toimittaja) hyväksyi Väyläviraston (tilaaja) terveys-, turvallisuus- sekä ammattitaito- ja työpätevyysvaatimukset. Sopimuksen mukaan tilaaja voi vaihtaa toimittajan vastaavan työjohtajan tai turvallisuudesta vastaavan henkilön, mikäli toimittaja ei huolehdi turvallisuustehtävistään, kunnossapitotöihin liittyvästä turvallisuudesta tai rautatieliikenteen turvallisuus vaarantuu.

Kunnossapitotöiden laatua ja turvallisuutta valvoi rataisännöintipalveluita Länsi-Suomen alueella määräaikaikäisellä toimeksiantosopimuksella tuottanut Dexit Oy. Kunnossapitosopimuksen vaatimusten ja rautatieturvallisuuteen liittyvien määräysten noudattamista valvottiin Väyläviraston tietojärjestelmäsovellusten kautta, pistokokein kentällä ja käsittelemällä turvallisuusasioita kuukausittain kokouksissa. Vaihteen V171 kohdalla kunnossapitotöiden valvonta ei ollut tutkinnan perusteella riittävää. Valvonta ei esimerkiksi tuonut riittävän tehokkaasti esille mittauksissa havaittuja kunnossapitotoleranssien ylityksiä ja vaihteen kuluneisuutta.

Kunnossapitosopimukseen kirjattu, radan ja vaihteiden kunnonvalvonta ei vaatinut toimijoilta yhtä yksityiskohtaista toimintaa kuin RATO-ohjeet edellyttävät. Kunnossapitosopimuksen mukaan kunnonvalvonnalla määritellään kohteen toimintakunnon nykytila ja arvioidaan sen kehittyminen korjaushuollon ajankohdan määrittämiseksi. Kunnonvalvonta tuottaa näin lähtötietoja huollon ja korjauksen suunnitteluun. RATO-ohjeissa määritellään toimintamallit, miten esimerkiksi mittauksissa todettuihin kunnossapitotoleranssien ylityksiin tulee reagoida.

Kunnossapitosopimukseen ei ollut kirjattu velvollisuutta noudattaa säännönmukaisesti RATO-ohjeita, joihin kyllä viitataan sopimuksen liitteenä olevassa työohjeessa. Kirjauksen puuttuminen kunnossapitosopimuksesta on voinut vaikuttaa siihen, etteivät huollossa tehdyt vaihteen V171 tarkastusmittausten tulokset kunnossapitotoleranssien ylityksistä johtaneet suunnitelmaan tilanteen korjaamiseksi.

Väylävirasto seuraa rataverkon kuntoa mittausvaunun tekemien mittausten perusteella. Mittauspalvelu on ostettu 1.2.2021 alihankintana Mermec S.p.a:lta. Mermecin Meeri-mittausvaunu mittaa rataverkkoa Väyläviraston ennakkoon tekemän mittausohjelman mukaan. Vilkkaimmin liikennöidyt rataosat mitataan kuusi kertaa vuodessa ja muut rataosat 2–3 kertaa vuodessa.

Meerin mittaukset perustuvat lasermittalaitteiden käyttöön. Radan tarkastuksessa käytettävä mittaussväli (25 cm) on optimoitu linjaosuuksien mittaamiseen ja on nykyisellään liian pitkä esimerkiksi vaihteiden kielisovitusalueiden kattavaan mittaukseen. Meeri-mittausvaunun käyttämä mittaustekniikka antaisi mahdollisuuden tiheämpään mittaukseen (20 mm) ja sitä kautta myös vaihteiden kunnan tarkempaan seurantaan.

Jotta vaihteiden kunnan mittaaminen olisi monipuolisempaa, tulisi vaihteet tiheämmän mittaustekniikan lisäksi mitata molemmissa asennoissa. Meeri-mittausvaunun mittausaikataulu on kuitenkin erittäin tiukka ja tästä syystä vaihteet mitataan pääsääntöisesti suorassa asennossa. Vaihteiden niin sanottu poikkeava suunta mitataan keskimäärin kolmen vuoden välein. Näin oli menetelty myös vaihteen V171 kanssa, jossa edellinen mittaussajo oli tehty 27.11.2023 vaihteen ollessa suorassa asennossa. Kyseisessä mittaussajossa vaihteessa ei tunnistettu merkittäviä ongelmia.

Meeri-mittauksen välillä vaihteiden kunnanvalvonta perustuu pääosin alueen kunnossapitäjän tekemiin mittauksiin ja silmämääräisiin tarkastuksiin. Mittaukset tehdään pääosin käsimittalaittein. Tällä hetkellä ei ole olemassa yksinkertaista ja nopeaa tapaa mitata koko vaihde tarkasti. Lasermittalaitteet keräävät suuren määrän dataa, mutta sen käsittely on hidasta, ja sitä ei ole nykyisellään mahdollista tehdä suoraan kentällä tapahtuvan mittauksen yhteydessä.

Vaihteen kielisovitusalueen mittauksiin ja tarkastuksiin on olemassa mittatulkkeja. Mittatulkkien käyttö ohjeistetaan Väyläviraston RATO-ohjeiden osassa 12 (Kuva 39.), jossa mittatulkkeja ohjeistetaan käyttämään vaihteen korjaushitsauksen ja hionnan yhteydessä. Mittatulkkien käyttöä vaihteiden tarkastuksessa ja kunnossapitotarpeen arvioinnissa ei ole mainittu ohjeissa yksiselitteisesti. Tästä syystä kunnossapitoon on muodostunut käytäntö, että vaihteen kielisovitusalueen kuluneisuus arvioidaan pääosin silmämääräisesti.

2.5 Viranomaisten ennalta ehkäisevä toiminta

Uudelle tai muutetulle rautatieliikenteen kalustoyksikölle tulee olla viranomaisen lupa tai hyväksyntä ennen kuin sitä saa käyttää EU:n rataverkolla. Lupa tai hyväksyntä on mahdollista myöntää kalustoyksikölle ja/tai kalustoyksikkötyypille. Tällöin puhutaan kalustoyksikön tyyppihyväksynnästä. Lupa tai hyväksyntä voidaan myöntää myös yksittäiselle kalustoyksikölle, joka on tyyppihyväksytyn kalustoyksikkötyypin mukainen. Tällöin kyseessä on kalustoyksikön markkinoillesaattamislupa.

Ennen kalustoyksikön käyttämistä Suomen rataverkolla on kalustoyksikkö rekisteröitävä kalustorekisteriin. Suomessa kalustorekisterinä toimii Euroopan Rautatievirasto ERA:n ylläpitämä Euroopan kalustorekisteri EVR⁴³. Rekisteriä ylläpitää ERA. Liikenne- ja viestintävirasto puolestaan toimii EVR:ssä rekisteröintielimenä (RE). Asiakas tekee kaluston rekisteröinnistä hakemuksen, ja Traficom rekisteröi kalustoyksiköt EVR:ään, jos rekisteröinnin edellytykset täyttyvät.

Kalustoyksikön rekisteröi sen käyttöalueen jäsenvaltio, missä kalustoyksikkö on ensimmäisen kerran otettu käyttöön. Sellaisen kalustoyksikön käyttäminen Suomessa, joka on ensirekisteröity ulkomailla, edellyttää käyttöalueen laajennusta. Ennen OSS-

⁴³ EVR (European vehicle register) = Euroopan kalustorekisteri. Rekisterin ylläpitäjä on Euroopan rautatievirasto ERA ja Liikenne- ja viestintävirasto Traficom toimii kansallisena EVR rekisteröintielimenä.

järjestelmän⁴⁴ ja EVR-rekisterin käyttöönottoa käyttöalueen laajenuksesta käytettiin termiä ristiinhyväksyntä.

Dr18-vetureiden käyttöönotto on tapahtunut ennen OSS-järjestelmän ja EVR-rekisterin käyttöönottoa. Koska Dr18-veturit on rekisteröity ensin toiseen EU-maahan (Tšekkeihin), niiden hyväksyntä Suomeen on tehty ristiinhyväksyntänä. Dr18-veturit on hyväksytty kansallisena menettelynä käyttöönottoluvin ja rekisteröinti on tehty kansalliseen Rahkat -järjestelmään⁴⁵. Vetureiden käyttöönottoluvat on myönnetty kansallisena menettelynä.

Ristiinhyväksynnässä alkuperäisen hyväksynnän jälkeen muutetut kaluston osat tulee testata, millä varmistetaan niiden täyttävän *Euroopan unionin rautatiejärjestelmän liikkuvan kaluston osajärjestelmä "veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä"* (YTE) vaatimukset. Dr18-veturin kohdalla kulkuominaisuus- ja kulkuvarmuusnormin EN 14363 mukaiset testit tehtiin Tšekeissä. Testejä suoritettiin Velimin testiradalla sekä Tšekin avoimella rataverkolla. Lisäksi testejä tehtiin Suomessa 1524 mm raidelevydellä. Kulkuominaisuustestit tehtiin Kerava - Sköldvik ja Haapamäki – Jyväskylä rataosilla. Lisäksi Laajakankaan testiradalla testattiin veturin kulkua kaarteissa ja tehtiin niin sanotut suistumistestit⁴⁶.

Testit Laajakankaan testiradalla on tehty 30.9.2015⁴⁷. Testeissä on tarkasteltu sekä suistumisherkkyyttä että keskuspuskinta ja sivupuskimia. Suistumisherkkyyden testit ovat sisältäneet seuraavat osuudet:

- Kaarretesti 125 m säteisessä kaarteessa.
- Kaarretesti 150 m s-kaarteissa, joiden välissä 6 m suora osuus.
- Kaarretesti 150 m kaarteessa, jossa standardin EN 14363 mukainen kierousvirhe.

Kaarresteissa veturi on ajettu alle 5 km/h nopeudella kaarteiden läpi, ja samalla on tarkkailtu, että veturin pyöräkerrat eivät pyri nousemaan kiskoilta. Testeihin ei ole kuulunut varsinaisia mittauksia. Testien läpäisyn kriteerinä on ollut, että veturi ei suistu kiskoilta. Veturi läpäisi kaikki testit. Testit tehtiin käyttökuntoisella veturilla, eli veturin teliiä ja runkoa ei poikkeutettu kuten standardin EN 14363 mukaisessa testissä.

Liikennevirasto on antanut puoltavan lausunnon radan ja kaluston yhteentoimivuudesta 16.7.2015. Puoltava lausunto on käyttöönottoluvan edellytys. Dokumentissa⁴⁸ on todettu Dr18-veturisarjan täyttävän radan ja liikkuvan kaluston yhteentoimivuuden edellytykset muun muassa akselipainon, ulottuman ja pyöräprofiilin osalta. Lausunnossa ei ole otettu kantaa veturin rataa kohdistamiin poikittaisvoimiin. Toisaalta, vaikka kaluston aiheuttaman suuret poikittaisvoimat olisivat olleet lausuntoa laadittaessa tiedossa, ei rataverkon haltija olisi EU-säännösten mukaan voinut estää kaluston käyttöä rataverkollaan niiden takia, koska kalusto täytti ristiinhyväksynnän kriteerit.

Käyttöönottolupa on myönnetty ensimmäisille kolmelle Dr18-veturille Suomessa (täydentävä käyttöönottolupa) 30.11.2015 sarjatunnuksella Dr18. Ensimmäisten vetureiden rekisteröinti on tehty 11.3.2016. Ensimmäinen Dr18-veturi, 101, toimitettiin Suomeen 27.8.2015.

⁴⁴ OSS (One Stop Shop) = keskitetty palvelupiste kaluston hyväksyntään ja lupiin liittyvissä asioissa.

⁴⁵ Rahkat = aiemmin käytössä ollut kansallinen kalustorekisteri, jonka korvasi EVR (European Vehicle Register).

⁴⁶ Suistumistesteissä testattavaa kalustoa liikutetaan alueelle erikseen muodostetuissa kaarteissa ja radan kohdissa, joissa geometria on poikkeava. Näin varmistetaan kaluston pysyminen kiskoilla.

⁴⁷ Test Report No.: P22-185-15, Safety test against derailment of locomotive 774.711 F when running on the track with changed transverse cant.

⁴⁸ Lausunto LIVI/2556/06.04.03/2015.

Kuusiakselisille vetureille tapahtuneiden suistumisten takia Väylävirasto teetti Tampereen yliopistolla mittaukset kaluston rataan aiheuttamista poikittaisvoimista. Mittausraportissa yliopisto toi esille kuusiakselisten vetureiden, etenkin Dr18-veturisarjan, suurista poikittaisvoimista aiheutuvan suistumisriskin vaihteiden kielisovitusalueella. Väylävirasto kävi mittaustulokset läpi Liikenne- ja viestintäviraston kanssa ja ne annettiin tiedoksi myös rautatieliikenteen harjoittajille heidän oman kalustonsa osalta. Mittaustulosten ja -raportin perusteella ei ollut ennen suistumista käynnistetty toimenpiteitä esille tuodun turvallisuusriskin hallitsemiseksi. Mittausraportissa tunnistettu riski realisoitui Tampereen onnettomuudessa.

Liikenne- ja viestintävirasto myöntää rautatiealalla toimimisen edellytyksenä olevat rataverkon haltijoiden turvallisuusluvut ja rautatieliikenteen harjoittajien turvallisuustodistukset. Sekä luvat että todistukset ovat määräaikaista, ja ne ovat voimassa enintään viisi vuotta. Myöntäessään turvallisuustodistuksen tai -luvan virasto hyväksyy samalla toimijan turvallisuusjohtamisjärjestelmän. Virasto valvoo turvallisuusjohtamisjärjestelmän toimintaa vuosittaisilla auditoinneillaan, jotka kohdistetaan eri painopistealueisiin erikseen laadittavan valvontasuunnitelman mukaisesti. Valvonnan tavoitteena on edistää turvallista ja vastuullista toimintaa Suomen raideliikennejärjestelmässä.

Liikenne- ja viestintävirasto valvoo rataverkon haltijoiden toimintaa raideliikennelain (1302/2018) 15 § ja 16 § nojalla. Valvontaa suoritetaan muun muassa auditointien, tarkastusten ja turvallisuuskeskustelujen muodossa. Liikenne- ja viestintävirasto Traficomien auditoinnit pohjautuvat komission asetukseen (EU) 2018/761.

Fenniarail Oy:n turvallisuustodistus on voimassa syyskuuhun 2025 saakka. Todistuksella vahvistetaan, että rautatieyrityksen *turvallisuusjohtamisjärjestelmä, mukaan lukien säännökset, jotka rautatieyritys on ottanut käyttöön täyttääkseen asiaan liittyvän rataverkon (-verkkojen) turvallisen toiminnan kannalta välttämättömät vaatimukset, on hyväksytty direktiivin (EU) 2016/798 ja sovellettavan kansallisen lainsäädännön mukaisesti.*

Valtion omistaman rataverkon haltijana toimivalla Väylävirastolla on vastaavasti Liikenne- ja viestintäviraston myöntämä turvallisuuslupa. *Turvallisuusluvalla rataverkon haltija osoittaa, että sillä on käytössään vaatimusten mukainen turvallisuusjohtamisjärjestelmä, jolla varmistetaan toimijan kyky hallinnoida rataverkkoa turvallisesti.*

Kaluston kunnossapitäjänä toimivan yksikön (ECM) ei EU-direktiivin 779/2019/EU⁴⁹, 3 artiklan mukaan tarvitse olla sertifioitu, jos se kunnossapitäää *ainoastaan rautatieliikenteen harjoittajan omassa liikennöinnissä käytettävää muuta kuin tavaravaunukalustoa*. Tällainen kunnossapitäjä ei tarvitse Liikenne- ja viestintäministeriön myöntämää ECM-todistusta. Fenniarail Oy:n toimiessa kunnossapitäjänä omalle veturikalustolleen sen ei näin ollen tarvitse olla sertifioitu eikä siltä edellytetä ECM-todistusta. Liikenne- ja viestintävirasto kuitenkin valvoo tässä tapauksessa, että kunnossapitäjän toiminta täyttää sille Liikenne- ja viestintäviraston määräyksessä *Rautatiejärjestelmän turvallisuus*⁵⁰ asetetut vaatimukset. Valvonta tapahtuu Liikenne- ja viestintäviraston auditointien ja tarkastusten kautta.

⁴⁹ KOMISSION TÄYTÄNTÖÖNPANOASETUS (EU) 2019/779, kalustoyksiköiden kunnossapidosta vastaavien yksiköiden sertifiointijärjestelmää koskevista yksityiskohtaisista säännöksistä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (EU) 2016/798 nojalla sekä komission asetuksen (EU) N:o 445/2011 kumoamisesta.

⁵⁰ TRAFICOM/138582/03.04.02.00/2019.

Kyseinen EU-direktiivi ja Liikenne- ja viestintäviraston määräys antavat mahdollisuuden käyttää kunnossapidossa alihankintaa.

Liikenne- ja viestintävirasto suoritti Fenniarail Oy:lle ECM-auditoinnin ensimmäisen kerran 27.1.2022. Auditoinnissa tehtiin seuraavat huomiot:

- *Auditoinnissa raportoitiin puutteita ECM-asetuksen ECM II - ja ECM III -toimintojen menettelyjen kuvauksiin liittyen.*
- *Fenniarail Oy toimitti toimenpidesuunnitelman poikkeamien korjaamiseksi ja se hyväksyttiin 28.7.2022. Toimenpiteet oli suunniteltu toteutettavaksi 31.12.2022 mennessä.*

Poikkeamina auditointiraportissa⁵¹ tuotiin esille muun muassa puutteet kunnossapidon toimintojen kuvauksessa ja omavalvontastrategian jalkautuksessa.

2.6 Pelastustoimiin osallistuneet organisaatiot ja niiden toimintavalmius

Väyläviraston pelastus- ja raivausorganisaatio huolehtii onnettomuustilanteiden jälkiraivaustehtävistä valtion omistamalla rataverkolla. Organisaatioon kuuluva palokunta osallistuu myös pelastustoimintaan sekä rautateillä kuljetettävien vaarallisten aineiden torjuntaan yhteistyössä pelastusviranomaisten kanssa.

Tarvittaessa organisaatio tukee erityiskalustollaan muuta rautatietoimintaa esimerkiksi myrskyvahinkojen tai vastaavien torjunnassa. Organisaation pelastus- ja raivauskalusto on suunniteltu erityisesti rautatieympäristössä tapahtuvaan raskaaseen pelastamiseen. Lisäksi organisaatiolla on rautatiekalustoon sekä vaarallisten aineiden vuotojen torjuntaan suunniteltua erityiskalustoa. Kalustoa voidaan käyttää myös muissa pelastus- ja virka-aputehtävissä palokuntasopimusten mukaisesti.

Valtakunnallisesta valmiudesta huolehditaan kolmen tukikohdan avulla (Riihimäki, Kouvola ja Oulu), joista kussakin on jatkuvassa valmiudessa neljä henkilöä. Tutkitussa onnettomuudessa raivauksesta vastasivat Riihimäen ja Kouvolan yksiköt.

Valmius hoidetaan niin sanottuna kotivarallaolona, ja lähtövalmiusaika vaihtelee tehtävän kiireellisyyden mukaan. Tehtävien kiireellisyysluokitukset on määritetty yhteiskunnallisen tarpeen mukaisesti, ja niissä noudatetaan yleisiä pelastustoiminnan tehtävuokituksia.

Organisaation henkilöstöllä on vähintään sopimuspalokunnan henkilöstöltä vaadittava osaaminen ja toimintakyky sekä savu- ja kemikaalisukelluspätevyydet. Raivaushenkilöstö toimii Sempel Rail Oy:n palveluksessa pääosin sivutoimisesti, koska he työskentelevät päätoimisesti pelastuslaitosten palveluksessa.

Raivaustyön aloitus toteutui sopimukseen perustuvien vasteaikavaatimusten mukaisesti. Raivaukseen osallistuneen henkilöstön ja raivauskaluston riittävyys vaihteli raivaustöiden aikana. Lisähenkilöstölle ja nostovälineille olisi ollut tarvetta ajoittain raivauksen alkuvaiheessa sekä veturin noston aikana. VR FleetCaren Tampereen varikolla olevien raivausresurssien saatavuutta ei raivaustyön yhteydessä selvitetty.

Raivaushenkilöstön kalustontuntemus Dr18-veturin osalta oli vähäistä. Osa raivaukseen osallistuneista henkilöistä oli aiemmin ollut mukana ajoneuvonosturilla tehdyssä Dr18-veturin nostossa. Raivausryhmän käytössä olleet kalustokohtaiset nosto-ohjeet, eli niin sanotut nostokortit, käsittelivät pääosin veturin nostoa nosturilla ja nostopukeilla. Veturin nostoa nyt raivauksessa käytetyn kaltaisella tunkkikalustolla käsiteltiin ohjeissa vain lyhyesti. Puutteellisten ohjeiden ja vähäisen kalustotuntemuksen vuoksi

⁵¹ Auditointiraportti Dnro TRAFICOM/559972/06.02.01.02/2021, 10.02.2022.

rataraivaajat joutuivat alusta alkaen turvautumaan Fenniarail Oy:n asiantuntijuuteen kalustoteknisissä kysymyksissä.

Tutkinnassa raivaustoimintaan osallistuneet henkilöt kokivat yhteistyön kaluston omistajan kanssa toimineen tilanteessa erittäin hyvin. Raivaukseen osallistuneiden mukaan tämän kaltainen yhteistyömalli, jossa kalustotekninen osaaminen tulee kaluston omistajalta tai kunnossapitäjältä ja raivaustekninen osaaminen raivausryhmältä, on erittäin toimiva. Erityisesti vaativissa raivaustilanteissa sen käyttöä ja sitä kautta yhteistoimintaa toimijoiden välillä raivauksessa tulisi laajentaa.

Väyläviraston raivauksesta vastaava henkilö johti raivausta puhelimen välityksellä, joten päätökset resurssoinnista jouduttiin tekemään etänä Sempel Rail Oy:n ryhmänjohtajien antamien tietojen perusteella. Koska yksikönjohtajien päätösvalta ei ulotu resurssien määrän hallintaan, on Väyläviraston vastaavan henkilön tai hänen sijaisensa henkilökohtainen läsnäolo tapahtumapaikalla tällä hetkellä käytännössä välttämätöntä.

Raivaustoiminnasta järjestettiin tapahtuman jälkeen purkutilaisuus raivaukseen osallistuneiden Sempel Rail Oy:n henkilöiden ja Väyläviraston asiantuntijan kanssa. Tämä on organisaatioiden normaali toimintamalli kaikkien raivaustilanteiden jälkeen. Tilaisuuteen osallistuneet kokivat, että purku-/palautetilaisuudessa on kuitenkin vielä kehitettävää, jotta raivaukseen osallistuneilta tulevat kehitysehdotukset saadaan vietyä käytäntöön.

2.7 Säädökset, määräykset ja ohjeet

2.7.1 Lait, asetukset ja sopimukset

Euroopan komission asetus Euroopan unionin rautatiejärjestelmän infrastruktuuriosajärjestelmää koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä (YTE)⁵² sovelletaan kaikkeen uuteen, parannettavaan tai uusittavaan infrastruktuuriin. YTE:ää ei sovelleta olemassa olevaan infrastruktuuriin, joka on ollut käytössä 1.1.2015, ellei sitä uudisteta tai paranneta.

YTE:ssä määritellään muun muassa:

- infrastruktuurin ja kunnossapitojärjestelmän vaatimukset,
- toiminnalliset ja tekniset eritelmät, jotka infrastruktuurin ja kunnossapidon on täytettävä sekä liitynnät muihin osajärjestelmiin,
- menettelyt, joilla todennetaan yhteentoimivuuden osatekijöiden vaatimustenmukaisuus ja käyttöön soveltuvuus sekä EY-tarkastuksessa,
- henkilöstön ammatillista pätevyyttä sekä työterveyttä ja -turvallisuutta,
- infrastruktuurin parametrit, jotka rautatieyrityksen on tarkastettava kalustoyksikön yhteensopivuuden varmistamiseksi.

Vaihteita koskevat välittömän toiminnan raja-arvot määritellään kohdassa 4.2.8.6. Ne ovat yhteensopivia liikkuvan kaluston YTE:ssä määriteltyjen pyöräkertojen geometrinen ominaisuuksien kanssa. Rataverkon haltijan on päätettävä kunnossapitosuunnitelman geometriset arvot. Kohdassa 7.7.6.10 esitetään välittömän toiminnan raja-arvot vaihteille raideleveydelle 1524 mm:

- a) Kulusta vapaan tilan enimmäisarvo vaihteissa: 1 469 mm. Arvoa voidaan muuttaa suuremmaksi, jos rataverkon haltija voi osoittaa, että vaihteen kääntö- ja lukitusjärjestelmä kestää pyöräkerran poikittaissuuntaiset törmäykset.*

⁵² (EU) N:o 1299/2014

- b) Risteyksen ja vastakiskon kiinteän välin vähimmäisarvo tavallisissa risteyksissä: 1 476 mm. Arvo on mitattu 14 mm kulkupinnan alapuolelta ja teoreettisella kulkureunalla, sopivalla etäisyydellä todellisesta kärjestä (RP) kuvan 2 mukaan. Arvo voi olla pienempi risteyksissä, joiden kärki on lyhennetty. Tässä tapauksessa rataverkon haltijan on osoitettava, että kärjen lyhennys on riittävä sen varmistamiseksi, ettei pyörä osu todelliseen kärkeen (RP).
- c) Kulusta vapaan tilan enimmäisarvo risteyksen kärjessä: 1 440 mm.
- d) Kulusta vapaan tilan enimmäisarvo vasta-/siipikiskon alkupisteessä: 1 469 mm.
- e) Laippauran vähimmäisleveys: 42 mm.
- f) Laippauran vähimmäissyvyys: 40 mm.
- g) Vastakiskon enimmäiskorotus: 55 mm.

Euroopan komission asetus Euroopan unionin rautatiejärjestelmän liikkuvan kaluston osajärjestelmä ”veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä” (YTE)⁵³. YTE:ä on muutettu useammalla Komission täytäntöönpanoasetuksella viimeksi 10.8.2023. YTE:ä sovelletaan 1520 mm:n ja 1524 mm:n raideleveydellä. YTE:ä ei sovelleta olemassa olevaan kalustoon, joka on ollut käytössä 1.1.2015, paitsi jos sitä uudistetaan/parannetaan (7.1.2) tai käyttöaluetta laajennetaan direktiivin (EU) 2016/797 54 artiklan 3 kohdan mukaisesti. Tällöin sovelletaan kohdan (7.1.4) säännöksiä.

Kohdassa 7.1.2.2 1) todetaan, että liikkuvan kaluston osille ja perusparametreille, joihin muutoksilla ei ole ollut vaikutusta, ei tarvitse tehdä vaatimustenmukaisuuden arviointia.

Kohdassa 7.1.2.2a on kuvattu erityissäännöt käytössä olevalle liikkuvalla kalustolle, jolla ei ole EY-tarkastusvakuutusta ja jolle on myönnetty ensimmäinen käyttöönottolupa ennen 1. päivää tammikuuta 2015. Perusparametrien muutoksia, jota koskevien YTE:n vaatimusten täytyminen on pakollista, ovat kohdan 4.2.3.5.2.1 mukaan:

- *Pyöräkertojen mekaaniset ja geometriset ominaisuudet.*
- *Pyöräkerran raideleveys.*
- *Muutos raideleveydessä, jonka kanssa pyöräkerta on yhteensopiva.*

Kohdassa 7.1.4 esitetään säännöt sellaisen liikkuvan kaluston käyttöalueen laajentamisesta, jolla on direktiivin 2008/57/EY mukainen lupa tai joka on otettu käyttöön ennen 19. päivää heinäkuuta 2010. Kyseinen kohta edellyttää, että kalusto on otettu käyttöön ennen 19.7.2010, se on rekisteröity *voimassa*-rekisteröintikoodilla ”00” kansalliseen kalustorekisteriin tai eurooppalaiseen kalustorekisteriin ja että kalusto on pidetty turvallisessa käyttökunnossa päätösten ja asetusten mukaisesti. Kaluston laajennettua käyttöaluetta koskevan hyväksynnän on perustuttava voimassa olevaan hyväksyntään, liikkuvan kaluston ja verkon tekniseen yhteensopivuuteen sekä suunnittelun perusominaisuuksien noudattamiseen. Jos käyttöönottoluvan saaneeseen kalustoyksikköön ei ole direktiivin nojalla sovellettu YTE:iä tai niiden osia, hakijan on haettava poikkeuksia laajennetun käyttöalueen jäsenvaltioissa.

YTE:ssä pyöränprofiilien hallinta perustuu ekvivalenttisen kartiokkuuden⁵⁴ hallintaan kohdan 4.2.3.4.3 mukaisesti. Kohdassa 6.2.3.6 määritellään ekvivalenttisen kartiokkuuden raja-arvot ja ekvivalenttisen kartiokkuuden arviointi suoritetaan lisäyksen J-1 kohdan 107 eritelmässä, jonka normatiivinen asiakirja on EN 14363.

⁵³ (EU) N:o 1302/2014.

⁵⁴ Ekvivalenttisella kartiokkuudella tarkoitetaan pyöräkerran pyöränprofiileiden ja raiteen kiskojen profiilin yhteisvaikutusta vierintäkehien muutokseen pyöräkerran siirtyessä poikittain.

Lisäyksen kohdassa 86 ekvivalenttinen kartiokkuus - pyörien profiilien määritelmän normatiivinen asiakirja on EN 13715.

YTE edellyttää, että EU-alueella käyttöön otettava uusi rautatiekalusto täyttää kulkuominaisuus- ja kulkuvarmuusnormin EN 14363 vaatimukset.

Ratalaissa⁵⁵ määritellään Väylävirasto radanpitäjäksi ja rataverkon haltijaksi valtion omistaman rataverkon osalta. Laki määrittelee rautatiealan peruseriaatteen Suomessa.

Lain 3 luku käsittelee rautatien kunnossapitoa. Sen 29 §:ssä todetaan, että *Rautatie on pidettävä luokitustaan vastaavassa ja verkkoselostuksen mukaisessa sekä turvallisessa kunnossa. Radan kunnossapidon tason määräytymisessä otetaan huomioon liikenteen määrä ja laatu, alueen sijainti ja radan liikenteellinen merkitys. Huomioon otetaan myös vallitseva säätila ja sen ennakoitavissa olevat muutokset sekä muut olosuhteet.*

Raideliikennelain⁵⁶ tarkoituksena on edistää raideliikennettä, sen turvallisuutta ja rautatiejärjestelmän yhteentoimivuutta sekä rataverkon tehokasta käyttöä. Raideliikennelaki määrittelee Liikenne- ja viestintäviraston tehtäväksi Suomen rautatiejärjestelmän turvallisuuden ja yhteentoimivuuden valvonnan.

Lain 1 luvun 4 §:n kohdissa 48, 49, 50 avataan määritelmät *yhteentoimivuuden, yhteentoimivuuden osatekijöiden sekä yhteentoimivuuden teknisen eritelmän* osalta.

Lain 2 luku käsittelee turvallisuutta, sitä koskevia kansallisia oikeussäännöksiä sekä rautatieturvallisuuden kehittämistä. Lisäksi laissa säädetään rautatiejärjestelmän turvallisuuden ja yhteentoimivuuden valvonnasta sekä kansallisen turvallisuusviranomaisen velvoitteista, valtuuksista ja päätöksenteosta.

Lain 10 §:ssä määritellään, että jokaisella rautatieliikenteen harjoittajalla ja rataverkon haltijalla tulee olla turvallisuusjohtamisjärjestelmä, jonka avulla varmistetaan muun muassa se, että rautatiejärjestelmä vastaa yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä määriteltyjä turvallisuusvaatimuksia.

Lain 13 §:n kohdissa 2 ja 4 säädetään kansallisen turvallisuusviranomaisen (Liikenne- ja viestintävirasto)

- *valtuudesta myöntää vain Suomen rataverkolle tarkoitettulle kalustoyksikölle markkinoillesaattamislupa sekä tyyppihyväksyntä ja tehdä näitä asioita koskevat ratkaisut;*
- *velvollisuudesta valvoa yhteentoimivuuden osatekijöiden vaatimuksen mukaisuutta.*

Lain 15 §:n kohdassa 6 säädetään Liikenne- ja viestintäviraston velvollisuudesta *valvoa ja varmistua, että rataan kuuluvat ohjaus-, hallinta- ja merkinanto- sekä energia- ja infrastruktuuriasajärjestelmät ovat vaatimustenmukaisia.*

Lain 4 luku käsittelee rataverkon haltijalta vaadittavaa turvallisuuslupaa. Lain mukaan rataverkon haltijalla tulee olla rataverkon suunnittelua, kunnossapitoa ja käyttöä varten Liikenne- ja viestintävirasto myöntämä turvallisuuslupa. Turvallisuusluvan myöntämisen ehtona on, että rataverkon haltijalla on vaatimukset täyttävä turvallisuusjohtamisjärjestelmä.

Lain 6 luvun 35 § velvoittaa *rautatiejärjestelmän, sen osajärjestelmien ja yhteentoimivuuden osatekijöiden täyttämään rautatiejärjestelmälle määritellyt olennaiset vaatimukset.* Lisäksi luvussa säädetään Liikenne- ja viestintäviraston valtuudesta antaa tarkempia määräyksiä varmistuakseen olennaisten vaatimusten

⁵⁵ 110/2007.

⁵⁶ 1302/2018.

täyttymisestä. Määräykset voivat ulottua muun muassa rataverkolla käytettävään kalustoon, rataan, radan rakenteisiin ja laitteisiin sekä radan kunnossapitoon.

Lain 11 luvun 63 § määrittelee Liikenne- ja viestintäviraston myöntämän markkinnoillesaattamisluvan sisällön. Markkinoillesaattamisluvasta on käytävä ilmi muun muassa *kalustoyksikön ja käyttöalueen teknisen yhteensopivuuden tarkastamisessa hyödynnetyt yhteentoimivuuden teknisissä eritelmissä ja kansallisissa oikeussäännöissä vahvistetut parametrien arvot, kalustoyksikön vaatimustenmukaisuus edellä mainittujen parametrien osalta sekä kalustoyksikön käyttöä koskevat muut ehdot ja rajoitukset.*

Lain 65 §:ssä säädetään mm. rautatieliikenteen harjoittajan velvollisuudesta tarkastaa, että

- *kalustoyksiköllä on markkinoillesaattamislupa ja se on rekisteröity oikein ja,*
- *että se on yhteensopiva rautatiereitin kanssa.*

Lain 62, 63 §:ssä ja 66 §:n 1. ja 2. momenteissa määritellään, millä ehdoilla Liikenne- ja viestintävirasto käsittelee, myöntää ja uusii Suomen rataverkolla käytettävän kalustoyksikön tyyppihyväksynnän ja markkinoillesaattamisluvan.

Lain 13 luvun 72 §:n 1 ja 4 kohdissa määritellään, että *kalustoyksikön kunnossapidosta vastaavalla yksiköllä on oltava käytössään vastuulla olevalleen kalustolle kunnossapitojärjestelmä, jonka avulla:*

- *varmistetaan, että kalustoyksikön kunnossapito pitää kalustoyksikön kyseisen kalustoyksikön ohjekirjan, voimassa olevien kunnossapitosääntöjen sekä yhteentoimivuuden teknisten eritelmien ja muiden vaatimusten mukaisena;*
- *taataan kunnossapitotoimien jäljitettävyyys.*

Raideliikennelain 80 § käsittelee niin kutsuttua itäisen yhdysliikenteen kalustoa. Lain tätä kohtaan päivitettiin 22.6.2022 siten että *OSJD-alueelle rekisteröityjä puutavara- ja säiliökuljetuksiin tarkoitettuja kalustoyksiköitä saa käyttää myös Suomen sisäisiin puutavara- ja kemikaalikuljetuksiin, jos kalustoyksikön omistaja on Suomessa toimiva yritys tai yhteisö, Suomessa toimivan yrityksen kokonaan omistama kolmannessa maassa toimiva tytäryritys taikka Suomessa toimiva lastinantaja on tehnyt pitkäaikaisen vuokrasopimuksen Euroopan talousalueelle sijoittuneen vaunukaluston omistajan kanssa kaluston käytöstä.* Muutos on määräaikainen ja voimassa 23.6.2022–31.12.2026.

Lain 107 § määrittelee muun muassa vaatimukset rataverkon kunnossapitotoiminnan riippumattomuudelle. Rataverkon haltijan *on toteutettava rataverkon kunnossapitotyöt ja aikataulutus niin, että niistä aiheutuu mahdollisimman vähän häiriötä rautatieliikenteen harjoittajille ja mahdolliset häiriöt kohdistuvat rautatieliikenteen harjoittajiin tasapuolisesti ja syrjimättömällä tavalla.*

Raideliikennelain 108 § käsittelee rataverkon haltijan toimintojen ulkoistamista ja jakamista. Raideliikennelain 108 § 1. momentin mukaan *rataverkon haltija saa ulkoistaa tehtäviään toiselle osapuolelle, joka ei saa olla rautatieyritys, yritys, jonka määräysvallassa on rautatieyritys, tai yritys, joka on rautatieyrityksen määräysvallassa. Rataverkon haltijan on huolehdittava siitä, että tehtävien ulkoistamisesta ei synny eturistiriitoja ja että kaupallisesti arkaluonteisten tietojen luottamuksellisuus taataan.*

Raideliikennelain 108 § 2. momentissa todetaan, että *rataverkon haltija saa ulkoistaa rautatieinfrastruktuurin kehittämiseen, ylläpitoon ja uudistamiseen liittyvien tehtävien toteutuksen rautatieyritykselle, yritykselle, jonka määräysvallassa on rautatieyritys tai yritykselle, joka on rautatieyrityksen määräysvallassa.*

Rataverkon haltija vastaa kuitenkin lain mukaan aina ulkoistamistaan toiminnoista ja niiden valvonnasta.

2.7.2 Liikenne- ja viestintäviraston määräykset ja ohjeet

Liikenne- ja viestintäviraston määräys *Rautatiejärjestelmän turvallisuus*

määrittelee kalustoyksikön kunnossapitojärjestelmältä edellytettävät toiminnot. Näitä vaatimuksia sovelletaan silloin, kun kalustoyksikön kunnossapitajältä ei edellytetä sertifiointia ja ECM-todistusta. Määräyksessä todetaan, että kalustoyksikön kunnossapitojärjestelmän on koostuttava seuraavista toiminnoista:

- *hallintatoiminto, joka valvoo ja koordinoi muita kunnossapitotoimintoja sekä varmistaa kalustoyksikköjen turvallisen kunnan*
- *kunnossapidon kehittämistoiminto, joka vastaa huoltoasiakirjojen hallinnasta, kokoonpanon hallinta mukaan lukien, suunnittelu- ja käyttötietojen sekä suorituskyvyn ja saatujen kokemusten pohjalta;*
- *kaluston hallintatoiminto, joka hallinnoi kalustoyksikköjen poistamista liikennöinnistä kunnossapitoa varten ja niiden liikennöintiin palauttamista kunnossapidon jälkeen;*
- *kunnossapidon toteuttamistoiminto, johon sisältyy kalustoyksikön tai sen osien vaadittu tekninen kunnossapito, mukaan lukien huollosta luovuttamiseen liittyvien asiakirjojen antaminen.*

Määräyksen liitteessä 3 on esitetty vaatimukset ja arviointiperusteet organisaatioille, jotka hakevat ECM-todistusta tai todistusta kunnossapidosta vastaavan yksikön ulkoistamia kunnossapitotoimintoja varten. Määräyksen mukaan myös sertifioidun kunnossapidosta vastaavan yksikön on varmistettava, että kaikki edellä kuvatut kunnossapitotoiminnot suoritetaan näiden vaatimusten ja arviointiperusteiden mukaisesti.

Lisäksi määräyksessä todetaan, että *kunnossapitokonepajojen on sovellettava kalustoyksikköiden kunnossapitoa koskevan komission asetuksen 445/2011/EU 2 artiklan 2 kohdan mukaisesti, liitteen III asiaankuuluvia kohtia, jotka vastaavat sertifioidavia tehtäviä ja toimintoja.*

Liikenne- ja viestintäviraston määräystä *Rautateiden liikkuva kalusto*⁵⁷ sovelletaan Suomessa käyttöön otettavaan uuteen liikkuvan kaluston osajärjestelmään sekä tämän määräyksen voimaan tullessa olemassa olleeseen liikkuvan kaluston osajärjestelmään, jota tämän määräyksen voimaan tulon jälkeen uudistetaan tai parannetaan. Ohjeen mukaan asiassa veturien kohdalla sovellettava EU-lainsäädäntö on *Komission asetusta (EU) N:o 1302/2014, Euroopan unionin rautatiejärjestelmän liikkuvan kaluston osajärjestelmää "veturit ja henkilöliikenteen liikkuva kalusto" koskevasta yhteentoimivuuden teknisestä eritelmästä, muutoksineen;*

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että veturien ja henkilöliikennekaluston pyöräkertoihin sovelletaan suoraan YTE:n kohdissa 4.2.3.5.2.1 ja 4.2.3.5.2.2 esitettyjen taulukoiden mukaisia arvoja.

⁵⁷ TRAFICOM/224601/03.04.02.00/2021.

Nimitys		Pyörän halkaisija D [mm]	Vähimmäisarvo [mm]	Enimmäisarvo [mm]
1 524 mm	Pyörien laippojen väli (S_R) $S_R = A_R + S_{d, \text{vasen}} + S_{d, \text{oikea}}$	$400 \leq D < 725$	1 506	1 509
		$D \geq 725$	1 487	1 514
	Pyörien sisäpintojen väli (A_R)	$400 \leq D < 725$	1 444	1 446
		$D \geq 725$	1 442	1 448

Kuva 36. YTE:n kohdassa 4.2.3.5.2.1 määritellyt raja-arvot veturi- ja henkilöliikennekaluston pyörille 1524 mm raideleveydellä. (Kuva: Eurlex)

Nimitys	Pyörän halkaisija D (mm)	Vähimmäisarvo (mm)	Enimmäisarvo (mm)
Kehän leveys ($B_R + \text{reunapurse}$)	$D \geq 330$	133	145
Laipan paksuus (S_d)	$D > 840$	22	33
	$760 < D \leq 840$	25	
	$330 \leq D \leq 760$	27,5	
Laipan korkeus (S_h)	$D > 760$	27,5	36
	$630 < D \leq 760$	29,5	
	$330 \leq D \leq 630$	31,5	
Laipan jyrkkyys (q_R)	≥ 330	6.5	

Kuva 37. YTE:n kohdassa 4.2.3.5.2.2 määritellyt raja-arvot veturi- ja henkilöliikennekaluston pyörille 1524 mm raideleveydellä. (Kuva: Eurlex)

Liikenne- ja viestintäviraston Ohje OSJD/GOST-standardin mukaisen kaluston käyttämisestä Suomen sisäisessä rautatieliikenteessä⁵⁸ kuvaa OSJD/GOST-standardin mukaisen tavaravaunujen käyttämistä Suomen sisäisessä liikenteessä muun muassa kaluston tyyppihyväksynnän, käyttöönottoluvan, kunnossapidon ja riskienhallinnan osalta.

2.7.3 Standardit

Standardi SFS-EN 14363:2016 + A2:2022 *Railway applications. Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Running Behaviour and stationary tests* on pohjana Yhteentoimivuuden teknisen eritelmän (YTE) vaatimuksille EU:ssa uutena käyttöön otettavan rautatiekaluston kulkuominaisuuksille ja kulkuvarmuudelle. Standardissa esitetyt vaatimukset pitävät sisällään staattiset ja dynaamiset kokeet.

⁵⁸ 578510/03.04.02.01/2022.

Dynaamisessa- eli kulkuominaisuuskokeessa edellytetään muun muassa kalustoyksikön poikittaisvoimien summan (ΣY) mittaamista. Raja-arvo Dr18-veturin kaltaiselle kalustoyksikölle on standardin mukaan 76,67 kN⁵⁹. Tämä raja-arvo kattaa 250–400 m säteiset kaarteet kulkuominaisuuskokeessa normaalimenetelmällä mitattaessa. Väyläviraston Tampereen yliopistolla 2022 teettämien kaarretestien poikittaisvoimamittausten⁶⁰ perusteella Dr18-veturin poikittaisvoimat ylittivät kyseisen raja-arvon sekä 25 km/h (78,48 kN) että 35 km/h (88,1 kN) testinopeuksissa R200 m kaarteissa.

SFS-EN 14363 -standardin mukaan laakeripesästä mitatun poikittaisvoiman ($Y_{j,max}$) sallittu raja-arvo Dr18-veturille on 69 kN⁶¹. Kvasistaattisen⁶² poikittaisvoiman ($Y_{j,a,gst}$) raja-arvo olisi normaalimetodin kulkuominaisuuskokeissa 60 kN. Tampereen yliopistolla 2022 teettämien kaarretestien poikittaisvoimamittausten perusteella Dr18-veturin kohdalla poikittaisvoimat olivat raja-arvoa suuremmat kaikilla mitatuilla nopeuksilla 5–35 km/h. Voimat vaihtelivat välillä 95,67–125 kN.

Kun verrataan Väyläviraston Tampereen yliopistolla vuonna 2022 teettämien kaarretestien poikittaisvoimamittausten tuloksia SFS-EN 14363 -standardin raja-arvoihin, on huomioitava, että mittaolosuhteet ja -järjestelyt eivät kaikilta osin täysin vastaa standardin vaatimuksia. Mittaustuloksia voi kuitenkin pitää vähintään suuntaa antavina ja voidaan perustellusti todeta, että Dr18-veturisarjan rataa kohdistamat poikittaisvoimat ylittävät standardissa SFS-EN 14363 määritellyt suurimmat hyväksyttävät arvot.

Standardissa SFS-EN 13715: 2020 *Kiskoliikenne, Pyöräkerrat ja telit, Pyörät, Pyörän profiili* määritellään esimerkiksi Suomessa käytössä olevat pyöränprofiilit S1002 ja EPS.

Standardissa SFS-EN 15302: 2021 *Kiskoliikenne, Pyörä-kisko-kontaktigeometrian parametrit, Määritelmät ja arviointimenetelmät* määritetään muun muassa ekvivalenttisen kartiokkuuden laskentamenetelmä ja muut kontaktigeometrian suureet, jotka vaikuttavat liikkuvan kaluston ja raiteen vuorovaikutukseen.

Standardissa SFS-EN 15313: 2016 *Railway applications, In-service wheelset operation wheelset operation requirements, In-service and off-vehicle wheelset maintenance* määritellään raja-arvot käytössä olevalla pyöräkerralle sekä kuluman että mahdollisten pyörävikojen kautta. Standardin kohdassa 6.2.3.9 todetaan pyörän laipan kärjen muodosta seuraavasti: *Damages on the flange (Annex C.2.15) The metal flow in zone P1-flange tip, defined in Figure 9, is acceptable if the representative qR dimension is greater than 6.5 mm. Damages, sharp edge or burr N° 1, 3 or 4 defined in Annex C.2.15 Figure C.22 are not accepted.* Standardin kuvan C.22 esimerkkien mukaisia laipan harjalla olevia teräviä materiaalsiirtymien aiheuttamia muodonmuutoksia ei standardin mukaan sallita liikennöivän kaluston pyörissä. Kuvan esimerkki on hyvin lähellä suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän laipan päälle muodostunutta pursetta.

⁵⁹ Sigma Y eli poikittaisvoimien summan raja-arvo riippuu akselipainosta. Dr18-veturille se on $1(10 + 200/3) = 76,67$ kN.

⁶⁰ Tampereen yliopiston tutkimus: Veturien ja vaunukaluston vaakasuuntaisten voimien mittaaminen tiukassa R200- kaarteissa, MITTAUSRAPORTTI 1.10.2022.

⁶¹ Poikittaisvoiman sallittu raja-arvo lasketaan Dr18-veturille kaavalla $0,9(10 + 200/3) = 69$ kN.

⁶² Kvasistaattisella kiihtyvyydellä/voimalla tarkoitetaan dynaamisesta liikkeestä johtuvaa kiihtyvyyttä/voimaa, josta on poistettu värähtely.

2.7.3 Kansainväliset ohjeet

Kansainvälinen rautatiejärjestö UIC on julkaissut 1.1.1986 ohjeen vaihteiden kulumalle turvallisessa käytössä sallituista kulumaprofiileista⁶³. Ohjeen tavoitteena on antaa rataverkon haltijoille ja kunnossapitäjille tietoa vaihteen kielen ja tukikiskon kuluman kriittisistä muodoista ja ohjata näin kunnossapitoa reagoimaan ajoissa vaihteiden kulumaan. Ohjeessa huomioidaan myös pyörän kuluman vaikutus turvalliseen liikennöintiin vaihteissa.

Tämän ohjeen perusteella Ison-Britannian suurin rataverkon haltija ja kunnossapitäjä Network Rail Ltd on laatinut ohjeistuksen sekä mittausvälineet vaihteen kielen ja tukikiskon valvonnaksi. Ohjeistus tunnetaan koodilla 053. Ohjeistus koostuu osioista, joissa käsitellään muun muassa kuluman vaikutusta suistumisherkkyyteen ja kuluman teknisiä syitä, teknisiä raja-arvoja sekä mittauksissa käytettäviä välineitä. Network Rail Ltd:lla on käytössään muun muassa kuluman kulman mittausvälineistöä sekä tulkki kuluman muodon seurantaan, joiden perusteella vaihteen kunnossapitoa ohjataan.

Ohjeistuksen ja mittavälineiden kehityksen taustalla Isossa-Britanniassa ovat olleet vaihteen kuluneisuudesta johtuneet suistumiset. Näistä merkittävimmät ovat olleet matkustajajunan suistuminen Edinburghissa Princes Street Gardens:in alueella 27.7.2011⁶⁴ ja tavarajunan suistuminen Shrewsburyyn asemalla 7.7.2012⁶⁵. Kyseisten onnettomuuksien tutkinnassa annettujen suositusten perusteella Network Rail Ltd on kehittänyt vaihteiden kunnossapitoa edellä kuvatulla tavalla.

2.7.4 Väyläviraston ohjeet

Väyläviraston ratatekniset ohjeet (RATO-ohjeet) jakautuvat moneen eri osaan. Ajantasainen ohjeversio on haettava Väyläviraston Internet-sivujen sähköisestä ohjeluetelosta⁶⁶. Ohjeissa on havaittu keskinäistä päällekkäisyyksiä ja eriäviä kirjauksia muun muassa vaihteen kielisovituksia koskevien ohjeiden RATO 12:n ja RATO 14:n välillä. Eroavaisuuksia on tunnistettu myös kunnossapitosopimusten ja RATO-ohjeiden vaatimusten välillä. Ohjeiden käyttö koetaan hankalaksi erityisesti kenttätöissä. Suuren ohjemäärän ja ohjeiden päivitysten takia ajan tasalla olevien ohjeiden löytäminen on vaikeaa.

Väylävirasto on tunnistanut haasteet ohjeiden käytössä ja suunnittelee käynnistävänsä ohjeiden sisäisen tarkastelun, jonka perusteella ohjeita yhtenäistetään ja päällekkäisyyttä pyritään vähentämään.

Ratateknisten ohjeiden (RATO) osa 4, *Vaihteet*⁶⁷ kuvaa Väyläviraston hallitseman rataverkon vaihteita koskevat perusohjeet ja vaatimukset radan kunnossapitoa varten. Lisäksi se kuvaa vaihteiden rakenteilta, mitoituksilta ja geometrialta vaadittavia ominaisuuksia, jotka tekevät mahdolliseksi turvallisen liikennöinnin sallituilla nopeuksilla ja käytetyillä akselipainoilla. Ohjeistus nimeää perusvaatimukset, jotka vaihteen rakenteen tulee täyttää. Vaatimukset ottavat kantaa muun muassa junan pehmeään kulkuun vaihteessa, kielen tiukkaan liittymiseen tukikiskoon joka tilanteessa sekä vaihteen osien kestävyyyteen ja niiden taloudelliseen kunnossapitoon.

⁶³ UIC code 716 Maximum permissible wear profiles for switches, 1st edition, January 1986, 2nd edition, May 2004 (The contents of the edition of January 1986 have not been changed.).

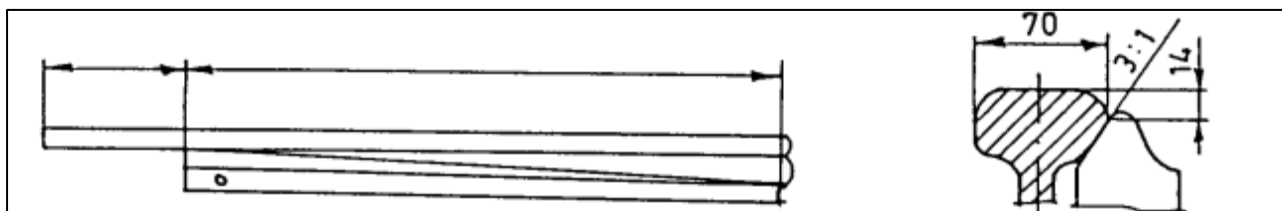
⁶⁴ RAIB: Derailment at Princes Street Gardens, Edinburgh 27 July 2011, Report 18/2012, August 2012.

⁶⁵ RAIB: Derailment of a freight train at Shrewsbury station, 7 July 2012, Report 08/2013, July 2013.

⁶⁶ Rautateiden tekniset ja turvallisuusohjeet, <https://ava.vaylapilvi.fi/ava/julkaisut/OL/rautatieohjeet.pdf>.

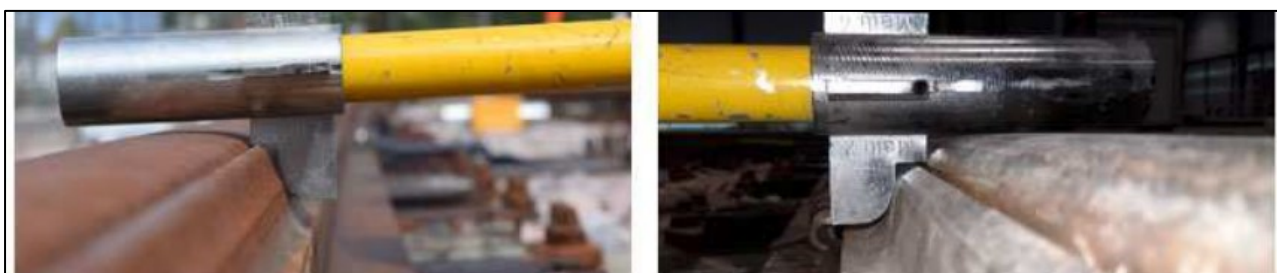
⁶⁷ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 4 *Vaihteet*, Liikenneviraston ohjeita 22/2012, voimassa 1.2.2013 alkaen.

RATO 12 -ohje käsittelee päällysrakennehitsausta⁶⁸. Ohjeen mukaan hitsausteknisen kunnostuksen tarve tulee arvioida ja määritellä ultraäänitarkastuksen sekä kiskojen kuluneisuuden ja vaihteen mittaustulosten perusteella. Ohjeistus toteaa, että vaihteen kunnostus on tehtävä hyvissä ajoin, ettei vaihteen huono kunto estä hitsausteknistä kunnostusta. Lisäksi RATO 12 ohjeistaa, että vaihteen tukikiskon kunnostuksen yhteydessä kiskon hamaran oikeaan leveyteen ja muotoon tulee kiinnittää erityisesti huomiota kielen kärjen ja etujatkoksen välisellä osalla sekä sillä alueella, jossa vaihteen kieli on välittömästi tukeutuneena tukikiskoon (kohta 12.5.5.2). Suistuminen tapahtui kyseisellä alueella.



Kuva 38. RATO 12 -ohjeen mukainen tukikiskon muotoilu vaihteen kielen kärjen alueelta. (Kuva: Väylävirasto)

Ohjeistus myös kuvaa neljän erityyppisen mittatulkin käytön kielisovituksen viimeistelyhionnan yhteydessä.



Kuva 12.5.5:7. Malli 2; kieli madallettava. Malli 2. Ei toimenpiteitä.



Kuva 12.5.5:8. Malli 4; kieli madallettava. Malli 4. Ei toimenpiteitä.

Kuva 39. Esimerkkejä kielisovituksen tarkistuksesta mittatulkeilla, *malleilla*, RATO 12 ohjeesta. Tällä mittaamenetelmällä voidaan arvioida kielisovituksen kulumista. (Kuvat: Väylävirasto)

⁶⁸ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 12 *Päällysrakennehitsaus*, Väyläviraston ohjeita 31/2019, voimassa 1.1.2020 alkaen.

Ratateknisten ohjeiden (RATO) osa 14 Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito⁶⁹

kuvaa muun muassa vaihteiden peruskunnossapidon, teräsosien kunnossapidon sekä kielisovituksen mittaamisen, asentamisen ja säätämisen. Se toteaa, että vaihteiden tarkastusväli on enintään 110 vrk, jos suurin sallittu nopeus pääraidevaihteen suoralle raiteelle ajettaessa on yli 120 km/h. Muiden pääraidevaihteiden tarkastusväli on kuusi kuukautta. Lisäksi ohjeistus kuvaa vaihteen tarkastuksen ajoittamista ja toteaa, että tarkastusväliä on tihennettävä, jos kyseessä on esimerkiksi kallistettu kaarrevaihde (kohta 14.5.1).

Ohjeistus kuvaa vaihteen laajennetun tarkastuksen, joka on tehtävä pääraidevaihteelle vähintään kerran vuodessa. Normaalin tarkastuksen lisäksi laajennettuun tarkastukseen kuuluu muun muassa vaihteen ja sen keskeisten teräsosien yleisen kunnan tarkastus ja mahdollisen vaihtotarpeen määrittäminen. Laajennetusta tarkastuksesta on täytettävä vaihteen tarkastuksen lisäpöytäkirja, joka toimitetaan Väylävirastolle.

Ohjeistus esittelee vaihteiden tarkastusmenetelmät (kohta 14.5.2) ja toteaa, että tarkastuksessa tulee käyttää tarkoitukseen sopivia laitteita, mittavälineitä ja menetelmiä, joilla voidaan varmistaa vaihteen mitat ja raideliikenteen turvallisuus. Vaihdealueen geometria, tukikerros ja vaihteen osien kunto tarkastetaan silmämääräisesti. Tarkastuksessa tulee tarkastaa vaihteen kiinnitysosien, kuten esimerkiksi raideruuvien ja pulttiliitoksien kireys ja kunto. Kielen ja tukikiskon välin mittauksessa on ohjeen mukaan käytettävä rakotulkkeja. Kielisovituksen osien kuluneisuus on tarkastettava kielen ja tukikiskon kulumamittalaitteella (Kuva 39.).

Ohjeessa on esitetty vaihteen mittauskohdeet (14.5.3) ja niiden toleranssit sekä akuuttirajat. Mikäli akuuttiraja ylitetään, tulee poikkeaman havainneen tahon ryhtyä toimenpiteisiin liikenteen keskeyttämiseksi. Liikenne on keskeytettynä, kunnes mittapoikkeaman aiheuttama vika on korjattu. Ohjeistus tuo esiin, että vaihteiden ja vaihdealueiden kunnossapito on hoidettava niin, että turvallinen liikennöinti suurimmilla käytössä olevilla nopeuksilla ja akselipainoilla on mahdollista.

Onnettomuusvaihteen V171 huoltoväli oli vuodesta 2022 lähtien tihennetty kuudesta kuukaudesta kolmeen kuukauteen (110 vrk). RATO-ohjeiden mukaan vaihteelle V171 oli tehtävä laajennettu vuositarkastus kerran vuodessa. RATO-ohjeistuksesta poiketen vaihteen laajennettu tarkastus oli jätetty tekemättä vuodelta 2023. Tutkinnassa kävi ilmi, että sopivien mittavälineiden käyttö vaihteen tarkastuksen yhteydessä ei ole toistaiseksi vakiintunutta kentällä, vaan vaihteiden kuluneisuuden tarkastus tapahtuu pääosin silmämääräisesti arvioimalla.

Ratateknisten ohjeiden osa RATO 21⁷⁰ käsittelee liikkuvaa kalustoa sekä rataan kohdistuvaa rasisitusta. Vetureiden ja henkilöliikennekaluston osalta ohjeessa todetaan näiden yleisten vaatimusten olevan julkaistu Yhteen toimivuuden teknisessä eritelmässä (YTE). Ohjeessa ei erikseen oteta kantaa kaluston rataan kohdistuviin poikittaisvoimiin tai kaluston pyöräkertoihin.

Vaihdekäsikirja⁷¹ täydentää RATO 14 -ohjeistusta sekä sisältää vaihteiden ja vaihteisiin liittyvien laitteiden huolto-ohjeita. Osa vaihteiden säätö- ja huolto-ohjeista on linkitetty ainoastaan Vaihdekäsikirjan sähköiseen versioon.

⁶⁹ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 14, Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito, LIVI/652/06.04.01/2016.

⁷⁰ Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 21, Liikkuva kalusto, Väyläviraston ohjeita 42/2020, Voimassa 1.12.2020 alkaen.

⁷¹ Väyläviraston ohjeita 95/2023.

Väyläviraston tavoitteena on tulevaisuudessa täydentää ohjetta siten, että se muodostaa yhdessä siihen linkkeinä liitettyjen erillisten ohjeiden kanssa yhtenäisen vaihteen säätö-, huolto-, ja kunnossapito-ohjeen.

Edellä kuvattujen Väyläviraston ohjeiden lisäksi vaihteiden huolloissa ja kunnossapidossa on huomioitava seuraavat ohjeet;

- *Vaihteen mittaus - Työohje (Liikenneviraston ohjeita 23/2017)*
- *Rautatieturvallisuuden yleiset kunnossapito-ohjeet (Väyläviraston ohjeita 53/2020)*
- *Päälysrakennetöiden yleinen työselitys (PYL)*

Väyläviraston ohjetta varautumisesta rautatieonnettomuuksiin (OVRO)⁷²

sovelletaan rautatieonnettomuuteen, joka aiheuttaa välitöntä vaaraa tai vahinkoa ihmiselle, omaisuudelle tai ympäristölle ja vaatii pelastus- ja raivaustoimintaa. Väylävirasto vastaa OVRO:n mukaan *rautatietalueella rautatiekaluston raivauksen järjestämisestä onnettomuuspaikalla sekä radan liikennöitävyyden palauttamisesta mahdollisimman nopeasti.*

OVRO:n mukaan pelastusviranomaisen johtaa pelastustoimintaa niiden päättymiseen asti, *pelastustoiminnan päätyttyä sekä toimintaa johtavan viranomaisen luopuessa johtovastuusta, on siitä ilmoitettava tilannekoordinaattorille. Tällöin johtovastuu siirtyy tilannekoordinaattorille. Jos tilannekoordinaattori hoitaa tehtävää muualta kuin tapahtumapaikalta, maastossa koordinoituvastuu on raivauspalvelun johtajalla.*

2.7.5 Toimijoiden sisäiset ohjeet

Fenniarail Oy on noudattanut Dr18-veturin valmistajan antamia määräaikaishuolto-ohjeita niin sisällön kuin määräaikojen osalta. Poikkeuksena pyöräkertojen mittaus, joka on suoritettu annettua ohjeistusta tiheämmin eli noin 10000 km:n välein L1-huoltojen yhteydessä. Mittauksen tulokset on kirjattu erilliselle lomakkeelle.

Destia Rail Oy vastasi kunnossapitoalueen kolme (KP3) radan ja vaihteiden kunnossapidosta Liikenneviraston ja Destia Rail Oy:n 1.2.2018 (LIVI/644/02) tekemän sopimuksen mukaisesti. Sopimuksen liitteessä numero 5 oli luettelo kunnossapitäjän vastuulle kuuluvista tehtävistä.

Vaihteiden huolto, tarkastukset ja kuntotutkimukset sisälsivät sopimuksen mukaan vaihteen päätarkastukset, joissa tarkastetaan muun muassa tukikiskojen kiinnitykset, tankojen niveltapit, kääntölaitteiden ja koskettimien kiinnitykset, jäysteet⁷³ ja kielen jännitykset. Vaihteiden kunnossapitotarkastuksen yhteydessä määriteltiin yksityiskohtaisesti vaihteissa tehtävät kunnossapitotyöt. Sopimuksen mukaan vaihteiden mekaanisissa huolloissa ja korjauksissa oli noudatettava rautatieturvallisuuden yleistä kunnossapito-ohjetta sekä tarkastus- ja huolto-ohjetta; 419/060/2012.

Vaihteiden mittaukset ja korjaukset oli sopimuksen mukaan tehtävä RATO 14 -ohjeen liitteiden 1–3 mukaisesti. Sopimukseen sisältyi RATO 13 -ohjeen liitteeseen 6 perustuva vaihteiden ultraäänitarkastus kolme kertaa vuodessa sekä turvallisuuden varmistamiseksi minimimäärää useammin tehtävät lisäultraäänitutkimukset.

Vaihteen kiinnityksien vahvistamistöihin sisältyvät raideleveysvirheiden korjauksiin liittyvät kiskon kiinnityksien uusimiset, vahvistamiset, kiristämiset ja holkitukset hyvissä ajoin ennen virheiden akuuttirajojen ylittymistä. Ennakoivia

⁷² Väyläviraston ohjeita 4/2021, VÄYLÄ/1447/07.02.00/2021, voimassa 1.6.2021 alkaen.

⁷³ Jäyste on kiskoon muodonmuutoksen seurauksena syntynyt ei-toivottava materiaalin muodostuma.

huoltotoimenpiteitä varten vaihteita oli sopimuksen mukaan seurattava kuormituksen alla turvalaitteiden tarkastuksilla ja pöytäkirjaamisella sekä kielisovitusten ja väliskiskojen kulumisen ja kielen sekä tukikiskon korkeuseron mittaamisella.

Tehtäviin kuuluivat vaihteen kielen ja tukikiskon välin tarkastukset ja säädöt sekä vaihteiden rullalaakerien säädöt. Vaihteen kielisovituksen sekä kielen, risteyksen vastakiskojen vaihtotyöt sekä säädöt ja mittaukset RATO 14 liitteiden 1–3 mukaisesti kuuluivat sopimukseen. Työtehtäviin sisältyivät vaihteen kielen ja tukikiskon keskinäisen aseman mittaaminen, tarkastus ja säätö sekä korkeuspoikkeamien kuten pysty- ja sivukuluneisuuden poisto tai loiventaminen hiomalla tai päällehitsaamalla.

Raideliikenteen ohjaus- ja turvalaitejärjestelmien kunnossapidon osalta sopimus sisälsi vaihteen sähkökääntölaitteiden kunnossapidon. Siihen kuuluivat muun muassa vaihteiden sähkökääntölaitteiden tarkastukset, huollot ja viankorjaukset sekä yksittäisten vikaantuneiden sähkökääntölaitteiden vaihtotyöt. Kunnossapitovastuu sisälsi vaihteen kääntöavustimien tarkastukset, huollot ja viankorjaukset sekä vaihtotyöt säätöineen ja toimintakokeiluineen.

Sopimukseen kuuluvia muita töitä olivat muun muassa vaihteen kääntölaitteiden, koskettimien ja lukitsimien kunnossapito ja säädöt sekä liikkeenestimien rakojen säädöt. Sopimukseen sisältyivät myös vaihteiden talvikunnossapito ja lumityöt.

Destia Rail Oy:n laatusuunnitelma sisälsi kunnossapitoalueiden vaihteiden kunnossapidon menettelyt ja vastuujaoit kunnossapitourakassa. Ohjeistuksen mukaan vaihteiden kunnossapidosta vastaa vaihdetyönjohtaja. Työpäällikkö vastaa kunnossapitoprojektin turvallisuusasioista. Laatusuunnitelma sisältää esimerkiksi henkilöstöltä edellytetyt yksityiskohtaiset ammatilliset ennako- ja pätevyysvaatimukset.

Kunnossapitotöiden laadunvarmistuksen tarkemmat ohjeet perehdytysuunnitelmien kuvataan työvaihekohtaisissa ohjeistuksissa. Laatusuunnitelma edellyttää, että tekniset laatu- ja laadunvarmistusmittausten raportit käsitellään työ- ja kunnossapidon seurantakokouksissa. Vaihteiden kunnossapidon työvaiheet raportoidaan RAIKU-sovelluksessa sekä tietyt työvaiheet kirjataan erilliseen turvalaitteiden säätöpöytäkirjaan.

2.8 Muut selvitykset

2.8.1 Tampereen yliopiston tutkimus suistumisesta

Onnettomuustutkintakeskus tilasi Tampereen yliopiston Terra-tutkimuskeskukselta selvityksen suistumiseen johtaneista teknisistä syistä. Tutkimuksessa⁷⁴ vaihteen V171 kielisovitusalue ja suistuneen Dr18-veturin pyörät mitattiin lasermittalaitteella ja samalla niistä muodostettiin pistepilvet. Pistepilvien perusteella veturin pyöristä ja vaihteen kielisovitusalueesta luotiin matemaattiset mallit, joiden yhteensopivuutta ja sen kautta kaluston kulkuominaisuuksia ja suistumiseen johtaneita syitä tutkittiin.

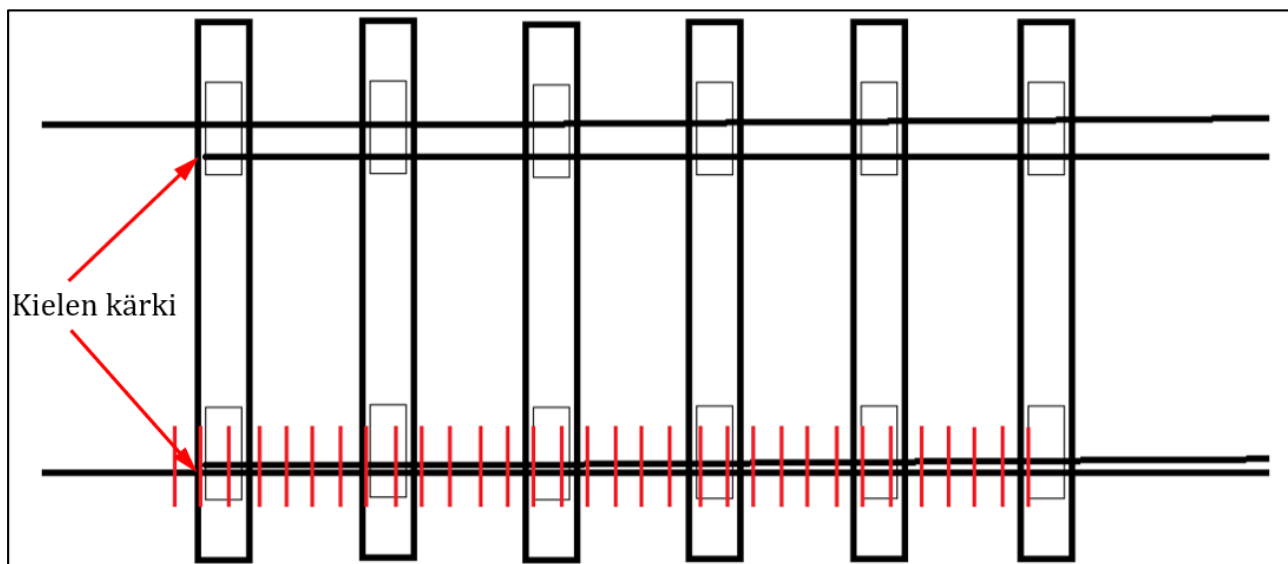
Tutkimuksen tärkeimmät havainnot olivat:

- *Sekä veturin 1. pyöräkerran oikeanpuoleinen pyörä, että vaihde olivat silmin nähtävissä kuluneita. Pyörä oli kuitenkin mittausten perusteella normaalien käyttörajoiden sisällä. Vaihde oli sen sijaan raidelevyden mittausten perusteella akuuttirajalla tai jopa 1*

⁷⁴ Tampereen yliopiston tutkimus: Tavarajunan suistuminen Tampereen vaihteessa V171, pyörä- ja kiskoprofiilien tarkastelut, TUTKIMUSRAPORTTI 22.4.2024.

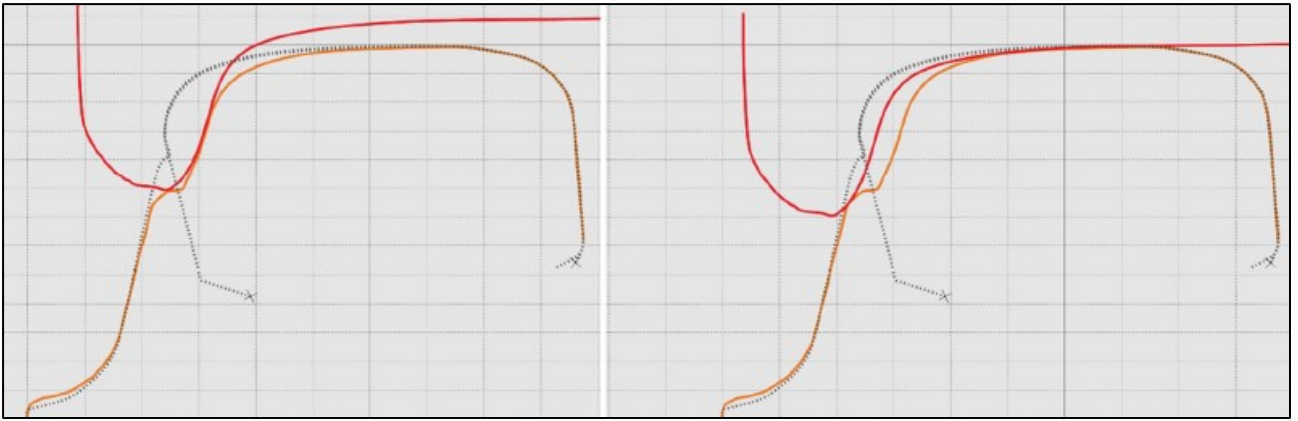
mm kuluneempi. Pyörän laipan korkeus oli kasvanut hieman kulkukehän kulumisen seurauksena, ja laipan päälle oli muodostunut terävä purse.

- Dr18-veturin ensimmäisen pyöräkerran pyörien vierintäsäde-erot ovat onnettomuusvaihteen V171 etujatkosalueella hyvin pieniä, jolloin ne eivät pysty luomaan riittäviä ohjausvoimia estääkseen laippakontaktin syntymisen.
- Kulunut pyörä tai vaihde eivät yksinään johda kriittiseen tilanteeseen suistumisen kannalta. Yhdessä ne saavat aikaan tilanteen, jossa pyörä törmää kielen kärkeen. Törmäyksen jälkeen pyörä voi siirtyä sivusuunnassa tai nousta kielen päälle.



Kuva 40. Vaihteessa V171 Tampereen yliopiston tutkimuksessa mitatut kiskoprofiilit. Kiskoprofiilit mitattiin 10 cm:n välein 3 m:n matkalta siten, että ensimmäinen mittauspiste oli 10 cm ennen kielen kärkeä. (Kuva: Tampereen yliopisto, Merkinnät: OTKES)

- Vaihteen V171 etupuolella oleva tiukka ($R = 350$ m) kaarre johtaa siihen, että vaihteeseen sekä suoralle että poikkeavalle raiteelle ajava kalusto kulkee hyvin todennäköisesti laippakontaktissa, jonka seurauksena vaihde kuluu vastavaihteeseen ajettaessa molemmilla reiteillä.
- Suistumisriskiä lisää huomattavasti se, että vaihteen V171 tukikisko on kulunut merkittävästi pelkästään suoralle kulkevan liikenteen takia, jolloin kieli ja tukikisko ovat kuluneet eriaikaisesti. Tämä on johtanut siihen, että kielen ja tukikiskon väliin on muodostunut pykälä. Tämä pykälä yhdessä pyörässä esiintyvän purseen kanssa muodostavat tilanteen, jossa pyörän on mahdollista nousta pysyvästi kielen päälle.
- On äärimmäisen tärkeää ymmärtää, että vaihdealueella suistuminen ei vaadi pyörän kiipeämistä varsinaisen tukikiskon yli vaan jo kielen päälle kiipeäminen ja siellä pysyminen riittää, sillä se johtaa lopulta pyörän putoamiseen kielen ja tukikiskon väliin.
- Havaintojen mukaan kulunut kieli voi muodostaa pyörän alle loivan pinnan, jolloin pyörän ja kielen välinen kontaktikulma on pieni. Tällöin pyörän on mahdollista nousta kielen päälle kielen matkalla.



Kuva 41. Suistuneen veturin ensimmäisen pyöräkerran oikeanpuoleisen pyörän eri kulkureittien vertailu 10 cm kielen kärjestä. Vasemmalla suistumiseen johtanut tilanne, jossa pyörä on veturin suurten poikittaisvoimien takia siirtynyt pystysuunnassa ja kiivennyt kielen päälle ja oikealla tilanne, jossa pyörä on säilyttänyt kontaktin kulkupinnalla. (Kuva: Tampereen yliopisto)

- Raportissa kuvatut skenaariot kuluneessa vaihteessa tapahtuvalle pyörän nousulle kuvaavat kuitenkin ääritilanteita, jotta ymmärretään suistumisen mahdolliset mekanismit. Suistumisen todennäköisyyttä kuvaavien Y/Q -arvojen pitää olla riittävän suuria, jotta pyörän nousu voi ylipäätään tapahtua.
- Suurimmalla osasta kalustoa tarpeeksi suuria Y/Q -arvoja ei tiukasta kaarteestakaan huolimatta synny. Onnettomuusveturin 3-akselisen telin tapauksessa Y/Q -arvo voi kasvaa riittävän suureksi ja johtaa pyörän nousuun kielen päälle.

Korjaus- ja parannusehdotuksina raportissa tuotiin esille seuraavat asiat:

- Onnettomuusvaihteen kulumista voitaisiin vähentää merkittävästi lisäämällä runsaan metrin pituinen suora ennen vaihdetta. Tämä riittäisi tukikiskon sivukulumisen määrän selkeään vähenemiseen kuljettaessa vaihteessa suoralle.
- Pyörän laipalle muodostunut purse pitäisi poistaa mahdollisimman pian, sillä se lisää pyörän suistumistodennäköisyyttä ja mahdollisuutta pysyä kielen päällä.
- Vaihteen kunnossapidossa pitäisi käyttää nykyistä parempia työkaluja vaihteen kielisovituksen kulumismäärän ja -muodon arvioinnissa. Tukikiskon kuluminen vaihteessa vaikuttaa merkittävästi pyörä-kisko-kontaktiin, joten tukikiskon ja kielen yhteismuotoon ja mahdollisen kielen ja tukikiskon välissä esiintyvän pykälän poistoon on syytä kiinnittää jatkossa enemmän huomiota.

2.8.2 Väyläviraston teettämät raiteen poikittaisvoimamittaukset

Väylävirasto teetti vuonna 2022 Tampereen yliopiston Terra-tutkimuskeskuksella mittaukset kaluston kaarteessa rataan aiheuttamista vaakasuuntaisista voimista. Raportti mittauksista toimitettiin Väylävirastolle 1.10.2022. Voimien mittaus oli aloitettu jo vuonna 2021, mutta nyt tutkimusta päätettiin laajentaa kesällä 2021 tapahtuneiden Dr20-veturien suistumisten takia. Näissä tapauksissa veturin pyörä oli päässyt nousemaan vaihteen kielialueella pois kiskoilta.

Mittauksissa olivat mukana Suomessa liikennöivistä veturisarjoista Sr1-, Dv12-, Dr14-, Dr18-, Dr20- ja Dr21-veturit. Lisäksi mitattiin erityyppisillä teleillä varustettujen tavaravaunujen rataan kohdistamia poikittaisvoimia. Mittaukset toteutettiin pienisäteisessä ($R = 200$) kaarteessa Kouvolan ratapihalla.

Dr18-veturin osalta mittausraportissa todetaan suurimpien vaakasuuntaisten voimien muodostuvan telien kulkusuunnassa ensimmäisiin pyöräkertoihin. Näistä

kulkusuunnassa ensimmäisen telin ensimmäisen pyöräkerran vaakasuuntainen voima on suurempi kuin toisen telin ensimmäisen pyöräkerran vaakasuuntainen voima. Vaakasuuntaisista voimista ja sen perusteella lasketusta suistumisherkkyyttä kuvaavasta Y/Q-suhteesta todettiin mittausraportissa seuraavasti: *Välitöntä suistumisriskiä ei siis näillä arvoilla teoreettisella tasolla synny, mutta pyörän kulumisen kautta ongelmia saattaa ilmetä esimerkiksi juuri vaihteiden kielisovitus- ja risteysalueella, jossa laipan muodolla on merkittävä rooli pyörän sujuvan siirtymisen kannalta kiskoprofiililta toiselle. On myös huomionarvoista, että pyöräkerran pystysuuntaiset kuormitukset ovat hyvin erilaiset kaarteiden sisä- ja ulkokiskossa. Veturin ensimmäisen pyöräkerran painautuessa ulkokiskoa vasten akselikuormasta jopa 70 prosenttia on ulkokiskolla.*

Yksittäisten pyöräkertojen vaakavoimista Dr18-veturilla todetaan tutkimuksessa seuraavasti: *Dr18-veturilla ensimmäisen pyöräkerran voimat ovat suurimmillaan uudella kaarteella 35 km/h ajonopeudella, jolloin vaakavoimaksi muodostuu 124,97 kN. Tämä on jo hyvin merkittävä vaakavoima ja aiheuttaa varmuudella voimakasta kulumista kaarteiden ulkokiskossa. Tämän vaakavoiman merkittävyyttä kuvaa omalla tapaa myös siitä laskettu Y/Q-suhde, joka on 0,95, eli vaakasuuntainen voima on käytännössä hyvin lähellä pystysuuntaista pyöräkuormaa.*

Dr18-veturin kaarteissa rataa aiheuttava vaakasuuntainen voima on mittausten mukaan selkeästi nopeusriippuvainen. Voimat mitattiin nopeuksilla 5 km/h, 15 km/h, 25 km/h ja 35 km/h. Mitattu voima 1. ja 4. pyöräkerran kohdalla kasvoi kuluneessa, raideleveydeltään leveässä, kaarteissa 27 % nopeuden noustessa viidestä 35 km/h:n. Uudessa kaarteissa voima kasvoi vastaavasti 1. pyöräkerran kohdalla 30 % ja 4. pyöräkerran kohdalla jopa 47 %. Lisäksi mittausraportissa todettiin, että *veturin pitkä 3-akselinen telirakenne kulkee kaarteissa merkittävän vinossa kiskon kulkusuuntaan kumpiakin kiskoa rasittaen.*

Vaakasuuntaisia voimia tarkasteltaessa, on huomioitava, että *Mittausten aikainen suurnopeuskuvaus kuitenkin osoitti, että nämä suurimmat vaakasuuntaiset voimat syntyvät kiskon ja pyörän laipan välisessä kontaktissa, jolloin todelliset kitkakertoimen arvot ovat hyvin pieniä ja näin ollen suurempia Y/Q-suhteita voidaan standardin EN14363 mukaisesti sallia. Välitöntä suistumisriskiä ei siis näillä arvoilla teoreettisella tasolla synny, mutta pyörän kulumisen kautta ongelmia saattaa ilmetä esimerkiksi juuri vaihteiden kielisovitus- ja risteysalueella, jossa laipan muodolla on merkittävä rooli pyörän sujuvan siirtymisen kannalta kiskoprofiililta toiselle.*

Mitatuista vetureista 6-akseliset Dr20- ja Dr21-veturit aiheuttivat myös kaarteissa merkittävästi suuremmat vaakasuuntaiset voimat kuin 4-akseliset veturit. Dr20- ja Dr21-veturien osalta oli kuitenkin huomioitavaa, että voimat eivät olleet yhtä selvästi nopeusriippuvaisia kuin Dr18-veturin kohdalla.

Mittauksen yhteenvedonä todettiin, että *käytännössä kaikki 3-akselisilla teleillä varustetut veturit aiheuttavat telin johtavan pyöräkerran toimesta kaarteiden ulkokiskoon hyvin merkittävän vaakavoiman, joka varmuudella aiheuttaa voimakasta kulumista sekä kiskoissa että veturien kyseisissä pyörissä. 2-akselisilla teleillä varustetut veturit aiheuttavat nekin ulkokiskoon merkittäviä voimia, mutta lyhyemmän telirakenteensa ansiosta niiden voimat jäävät maksimissaankin noin 60 prosenttia pienemmiksi kuin 3-akselisien telien maksimivoimat.*

Lisäksi raportissa todettiin kosteudella olevan suuri vaikutus vaakasuuntaisiin voimiin. Mittausten perusteella voidaan todeta voimien olevan kuivalla säällä jopa 60–100 % suuremmat kuin sateella.

Suistumisriskiä kaarteissa ei 3-akselisella telillä varustetussa kalustossa pidetty raportissa suurena, koska standardin EN14363 mukaan kaluston kulku on hyväksyttävää ja mittausten perusteella kalustolle lasketut Y/Q-suhteet jäivät alle 1,2. Raportin yhteenvedossa todettiin asiasta kuitenkin seuraavasti: *Siitä huolimatta näin korkeita Y/Q-suhteita voidaan pitää vähintäänkin huolestuttavina arvoina, sillä ne voivat silti aiheuttaa vakavia ongelmia esimerkiksi vaihteissa, joissa pyörä painautuu vaihteen kieltä vasten siirtyessään tukikiskolta kielelle. Vaihteen nouseva kieliprofiili lisää vaihteen kärkialueella pyörän suistumisen riskiä, koska laippakontaktissa oleva pyörä voi päästä kiipeämään kielen päälle.*

2.8.3 Aiemmin Suomessa käytössä olleet 6-akseliset veturit

Suomessa on ennen nykyisin käytössä olevia 6-akselisia Dr18-, Dr20- ja Dr21-vetureita ollut käytössä 6-akselisia dieselsähköisiä Dr12- ja Dr13-vetureita. Dr12-veturit olivat Valtion Rautateiden käytössä 1990 luvun alkuvuosiin ja Dr13-veturit vuoteen 2000 saakka. Dr12-vetureita valmistettiin 42 kpl ja Dr13-vetureita 54 kpl. Niitä käytettiin sekä matkustaja- että tavaraliikenteessä.

Dr13-veturi oli 98 t painollaan nykyisiä 6-akselisia vetureita kevyempi. Merkittävimpänä erona sen teli oli poikkeuksellisen lyhyt 3-akseliseksi teliksi. Telin reunimmaisten akselien väli oli ainoastaan 2400 mm. Näistä syistä veturin poikittaisvoimat kaarteissa ja vaihteissa jäivät merkittävästi alhaisemmaksi kuin nykyisellä 6-akselisella kalustolla, eikä ongelmia esiintynyt.

Dr12-veturi vastasi painoltaan ja telien mitoitukseltaan nykyisin käytössä olevia 6-akselisia vetureita. Dr12-veturin paino oli 121 t ja telin reunimmaisten akselien väli 4000 mm. Veturin telit pohjautuivat Sveitsiläisen Ae6/6-sarjan sähköveturin teleihin, minkä takia niissä oli erityisesti huomioitu telien kulkuominaisuudet kaarteissa sekä pyöräkertojen rataa aiheuttamat poikittaisvoimat. *Telit oli sidottu toisiinsa polttoainesäiliön yläpuolitse kulkevilla ohjausaisoilla sekä poikittaiskytkimellä. Rakenteen tehtävänä oli parantaa telin kulkua suoralla radalla ja kaarteissa tasata radasta eri pyöräkertoihin kohdistuvia sivuttaispaineita.* Dr12-veturin yli 30 vuoden käyttöään ajalta ei ole tiedossa ongelmia, jotka olisivat liittyneet veturin rataa kohdistaviin poikittaisvoimiin. On kuitenkin huomioitava, että kaluston käyttöolosuhteet eivät ole vertailukelpoiset, koska esimerkiksi kiskotyypit oli tuolloin erilainen.

2.8.4 Väyläviraston tutkinta

Väylävirasto toteutti selvityksen⁷⁵ 30.11.2023 tapahtuneen onnettomuuden välittömistä syistä ja niiden taustatekijöistä. Selvityksen päätavoitteena oli tutkia, mitkä asiat johtivat onnettomuuteen ja miten Väylävirasto voisi toimillaan ennaltaehkäistä vastaavien onnettomuuksien syntymistä tulevaisuudessa.

Selvityksen pohjalta Väylävirasto arvioi, että **onnettomuus syntyi kaluston ja vaihteen yhteisvaikutuksesta**. Esille nousivat seuraavat vaikuttavat tekijät:

- *veturin kolmeakselisen telin vaihteeseen aiheuttama poikittaissuuntainen voima*
- *veturin pyörien (onnettomuuspaikalla arvioitu) kuluneisuus sekä*
- *vaihteen kielen ja tukikiskon kuluneisuus ja sen taustalla olevat tekijät.*

Liikkuvan kaluston osalta Väyläviraston syy-yhteys-arvio perustuu siihen, että 6-akselisten vetureiden (Dr18, Dr20, Dr21) poikittaisvoimia on tutkittu aikaisemmin ja niiden on todettu aiheuttavan merkittävästi suurempia vaakasuuntaisia voimia kuin 4-

⁷⁵ Väyläviraston sisäisen tutkinnan raportti, 25.3.2024; Tavarajunan kiskoilta suistuminen Tampere 30.11.2023.

akselisten vetureiden ⁷⁶(katso 2.8.2 Väyläviraston teettämät raiteen poikittaisvoimamittaukset). Lisäksi vuonna 2021 tapahtuneissa suistumistapauksissa veturin pyörät olivat olleet kuluneet. Samoin nyt tutkittavassa tapauksessa veturin pyörät arvioitiin kuluneiksi. Väylä tarkasteli selvityksessään myös 2020–2023 aikavälillä tapahtuneita suistumisia ja tuli niiden perusteella siihen johtopäätökseen, että *kolmeakselisten telien suistumia on suhteessa enemmän, kun huomioidaan että valtaosassa vetureista on kaksiakseliset telit.*

Väylävirasto nostaa kuitenkin esille, ettei sillä ole ollut selvitystä tehdessään käytettävissään suistuneen veturin tarkastus- ja kuntotietoja ja ettei se siksi pysty arvioimaan liikkuvaan kalustoon liittyviä taustatekijöitä. Näin ollen liikkuvan kaluston osalta onnettomuuden syiden lopullinen, laaja-alaisempi arviointi odottaa Onnettomuustutkintakeskuksen tutkinnan valmistumista.

Selvityksestä käy ilmi, että vaihteen V171 kieli ja tukikisko olivat kuluneita. Onnettomuuden jälkeen vaihde mitattiin ja vaihteen b-mitan todettiin ylittävän akuuttirajan (mittaustulos 1533 mm). Määräaikaistarkastuksessa 5.10.2023 kyseinen vaihde oli mitattu, ja mitta oli ollut tällöin akuuttirajalla (1532 mm), mutta ei sen yli. Väylävirasto arvioi, että junien aiheuttama kuormitus ja siitä aiheutunut kuluma on voinut muuttaa mittaa edellisen mittauksen ja suistuman välisenä aikana. Selvityksessä nousee myös esille, että onnettomuusvaihteen a-, b- ja c1-mitat ovat toistuvasti ylittäneet kunnossapitotoleranssin lokakuusta 2021 lähtien.

Väylävirasto on selvityksen aikana tunnistanut, että vaihteisiin liittyvissä ohjeistuksissa on päällekkäisyyksiä. Lisäksi vaihteen tarkastuksen ja kunnossapidon ohjeiden sekä kunnossapitosopimuksen välillä havaittiin ristiriitaisuus. Ristiriitaa ilmeni ohjeistusten kesken siinä, mitä toimia vaihteen kunnossapitotoleranssin ylittäminen ja akuuttirajan saavuttaminen edellyttää. Lisäksi *urakoitsija ei ollut erikseen raportoinut vaihteen kunnosta tilaajalle eikä rataisännöitsijälle.*

Kaiken kaikkiaan Väyläviraston arvion mukaan vaihteen (V171) kuluneisuuteen johtaneet taustatekijät olivat moninaiset. Niitä olivat muun muassa:

- *Kunnossapitourakoitsijan suorittamien mittausten, tarkastusten ja kunnossapidon puutteet, jotka saattoivat johtaa tilanteeseen, jossa vaihteen todellista kuntotilannetta tai sen kehittymistä ei riittävällä tavalla tiedetty,*
- *Toteuttamatta jääneet, kunnossapitosopimuksen kiinteään hintaan kuuluvat vaihteen osien vaihdot,*
- *Puutteet vaihteen kuntotilan, korjaustarpeiden ja toteutettujen kunnossapitotoimien tietoisuudessa ja tiedonkulussa sekä seurannassa kunnossapitourakoitsijan, rataisännöinnin ja tilaajan välillä,*
- *Vaihteisiin liittyvien ohjeiden päällekkäisyys sekä ohjeiden ja kunnossapitosopimuksen välinen ristiriitaisuus.*

Esille nousi myös se, että tukikiskon ja kielen mittaamiseen on olemassa mittalaitteessa oleva mittasapluuna, jolla huomioidaan vaihteen sivukuluneisuus. Väyläviraston mukaan kyseisen mittasapluunan käytön laajuudesta ja osaamisesta ei ole koko maan osalta täyttä varmuutta.

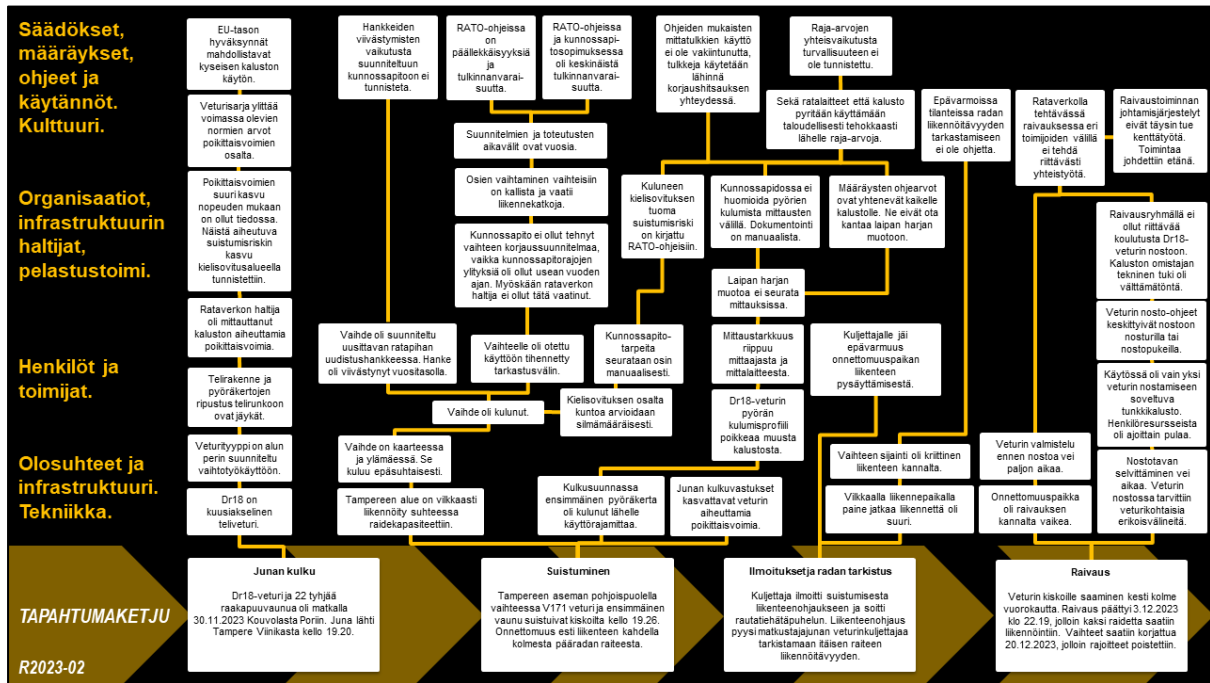
⁷⁶ Tampereen yliopiston tutkimus: Veturien ja vaunukaluston vaakasuuntaisten voimien mittaaminen tiukassa R200- kaarteessa, MITTAUSRAPORTTI 1.10.2022.

Ohjeistuksen osalta selvityksessä havaittiin, että eri ohjeet kuvasivat *vaihteisiin liittyvät pätevyiden, pätevyysvaatimukset, pätevyyksien mukaiset tehtävät sekä ennakko- ja kokemusvaatimukset* osittain eri tavoin.

Yllä mainittujen havaintojen pohjalta Väylävirasto on laatinut toimenpide-esityksiä, joilla se pyrkii kehittämään toimintaansa tulevaisuudessa. Tavoitteena on muun muassa selkeyttää ohjeistuksia, yhtenäistää vaihteen sivukuluneisuuden mittaamista, seurata kunnossapitotoimia tarkemmin sekä kehittää RAIKU-sovellusta huomauttamaan, mikäli vaihteiden mittauksia/tarkastuksia ei ole tehty aikataulussa.

3 ANALYYSI

Tapahtuman analysoinnissa on käytetty Onnettomuustutkintakeskuksen edelleen kehittämää Accimap⁷⁷-menetelmää. Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkinnassa laadittuun Accimap-kaavioon. Onnettomuus kuvataan kaavion alaosassa tapahtumaketjuna. Tapahtumaketjun taustalta paljastuvia tekijöitä puretaan kaaviossa eri analyysitasoilla.



Kuva 42. R2023-02 tutkinnan ACCIMAP-analysiskaavio. (Kuva: OTKES)

3.1 Tapahtuman analysointi

3.2 Junan kulku

Tavarajuna T7121 oli matkalla *Kouvola lajittelusta* Tampereen kautta Poriin. Juna lähti *Tampere Viinikasta* kello 19.20 kohti *Tampere asemaa*. Junan kokoonpanoon kuuluivat Dr18-veturi ja 22 tyhjää Vop-raakapuvaunua.

Dr18 on kuusiakselinen veturi, joka on alun perin suunniteltu vaihtotyökäyttöön. Veturin telirakenne ja pyöräkertojen ripustus telirunkoon on jäykkä ja äärimmäisten akselien etäisyys toisiinsa nähden on kolmeakselliselle telille tyypilliseen tapaan pitkä. Nämä tekijät heikentävät telin ohjautuvuutta ja asettumista kaarteissa. Ideaalissa ajotilanteessa, liikkuvan kaluston pyöräkerta/teli pyrkii asettumaan kaarteissa kaarresäteen mukaisesti ja sen ohjautuvuus on hyvä. Mikäli telin ohjautuvuus ja kaarteeseen asettuminen on heikko, aiheuttaa se suurempia poikittaisvoimia. Poikittaisvoimien kasvaessa myös kaluston suistumisriski kasvaa.

Rataverkon haltija oli jo aikaisemmin mittauttanut kaluston aiheuttamia poikittaisvoimia kaarteissa. Mittauksissa oli havaittu, että kolmeaksellisilla teleillä varustettujen vetureiden poikittaisvoimat kasvavat huomattavasti suhteessa nopeuden kasvuun. Tehdyissä tutkimuksissa tunnistettiin kolmeakselisen telin korkeampi

⁷⁷ Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden: Swedish, Rescue Services Agency.

suistumisriski vaihteiden kielisovitusalueella verrattuna kaksiakselisilla teleillä varustettuihin vetureihin. Kyseiset mittaustulokset eivät olleet aiheuttaneet toimenpiteitä.

Dr18-veturi on Suomeen tullessaan ollut jo entuudestaan rekisteröitynä toiseen EU-maahan. Tällaisessa tilanteessa katsotaan, että veturityypille riittää uudessa kohdemaassa rajatumpi hyväksyntäprosessi, niin sanottu ristiinhyväksyntä. Kohdemaassa tulee tällaisessa tapauksessa suorittaa vain käyttöönottoluvan vaatimat testaukset, joihin ei sisälly esimerkiksi kulkuominaisuus- ja kulkuvarmuusnormin EN 14363 mukaisia testejä.

Rataverkon haltijan toteuttamien poikittaisvoimamittausten perusteella Dr-18 veturin poikittaisvoimat saattavat tietyissä olosuhteissa ylittää kulkuominaisuus- ja kulkuvarmuusnormin EN 14363 raja-arvot. Veturin vaihteen kielisovitusalueella aiheuttamia poikittaisvoimia kasvattivat lisäksi telikeskiön ja SA3-kytkimen vetokynnen pitkä etäisyys, vaunuista aiheutunut kulkuvastus sekä radan nouseva profiili ennen vaihdetta V171.

3.3 Suistuminen

Tampereen aseman ohitettuaan juna saapui aseman pohjoispuolella sijaitsevaan vaihteeseen V171. Vaihteessa veturi ja junan ensimmäisen vaunun ensimmäinen teli suistuivat kiskoilta kello 19.26. Onnettomuuden seurauksena liikennöinti estyi kahdella kolmesta pääradan raiteesta, mikä aiheutti merkittäviä liikennehäiriöitä.

3.3.1 Vaihde V171

Vaihde V171 on sijainniltaan haasteellisessa paikassa, sillä se sijaitsee ylämäessä ja tiukassa kaarteessa. Sijainti johtaa siihen, että sekä suoralle että poikkeavalle raiteelle ajava kalusto kulkee vaihdealueella todennäköisemmin laippakontaktissa, eli pyörän laippa koskettaa koko ajan kiskon kylkeen. Kyseinen tilanne aiheuttaa sen, että vaihde kuluu vastavaihteeseen ajettaessa molemmilla reiteillä. Tällöin vaihteen kulumisen on normaalia nopeampaa ja sen kunnossapitotarve kasvaa.

Vaihteen sijainti aiheuttaa lisäksi tilanteen, jossa vaihteen kieli ja tukikisko kuluvat eriaikaisesti. Epätasaisen kulumisen seurauksena vaihteen kielen yläreuna ja tukikiskon sivu olivat voimakkaasti kuluneet. Kielen kuluma muodosti lähes vaakasuoran tason kielen yläpintaan, mikä edesauttoi veturin pyörän nousua ja pysymistä vaihteen kielen päälle.

Kunnossapitäjä oli tunnistanut vaihteen V171 nopean kulumisen. Vaihteen huoltoväliä oli tihennetty kuudesta kuukaudesta kolmeen kuukauteen ja vaihteelle oli tehty kunnossapitotoimenpiteitä. Kunnossapitotoimenpiteet eivät kuitenkaan kohdistuneet kielisovitusalueen kulumiseen. Vaihteen laajennetuissa vuositarkastuksissa vuosina 2021 ja 2022 todettiin useita vaihteen kielisovitusalueen kunnossapitotoleranssien ylityksiä sekä akuuttirajalla olevia mittoja. Havainnoista huolimatta kunnossapitäjä ei esittänyt korjaussuunnitelmaa tilaajalle tai vaihtanut osia. Toisaalta rataverkon haltijakaan ei vaatinut kunnossapitäjältä korjaussuunnitelmaa. Kunnossapitäjä ei lisäksi ollut kirjannut kaikkia tarkastushavaintoja käytössä oleviin järjestelmiin.

Vaihteen V171 b-mitta oli 5.10.2023 tehdyssä mittauksessa akuuttirajalla. Lisäksi useat vaihteen mitat olivat ylittäneet kunnossapitotoleranssin. Vuonna 2023 kyseiselle vaihteelle ei tehty laajennettua tarkastusta, vaikka ohjeistus velvoitti sen tekemään. Vaihteen turvallisen liikennöinnin kannalta keskeisimmät muut tarkastukset ja

mittaukset oli tehty ohjeiden mukaisesti, mutta korjaussuunnitelmaa ei ollut mittaushavainnoista huolimatta esitetty.

3.3.2 Vaihteiden kunnossapito ja sitä koskeva ohjeistus

Vaihteiden kunnan ja kulumisen valvonta perustuu pääasiallisesti kunnossapitäjän tekemiin huolto- ja tarkastusmittauksiin sekä silmämääräisten tarkastusten perusteella tehtyihin arvioihin. RATO-ohjeistus kehottaa käyttämään silmämääräisen tarkastuksen lisäksi soveltuvia mittausvälineitä, kuten mittatulkkeja vaihteiden tarkastuksessa. Mittatulkkien käyttö ei ole kuitenkaan vakiintunutta. Tulkkeja käytetään lähinnä korjaushitsauksen yhteydessä, kun vaihteen kunnossapitotarve on jo todettu. Mittatulkkien käyttämättömyys heikentää vaihteiden kunnossapidon yhdenmukaisuutta. Tämänhetkissä vaihteiden tarkastuksissa korostuu kunnossapitäjän kokemus ja kyky tulkita saadut tulokset sekä niiden aiheuttamat seuraukset oikein.

Kuluneen kielisovitusalueen muodostama suistumisriski on tiedostettu ja sille on RATO-ohjeistuksessa määritelty erikseen akuuttirajat, joiden ylittyminen aiheuttaa liikenteen keskeyttämisen. Kielisovitusalueelle on lisäksi erikseen määritelty kunnossapitotoleranssit, joiden ylittyminen edellyttää kunnossapitotoimien suunnittelun aloittamista, jottei päädytä akuuttirajalle tai sen ylityksiin.

Kunnossapitotoleransseja koskevassa ohjeistuksessa ja kunnossapitosopimuksessa on havaittavissa keskinäistä tulkinnanvaraisuutta. Onnettomuushetkellä voimassa olleessa vaihteen kunnossapitotoleransseja koskevassa ohjeistuksessa todetaan, etteivät vaihteen mittojen toleranssit saa ylittää määriteltyjä kunnossapidon toleransseja. Ohjeistus ei kuitenkaan ota yksiselitteisesti kantaa liikenteen keskeyttämiseen eikä anna selkeitä ohjeita, miten kunnossapidon tulee toimia kunnossapitotoleranssin ylittyessä. Tämän takia kunnossapitäjälle on voinut jäädä epäselväksi, millä tavalla kunnossapitotoleranssien ylitystilanteissa on toimittava.

Onnettomuushetkellä voimassa ollut kunnossapitosopimus täsmensi vaihteiden kunnossapitotoleransseja koskevaa ohjeistusta ja toi esiin ne toimet, joihin kunnossapitäjän olisi pitänyt ryhtyä, havaittuaan kunnossapitotoleranssin ylittäneitä mittoja. Tämä ristiriita on saattanut vaikuttaa vaihteen V171 kunnossapitoa koskeviin päätöksiin, jolloin vaihteen kunnossapidon taso on heikentynyt.

Kunnossapitotöiden toteuttaminen vaatii ennakoimista ja pitkää aikajännettä. Huomioon on otettava vaihteen kunnossapitotarpeen lisäksi muun muassa alueelle vaadittavien liikennekatkojen tarve. Tyypillisesti liikennekatkojen suunnittelu tehdään jo vuosia etukäteen, sillä niistä aiheutuu junaliikenteelle myöhästymisiä ja peruuntumisia. Vaihde V171 sijaitsee vilkkaasti liikennöidyllä paikalla, jossa liikennekatkot aiheuttavat junaliikenteelle merkittävää haittaa.

Vaihde V171 oli suunniteltu vaihdettavaksi Tampereen henkilöratapihan uusintahankkeen (Tahera) yhteydessä. Vaihteen kunnossapitotoimia pyrittiin venyttämään uusintahankkeen yhteyteen. Toimintatapa on tavanomainen, sillä käytännön järjestelyiden ja kustannusten kannalta on sujuvampaa tehdä vaihteen vaihto isompien hankkeiden yhteydessä. Toimintatapa sisältää riskin tilanteessa, jossa vaihteen kunnossapitotoimien tarve tunnistetaan, mutta niiden aktiivinen suunnittelu jää taka-alalle, koska luotetaan siihen, että tarvittavat toimet toteutuvat hankkeen yhteydessä. Tilanne muuttuu ongelmalliseksi, mikäli hankkeen suunniteltu aikataulu ei toteudukaan. Tampereen henkilöratapihan uusintahanke oli viivästynyt vuositasolla, ja samalla myös vaihteen V171 kunnossapitotoimet siirtyivät pidemmälle tulevaisuuteen.

Kunnossapito ei vaihteen V171 kohdalla tunnistanut riittävän hyvin hankkeen viivästyksen aiheuttamaa laajempaa vaikutusta suunniteltuun kunnossapitoon.

Tällä hetkellä vaihteiden kunnossapitotarpeen seuranta on osin manuaalista. Käytettävissä olevat järjestelmät eivät kaikilta osin tue kriittisten kunnossapitotarpeiden havaitsemista riittävän tehokkaasti. Käytössä ei ole järjestelmää, joka selkeästi nostaisi esille kunnossapitotarpeet ja muistuttaisi niiden täytäntöönpanosta. Ilman havainnollistavaa järjestelmää kunnossapitotarpeet jäävät herkemmin huomaamatta ja niihin reagoidaan heikommin. Tällöin pienemmät kunnossapitotoimet saattavat jäädä suorittamatta, mikä johtaa turvallisuusriskien kasvamiseen ja suurempaan korjaustarpeeseen.

3.3.3 Dr18-veturin pyörien kuluminen sekä niiden kunnossapito

Suistuneen veturin pyörät olivat mittausten perusteella kuluneet lähelle raja-arvoja. Erityisesti kulkusuuntaan nähden ensimmäinen pyöräkerta oli laipan jyrkkyyden (qR) osalta lähes käyttörajamitassaan.

Mittaustulosten dokumentointi kaluston kunnossapidossa on tällä hetkellä manuaalista ja tulosten seurannasta vastaa yksi henkilö. Manuaalinen mittaustulosten seuraaminen ei välttämättä havainnollista poikkeamia tuloksissa riittävän tehokkaasti ja voi siten altistaa inhimillisille virheille. Yleisesti ottaen, järjestelmät, jotka eivät havainnollista pitkän aikavälin mittaustrendejä, esimerkiksi kuvaajien avulla, heikentävät kunnossapidon seurannan laatua ja lisäävät työkuormaa. Mittaustulosten seuranta on keskeistä, koska se auttaa tunnistamaan poikkeavia kehityssuuntia, jotka voivat jäädä yksittäisten tulosten seurannassa huomaamatta ja siten lisätä turvallisuusriskejä.

Pyörien kartiokkuus oli kulumisen seurauksena pienentynyt, mikä heikensi pyöräkerran ohjautuvuutta kaarteissa. Heikko ohjautuvuus kasvattaa laippakontaktien määrää ja siten lisää epästabiilia kulkua sekä vaihteen että pyörien kulumista. Heikko ohjautuvuus yhdessä poikittaisvoimien kanssa lisää kaluston suistumisriskiä. Myös pyörän laipalle materiaaliirrtymän takia muodostunut purse edesauttoi osaltaan veturin pyörän nousemista ja pysymistä vaihteen V171 kielen päälle.

Veturin kunnossapito oli tunnistanut Dr18-veturin pyörien nopean kulumisen ja tästä syystä seurannut vuoden 2023 alusta pyörien kulumista tarkemmin kuin veturin valmistajan ohje edellyttää. Kustannustehokkuuden näkökulmasta pyörät pyritään ajamaan mahdollisimman lähelle käyttörajaa. Vaikka pyörien kulumista seurataan tiheästi, ei pyöräkertojen kunnossapito ole ennakoivaa. Toimintatapa kasvattaa riskiä sille, että veturin pyörät kuluvat ennen seuraavaa tarkastusta käyttörajansa yli.

Dr18-veturin pyörien kulumisprofiili poikkeaa muusta Suomessa käytössä olevasta kalustosta. Sen pyörille on tyypillistä, että laipan kärjestä kuluu pois kalottialue, jolloin laipan korkeus ei kasva kulkukehän kuluman mukaisesti. Laipan harjan kulumisen poikkeavaan muotoon voi vääristää näin muita mittaustuloksia, kuten qR-mittoja, joita hyödynnetään pyörän kulumisen seurannassa. Vääristyneet mittaustulokset voivat johtaa virhepäätelmiin siitä, mikä pyörien todellinen kuluneisuus on. Pyörän virheellinen muoto lisää rataa ja kalustoon kohdistuvia dynaamisia kuormituksia ja suistumisriskiä.

Käytössä oleva pyörien kulumisprofiilia koskeva ohjeistus on kaikelle kalustolle yhteneväinen. Se ei ota kantaa laipan harjan muotoon tai toimintamalliin purseen yhteydessä. Tästä syystä laipan harjan muodonmuutosta ei myöskään ole ohjeistettu seuraamaan kunnossapidon mittauksissa. Sen myötä tieto poikkeavan kulumisprofiilin

ominaispiirteistä ja sen aiheuttamista mahdollisista seurauksista on vajavaista eikä riskejä välttämättä tunnusteta.

3.3.4 Liikennöitävän kaluston ja ratalaitteiden raja-arvot

Liikennöitävä kalusto ja ratalaitteet pyritään käyttämään mahdollisimman lähelle asetettuja raja-arvoja, jotta toiminta olisi mahdollisimman tehokasta ja taloudellista. Toimintatapa ei kuitenkaan ole turvallisuuden kannalta paras, sillä työskenneltäessä raja-arvojen läheisyydessä, korostuvat mittausten oikea oppinen suorittaminen, niiden tarkkuus ja merkitseminen, tulosten tulkinta sekä niihin reagoiminen. Kyseisessä onnettomuudessa raja-arvoille kuluneet vaihteen teräsovat ja veturin pyörät lisäsivät merkittävästi veturin suistumisriskiä onnettomuusolosuhteissa. Onnettomuuden syntyyn vaikuttaneita mittoja tarkasteltaessa, on keskeistä huomioida se, että valtaosa mittaustuloksista on toimijoiden itse ilmoittamia ja kuten aina mittaustuloksissa, on myös mittausvirheiden mahdollisuus olemassa.

Toisaalta keskiössä on myös se, millä kriteereillä oikeat ja turvalliset raja-arvot on määritelty, jotta ne palvelevat tarkoitustaan. Tyypillisesti turvallisiin raja-arvoihin sisällytetään niin sanottu turvamarginaali, jotta voitaisiin varmistaa turvallisuus sekä luotettavuus kaikissa tilanteissa. Vaikka yksittäinen raja-arvo olisi turvallinen, useamman tekijän ollessa lähellä raja-arvoja voi niiden yhteisvaikutuksesta syntyä kumulatiivinen turvallisuusriski. **Kyseisessä onnettomuudessa kuluneen kielisovitusalueen ja kuluneen pyörän yhteisvaikutus yhdistettynä veturityypin suuriin poikittaisvoimiin johti suistumiseen.**

Usein raja-arvot on aikanaan määritelty yhden yhdistelmän (kalustotyyppi ja vaihde) perusteella. Nykyinen raja-arvojen asettelumalli voi johtaa turvallisuusriskien kasvamiseen tilanteessa, jossa kalustotyyppi tai rataolosuhde muuttuu, eikä niiden yhteisvaikutusta arvioida kriittisesti uudelleen.

3.4 Ilmoitukset ja radan tarkastus

Havaittuaan suistumisen veturinkuljettaja ilmoitti tapahtuneesta liikenteenohjaukselle. He sopivat yhdessä jatkotoimenpiteistä. Keskiössä oli itäisen raiteen liikennöitävyyden tarkastaminen ja onnettomuuden aiheuttaman kokonaistilanteen hahmottaminen.

Liikenneohjaajalle tehdyn ilmoituksen yhteydessä veturinkuljettajalle ei käynyt selväksi, oliko liikenne onnettomuuspaikan läheisyydessä keskeytetty. Hän soitti rautatiehäätäpuhelun varmistuakseen asiasta. Liikenteenohjaus vastasi puheluun ja kertoi liikenteen olevan toistaiseksi keskeytetty. Onnettomuustilanteissa viestinnän selkeys korostuu, sillä olosuhdetekijät ovat normaalista poikkeavat ja ihmisen kognitiiviset toiminnot kuormittavassa tilanteessa rajalliset. Tässä tilanteessa viestinnän sisällön varmistaminen ehkäisi uusien riskien syntymistä.

Tampere on liikennepaikkana vilkas, erityisesti tasatunnein, jolloin matkustajajunat saapuvat ja lähtevät. Suistumisen seurauksena liikenne Tampere – Lielahdi välillä oli keskeytynyt. Kuten yleensäkin poikkeustilanteissa, myös kyseisessä tapauksessa, paine saada liikenne auki oli suuri ja ratkaisut oli tehtävä ripeästi. Tässä tapauksessa liikenteen auki saaminen tarkoitti itäisen raiteen liikennöitävyyden tarkastamista mahdollisimman pian.

Itäinen raide päädyttiin tarkastamaan ajattamalla matkustajajuna onnettomuuspaikan ohi. Kumpikaan liikenneohjaaja sekä suistuneen veturin kuljettaja eivät olleet täysin varmoja siitä, ulottuivatko suistumisen aiheuttamat vauriot myös itäiselle raiteelle. Poikkeustilanteissa on harvoin varmuutta siitä, minne kaikkialle onnettomuuden

aiheuttamat vauriot ulottuvat. Kyseinen käytäntö radan tarkastamiseksi ajamalla ei ole normaalista poikkeava, mutta edellyttää veturinkuljettajalta tarkkuutta ja kykyä tiedostaa mahdolliset riskitekijät, jotka seuraavat liikennöinnistä rata-alueelle, jonka mahdolliset liikennöinnin rajoitteet eivät ole tiedossa. Veturinkuljettajan työ on pääasiallisesti yksintyöskentelyä, jolloin yksittäisen ihmisen havainnointi-, arviointi- ja reagointikyvyn merkitys korostuu. Sen seurauksena inhimillisten virheiden riski ja yksittäisen henkilöön kohdistuva kuormitus kasvavat.

Radan tarkastamiseen poikkeustilanteessa ei ole olemassa yksiselitteistä ohjeistusta ja eikä sellaisen laatiminen ole käytännössä mahdollista, koska tilanteet ovat keskenään erilaisia eikä yksittäinen ohjeistus siten välttämättä tukisi kaikissa tilanteissa toimimista.

3.5 Raivaus ja radan korjaus

3.5.1 Raivauksen suunnittelu ja sen toteuttaminen

Onnettomuuden tutkinnan jälkeen raivausryhmä pääsi aloittamaan alueen raivauksen ja veturin ja vaunun nostamisen takaisin kiskoille. Dr18-veturityypin ensisijainen nostotapa on nosturinosto. Onnettomuuspaikka sijaitsi kalliioleikkausten keskellä, minkä takia veturin nosto nosturilla ei ollut mahdollista. Harkinnan jälkeen päädyttiin tunkkien avulla tehtävään sivuttaissiirtoon. Tunkkinostoa pidettiin pohdinnan alkaessa viimeisenä nostovaihtoehtona, koska se ei ole optimaalinen nostotapa veturin rakenteen takia.

Raivausryhmällä oli käytettävissään vain yksi nostamiseen soveltuva tunkkikalusto. Tämä johti tilanteeseen, jossa laitteistoa jouduttiin siirtämään vuorotellen veturin toisesta päästä toiseen sivuttaissiirron edetessä. Toimintatapa oli hidas ja työskentelevälle henkilöstölle raskas. Ajoittain henkilöresurssien määrä ei riittänyt työmäärään nähden. Tämän vuoksi fyysisesti raskaissa työvaiheissa, kuten nostokaluston siirroissa, yksittäisen työntekijän työkuorma nousi ajoittain suureksi. Riittävät henkilöresurssit ja hyvä vireystila ovat raivauksen kannalta keskeisiä turvallisuustekijöitä.

Raivauksen fyysistä kuormitusta tunkkikaluston siirroissa olisi voitu vähentää, mikäli käytössä olisi ollut myös toinen veturin nostamiseen soveltuva tunkkikalusto. Vastaavanlainen laitteisto olisi mahdollisesti ollut saatavilla VR FleetCaren Tampereen varikolta, mutta sen olemassaolo ja käytettävyys ei ollut raivausryhmällä tiedossa. Mahdollisuuksia yhteistyöhön toisen nostokaluston omistajan kanssa ei raivauksen yhteydessä selvitetty. Yhteistyön puute toimijoiden välillä heikentää yleisesti raivausvalmiutta rataverkolla.

Onnettomuuspaikka oli raivauksen kannalta haasteellinen ja vaati veturin nostamisen poikkeuksellisen korkealle ennen sivuttaissiirtojen aloittamista. Sivuttaissiirtopalkin tukeminen epävakaa pohjalle, nostokorkeus, veturin suuri paino sekä veturin telien tilapäiset sidonnat lisäsivät sivuttaissiirron epävakautta. Ne aiheuttivat tunkkien kaatumisen kahdesti raivauksen yhteydessä. Tunkkien kaatuminen on aina työturvallisuusriski.

3.5.2 Osaaminen

Dr18-veturi ei ollut entuudestaan tuttu kaikille raivausryhmän jäsenille. Ne ryhmän jäsenet, jotka olivat aikaisemmin kyseistä kalustotyyppiä nostaneet, olivat tehneet sen nosturilla. Dr18-veturin tunkkinosto oli raivausryhmälle uusi nostotapa.

Raivausryhmän käytössä ollut ohjeistus Dr18-veturin nostosta keskittyi nostoon nosturilla ja nostopukeilla. Raivauksessa käytetyn tunkkinoston osalta ohjeistus oli riittämätön. Nosto-ohjeiden, eli niin sanottujen nostokorttien puutteellisuus on merkittävä osaamista ja työturvallisuutta heikentävä tekijä. Nosto-ohjeiden laatiminen kuuluu kaluston toimittajan vastuulle. Raivausryhmän kouluttamisesta, ohjeistamisesta ja yhteistyöstä kalustonomistajien kanssa vastaa Väyläviraston asiantuntija.

Vetureiden nostoissa korostuu kalustotyypille ominaisten piirteiden huomioiminen. Dr18-veturilla näitä ovat muun muassa telin kolmiakselisuus, veturin suuri kokonaispaino muihin veturityyppeihin nähden sekä telin pituus. Esimerkiksi pitkän telin takia nostossa on keskeistä huomioida raidegeometria, johon veturia ollaan nostamassa. Lisäksi mahdolliset telin ylikääntymiset voivat rajoittaa telien asettumista kiskoille. Tässä nostossa kyseisiä osatekijöitä ei pystytty huomioimaan riittävästi, koska raivausryhmällä ei ollut riittävää asiantuntemusta esimerkiksi telin rakenteellisen liikkumavaran vapauttamisesta. Paikalla olleen kalustonomistajan asiantuntijuus tuki raivausryhmän toimintaa.

Raivausryhmän koulutuksessa tärkeää on ennakkoarautuminen, joka sisältää tutustumista kalustoyksiköihin ja niiden yksilöllisiin ominaisuuksiin. Kyseisessä raivauksessa käytössä ollut työtapa, missä kaluston omistaja oli koko ajan paikalla ja toi prosessiin kalustoteknisen asiantuntemuksen raivausryhmän toimiessa raivauksen asiantuntijana koettiin toisaalta hyvin toimivaksi ja raivaukseen osallistuneet toivoivat vastaavan yhteistyön lisääntyvän.

Raivausryhmän jäsenet tekevät raivaustyötä sivutoimisesti ja työtilanteet toistuvat satunnaisesti. Tästä syystä veturikaluston raivaustapahtumia ei osu yksittäiselle työntekijälle usein, jolloin rataraidauksen rutiinia erityisesti veturikaluston osalta ei synny riittävästi. Rutiinin jäädessä vähäiseksi, selkeän ja havainnollistavan ohjeistuksen sekä kouluttautumisen rooli korostuu entisestään.

3.5.3 Johtamisjärjestelyt

Tässä tapauksessa Väyläviraston asiantuntija ei päässyt tapahtumapaikalle eikä hänellä ollut sijaista. Päätöksenteko onnettomuuspaikalla nojasi siihen, että Väyläviraston asiantuntija oli tavoitettavissa puhelimitse. Toisaalta raivausryhmänjohtajalla ei ollut mahdollisuutta tehdä itsenäisesti päätöksiä resurssien käytöstä onnettomuuspaikalla, mikä heikensi raivaustyön sujuvuutta. Kun päätöksentekovastuuta ei ole hajautettu kasvaa myös riski sille, että päätöksenteko viivästyy tai jopa estyy inhimillisten tai joidenkin muiden tekijöiden seurauksena.

Raivaustoimintojen tämänhetkisten johtamisjärjestelyjen mukaan raivausryhmällä on vain vähän itsenäistä päätösvaltaa. Se estää raivaustoimintojen, henkilöstön työmotivaation ja turvallisuuskulttuurin kehittymistä. Järjestelyt eivät tue asioiden syvällistä oppimista ja kriittisen ajattelun kehittymistä työssä.

Tyypillisesti onnettomuuspaikoille kutsutaan pelastuslaitoksen edustaja, joka ottaa johtovastuun paikan päällä. Kyseisessä onnettomuudessa pelastuslaitosta ei kuitenkaan tarvittu paikalle. Tämän seurauksena johtosuhteet onnettomuuspaikalla olivat epäselvät eri toimijoiden välillä. Nykytilanteessa raivausryhmän johtajan asema on epäselvä suhteessa muihin toimijoihin, erityisesti jos Väylän asiantuntija johtaa tilannetta etänä. Johtosuhteiden epäselvyys lisää myös turvallisuusriskejä.

Veturin nosto kiskoille ja siirto pois suistumispaikalta kesti yli kolme vuorokautta. Raivaus päättyi 3.12.2023 klo 22.19, jolloin onnettomuuspaikan kohdalla saatiin

avattua kaksi raidetta liikennöintiin. Vaihteet saatiin korjattua 20.12.2023, minkä jälkeen liikenteen rajoitteet poistettiin alueelta.

3.6 Viranomaisten toiminnan analysointi

Koska veturisarja johon Dr18-veturi pohjautuu, on jo pitkään ollut käytössä toisessa EU-maassa, se on hyväksytty käytettäväksi Suomessa niin sanotulla ristiinhyväksyntämenettelyllä. Tässä menettelyssä vaatimukset ennen YTE:n voimaantuloa käyttöön otetulle kalustolle ja sen ominaisuuksille ovat vähäisemmät kuin uudelle kalustolle, jonka tulee täyttää kaikki Yhteentoimivuuden teknisen eritelmän (YTE) vaatimukset.

Ristiinhyväksyntämenettelylle asetettujen rajattujen vaatimusten takia viranomaisen ei pystynyt kaluston käyttöönotto vaiheessa tunnistamaan ja puuttamaan kaluston kaarteissa- ja vaihteissa aiheuttamiin suuriin poikittaisvoimiin ja niiden aiheuttamaan suistumisriskin kasvuun. Asiat tulivat viranomaisen ja kalustoa käyttävän rautatieliikenteen harjoittajan tietoon rataverkon haltijan 2022 teettämien poikittaisvoimamittausten kautta. Mittaustulokset eivät johtaneet toimenpiteisiin.

Kansallisen turvallisuusviranomaisen on mahdollista edellyttää kalustoa käyttävää rautatieliikenteen harjoittajaa ja rataverkon haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin onnettomuusriskien hallitsemiseksi.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätökset sisältävät onnettomuuden tai vaaratilanteen syyt. Syyllä tarkoitetaan erilaisia tapahtuman taustalla olevia tekijöitä ja siihen vaikuttavia välittömiä ja välillisiä seikkoja.

1. Suistumisvaihteen V171 sijainti aiheuttaa sen voimakkaan kulumisen, mikä lisää kunnossapitotarvetta. Vaihte oli onnettomuushetkellä kulunut kunnossapito- ja akuuttirajoille, mutta siitä huolimatta korjaussuunnitelmaa ei ollut tehty eikä tilaaja ollut sitä vaatinut. Vaihteiden kunnossapitotarpeen seuranta on osin manuaalista, jolloin kunnossapitotarpeet jäävät herkemmin huomaamatta ja niihin reagoidaan heikommin. Tämä yhdistettynä ohjeistuksen ja kunnossapitosopimuksen ristiriitoihin aiheutti sen, että vaihteen V171 korjaavia toimenpiteitä ei käynnistetty, vaikka mittaustulosten perusteella kunnossapitotoleransseja oli ylitetty.

***Johtopäätös:** Manuaalinen kuluneisuuden seuranta yhdistettynä epäselviin raja-arvoihin ja menettelyihin aiheuttaa turvallisuusriskin erityisesti, kun vaihte on elinkaarensa lopulla ja kuluu voimakkaasti. Kunnossapidossa tilaajan, valvojan ja kunnossapitäjän kommunikointi ja yhteistyö ei toimi riittävän hyvin, jotta yksittäisten vaihteiden – kuten V171 – turvallinen liikennöinti voitaisiin varmistaa.*

2. Vaikka kuluneen kielisovitusalueen aiheuttama suistumisriski on tiedostettu, tapahtuu kuluneisuuden valvonta tältä osin käytännössä silmämääräisesti eikä mittatulkkeja käytetä järjestelmällisesti. Lisäksi kunnossapitoa tekevien henkilöiden osaamistaso ja kokemus vaihtelee suuresti.

***Johtopäätös:** Arvioitaessa vaihteiden kielisovitusalueiden kuluneisuutta ja kunnossapitotarvetta silmämääräisesti, määrittelee arvioijan osaaminen ja kokemus kunnossapidon laadun ja sen kautta liikennöinnin turvallisuuden. Tällaisessa toimintamallissa mittausmenetelmien laatu ja käyttäjien koulutus ja osaaminen on keskeistä.*

3. Vaihte V171 oli suunniteltu vaihdettavaksi uuteen Tampereen henkilöratapihan uusintahankkeen (Tahera) yhteydessä, mikä myös vaikutti siihen, että vaihteen kunnossapito pyrittiin minimoimaan. Hanke oli viivästynyt vuositasolla useita kertoja, mutta sen vaikutuksia vaihteen kunnossapitotarpeeseen ja sitä kautta turvallisuuteen ei tunnistettu.

***Johtopäätös:** Suurten investointihankkeiden viivästyminen on tyypillistä, mutta niiden vaikutuksia olemassa olevaan infrastruktuuriin ja sen kunnossapitoon ei huomioida riittävästi.*

4. Veturin pyörät olivat kuluneet lähelle raja-arvoja. Pyörien kartiokkuus oli pieni, mikä heikentää pyöräkerran ohjautuvuutta kaarteissa ja yhdessä suurten poikittaisvoimien kanssa lisää suistumisriskiä. Poikkeuksellisesti kuluneiden laippojen päälle oli muodostunut purse. Dr18-veturin pyörien kulumisprofiili poikkeaa muusta Suomessa käytössä olevasta kalustosta. Pyörän virheellinen muoto lisää rataa ja kalustoon kohdistuvia dynaamisia kuormituksia ja suistumisriskiä. Kaluston kunnossapito oli tunnistanut veturin pyörien nopean kulumisen ja tihentänyt mittausväliä. Toiminta ei kuitenkaan ollut ennakoivaa, mikä ilmenee siinä, että huollosta liikenteeseen voitiin päästää veturi, jonka pyörät olivat hyvin lähellä käyttörajaa.

***Johtopäätös:** Rautatiekaluston laipan harjan muodon ja kuluman vaikutusta kaluston kulkuvarmuuteen ei ole käytännön tasolla tunnistettu. Pyörien*

kulumisen ennakointi huoltojen välillä on edellytys kaluston turvallisuudelle käytölle erityisesti pyörien ollessa kuluneet.

5. Kaluston pyörät ja vaihteiden teräsosat pyritään taloudellisista syistä käyttämään mahdollisimman lähelle käyttörajamittoja. Kyseisessä onnettomuudessa sekä veturin pyörät että vaihde olivat kuluneet lähelle raja-arvoja, mutta olivat sallituissa rajoissa. Tilanteessa kuluneen vaihteen kielisovitusalueen ja kuluneen pyörän yhteisvaikutus yhdistettynä veturityypin suuriin poikittaisvoimiin johti suistumiseen.

Johtopäätös: *Määriteltäessä raja-arvoja rautatiejärjestelmän eri osaluueille tulee ottaa huomioon niiden yhteisvaikutus ja olosuhdetekijät.*

6. Onnettomuuspaikka oli raivauksen kannalta ongelmallinen eikä mahdollistanut veturin nostoa nosturilla. Nosto jouduttiin tekemään tunkein ja sivuttaissiirrolla. Toimintatapa oli hidas ja entisestään sitä hidasti se, että raivausryhmällä oli käytössään vain yksi nostolaitteisto. Toisen laitteiston saamista käyttöön toiselta toimijalta ei selvitetty. Raivausryhmän kokemus Dr18-veturin nostosta tunkeilla oli vähäinen. Lisäksi veturin nosto-ohjeet olivat tunkkinoston osalta puutteelliset. Näistä syistä kaluston ominaispiirteitä ei pystytty huomioimaan kaikilta osin. Raivausta tekeville henkilöille veturien nostot ovat yleisesti harvinaisia.

Johtopäätös: *Yhteistyön puute toimijoiden välillä heikentää yleisesti raivausvalmiutta rataverkolla. Asia korostuu onnettomuuden kaltaisissa vaativissa raivaustilanteissa. Rutiinien puuttuessa ohjeistuksen, koulutuksen ja harjoittelun merkitys korostuu sitä enemmän mitä vaativampi tehtävä on kyseessä.*

7. Rautatiejärjestelmän turvallisuudesta vastaava viranomainen ei tunnistanut kaluston rataan aiheuttamiin suuriin poikittaisvoimiin liittyviä riskejä myöntäessään veturisarjalle käyttöönottolupaa. Poikittaisvoimat ja niiden aiheuttama suistumisriski erityisesti vaihteissa oli kuitenkin tullut viranomaisen ja kalustoa käyttävän rautatieliikenteen harjoittajan tietoon rataverkon haltijan myöhemmin teettämien poikittaisvoimamittausten kautta.

Johtopäätös: *Kansallinen turvallisuusviranomainen ei edellyttänyt kalustoa käyttävää rautatieliikenteen harjoittajaa ja rataverkon haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin tunnistettujen onnettomuusriskien hallitsemiseksi.*

5 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

5.1 Vaihteiden kielisovitusalueiden tarkastus- ja kunnossapitomenettelyt

Vaihde, jossa suistuminen tapahtui, oli kulunut kunnossapito- ja akuuttirajoille. Vaihteen kuluminen oli sen sijainnin takia epätasaista, jonka seurauksena sen kuluprofiili oli poikkeava ja lisäsi siten suistumisriskiä. Kulumisesta huolimatta vaihteelle ei laadittu korjaussuunnitelmaa eikä tilaaja sitä vaatinut.

Kunnossapito ei järjestelmällisesti hyödynnä mittausvälineitä, kuten mittatulkkeja kuluneisuuden seurannassa. Kuluneisuuden valvonta perustuu osin silmämääräiseen arvioon, joka on riippuvainen henkilön osaamistasosta ja kokemuksesta. Lisäksi tämänhetkinen, kunnossapitotyön tueksi laadittu RATO-ohjeistus sisältää ristiriitaisia ohjeistuksia eri osioiden välillä, eikä sitä voi pitää helposti saavutettavana. Edellä mainitut tekijät heikentävät kunnossapidon laatua.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenne- ja viestintävirasto varmistaa seuraavan suosituksen toteutumisen:

Väyläviraston tulee varmistaa ohjeistuksien yhtenäisyys ja parantaa niiden saavutettavuutta, määrittellä yksiselitteisesti vaihteen kielisovitusalueen kunnossapitotarpeen mittaustapa sekä määrittää vaihteiden kielisovitusalueille tarkat kuluprofiilit. [2024-S33]

Tarkastusmenetelmien kehittyessä on tärkeää varmistaa kunnossapitoa tekevien henkilöiden osaaminen kehittämällä koulutusta ja ohjeistusta.

5.2 Uusinta- ja investointihankkeiden huomiointi radan kunnossapidossa

Tutkitussa tapauksessa vaihde oli suunniteltu vaihdettavaksi ratapihan uusintahankkeen yhteydessä, mikä vaikutti siihen, että vaihteen osien vaihtoa ei käynnistetty. Uusintahanke oli viivästynyt vuositasolla useita kertoja, mutta sen vaikutuksia vaihteen kunnossapitotarpeeseen ja sitä kautta raideliikenneturvallisuuteen ei tunnistettu.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenne- ja viestintävirasto varmistaa seuraavan suosituksen toteutumisen:

Väylävirasto tarkastelee radan kunnossapitoprosessia siten, että uusintahankkeiden viivästymisen vaikutukset kunnossapitoon huomioidaan tarkemmin kunnossapitoa suunniteltaessa. [2024-S34]

5.3 Rautatiekaluston pyöräprofiilien kulumisen seuranta

Suistuneen veturin pyörät olivat kuluneet lähelle raja-arvoja. Pyörien kartiokkuus oli pieni, mikä heikensi pyöräkerran ohjautuvuutta kaarteissa ja yhdessä kaluston suurten poikittaisvoimien kanssa lisäsi suistumisriskiä. Pyörän laipan päälle oli lisäksi muodostunut purse, joka vaikutti olennaisesti suistumiseen. Rautatiekaluston laipan harjan muodon ja kuluman vaikutusta kaluston kulkuvarmuuteen ei ole tunnistettu eikä sitä ole yleisesti käsitelty kaluston kunnossapito-ohjeissa.

Pyörien kulumisen ennakointi huoltojen välillä ja kulumismuotojen tunnistaminen on edellytys kaluston turvalliselle käytölle erityisesti pyörien ollessa kuluneet.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenne- ja viestintävirasto varmistaa seuraavan suosituksen toteutumisen:

Rautatieliikenteen harjoittajat ja kaluston kunnossapitäjät laativat ohjeen pyörän laipan muodon tarkastukseen ja ottavat ohjeistetun tarkastuksen osaksi pyöräkertojen kunnossapitoa. Lisäksi kaluston pyöräkertojen kulumisseurantaan tulee ottaa käyttöön menettely, jolla voidaan tunnistaa ja ennakoida pyörien kulumista huoltojen välillä. [2024-S35]

Pyöräkertojen kunnossapidossa on aina huomioitava kalustokohtaiset erityispiirteet. Laipan harjan kuluneisuuden kunnossapitorajojen määrittelyssä voidaan hyödyntää esimerkiksi standardia SFS-EN 15313.

5.4 Yhteistyö raivaustoiminnassa

Raivaajat toimivat tehtävissään sivutoimisesti ja raivaustehtävät toistuvat satunnaisesti, jolloin kalustokohtaista osaamista ei pääse muodostumaan. Raivaushenkilöstön koulutus ei tällä hetkellä anna riittäviä valmiuksia veturikaluston tuntemiseen raivaustoiminnan osalta.

Suistuneen veturin nosto-ohjeet olivat tunkkinoston osalta puutteelliset, eikä raivaushenkilöstöllä ollut riittävää osaamista veturista. Käytännön kokemuksen puuttuminen kyseisen kaluston osalta korvattiin yhteistyöllä kaluston omistajan asiantuntijan kanssa. Tutkitussa tapauksessa yhteistyö raivaushenkilöstön ja kaluston omistajan kesken toimi erittäin hyvin ja oli avaintekijä raivauksen onnistumisessa.

Kaluston kunnossapitäjillä on raivaustyöhön soveltuvaa kalustoa ja resursseja, joita ei tällä hetkellä hyödynnetä riittävän tehokkaasti valtion rataverkolla tapahtuvassa raivaustoiminnassa. Yhteistyöllä on mahdollista minimoida rataverkon häiriötilanteiden kestoja ja niiden vaikutusta yhteiskunnan toimintaan.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenne- ja viestintävirasto varmistaa seuraavan suosituksen toteutumisen:

Rataverkon haltijat, rautatieliikenteen ja raivaustoiminnan harjoittajat sekä kaluston kunnossapitäjät sopivat yhteistyömenettelyt raivaustilanteisiin sujuvan raivaustoiminnan varmistamiseksi. Lisäksi toimijat selvittävät ennakoivasti käytössä olevat välineet ja resurssit sekä sopivat niiden käytöstä ja viestinnästä raivaustilanteissa. [2024-S36]

Kaluston omistajien tulee huolehtia, että kaluston nosto-ohjeet ovat kaikkien niitä tarvitsevien käytössä ja että ne soveltuvat käytössä oleville nostotavoille. Käytännön osaamisen varmistamiseksi on huolehdittava, että rataraijaajilla on käytössään kalustokohtaiset ohjeistukset

5.5 Kaluston ominaisuuksien huomiointi radan ja kaluston yhteentoimivuuden raja-arvojen määrittelyssä

Dr18-veturin rakenne aiheuttaa suuria poikittaisvoimia kaarteissa, mikä lisää pyörän ja kiskon kulumista sekä kasvattaa suistumisriskiä erityisesti vaihteen kielisovitusalueella.

Rautatiejärjestelmän turvallisuudesta vastaava viranomais ei veturin ristiinhyväksyntämenettelyn takia tunnistanut kaluston rataan aiheuttamiin suuriin poikittaisvoimiin liittyviä riskejä myöntäessään veturisarjalle käyttöönottolupaa. Poikittaisvoimat ja niiden aiheuttama suistumisriski erityisesti vaihteissa tuli kuitenkin viranomaisen tietoon rataverkon haltijan myöhemmin teettämien poikittaisvoimamittausten kautta. Mittaukset eivät aiheuttaneet toimenpiteitä, vaikka turvallisuudesta vastaavalla viranomaisella on edellytykset vaatia kalustoa käyttävää rautatieliikenteen harjoittajaa ja rataverkon haltijaa ryhtymään toimenpiteisiin tunnistettujen onnettomuusriskien hallitsemiseksi.

Kyseisessä onnettomuudessa vaihteen kuluneen kielisovitusalueen ja kuluneen pyörän sekä suurien poikittaisvoimien yhteisvaikutus johti suistumiseen. Tämänhetkiset raja-arvot eivät huomioi eri osatekijöiden yhteisvaikutuksesta syntyvää turvallisuusriskiä. YTE edellyttää, että toimijoiden on varmistettava kaluston ja raiteen yhteentoimivuus kaikissa tilanteissa.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että Liikenne- ja viestintävirasto varmistaa seuraavan suosituksen toteutumisen:

Rataverkon haltijat ja kuusiakselisia vetureita käyttävät rautatieliikenteen harjoittajat määrittelevät yhdessä turvallisen liikennöinnin varmistavat turvamarginaalit sisältävät raja-arvot kaluston pyöräkertojen ja radan kulumalle, huomioiden eri tekijöiden yhteisvaikutus. [2024-S37]

Mittausten perusteella kaikkien käytössä olevien kuusiakselisten vetureiden suistumisriski vaihteen kielisovitusalueella on suuri, mikä tulee erityisesti huomioida käyttörajamittoja määriteltäessä.

5.6 Toteutetut toimenpiteet

Kaikki vaihteen V171 teräsosat vaihdettiin joulukuussa 2023 onnettomuuden jälkeen.

Onnettomuuden jälkeen Väylävirasto on jo toteuttanut muun muassa seuraavia toimenpiteitä:

- alueella olevat vaihteet, jotka lähestyivät akuuttirajaa tai olivat akuuttirajalla, tarkastettiin (neljään vaihteeseen tehtiin huolto- tai säätötoimenpiteitä)
- selvitettiin ja tarkastettiin sellaisten vaihteiden tilanne, jossa mitat olivat kunnossapitorajalla tai lähestymässä akuuttirajaa, ja joilla kulkee vastaava junakalusto, kuin Tampereen suistumavaihteessa
- Kyseisen alueen kunnossapitäjän kanssa käytiin läpi ja tarkennettiin vaihteiden kunnossapidon menettelyjä
- Alueen kunnossapitäjältä pyydettiin selvitys alueen vaihteiden kunnossapidosta (saatu)

Selvitys vaikutti osaltaan siihen, että Väylävirasto otti vuoden 2024 yhdeksi valvontateemakseen vaihdemittaustulosten seurannan, RAIKU-kirjausten seurannan ja korjaussuunnitelmien varmistamisen. Väyläviraston tavoitteena on myös selvittää ja kartoittaa tarpeita vaihteiden kunnossapidon kehittämiseksi.

5.7 Muita huomioita

Tutkinnassa tuli esille, että Tampereen yliopiston Terra-tutkimusryhmä on tällä hetkellä ainoa riippumaton taho Suomessa, jolla on laitteet ja osaaminen radan tarkkaan lasermittaukseen ja mittaustulosten käsittelyyn. Viranomaistahoilla ei ole käytettävissä tällaisia laitteita. Tutkintaryhmä tuo esille, että rataverkon kunnan viranomaisvalvonnan ja mahdollisten onnettomuustapausten riippumattoman tutkinnan kannalta olisi erittäin tärkeää, että viranomaiset hankkisivat vastaavan kyvykkyyden.

LÄHDELUETTELO

Kirjalliset lähteet

- Standardi SFS-EN 14363:2016 + A2:2022, *Railway applications. Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Running behaviour and stationary tests*
- Standardi SFS-EN 15313:2010, *Railway applications. In-service wheelset operation requirements. In-service and off-vehicle wheelset maintenance*
- Standardi SFS-EN 15302:2021, *Railway applications. Wheel-rail contact geometry parameters. Definitions and methods for evaluation*
- UIC code 716: *Maximum permissible wear profiles for switches, 1st edition, January 1986, 2nd edition, May 2004*
- Rail Accident Investigation Branch (RAIB), UK: *Derailment at Princes Street Gardens, Edinburgh 27 July 2011, Report 18/2012, August 2012.*
- Rail Accident Investigation Branch (RAIB), UK: *Derailment of a freight train at Shrewsbury station, 7 July 2012, Report 08/2013, July 2013.*
- Tampereen yliopiston tutkimus: *Veturien ja vaunukaluston vaakasuuntaisten voimien mittaaminen tiukassa R200- kaarteessa, MITTAUSRAPORTTI 1.10.2022.*
- Tampereen yliopiston tutkimus: *Tavarajunan suistuminen Tampereen vaihteessa V171, pyörä- ja kiskoprofiilien tarkastelut, TUTKIMUSRAPORTTI 22.4.2024.*
- Valtionrautatiet (1971): *Dieselveturit ja moottorivaunut II*
- Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden: Swedish Rescue Services Agency.

Tutkinta-aineisto

- 1) Paikkatutkinnan valokuvat, mitat ja muu aineisto
- 2) Säätiiedot
- 3) Kuulemiset
- 4) Kaluston tekniset tiedot
- 5) Veturien kulunrekisteröintilaitteiden tallennetiedot
- 6) Liikenteenohjauksen puherekisteritallenteet
- 7) Ratapihan valvontakameratallenteet
- 8) EU-komission asetukset
- 9) Yhteentoimivuuden tekniset eritelmät
- 10) Onnettomuuteen liittyvää toimintaa ohjaavat lait
- 11) Liikenne- ja viestintäviraston määräykset
- 12) Liikenne- ja viestintäviraston suorittamien mittausten tulokset
- 13) Väyläviraston ohjeet
- 14) Väyläviraston turvallisuudenhallinnan tiedot
- 15) Väyläviraston sisäisen tutkinnan raportti
- 16) Fenniarail Oy:n turvallisuuden hallinnan tiedot.
- 17) Fenniarail Oy:n Dr18-veturin kunnossapitotiedot ja mittausten tulokset
- 18) Destia Rail Oy:n turvallisuuden hallinnan tiedot.
- 19) Tampereen alueen radan kunnossapidon tiedot
- 20) Dr18-veturin dokumentaatio ja huolto-ohjeet
- 21) Dr18-veturin hyväksyntädokumentaatio

YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Tutkintaselostusluonnos on ollut lausunnolla Liikenne- ja viestintäministeriössä, Liikenne- ja viestintävirastossa, Väylävirastossa, Tampereen yliopistolla, Fintraffic Raide Oy:llä, Fenniarail Oy:llä, Destia Oy:llä, Dexit Rail Oy:llä, Sampel Rail Oy:llä, VR-Yhtymä Oy:llä, North Rail Oy:llä, Avesco Oy:llä ja onnettomuuden osallisilla. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuustutkintalain mukaisesti julkaista.

Liikenne- ja viestintävirasto toteaa lausunnossaan Dr18-veturin käyttöönottolupamenettelyn vaatimusten osalta, että ristiinhyväksyntämenettelyssä kaluston kulkuominaisuuksia on arvioitu hyväksyntähetkellä voimassa olleen ja YTE:ssä viitatus EN 14363:2005-normin mukaisesti. Kyseisen normin kohdassa 5.2.2.2 annetaan ehdot, joiden täyttyessä voidaan käyttää yksinkertaistettua mittaamenetelmää. Dr18-veturi täytti nämä ehdot, joten yksinkertaistettua menetelmää oli sallittua käyttää, mutta se ei sinällään liittynyt ristiinhyväksyntään.

Lisäksi Liikenne- ja viestintävirasto tuo lausunnossaan esille, että kansallinen turvallisuusviranomaisen voi raideliikennelain 12 luvun mukaisesti peruuttaa tai muuttaa markkinoillesaattamisluvan, mikäli on osoitettavissa, että olennainen vaatimus ei ole täyttynyt luvan myöntämishetkellä. Olennaiset vaatimukset on esitetty muun muassa valtioneuvoston asetuksen 284/2019 liitteessä III ja kaikki YTE:t perustuvat kyseisten vaatimusten täyttämiseksi.

Väylävirasto toteaa lausunnossaan, että se on tehnyt onnettomuudesta oman selvityksensä ja on samaa mieltä siitä, että suistuminen aiheutui kuluneen kaluston ja kuluneen ratainfraan yhteisvaikutuksesta. Väylävirasto on lausuntonsa mukaan tehnyt välittömästi onnettomuuden jälkeen erilaisia varmentavia toimenpiteitä, joilla on muun muassa varmistettu vastaavalla liikennekuormituksella olevien vaihteiden asianmukainen kunto. Lisäksi Väylävirasto on käynnistänyt asiaan liittyviä kehittämistoimenpiteitä.

Kaluston ominaisuuksien huomioinnista radan ja kaluston yhteentoimivuuden raja-arvojen määrittelyn osalta Väylävirasto katsoo, että suositus on tarkoituksenmukainen ja perusteltu. Väyläviraston mukaan on kuitenkin huomioitava, että suosituksen käytäntöön vienti edellyttää yhteistyötä Traficom, Väyläviraston ja kyseisenlaista kalustoa käyttävien rautatieliikenteen harjoittajien kesken, koska Traficom vastaa kaluston hyväksynnästä.

Vaihteiden kielisovitusalueiden tarkastus- ja kunnossapitomenettelyjen osalta Väylävirasto tuo ilmi, että se kehittää ohjeiden sisältöä ja yhtenäisyyttä sekä parantaa niiden saavutettavuutta jatkuvasti. Väylävirastolla on RATO 12 -ohjeessa (sekä viittaus RATO 14) kriteerit kielisovituksen sallitulle kulumalle. Mittatulkin käyttöä on lisäksi Väyläviraston mukaan korostettu Tampereen alueen kunnossapitotöissä.

Väylävirasto tuo lausunnossaan esille, että manuaalisen seurannan lisäksi, se seuraa vaihteiden mittaus- ja tarkastustuloksia RAIKU-sovelluksella ja muun muassa vaihteiden uusimistarpeet käsitellään RYHTI-sovelluksella. Vaihteiden kunnan seurantaan on myös kehitetty ja otettu käyttöön seurantanäkymiä Väyläviraston analytiikkapalveluun.

Väylävirasto pitää virheellisenä johtopäätöstä siitä, etteikö suurten investointihankkeiden viivästymisen vaikutuksia huomioitaisi olemassa olevassa infrassa ja sen kunnossapidossa. Väyläviraston näkemyksen mukaan onnettomuusvaihteen turvallisen liikennöinnin kannalta keskeisimmät tarkastukset,

mittaukset ja muut vaihteen elinkaarta pidentävät kunnossapitotoimenpiteet oli tehty ohjeiden mukaisesti.

Raivaustoiminnan yhteistyömenettelyjen osalta Väyläviraston tulkinta on, ettei se voi viranomaisena sekä rataverkon haltijana kilpailuneutraliteettisistä käyttää toisen rautatieliikenteen harjoittajan tai kaluston kunnossapitäjän henkilöstöä raivaamaan kolmannen osapuolen kalustoa. Väylävirasto vetoaa näiltä osin Raideliikennelakiin (1302/2018, § 104 ja § 108). Lisäksi on Väyläviraston mukaan huomioitava, että kaluston kunnossapitäjät ovat sopimussuhteessa rautatieliikenteen harjoittajiin, eivät rataverkon haltijoihin.

Lisäksi Väylävirasto tuo esille, että johtopäätöksissä todetaan virheellisesti, etteikö toisen tunkkauslaitteiston saamista käyttöön toiselta toimijalta olisi selvitetty. Laitteisto oli tiedossa, minkä lisäksi arvioitiin Väyläviraston raivauspalvelun toisen laitteiston tuomista paikalle Kouvolasta, mutta Väylävirasto teki tietoisien päätöksen olla käyttämättä muuta laitteistoa tässä yhteydessä, koska arvioi siitä saatavan hyödyn vähäiseksi kokonaisuuden kannalta.

Väyläviraston mukaan tutkintaselostuksessa esille tuodun toimijan tunkkauskalusto on myös teknisesti merkittävästi vanhempaa, kuin Väyläviraston kalusto ja sillä on huomattavasti pienempi suorituskyky. Kyseisen toimijan henkilöstöllä ei Väyläviraston mukaan myöskään ole Väyläviraston osaamis- ja pätevyysohjeessa (VO 21/2022) vaadittua koulutus- ja osaamistasoa, jota raivaushenkilöstöltä edellytetään valtion rataverkolla.

Väyläviraston tietojen mukaan kyseisen toisen toimijan laitteisto on rajoitettu toimivaksi raivausajoneuvon välittömässä läheisyydessä. Hydrauliiikan tuottoyksiköt on integroitu ajoneuvoon mikä edellyttäisi ajoneuvon saamista onnettomuuspaikan välittömään läheisyyteen (n. 10–15 m). Tämä edellyttäisi ajoneuvon ajamista kiskoille eikä tämä ole ratainfraan kannalta mahdollista sillä se vaarantaa kiskojen, vaihteiden ja alusrakenteen eheyttä. Väylävirasto ei lähtökohtaisesti salli ajoneuvoilla ajamista kiskoilla. Lisäksi liikennettä olisi jouduttu entisestään rajoittamaan onnettomuuspaikalla.

Väylävirasto toteaa lausunnossaan, että raivaustoimintaan liittyviä yhteistyömenettelyjä on kehitetty useiden vuosien ajan ja niitä tarkastellaan jatkuvasti. Väylävirasto kokee, että menettelyt ovat jo nyt hyvällä tasolla. Kun tarkastellaan nimenomaista onnettomuutta, tulee Väyläviraston mukaan huomioida tilanteen ja onnettomuuspaikan haastavuus, mikä vaikutti merkittävästi raivaustehtävän toteuttamiseen. Väyläviraston näkemyksen mukaan suurin osa Väyläviraston muista raivaustehtävistä on sujunut hyvin ja yhteistyö eri toimijoiden välillä on onnistunutta.

Väylävirasto tuo myös esille, että raivaustoimintaa johdettiin etänä koska vastuuhenkilö oli sidottuna avustamaan poliisitehtävää toisaalla, eikä pystynyt irtautumaan sieltä fyysisesti tälle tehtävälle. Väylävirasto toteaa, että nykyään myös pelastustoiminnassa viranomaiset johtavat nykyään hyvin usein etänä toimintaa. Tässä onnettomuudessa on Väyläviraston mukaan huomioitava, että tilanne ja paikka oli erittäin haastava, mikä vaikutti siihen, että raivausryhmän johtajan oli tavallista hankalampi toimia tilanteessa. Pelastusyksikön johtajalla on Väyläviraston ohjeiden ja sopimusten mukaan varsin laaja harkintavalta toimia tilanteessa ja päättää itsenäisesti asioista.

Väylävirasto toteaa lausunnossaan, että ohjeiden mukaan raivausyksikön johtaja johtaa onnettomuuspaikkaa samoin tavoin, kuin pelastustoiminnan johtaja/pelastustoiminnan yksikönjohtaja. Tämä rooli on asetettu sekä raivauspalvelun sopimuksessa sekä OVRO-ohjeistuksessa. Raivaus- ja pelastusyksikön johtaja ei saa kuitenkaan päättää

resursseista, joista aiheutuu Väylävirastolle kustannuksia ilman että asiasta on sovittu tilaajan edustajan kanssa. Kustannukset voivat nousta merkittävän korkeiksi, minkä takia päätös on tehtävä virkamiestasolla eikä sitä voi ulkoistaa palveluntuottajalle. Muilta osin pelastusyksikön johtajalla on varsin laaja harkintavalta toimia tilanteessa ja päättää esimerkiksi valitusta toimintatavasta. Raivausyksikön johtajalla on vaatimuksena aina vähintään pelastustoimen yksikönjohtajan pätevyys ja heillä on kokemusta ja näkemystä pelastustoiminnasta myös rautatiemaailman ulkopuolelta taustojensa takia. Itse asiassa moni heistä toimii myös pelastustoiminnan johtajan rooleissa. Näin ollen valittu toimintatapa Väyläviraston käsityksen mukaan on juuri se mitä Onnettomuustutkintakeskus nostaa esiin ja suosittaa. Kustannusten hyväksyntä täytyy tapahtua aina viranhaltijan hyväksynnällä koska ne kohdistuvat valtion budjettivaroihin eikä niistä päättämistä voi ulkoistaa palveluntuottajalle kuin vähäisiltä osin. Hyväksyntä voidaan kiireellisissä tilanteissa antaa myös puhelimitse.

Fintraffic Raide Oy tuo lausunnossaan esille tarkennuksia onnettomuuden jälkeisiin ilmoituksiin sekä radan tarkastuksessa käytettyihin menettelyihin. Lisäksi Fintraffic Raide Oy toteaa, että johtovastuut ja johtamisjärjestelyt onnettomuustilanteissa on tarkemmin kuvattu Väyläviraston ohjeessa Ohje varautumisesta rautatieonnettomuuksiin (OVRO). Kyseinen ohje on Fintraffic Raide Oy:n mukaan keskeinen erityisesti operatiivisen toiminnan näkökulmasta.

Fenniarail Oy toteaa lausunnossaan, että heidän näkemyksensä mukaan kaluston huolto-organisaatiossa kokeneen asentajan antama koulutus ja perehdytys on vähintään yhtä laadukasta ja välttää esimerkiksi kielimuurin mukanaan tuomilta ongelmilta. Kotimaiselle huolto-organisaatiolle, sekä yhtiölle ECM:nä, on kehittynyt paras tuntemus veturista ja sen huolto-ohjelmaan liittyvistä toteutusmalleista. Valmistajastatus ei Fenniarail Oy:n mukaan välttämättä tee koulutuksesta parempaa tai tuo siihen olennaista lisäarvoa.

Liikenne- ja viestintäviraston suorittamaan ECM-auditointiin liittyen Fenniarail Oy toteaa, että auditoinnissa raportoidut puutteet liittyivät ECM II ja III -toimintojen menettelyjen kuvausten puutteisiin, ei itse menettelyihin. Nämä puutteet on Fenniarail Oy: lausunnon mukaan korjattu laadilla koko ECM-toimintaa koskevat menettelykuvaukset.

Dr18-veturin osalta Fenniarail Oy toteaa, että veturi on suunniteltu oman aikakautensa ja alkuperäisen maantieteellisen käyttöalueensa tyypilliseen jakelu- ja järjestelytyöhön, joka sisältää myös junan vetämistä linja-ajossa.

Raivaukseen liittyvän kalustoteknisen osaamisen ja asiantuntemuksen osalta Fenniarail Oy tuo esiin lausunnossaan, että paras kalustoasiantuntemus on yleensä kaluston omistajalla (käyttäjällä) ja tämä asiantuntemus tulee tarjota raivaustoiminnan asiantuntijoiden käyttöön. Fenniarail Oy kertoo lausunnossaan, että se teki välittömästi onnettomuuden tapahduttua päätöksen lähettää edustajansa paikan päälle ja ylläpitää tätä asiantuntijaresurssia koko raivaustyön ajan. Fenniarail Oy:n näkemyksen mukaan kyseessä oli toimiva yhteistyömalli rataraivaushenkilöstön kanssa ja vastaavalla tavalla tulisi toimia kaikissa vaativissa raivausoperaatioissa.

Veturin noston osalta Fenniarail Oy tarkentaa, että Dr18-vetureita on ennen Tampereen suistumaonnettomuutta nostettu neljä kertaa, joista kaksi on tapahtunut tunkkinostoina. Fenniarail Oy:n mukaan tunkkinostossa itsessään ei ole erityistä problematiikkaa ja siihen on olemassa soveltuvat nostoapuvälineet. Tutkitun onnettomuuden raivauksessa ongelmat muodostuivat käytännössä veturin painumisesta syvälle tukikerrokseen ja asemasta päällysrakenteeseen nähden. Dr18-

veturia ei nosto-ohjeiden mukaan saa nostaa yhtä aikaa molemmista päistä, mutta toisen tunkkilaitteiston hankinta raivaukseen olisi Fenniarail Oy:n käsityksen mukaan nopeuttanut työtä merkittävästi, kun jatkuvista laitteiston siirroista ja asettelusta veturin päiden välillä olisi päästy käytännössä lähes kokonaan eroon.

Väyläviraston teettämien kaluston kaarteissa rataa aiheuttamien vaakasuuntaisten voimien mittausten osalta Fenniarail Oy toteaa lausunnossaan, että väärinymmärrysten välttämiseksi on tärkeää huomioida eroavaisuudet teoreettisten laskelmien, Kouvolan testien olosuhteiden ja Tampereen suistumisessa vallinneiden olosuhteiden välillä. Lausunnon mukaan on erityisen tärkeää huomioida, että standardien raja-arvot on annettu 250-400 m säteisissä kaarteissa, kun Kouvolan kokeissa kaarresäde oli pienempi $r=200$ m. Fenniarail Oy:n käsityksen mukaan Kouvolan testeissä mitatut ja tutkintaselostuksessa referoidut suurimmat voimat ovat mitä todennäköisimmin suuremmat, kuin Tampereen suistumassa vallinneissa olosuhteissa on ollut.

Destia Rail Oy toteaa lausunnossaan, että vaikka erillistä korjaussuunnitelmaa ei ollut vaihteeseen V171 tehty, oli se reagoinut ennalta tilanteeseen tilaamalla aiemmin keväällä 2023 vaihteeseen sopivan uuden kielisovitukseen, jotta se olisi tarpeen vaatiessa, esimerkiksi Taheran lisämyöhästymisen vuoksi, ollut vaihdettavissa vaihteeseen V171 keväällä/kesällä 2024.

Destia Rail Oy:n lausunnossa todetaan, että vaihteen V171 osien vaihtamisen pitkittyminen aiheutui raportissa esiin tuotujen tekijöiden yhteisvaikutuksesta, joita olivat Tahera -hankkeen viivästyminen useita kertoja, Väyläviraston materiaalien (vaihteen teräsosien) kustannustehokas hyödyntäminen sekä yhteistyön ja tilannekuvan puutteet urakoitsijan, Väyläviraston sekä rataisännöitsijän kesken.

Lisäksi Destia Rail Oy tuo lausunnossaan esiin tarkennuksia vaihteen V171 kunnossapitokirjauksiin ja tutkintaselostuksessa käytettyihin termeihin.

Sampel Rail Oy toteaa lausunnossaan, että onnettomuustilanteissa johtovastuut ovat usein sekavia. Sampel Rail Oy on koulutuksissaan ohjeistanut ryhmänjohtajia johtovastuiden selventämisestä tilannepaikalla epäselvyyksien välttämiseksi. Johtovastuiden muodostumista tulisi Sampel Rail Oy:n lausunnon mukaan selkeyttää myös Väyläviraston ohjeistuksissa kuten OVRO:ssa.

Lausunnossaan Sampel Rail Oy toteaa, että heillä on käytössään säännölliset ryhmänjohtajien palaverit, joissa muun muassa käydään lävitse hoidettuja tehtäviä ja työmenetelmiä. Lisäksi tutkinnassa käsitelty raivaustehtävä on käyty erikseen läpi omassa palaverissa. Ryhmänjohtajille toteutetaan myös säännöllisesti palavereita, joissa käydään toteutuneita tehtäviä ja työmenetelmiä lävitse. Näin varmistetaan osaltaan tehtävillä saatujen kokemusten eteenpäin vieminen myös niille henkilöille, jotka eivät olleet tehtävällä.

Sampel Rail Oy:n lausunnon mukaan raivaustoiminnassa tarvitaan jonkinlainen joustovara lisähenkilöiden ja kaluston ottamiseen. Lisäksi Sampel Rail Oy on laatinut Väylävirastolle ehdotuksen suunnitelmasta pitkäkestoisten ja suuronnettomuustilanteiden varalta. Väylävirasto ei Sampel Rail Oy:n mukaan ole vielä päättänyt linjaustaan asiasta.

Tunkkien kaatumisen osalta Sampel Rail Oy toteaa, että tunkkien kaatumisen riski kalustoa nostettaessa on tunnistettu ja sille on olemassa riskinhallintatoimenpiteet. Yleisesti ottaen, Sampel Rail Oy:n mukaan jokaisesta raivaustilanteesta tehdään aina toimintasuunnitelma ja varasuunnitelma sekä jatkuvaa riskienarviointia.

Sampel Rail Oy:n lausunnon mukaan tutkintaselostuksessa esille tuotu toisen toimijan käyttäminen yhteistyössä raivauksessa aiheuttaa työturvallisuusriskin. Sampel Rail Oy on lausuntonsa mukaan havainnut vuodesta 2018 saakka, että kyseisen organisaation työturvallisuuskulttuuri on huomattavasti heikompi kuin Sampel Rail Oy:n toteuttama työturvallisuus.

Edellä mainittujen esimerkkien takia kahden eri toimijan käyttäminen tunkkaustilanteissa ei ole Sampel Rail Oy:n mukaan ole suotavaa eikä se ole ensisijainen toimintatapa.

Sampel Rail Oy tuo lausunnossaan esille, että Väylävirastolla on omaa tunkkikalustoa reservissä kolme kappaletta Etelä- ja Itä-Suomen alueella. Lausunnon mukaan Sampel Rail Oy:n ryhmänjohtajan toimesta tiedusteltiin Väylävirastolta lupaa ottaa kohteeseen toinen tunkkikalusto, mutta lupaa ei myönnetty. Sampel Rail Oy on sisäisesti organisaatiossaan päätenyt myös siihen lopputulokseen, että toisen tunkkikaluston käyttö on perusteltua tietyissä tehtävissä. Sampel Rail Oy on esittänyt nämä näkemykset Väylävirastolle ja tulee ottamaan asian uudelleen esille seuraavassa kuukausittaisessa seurantakokouksessa.

Sampel Rail Oy kertoo lausunnossaan, että suistumisia, joissa kalustoa joudutaan tunkkaamaan on valtakunnallisesti vuositasolla noin 20–30 kpl. Näistä veturien nostamisia on noin 5–7 kpl. Rautatieliikenteen harjoittajia on useita ja eri veturityyppejä liikenteessä yli 10 kappaletta. Näistä syistä on Sampel Rail Oy:n mukaan ymmärrettävää, että raivaustoimintaan osallistuvat henkilöt eivät saa yksittäisestä veturityypistä kokemusta. Näin ollen koulutus- ja harjoittelutarve korostuu. Lausunnon mukaan on hyvä muistaa, että suistumatilanteet ovat aina poikkeamatilanteita, joissa on muuttuvia tilanteita runsaasti ja harjoittelulla ei voida varautua kaikkeen.

Sampel Rail Oy tuo esille, että heidän käsityksensä mukaan liikenteenharjoittajalla on myös velvollisuus antaa kalustoonsa asiantuntija-apua. Yhdellä taholla ei voi olla yksin riittävää tietoa kaikesta raiteilla liikkuvasta kalustosta, kun huomioidaan esimerkiksi ratatyökoneet sekä matkustaja- ja tavaraliikenteen kalustot.

Sampel Rail Oy nostaa lausunnossaan esille myös, että sillä Väylävirastolla on raivaustoiminnan osalta koulutussuunnitelma. Lisäksi käytössä on koulutusten seurantajärjestelmä. Koulutustehokkuuden ja laajan rautatiekaluston takia on päädytty kouluttamaan henkilöitä saatuihin kaluston nostokortteihin, jonka myötä mahdolliset tarkemmat kalustokohtaiset koulutukset toteutetaan.

Liikenteenharjoittajan toimittamilla kalustokohtaisilla nostokorteilla on Sampel Rail Oy:n mukaan tärkeä rooli tilanteiden selvittämiseen ja hoitamiseen. Sampel Rail Oy tuo esille, että nostokortteja tulisi voida tarkastaa ennen niiden hyväksymistä käyttöön, jotta varmistutaan, että niissä on annettu kaikki tarpeellinen tieto.

Lisäksi Sampel Rail Oy toteaa, että heidän henkilöstönsä käytössä on kalustokohtaiset nostokortit. Kaikista liikkuvista kalustoista ei kuitenkaan ole nostokortteja. Lisäksi nostokorteissa ei välttämättä oteta kantaa tunkkaukseen vaan nosturilla nostamiseen.