



Liikennelentokoneen hallinnan menetys laskukiidossa Turun lentoasemalla 25.10.2017



ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia 25.10.2017 Turun lentoasemalla tapahtuneen liikennelentokoneen hallinnan menetyksen. Turvallisuustutkinnan tarkoituksena on yleisen turvallisuuden lisääminen, onnettomuuksien ja vaaratilanteiden ehkäiseminen sekä onnettomuuksista aiheutuvien vahinkojen torjuminen. Turvallisuustutkintaa ei tehdä oikeudellisen vastuun kohdentamiseksi.

Tutkintaryhmän johtajaksi nimettiin lennonjohtaja (eläk.) Pekka Orava ja jäseniksi liikennelentäjä Mika Kosonen, kauppatieteiden tohtori ja psykologian maisteri Petri Koistinen sekä erikoistutkija Timo Naskali. Tutkinnanjohtaja oli johtava tutkija Ismo Aaltonen.

Kanadan turvallisuustutkintaviranomainen (TSB) nimesi tutkintaan valtuutetun edustajan ja lentokoneen valmistaja Bombardier nimesi hänelle neuvonantajan sekä Irlannin lento-onnettomuustutkintaviranomainen (AAIU) ja Ruotsin turvallisuustutkintaviranomainen (SHK) nimesivät tutkintaan valtuutetut edustajat kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO:n yleissopimuksen liitteen 13 mukaisesti. Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) nimesi tutkintaan teknisen neuvonantajan EU:n ilmailuonnettomuustutkinta-asetuksen (996/2010) mukaisesti. Onnettomuustutkintakeskus teki turvallisuustutkintalain 12§:n nojalla päätöksen valtuutettujen edustajien ja neuvonantajien osallistumisesta tutkintaan.

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 on kääntänyt englannin kielelle TK Translations.

Tutkintaselostus ja tiivistelmä on julkaistu Onnettomuustutkintakeskuksen verkkosivuilla osoitteessa www.turvallisuustutkinta.fi.

SISÄLLYSLUETTELO

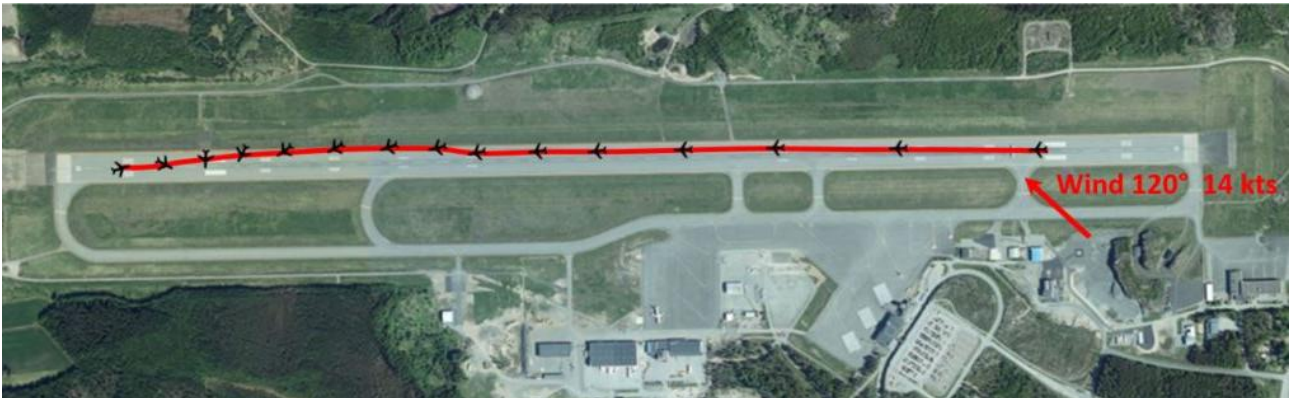
ALKUSANAT	2
1 TAPAHTUMAT	5
1.1 Tapahtumien kulku.....	5
1.1.1 Lentokoneen miehistön toiminta.....	6
1.1.2 Lennonjohdon toiminta.....	8
1.1.3 Kunnossapidon toiminta.....	9
1.2 Hälytykset ja pelastustoimet	10
1.2.1 Lentokoneen miehistön toiminta.....	10
1.2.2 Lennonjohdon toiminta.....	10
1.2.3 Lentoaseman pelastuspalvelun toiminta.....	11
1.2.4 Hätäkeskuspäivystäjän toiminta.....	11
1.2.5 Pelastustoiminta ja ensihoito.....	12
1.2.6 Poliisin toiminta	12
1.2.7 Jälkitoimet	13
1.3 Seuraukset.....	13
2 TAUSTATIEDOT	15
2.1 Tapahtumaympäristö, laitteet ja järjestelmät.....	15
2.1.1 Turun lentoasema EFTU.....	15
2.1.2 CRJ900 lentokone ja tapahtumaan liittyvät järjestelmät	15
2.2 Olosuhteet ja ilmiöt.....	16
2.2.1 Sääolosuhteiden muuttuminen Turun lentoasemalla illalla 25.10.2017	16
2.2.2 Vesiliirto.....	18
2.3 Henkilöt, organisaatiot ja turvallisuusjohtaminen	19
2.3.1 Lentoyhtiö	19
2.4 Pelastustoimen organisaatiot ja toimintavalmius	19
2.4.1 Varsinais-Suomen pelastuslaitos.....	19
2.4.2 Ensihoito	20
2.4.3 Lentopelastuskeskus.....	20
2.4.4 Lentoaseman pelastuspalvelu	20
2.5 Tallenteet.....	21
2.5.1 Lentoarvotallennin sekä moottorinohjauksen vikatalenne.....	21
2.5.2 Ohjaamoäänitalenne	23
2.5.3 Ilmailuradiopuhelintallenteet	23
2.5.4 Hätäkeskuksen tallenteet	23

2.6	Säädökset, määräykset, ohjeet ja muut asiakirjat	23
2.6.1	Finavian ohjeistus.....	23
2.6.2	CityJet -yhtiön ohjeistus	23
2.6.3	Viranomaismääräykset ja -ohjeet sekä asetukset	25
2.6.4	Pelastustoimen ja poliisin ohjeistukset	27
2.7	Muut tutkimukset	28
2.7.1	Maksimi laskupainon laskeminen CRJ900 lentokoneelle	28
2.7.2	Norjalainen teematutkinta talvioperoinnista ja kitkan mittaamisesta	29
2.7.3	Yhdysvaltain ilmailuviranomaisen (FAA) turvallisuustiedote vuodelta 2016	32
2.7.4	Lukkiutumisenestojärjestelmän komponenttien testaus	33
2.7.5	Renkaiden vauriot	36
3	ANALYYSI.....	39
3.1	Tapahtuman analysointi.....	39
3.1.1	Turun lentoaseman kunnossapito.....	39
3.1.2	Lento ja lähestyminen	40
3.1.3	Lähestymislaitteet	40
3.1.4	Laskeutuminen ja lentokoneen hallinnan menetys	40
3.1.5	Muut jälkitoimet lentoasemalla.....	42
3.2	Pelastustoimien analysointi.....	42
4	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	44
5	TURVALLISUUSSUOSITUKSET	46
5.1	Kiitotien kunnossapito	46
5.2	CityJet -yhtiön ohjeistus suoritusarvolaskennasta.....	46
5.3	Moottorijarrutuksen toimintalogiikan tunteminen	46
5.4	Vesiliirto ja renkaat.....	47
5.5	Lento-onnettomuusilmoituksen käsittely hätäkeskuksessa	47
5.6	Toteutetut toimenpiteet	47
	LÄHDELUETTELO	48
	YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA	49

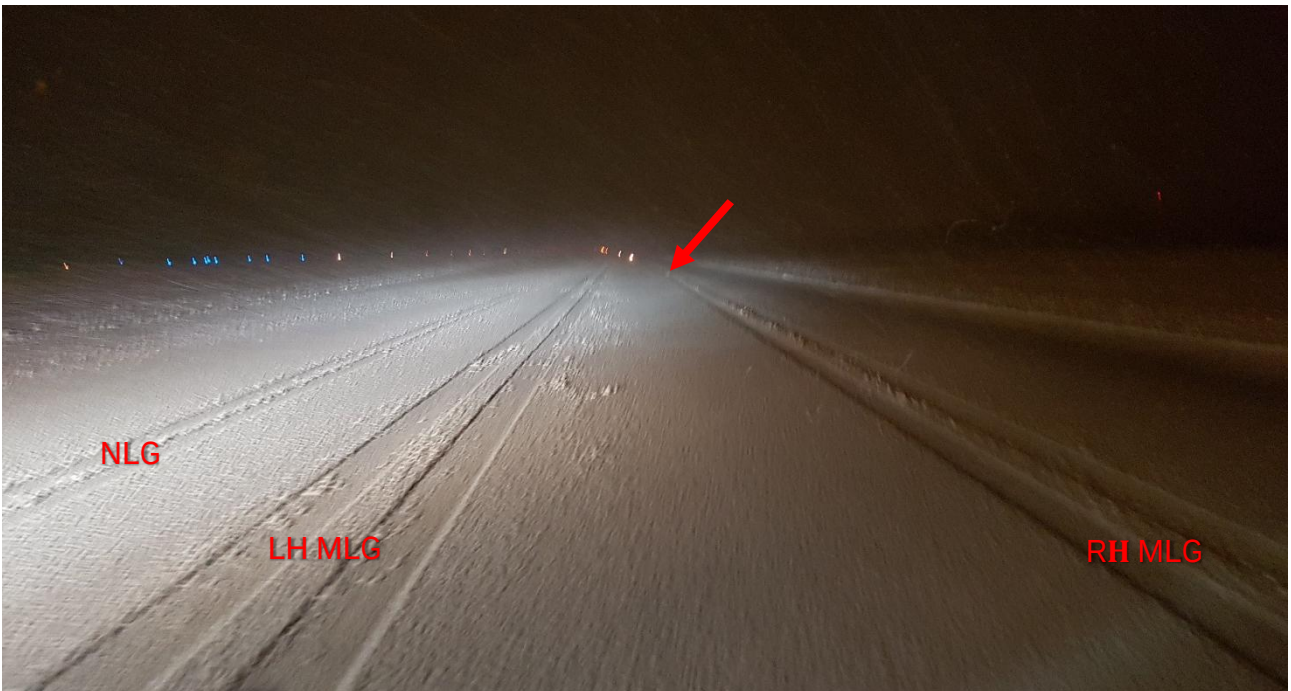
1 TAPAHTUMAT

1.1 Tapahtumien kulku

Keskiviikkona 25.10.2017 reittilennolla SK4236 Tukholmasta Turkuun Bombardier CRJ900 lentokoneessa oli 88 matkustajaa ja neljä miehistön jäsentä. Lentokone laskeutui Turkuun kello¹ 20.24. Kiitotiekosketuksen jälkeen lentokone eteni 151 solmun (280 km/h) maanopeudella. Laskeutumisen jälkeen lentokoneen nopeus ei hidastunut odotetulla tavalla. Laskukiirossa lentokone lähti loivasti sivuluisuun oikea kylki edellä ajautuen samalla kohti kiitotien oikeaa reunaa.



Kuva 1. Lentokoneen reitti GPS- ja suuntatietojen perusteella. (Kuva: Ortoilmakuva ©Maanmittauslaitos 6/2018, merkinnät: OTKES)



Kuva 2. Luisussa olleen lentokoneen jättämiä jälkiä sen ajautuessa kiitotien reunavalojen yli. Kuva on otettu noin 35 minuuttia laskeutumisen jälkeen. Vasemman (LH MLG), oikean (RH MLG) ja nokka (NLG) laskutelineen renkaiden jäljet on merkitty kuvaan. Ensimmäisenä rikkoutuneen kiitotien reunavalon paikka on merkitty kuvaan punaisella nuolella. Ehjät kiitotiereunavalot näkyvät kuvassa kauempana keskellä. (Kuva: Finavia Oyj, merkinnät: OTKES)

¹ Tutkintaselostuksessa käytetyt kellonajat ovat Suomen kesäaikaa (UTC + 3 h).

Noin 1 200 metriä kiitotiekosketuksen jälkeen lentokone ajautui enemmän oikealle kohti asfaltoidun alueen reunaan. Sivuluisun aikana lentokone osui viiteen kiitotien reunavaloon rikkoen ne. Oikean päälaskutelineen renkaat olivat lähimmillään alle puolen metrin etäisyydellä nurmialueen reunasta. Lentokoneen ollessa kääntyneenä poikittain kiitotielinjaan nähden sen maanopeus oli 42 solmua (78 km/h). Lentokone pysähtyi kiitotien keskilinjan lähetyville sitten, että se oli kulkenut 2050 metriä ensimmäisestä kiitotiekosketuksesta ja pyörähtänyt 196 ° vastapäivään tulosuuntaansa nähden. Lentokone pysähtyi noin 160 metriä ennen kiitotien päätyä.



Kuva 3. Kuva lentokoneen FDR -tallenteen mallinnuksesta, jossa lentokone on laskeutumisen jälkeen sivuluisussa ajautumassa ulos kiitotieltä. Lentokoneen maanopeus kuvan hetkellä on noin 170 km/h. Vaaleankeltainen viiva perustuu tallentuneiden GPS-pisteiden sijaintiin. Kuvasta poiketen todellinen asfaltoitu alue ulottuu valkoisen reunaviivan ulkopuolelle. Lentokoneen renkaat eivät käyneet asfaltoidun alueen ulkopuolella. (Kuva: Insight™ ProView)

1.1.1 Lentokoneen miehistön toiminta

Lennon päällikkö aloitti työvuoronsa Kööpenhaminassa OPC (Operator's Proficiency Check) -simulaattoritarkastuksella, jonka jälkeen hän saapui siirtolennolla Tukholmaan. SAS:n lento SK4236 Tukholmasta Turkuun oli hänen työvuoronsa ensimmäinen lento, jolla päällikkö toimi miehistön jäsenenä. Lennon perämies aloitti työvuoronsa lentämällä reittilennon Vilnasta Tukholmaan. SK4236 oli hänen työvuoronsa toinen lento. Lennonvalmistelussa miehistö kiinnitti huomiota Turkua lähestyvään säärintamaan. Miehistö harkitsi VOR-lähestymistä kiitotielle 08, mutta matalasta pilvikorkeudesta johtuen he pitivät todennäköisenä, etteivät saa vaadittua näköyhteyttä kiitotiehen minimilaskeutumiskorkeudessa. Miehistö huomioi, että myötätuulikomponentti kiitotielle 26 oli lähellä CRJ900-lentokoneen suurinta myötätuulikomponenttia, joka on 10 solmua. Määrävarakentäksi valittiin Helsinki-Vantaan lentoasema. Päällikkö päätti ottaa polttoainetta 500 kg aikaisemmin laskettua enemmän. Lopullinen polttoainetankkaus oli 4 500 kg. Miehistö huomioi, että lentokoneen laskupaino tulee olemaan lähellä suurinta arvoa laskeuduttaessa Turkuun. Ennen lentoonlähtöä miehistö

keskusteli tilanteesta koulutettujen päätöksentekomallien (DODAR², TEM³) mukaisesti. Perämies teki lähestymisbriiffauksen ja otti kantaa uhkiin. Niitä todettiin olevan pimeys, matala pilvikorkeus, märkä kiitotie ja vaikeat tuuliolosuhteet.

Ensimmäisessä radioyhteydessään Turun lennonjohtoon noin 20 minuuttia ennen laskeutumista miehistö sai lennonjohdolta sen hetkiset tiedot kiitotie- ja sääolosuhteista. Turun lennonjohto ilmoitti kitkatasoksi medium (keskinkertainen), esiintymäksi 2 mm loskaa kaikilla kiitotien kolmanneksilla, tuuli 120 astetta ja 16 solmua. Päällikkö kysyi lennonjohdolta myötätuulikomponenttia kiitotielle 26, joka oli sillä hetkellä 12 solmua. Miehistö totesi sen olevan yli sallitun maksimiarvon.

Koska myötätuulikomponentti oli lähellä raja-arvoa, he päättivät jatkaa ILS-lähestymistä kiitotielle 26, ja laskeutua Turkuun, mikäli myötätuulikomponentti on 10 solmua tai vähemmän. Jos myötätuulikomponentti olisi ollut yli sallitun arvon, miehistö olisi tehnyt ylösvedon ja lentänyt varakentälle Helsinkiin. Siksi miehistö pyysi lennonjohdolta vaihtoehtoisen ylösvetoselvityksen 5 000 jalkaan. Miehistö varautui myös liittymään odotuskuvioon. Noin kahdeksan minuuttia ennen laskeutumista päällikkö tutki lentokoneen suoritusarvolaskelmia ilmoitettuihin olosuhteisiin nähden. Päällikkö laski suurimmaksi suoritusarvoperusteiseksi⁴ laskupainoksi 36 000 kg vallitsevissa olosuhteissa. CRJ900 lentokoneen suurin sallittu rakenteellinen laskupaino on 34 065 kg. Miehistö ei ristiintarkastanut laskelmia, vaan jatkoi suunnitelman mukaan lähestymistä.

Lentokoneen ollessa 500 jalan korkeudella maanpinnasta lennonjohto ilmoitti tuuleksi 120 °/14 solmua, ja myötätuulikomponentiksi 10 solmua. Päällikkö otti lentokoneen ohjauksen itselleen ja ilmoitti päätöksestä laskeutua.

Päällikkö kytki autopilotin pois päältä 121 jalan korkeudella maanpinnasta. Päällikkö käytti kiitotien kynnyksellä suurempaa vajoamisnopeutta, koska halusi laskeutumisen oikeaan kosketuskohtaan. Päällikkö lensi kiitotien kynnyksen⁵ yli mittarinopeudella 151 solmua.

Laskeutuminen tapahtui oikeaan kohtaan tähtäyspistemerkintöjen alueelle maanopeuden ollessa 151 solmua ja ilmanopeuden 148 solmua. Lentokoneen pystysuora kiihtyvyys (g-arvo) oli 1,95. Heti maakosketuksen jälkeen päällikkö valitsi moottorijarrutuksen (Reverse Thrust) täydelle teholle. Samalla aerodynaamisesti jarruttavat ja nostovoimaa vähentävät spoilerit aktivoituivat. Kovan maakosketuksen jälkeen paino laskutelineellä keveni siten, että järjestelmä tunnisti lentokoneen olevan ilmassa. CRJ900-lentokoneen suunnitellun toimintalogiikan mukaan moottorijarrutuksen käyttö ilmassa tyhjäkäyntiä suuremmalla teholla on teknisesti esitetty. Tästä johtuen moottorijarrutus ei ollut käytettävissä ja moottorit menivät tyhjäkäynnille. Moottorijarrutus oli valittuna täydelle teholle sivuluisun alkamiseen saakka, mutta moottorit pysyivät tyhjäkäynnillä.

Kun nokkapyörä tuli maakosketukseen, päällikkö aloitti pyöräjarrutuksen. Lentokoneen pyörät joutuivat kuitenkin kosketuksen jälkeen vesiliirtoon, eivätkä kiihtyneet normaaliin pyörimisnopeuteen. CRJ900-lentokoneen pyörien lukkiintumista jarrutuksissa estävän Anti Skid -järjestelmän suunnittelulogiikan mukaisesti järjestelmä ei aktivoitunut ja viiden sekunnin kuluuttua kosketuksesta pyörät lukkiutuivat.

² DODAR (Diagnose, Options, Decide, Act/Assign, Review) päätöksentekomalli, jota voidaan hyödyntää tiimityöskentelyssä. Kaikkien osaaminen tuodaan avuksi ongelman ratkaisemiseksi ja samalla valitaan toimintatapa, jolla edetään. Näin kaikki saavat samat tiedot päätöksenteon taustasta ja toimintatavasta.

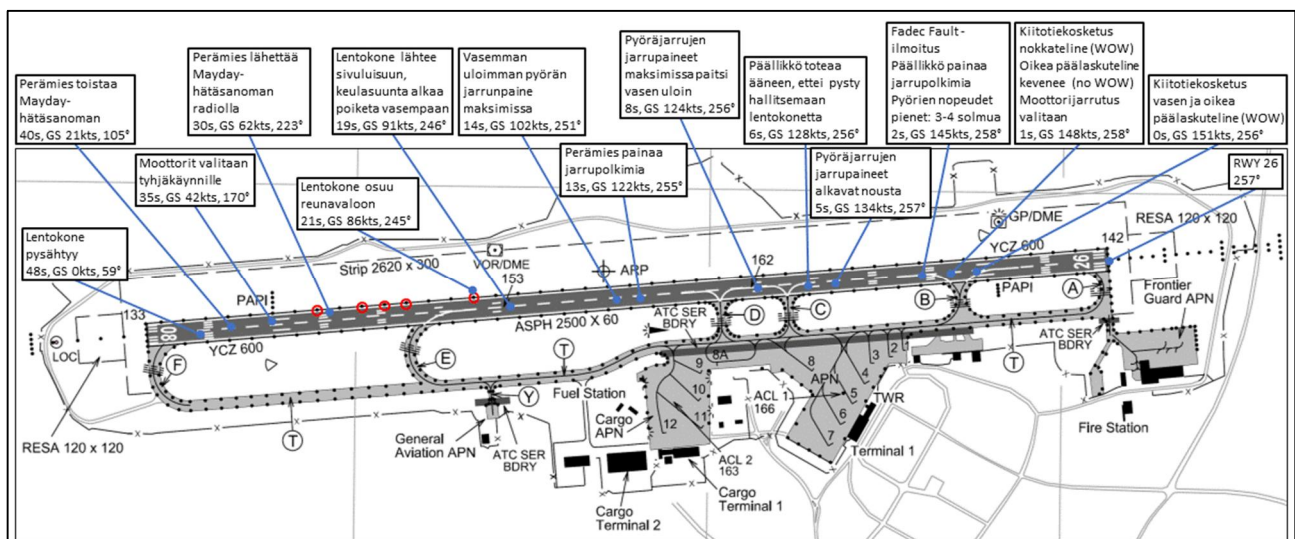
³ TEM -mallissa käydään läpi uhat ja otetaan niihin kantaa.

⁴ CRJ900 lentokoneilla on maksimi rakenteellinen ja suoritusarvoperusteinen laskupaino, joista rajoittavin huomioidaan.

⁵ Laskukelpoisen kiitotieosuuden alku

Laskeutumisen jälkeen päällikkö ohjasi lentokonetta sivuperäsimellä ja piti siivekeohjausta tuuleen päin, eli vasemmalle. Kuusi sekuntia laskeutumisen jälkeen päällikkö totesi ääneen, ettei hän pysty hallitsemaan lentokonetta. Hän irrotti otteen ohjauspyörästä ja yritti jatkaa ohjaamista käyttäen nokkapyöräohjausta ja sivuperäsimintä. Päällikkö ilmoitti myös havaitsemansa "FADEC FAULT" -ilmoituksen, joka johti moottorijarrutuksen pysymiseen tyhjäkäynnillä. 13 sekuntia laskeutumisesta myös perämies aloitti pyöräjarrutuksen, koska oletti, ettei päällikkö jarruta tai jarrut eivät toimi. Perämies ei ilmoittanut päällikölle jarruttamisensa aloittamisesta. Lentokoneen hidastuminen oli vähäistä johtuen moottorijarrutuksen puuttumisesta ja lukkiutuneiden pyörien loskaliirrosta. Lentokoneen sivuittaispito oli menetetty ja 24 sekuntia laskeutumisen jälkeen lentokone alkoi kääntyä kiitotieellä hallitsemattomasti vastapäivään. Päällikkö yritti kompensoida tämän kääntämällä sivuperäsimintä oikealle. Lopulta sivuperäsin oli täysin poikkeutettu oikealle, eli "oikea jalka pohjassa".

Kello 20.24, noin 30 sekuntia kiitotiekosketuksen jälkeen, perämies lähetti radiopuhelimella mayday-hätämerkin Turun lennonjohtoon, koska hän arvioi lentokoneen ajautuvan pois kiitotieltä. Hän ilmoitti hätäsanomassa lentokoneen olevan luisussa kiitotieellä. Perämiehen ilmoitus meni päällekkäin lennonjohtajan antaman rullausselvityksen kanssa. Perämies toisti hätäsanoman 10 sekuntia myöhemmin, ja ilmoitti 48 sekunnin kuluttua kiitotiekosketuksesta lentokoneen pysähtyneen.



Kuva 4. Havainnekuva keskeisistä tapahtumista laskukiidon aikana. Rikkoontuneet kiitotien reunavalot merkitty punaisilla ympyröillä. Laatikoiden alin rivi: aika maakosketuksesta, maanopeus ja ohjaussuunta. (Pohjakartta: ©ANS Finland Oy, lisäykset: OTKES)

1.1.2 Lennonjohdon toiminta

Iltapäivätyövuoro (kello 13.45–21.00) Turun lennonjohdossa oli liikennemäärältään vähäinen. Tapahtumahetkellä lennonjohdossa oli lennonjohtokoulutuksensa loppuvaiheessa oleva lennonjohto-oppilas ja kouluttajana toimi lennonjohtaja. Oppilas istui työpisteessä vastaavan lennonjohtajan valvoessa työn tekemistä.

Sään huononemisen takia Turun lennonjohto pyysi aluelennonjohtoa antamaan Tukholmasta lähteneen SK4236 Turun lennonjohdon radiotaajuudelle heti kun se olisi mahdollista. Näin Turkuun tuleva lentokone sai lennonjohdon kautta hyvissä ajoin tiedot lentoasemalla vallitsevista kiitotie- ja sääolosuhteista. Saatuaan lähestymisselvityksen kysyi lentäjä vielä tuulitietoja, jolloin lennonjohto-oppilas kertoi tuulen olevan 120 astetta 14 solmua, ja myötätuulikomponentti 11 solmua. Aiemmin ohjaajat olivat kertoneet lennonjohdolle heidän sallitun

maksimi myötätuulikomponenttinsa olevan 10 solmua. Annettuaan SK4236:lle laskeutumisselvityksen kertoi lennonjohto-oppilas hetken kuluttua lentäjille myötätuulikomponentin muuttumisesta 10 solmuksi, joten ohjaajien oli mahdollista jatkaa laskeutumiseen kiitotielle 26.

Lennonjohto-oppilas ja kouluttajana toiminut lennonjohtaja eivät havainneet laskeutuneen lentokoneen joutuneen sivuluisuun, vaan ohjaajille ilmoitettiin laskeutumisaika ja annettiin rullaus selvitys asematasolle.

1.1.3 Kunnossapidon toiminta



Kuva 5. Kuva otettu noin 50 minuuttia laskeutumisen jälkeen. Lentokone rullasi ja pysähtyi tähän paikkaan asematasolle noin 15 minuuttia laskeutumisen jälkeen. Siipien suojaamalle alueelle ei ole päässyt merkittävästi satamaan uutta lunta ja siitä voidaan arvioida loskakerroksen paksuuden olleen laskeutumishetkellä yli 10 mm. Maalämpötila nopeutti sataneen lumen loskaantumista. (Kuva: poliisi)

Kunnossapidossa oli normaali kolmen henkilön miehitys. Aiemmin päivällä vallinnut heikko räntäsade muuttui illalla kello 18.45 heikoksi lumisateeksi. Kello 19.15 lumisade muuttui koh-talaiseksi. Sään nopean huononemisen takia hälytettiin kunnossapitoon kello 19.20 ylimääräinen henkilö. Kunnossapito tarkasti kiitotien ja laati luminotamit (SNOWTAM⁶) kello 19:35 ja

⁶ Erityinen NOTAM-sarja (NOTAM = ilmailutiedotussähke), jolla määrättyä kaavaa käyttäen tiedotetaan lumen, jään ja sohjon sekä näiden yhteydessä esiintyvän veden aiheuttamista vaarallisista olosuhteista tai niiden poistamisesta lentokentän kenttäalueelta.

kello 20.03. Näiden luminotamien välisenä aikana kiitotieolosuhteet olivat muuttuneet lumisateen takia. Kiitotiellä arvioitiin olevan sohjoa 2 mm ja kitkatasot kaikille kiitotiekolmanneksille keskinäiset. Tukholmasta tulevan SK4236:n arvioitu laskeutumis aika Turkuun oli noin kello 20.30. Kunnossapito arvioi, että senhetkiset kiitotieolosuhteet ovat riittävän hyvät lennon SK4236 laskeutumiseen ja AY217 lähtemiseen. He suunnittelivat aloittavansa kiitotien harjauksen, kun SK4236:n oli laskeutunut ja reittilento AY217 lähtenyt Maarianhaminaan.

1.2 Hälytykset ja pelastustoimet

1.2.1 Lentokoneen miehistön toiminta

Lentokoneen pysähtyttyä miehistö asetti pysäköintijarrun päälle. Päälikkö antoi matkustamohenkilökunnalle käskyn valmistautua evakuointiin käskyllä ”Cabin crew at stations” ja käski perämiestä lukemaan On Ground Emergency -tarkistuslistan.

Miehistö arvioi tilanteen ja totesi, että kaikki vaikutti normaalilta. Miehistö arvioi tilanteen ja päälikkö teki päätöksen, ettei välitöntä evakuointitarvetta ole. Päälikkö perui matkustamohenkilökunnalle annetun käskyn valmistautua evakuointiin kuuluttamalla ”All normal”. Tämän jälkeen hän kuulutti matkustajille, että kiitotie oli liukas ja tilannetta selvitetään.

Päälikkö arvioi pystyvänsä rullamaan lentokonetta, mutta lennonjohto käski odottamaan pelastusyksiköiden saapumista. Lentäjät keskustelivat tapahtuneesta ja kävivät läpi tapahtumien kulkua. He totesivat, että tuuli ja nopeus olivat rajoissa ja laskun jälkeen tuli molempien moottoreiden FADEC FAULT -ilmoitus.

Koska ulkoisia vaurioita ei havaittu, lentokoneen miehistö pyysi rullaus selvitystä asematasolle. Seitsemän minuuttia pyörähdys jälkeen kello 20.31 lennonjohtaja antoi lentokoneelle selvityksen rullata asematasolle. Rullauksen aikana perämies mainitsi mahdollisesta rengasvauriosta. Päälikkö teki päätöksen jättää laskusiivekkeet ala-asentoon.

1.2.2 Lennonjohdon toiminta

Kuultuaan perämiehen lähettämän mayday-hätämerkkiä⁷ seuranneen hätäsanoman kouluttajana ja vastaavana lennonjohtajana toiminut lennonjohtaja siirtyi itse työpisteeseen. Lennonjohto-oppilas siirtyi avustajaksi vastaamaan puhelimiin ja kirjaamaan ylös tilanteen vaatimia tapahtumia. Lennonjohtaja teki kello 20.25 lento-onnettomuushälytyksen lentoaseman pelastuspalveluun ja soitti kello 20.26 Turun hätäkeskukseen hätäpuhelun. Lennonjohtaja teki asiaan kuuluvat hälytykset lisäksi aluelennonjohtoon. Aluelennonjohto käynnisti lentopelastuskeskuksen toiminnan.

Saatuaan tiedon lentokoneen pysähtymisestä lennonjohtaja käski sitä pysymään paikallaan ja kertoi pelastusyksiköiden tulevan tarkastamaan tilanteen. Lennonjohtaja oli radiopuhelinyhteydessä LENTO P3:n kanssa. Hänellä oli samaan aikaan puhelu hätäkeskukseen. Siinä yhteydessä hätäkeskuspäivystäjä kuuli, että ilmeisesti kukaan ei ollut loukkaantunut eikä lentokone vaurioitunut. Myöskään lentäjien arvion mukaan lentokone ei ollut vaurioitunut, joten lennonjohtaja antoi ohjaajille selvityksen rullata asematasolle. Lennonjohtaja kysyi ohjaajilta lentokoneessa olevien henkilöiden lukumäärän. Ohjaajat kertoivat henkilömääräksi lentokoneessa 88. Kello 20.31 Turun lennonjohto soitti uudelleen hätäkeskukseen ja ilmoitti henkilöluvuksi 88. Lisäksi lennonjohtaja kertoi lentokoneen rullaavan asematasolle ja että on ”kaikki ok”. Oikea henkilöluku oli kuitenkin 92, joista neljä miehistön jäsentä ja 88 matkustajaa.

⁷ Mayday-hätämerkki on määritelty ilmailumääräyksessä GEN M1-8 6.2

1.2.3 Lentoaseman pelastuspalvelun toiminta

Kunnossapidon työntekijät kuulivat lennonjohdon radiotaajuudelta SK4236:n lennonjohdolle lähettämän hätäsanoman sekä heti perään lennonjohtajan tekemän lento-onnettomuushälytyksen. Kunnossapidon työntekijät miehittivät välittömästi kaksi pelastusajoneuvoa. AR1141 (nopea sammutusauto) sai lennonjohdolta luvan ajaa lentokoneen luokse kiitotien kautta. AR1142:n (raskas vaahtoyksikkö) kuljettaja oli kunnossapidon esimies LENTO P3 ja hän johti alkuvaiheessa paikallisesti pelastustoimintaa. Hän sai luvan ajaa lentokoneen luo rullaustietä pitkin yhdystien F kautta. Ajaessaan vielä rullaustiellä näki hän lentokoneen olevan kiitotiellä pysähtyneenä nokka tulosuuntaansa kohti.

Lentokoneen moottorit olivat käynnissä, kun pelastusajoneuvot lähestyivät sitä. Ajoneuvoista käsin pelastuspalvelun henkilöt katsoivat lentokoneen yleiskunnon. LENTO P3 ilmoitti lennonjohdolle, ettei lentokoneessa näytä olevan ulkopuolisia vaurioita. Tämän jälkeen lentokone rullasi lennonjohdon selvityksen mukaan asematasolle. Pelastusajoneuvojen saattaessa lentokonetta he huomasivat kahden kiitotien reunavalon olevan pois paikaltaan. He ilmoittivat rikkoutuneista reunavaloista lennonjohdolle. Lentokoneen pysähtyttyä asematasolle LENTO P3 ja päivystävä palomestari menivät lentokoneeseen tarkastamaan matkustajien ja miehistön tilanteen. He myös haastattelivat matkustajia matkalla lentoasemarakennukseen ja matkalaukkujen luovutushallissa. Matkustajaterminaalissa olleet kaksi lähtöselvitysvirkailijaa saivat palomestarilta ohjeen tarkkailla matkustajia ja kysellä heidän vointiaan. Osa matkustajista oli ehtinyt jo poistua lentoasemalta. Pelastusajoneuvot olivat paikalla, kunnes kaikki matkustajat olivat poistuneet lentokoneesta.

1.2.4 Hätäkeskuspäivystäjän toiminta

Lennonjohtaja soitti kello 20.26 suoralla linjalla Turun hätäkeskukseen. Puhelun alussa lennonjohtaja joutui pyytämään hätäkeskuspäivystäjää odottamaan, koska hän sai samaan aikaan lisätietoja lentokoneen ohjaajalta. Noin 36 sekuntia puhelun aloituksen jälkeen lennonjohtaja ilmoitti hätäkeskukseen, että Turun lentoasemalla on sattunut lento-onnettomuus. Puhelu keskeytyi uudestaan, koska lentoaseman pelastuspalvelu ilmoitti lennonjohtajalle lentokentän yksikköjen olevansa matkalla kohteeseen ja pyysi kohdetietoja. Lennonjohtaja jatkoi hätäpuhelua ja kertoi, että laskukiidossa ollut matkustajalentokone pyörähti kiitotiellä. Samalla hän kertoi hätäkeskuspäivystäjälle, ettei lentokone ole ilmeisesti vaurioitunut, eikä tiedossa ole henkilövahinkoja. Hätäkeskuspäivystäjä kysyi lentokoneessa olevien henkilöiden lukumäärää, mutta se ei ollut lennonjohtajan tiedossa.

Hätäkeskuspäivystäjä ilmoitti tilanteesta hätäkeskuksen vuoromestarille (VM). Yhdessä he tekivät hätäilmoituksesta riskiarvion MORA-ohjeen avulla ja luokittelivat tehtävälajiksi Ilma-liikenneonnettomuus, pieni. Ensihoitoa ei hälytetty. Neljä minuuttia hätäpuhelun alun jälkeen kello 20.30 hätäkeskus teki hälytyksen.

Taulukko 1. Hätäkeskuksen paikalle hälyttämät yksiköt

Tunnus	Hälytetty	Kohteessa	Paikka	Tyyppi
RVSL11	20.30.06	20.46.41	Liedon paloasema	Sammutusauto
RVSIT3	20.30.10	20.41.15	Liedon paloasema	Johtoauto
RVST13	20.30.13	20.46.02	Turun keskuspaloasema	Säiliöauto
RVST41	20.30.18	20.35.09	Kärsämäen aluepaloasema	Sammutusauto
PVS219	20.30.39	ei tiedossa	Lounais-Suomen poliisilaitos	Poliisi

Lennonjohtaja täydensi tapahtumatietoja hätäkeskukselle ilmoittamalla lentokoneessa olevien henkilöiden lukumäärän.

Kello 20.30 hätäkeskus antoi Lounais-Suomen poliisilaitoksen poliisipartiolle 219 tehtävän Turun lentoasemalle.

1.2.5 Pelastustoiminta ja ensihoito

Kello 20.27 Varsinais-Suomen pelastuslaitoksen päivystävä palomestari (ITÄ P3) sai yhteydenoton Turun lentoaseman pelastustoiminnan johtajalta LENTO P3:lta, joka ilmoitti Virve-radiopuhelimella pelastusyksiköiden olevan lentokoneen luona. ITÄ P3 ei tässä vaiheessa tiennyt lento-onnettomuudesta. Myös päivystävä päällikkö RVSP2 seurasi radioliikennettä ja oli yhteydessä ITÄ P3:een ja pyysi, että hänet pidetään tilanteen tasalla ja varmistamaan tehtävän. Kello 20.30 tuli hälytys *ilmaliikenneonnettomuus, pieni*.

ITÄ P3 sai tiedon LENTO P3:lta, että lentoaseman pelastusyksiköt saattavat rullaavaa lentokonetta asematasolle. Tilanteesta ei ollut tarkkaa tietoa, joten ITÄ P3 määräsi, että kaikki pelastusyksiköt jatkavat lentoasemalle. Hän ei tiennyt, ettei ensihoitoa ollut hälytetty.

Kello 20.41 ITÄ P3 saapui Turun lentoasemalle. Matkustajat olivat jo poistumassa lentokoneesta matkustajaterminaaliiin. Kello 20.35 lentoasemalle saapuneen Varsinais-Suomen pelastuslaitoksen RVST41:n henkilöstö ja lentoaseman pelastuspalvelun henkilökunta haastattelivat miehistöä ja kyselivät matkustajien vointia ja tuntemuksia tapahtuneesta. Päivystävä palomestari opasti matkalaukkujen luovutuspisteessä olleita lähtöselvitysvirkailijoita tarkkailemaan matkustajien tilaa ja haastattelemaan heitä. Osa matkustajista oli kuitenkin jo ehtinyt poistua matkustajaterminaalista.

ITÄ P3 arvioi olevan tarkoituksenmukaisinta, että ensihoito ottaa vastuun matkustajien tarkastuksesta. Hän otti yhteyttä kello 20.55 Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin päivystävään ensihoidon kenttäjohtajaan (VSL4) ja tiedusteli, milloin ensihoito saapuu kohteeseen ja kuinka monta yksikköä heiltä on tulossa paikalle. ITÄ P3 ilmoitti, että altistuneita on 92 henkilöä.

VSL4 ei tiennyt tapahtuneesta. ITÄ P3 sai VSL4:lta tiedon, ettei ensihoito ole saanut hälytystä. Koska tilanne oli jo käytännössä ohi, eikä loukkaantuneita ollut, arvioi ITÄ P3 pelastuslaitoksen pystyvän tekemään matkustajien tarkastuksen ilman ensihoitoa.

VSL4 teki ennakoivan ilmoituksen Turun Yliopistollisen keskussairaalan ja käski keskeyttää kaikki kiireettömät sairaankuljetukset koko Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin alueella.

Pelastusyksiköt olivat paikalla, kunnes kaikki matkustajat olivat poistuneet lentokoneesta. Kello 21.30 ITÄ P3 ja VSL4 tekivät päätöksen, että tilanne on ohi.

1.2.6 Poliisin toiminta

Poliisipartio valokuvasi lentokonetta ja sen renkaissa näkyviä vaurioita. Poliisipartio ei puhalluttanut lentokoneen ohjaajia.

1.2.7 Jälkitoimet

Miehistö piti tapahtuman jälkeen purkukeskustelun (Defusing⁸) lentokoneessa ja jatkoivat sitä myöhemmin hotellissa. Ohjaajat olivat kaksi vuorokautta poissa operatiivisesta lentotyöstä.

Lennonjohtaja laati tapahtuman takia Notamin⁹, jolla Turun kiitotie suljettiin 20.50–22.00 väliseksi ajaksi. Yövuoroon tuleva lennonjohtaja saapui kello 20.45. Hän siirtyi työpisteeseen vapauttaen päivävuorossa työskennelleet operatiivisesta lennonjohtovastuusta. Tapahtuma ei enää lisännyt merkittävästi yövuoroon tulleen lennonjohtajan työmäärää. Työvuoron jälkeen päivävuorossa olleet lennonjohtajat viipyivät vielä noin puoli tuntia lennonjohdossa keskustellen yövuoroon tulleen lennonjohtajan kanssa tapahtuneesta. Kun kiitotie saatiin jälleen liikennöitävään kuntoon, pääsi reittilento AY217 Turku-Maarianhamina lähtemään kello 22.32.

Vuorossa olleille lennonjohdossa työskennelleille järjestettiin työnantajan käytännön mukaisesti CISM-tuki¹⁰. PHI-ilmoituksen¹¹ lennonjohtaja kirjoitti seuraavana päivänä.

Kunnossapidon esimies (LENTO P3) määräsi kunnossapidon henkilöstön tarkastamaan kiitotien ja dokumentoimaan tapahtumat. Hän määräsi tekemään kitkamittauksen ja ottamaan Onnettomuustutkintakeskuksen pyytämät valokuvat. Kitkamittaus ja kiitotietarkistus tehtiin noin 25 minuuttia tapahtuman jälkeen. Silloin mitatut kitkakertoimet olivat 22, 20, 22. Tällöin sataneen lumen määrä kiitotiellä oli todennäköisesti ylittänyt kitkamittalaitteen esiintymätyyppikohtaisen raja-arvon.

Lumisateen yltymisen takia kunnossapito otti noin kello 21.55 käyttöön nopean muutoksen olosuhteen tilan (NOPSA¹²). NOPSA:n käyttöönoton takia kiitotieolosuhteet eivät oleellisesti poikenneet kello 20.03 tehdyn luminotamin arvoista. Seuraavan luminotamin laatimisen ajankohtaan aamulla kello 05.31 vaikutti tiedossa oleva lentoliikenne.

KEKO Kunnossapidon toimintaohjeet poikkeamatilanteissa antaa kunnossapidolle tarkat toimintaohjeet lentoliikennettä koskevan vaaratilanteen jälkeen. Siitä löytyy myös Onnettomuustutkintakeskuksen antamat ohjeet lento-onnettomuuden tai vaaratilanteen jälkeisistä toimenpiteistä. Finavian KEKO-ohjeesta tarkempi kuvaus luvussa 2.6.3.

Vuorossa olleilta kunnossapitotyöntekijöiltä kysyttiin tuntemuksia tapahtumasta. Työntekijät keskustelivat myöhemmin keskenään tapahtumasta, eivätkä kokeneet sitä niin traumaattisena, että purkukokous olisi tarpeen. Kunnossapito laati PHI:n seuraavana päivänä.

1.3 Seuraukset

Tapauksesta ei aiheutunut henkilövahinkoja. Lentokoneen päälaskutelineiden renkaat kuluvat lukkojarrutuksen ja liirron aikana käyttökelvottomiksi ja niihin tuli vaurioita kiitotien reu-
navaloihin osumisesta. Lentokone oli vaurioiden, tarkastusten ja vaihdettavien osien takia Turun lentoasemalla viisi päivää. Se pääsi lähtemään Turusta 30.10.2018. Välillisiä kustannuksia

⁸ Defusing tarkoittaa välittömästi traumaattisen tilanteen jälkeen pidettyä purkukeskustelua, jonka vetäjän ei tarvitse olla psykologian asiantuntija.

⁹ NOTAM (Notices To Airmen), ilmailutiedotussähke, joka sisältää sellaisia ilmailun laitteiden perustamista, kuntoa tai muutoksia, samoin kuin ilmailun palveluja, menetelmiä tai vaaratilanteita koskevia tietoja, joiden tunteminen ajoissa on oleellista lentotoiminnan kanssa tekemisissä olevalle henkilöstölle.

¹⁰ CISM on postraumajärjestelmä, jolla annetaan systemaattista apua normaaliin reaktioon, joka on seurausta epänormaali tapahtumasta. Avun tavoite on vähentää työntekijöiden tai osallisten reaktioita. Normalisoida tilanne mahdollisimman nopeasti ja tukea paluuta normaaliin arkeen

¹¹ PHI-ilmoitus on poikkeamista häiriöistä tehtävä määrämuotoinen ilmoitus.

¹² Nopean muutoksen tilassa kiitotiellä kitkatasossa tapahtuu tai on oletettavissa tapahtuvan nopeaa ja merkittävää huononemista

syntyi lentokoneen ollessa pois normaalista käytöstä sekä siitä, että muutamia osia jouduttiin korvaamaan vuokraosilla niiden tarkastuksen ja tutkimuksen ajan. Viisi Turun lentoaseman kii-
totien reunavaloa rikkoutui ja ne jouduttiin korvaamaan uusilla.

Tapahtuman vuoksi Turun lentoaseman ainoa kii-
totie 08/26 suljettiin lentoliikenteeltä Not-
milla kello 20.50–22.00 väliseksi ajaksi. Tämän takia lähtöä Turusta odottanut reittilento Maa-
rianhaminaan pääsi lähtemään yli kaksi tuntia myöhässä.

2 TAUSTATIEDOT

2.1 Tapahtumaympäristö, laitteet ja järjestelmät

2.1.1 Turun lentoasema EFTU

Turun lentoasema sijaitsee kahdeksan kilometriä kaupungin keskustasta pohjoiseen. Lentoaseman kiitotie 08/26 on 2 500 metriä pitkä. Vuonna 2016 Turun lentoaseman kautta kulki 324 077 matkustajaa ja 8 012 tonnia rahtia, joten se on matkustajamäärältään Suomen lentoasemista neljänneksi vilkkain ja rahtimääriltään toiseksi suurin. Lentoasema on auki ympäri vuorokauden.

Lentoasemalta lennetään reitti-, tilaus- ja rahtilentoja. Lentoasemalla toimii Rajavartiolaitoksen vartiolentolaivueen Turun vartiolentue sekä lääkärihelikopteri FinnHEMS-tukikohta.

Turun lentoasema kuuluu talvikunnossapitoluokkaan II. Finavian talvikunnossapidon luokitukset kuvattu luvussa 2.6.3.



Kuva 6. Turun lentoasema EFTU (Kuva: Ortoilmakuva ©Maanmittauslaitos 6/2018)

2.1.2 CRJ900 lentokone ja tapahtumaan liittyvät järjestelmät

Bombardier CRJ900 on 90 paikkainen, kahdella GE CF34-8C1 -suihkumootorilla varustettu keskipitkänmatkan matkustajalentokone. Lentokoneen suurin lentoonlätöpaino 37 995 kg ja suurin sallittu laskupaino 34 065 kg. Lentokoneen kynnysnopeus (V_{ref}) tällä painolla on 141 solmua.



Kuva 7. Bombardier CRJ900 (EI-FPD) (Kuva: poliisi)

Moottorijarrutus (Thrust Reverser) toimii siten, että järjestelmään kuuluvat reverssiluukut kääntävät moottorin työntövoiman aikaansaaden vastakkaissuuntaisen jarruttavan voiman. Moottorijarrutusta käytetään laskukiidossa ja keskeytetyssä lentoonlähdössä. Moottorijarrutusta ohjataan erikseen molemmissa moottoreissa.

CRJ900:ssa moottorijarrutus asetetaan valmiuteen (Armed) lähestymisen aikana ja aktivoidaan käyttöön laskeutumisen jälkeen tehovivun yhteydessä olevalla käyttökytkimellä. Moottorin säätö- ja valvontajärjestelmä FADEC (Fully Authorized Digital Engine Control) sallii moottorijarrutuksen reverssiluukkuja ohjaavan hydraulijärjestelmän toiminnan, kun pyörät ovat kiihtyneet (WS, Wheel Spin) yli 20 solmun nopeuteen tai päälaskutelineiden WOW-järjestelmä¹³ tunnistaa lentokoneen olevan maassa. FADEC säätää moottorin tyhjäkäynnille, mikäli WOW-järjestelmä tunnistaa lentokoneen olevan ilmassa ja reverssiluukkujen olevan virtauksen kääntävässä asennossa. Lisäksi tilanteesta tulee FADEC FAULT-varoitus, jonka jälkeen moottoritehoa ei pysty lisäämään, ennen kuin molemmat päälaskutelineen WOW-kytkimet tunnistavat lentokoneen olevan maassa ja reverssiluukut ovat kertaalleen suljettu.

Pyörien lukkiintumisen estävä -järjestelmä (Anti-skid) parantaa lentokoneen hallittavuutta sekä helpottaa tehokkaan jarrutuksen tekemistä erityisesti liukkaalla kiitotiellä. Jarrutuksen aikana järjestelmä vähentää jarruja käyttävää hydraulipainetta, mikäli pyörä on lukkiutumassa. Järjestelmä ohjaa jokaisen päälaskutelineen pyörän jarruja erikseen. Anti-skid -järjestelmä on käytössä maassa ollessa, kun se on valittuna valmiuteen (Armed) ohjaamon kytkimestä ja pyörien nopeus on yli 10 solmua. Nopeuden hidastuessa alle 10 solmuun anti-skid -toiminto kytkeytyy pois päältä, eikä estä tämän jälkeen pyörien lukkiutumista.

Anti-skid järjestelmässä on Touchdown protection -toiminto, joka estää pyörien lukkiutumisen kiitotiekosketuksen alkuvaiheessa. Toiminto estää pyörien jarrupaineen nousun, kunnes laskutelineen WOW-signaali ilmaisee lentokoneen olevan maassa ja pyörän nopeus nousee yli 35 solmuun tai WOW on ollut aktivoituna yli viisi sekuntia. Järjestelmä tarkkailee erikseen päälaskutelineiden neljän pyörän tilaa. Jos pyörät eivät pyöri tai saavuta vaadittua 35 solmun nopeutta, jarrut pysyvät vapautettuna viiden sekunnin ajan siitä kun (WOW) signaali on ilmaissut lentokoneen olevan maassa. Tämän jälkeen Touchdown protection -toiminto ei rajoita jarruille menevää hydraulipainetta, koska se tulkitsee lentokoneen olevan maassa ja nopeuden olevan riittävän alhainen.

Anti-skid -järjestelmän kautta saadaan myös tietoa, jos jonkin pyörän pyörimisnopeus maassa ollessa on määritellysti pienempi kuin muilla tai pyörä jää pyörimään lentoonlähdön jälkeen laskutelineiden ollessa sisään vedettyinä. Järjestelmä myös välittää tietoa pyörien nopeudesta muille sitä tarvitseville järjestelmille, vaikka se olisi kytketty pois toiminnasta.

2.2 Olosuhteet ja ilmiöt

2.2.1 Sääolosuhteiden muuttuminen Turun lentoasemalla illalla 25.10.2017

Aiemmin illalla kello 18.00 ilmoitettiin SPECIAL¹⁴ EFTU:ssa muun muassa seuraavaa. Tuuli 120 astetta 12 solmua, voimakkuusvaihtelu 7–22 solmun välillä, näkyvyys oli kiitotie 08 kynnyksellä 7 km ja loppupäässä 6 km. Säähavaintosanomassa ilmoitettiin heikkoa räntäsadetta, sekä melkein pilvistä 1 400 jalkaa ja pilvistä 2 300 jalkaa.

Kello 18.45 SPECIAL EFTU:ssa tuulen suunta ja voimakkuus olivat pysyneet lähes entisellään, mutta näkyvyys oli kiitotie 08 kynnyksellä 6 km ja loppupäässä 3 900 m. Heikko räntäsade oli

¹³ WOW = Weight On Wheels ilmaisee, kantaako kyseinen laskuteline sen verran kuormaa, että sen tulkitaan olevan maassa.

¹⁴ SPECIAL on merkittävästi muuttuvasta säästä tehty lentosäähavaintosanoma

muuttunut heikoksi lumisateeksi. Pilvikorkeus oli alentunut merkittävästi, ollen nyt melkein pilvistä 700 jalkaa ja pilvistä 1 200 jalkaa.

Kello 19.05 SPECIAL EFTU:ssa tuulen suunta oli sama, mutta sen voimakkuus hieman kasvanut. Näkyvyys kiitotie 08 kynnyksellä oli 4 200 m ja loppupäässä 2 200 m. Säähavaintosanomassa ilmoitettiin heikkoa lumisadetta, ja pilvistä 600 jalkaa. Kymmenen minuuttia myöhemmin SPECIAL:ssa ilmoitettiin näkyvyyden olevan kiitotie 08 kynnyksellä 4 000 m ja loppupäässä 1 900 m, lumisateen muuttuneen voimakkuudeltaan kohtalaiseksi, sekä pilvistä 500 jalkaa. Seuraavan tunnin aikana lumisade vaihteli heikon ja kohtalaisen välillä. Tuulen suunta ja voimakkuus, sekä pilvikorkeus pysyivät lähes ennallaan. Tapahtumahetkellä ja pitkään sen jälkeen jatkui lumisade kohtalaisena. Sääolosuhteet pysyivät seuraavien SPECIAL lentosäähavaintosanomien mukaan lähes muuttumattomina.

Taulukko 2. Lentoaseman oleelliset säämuutokset, kiitotie 26

Special:n aika	Näkyvyys	Tuuli (°/kts)	Sää	Pilvet	Lämpötila
18.00	6 000 m	120/15	räntäsadetta	melkein pilvistä 1 400 ft pilvistä 1200 ft	2°C
18.45	3 900 m	120/14	heikkoa lumisadetta	melkein pilvistä (BKN) 700 ft, pilvistä (OVC) 1 200 ft	1°C
19.05	2 200 m	130/17	heikkoa lumisadetta	pilvistä (OVC) 600 ft	1°C
19.15	1 900 m	120/18	kohtalaista lumisadetta	pilvistä 500 ft	0°C
19.45	2 100 m	120/18	heikkoa lumisadetta	pilvistä 500 ft	0°C
20.25	1 700 m	120/16	kohtalaista lumisadetta	pilvistä 500 ft	0°C

SPECIAL EFTU 251725Z WIND RWY 08 TDZ 120/15KT END 120/16KT VIS RWY 08 TDZ 2300M END 1700M MOD SN CLD OVC 500FT T00 DPMS00 QNH 1008HPA QFE 1002HPA

Luminotamissa kello 19.34 kiitotielle 08 ilmoitettiin, että kiitotiellä esiintyi kauttaaltaan sohjoa 1 mm, sekä kitkataso arvioitu hyväksi. Rullausteillä ja asematasolla olivat samat olosuhteet.

Seuraavassa luminotamissa kello 20.03 ilmoitettiin esiintymäksi kiitotielle 08 kauttaaltaan sohjoa 2 mm, sekä kitkataso arvioitu keskinkertaiseksi. Tämä luminotami oli voimassa tapahtuman aikana.

GG EFTUSNOW 251703 EFTUZZX SWEF0804 EFTU 10251702 (SNOWTAM0804

A) EFTU

B) 10251702

C) 08

F) 6/6/6

G) 2/2/2

H) 3/3/3

T) RWY CONTAMINATION 100 PER CENT OPR SIGNIFICANT CONT F) 6 G) 2 H) 3/3/3

ALL TWY F) 56 H) 2 ALL APN F) 56 H) 2)

2.2.2 Vesiliirto

Lentokone voi joutua vesiliirtoon, jos kiitotien pinnalla on riittävästi vettä, loskaa tai märkää lunta. Lentokone voi joutua myös liirtoon, jos rengas jarrutetaan lukkoon määrällä kiitotiellä. Lentokoneiden kohdalla vesiliirto jaetaan kolmeen eri tyyppiin; *viskoosiseen, hydrodynaamiseen ja renkaan kumiaineksen muutosta (reverted rubber) aiheuttavaan höyryliirtoon*. Viskoosinen ja hydrodynaaminen vesiliirto muodostuvat pyörivän renkaan kiitotiekosketusalueelle. Viskoosista ja hydrodynaamista vesiliirtoa ilmenee tavallisesti samaan aikaan renkaan kosketusalueen eri kohdissa. Ennen vesiliirron kehittymistä koko renkaan kosketusalueelle, osa siitä on kontaktissa kiitotien kanssa muodostaen suurimman osa kitkasta. Kolmas vesiliirron tyyppi lentokoneilla syntyy, jos rengas on pitkittyneesti lukkiutuneena, jolloin kitkasta aiheutuva lämpö höyrystää renkaan alla olevaa vettä.

Viskoosista vesiliirtoa alkaa muodostua, kun kiitotien pinta on märkä. Renkaan ja kiitotien välinen kitka on vähentynyt, mutta ei siinä määrin, että se häittäisi renkaan pyörimistä. Renkaan kumi on kosketuksissa kiitotien pinnankarheuden huippukohtien kanssa, vaikka renkaan ja kiitotien pinnan epätasaisuuksien väliin jää vettä. Osa vedestä puristuu pois renkaan ja kiitotien välistä, jolloin nesteen viskoosisuudella on vaikutusta. Epäpuhtaudet ja jääkiteet voivat nostaa veden viskositeettia, jolloin sen pois puristuminen kontaktialueelta aiheuttaa suuremman vastuksen.

Hydrodynaaminen vesiliirto on pidemmälle edennyt viskoosisesta vesiliirrosta ja sitä tapahtuu suuremmilla nopeuksilla. Nopeuden ollessa riittävän suuri ei vesi ehdi inertiansa takia poistua renkaan ja kiitotien kosketuspinnan välistä. Tästä aiheutuu hydrostaattinen paine renkaan ja kiitotien pinnan väliin, mikä aiheuttaa rengasta nostavan voiman. Jos hydrodynaamisesta paineesta aiheutuva voima kasvaa riittävän suureksi, rengas nousee kokonaan irti kiitotiekosketuksesta vesipatjan päälle. Tällöin hydrodynaaminen vesiliirto on kehittynyt koko renkaan kosketusalueen alalle, jolloin sen ja kiitotien välinen kitka on erittäin pieni, eikä rengas kykene välittämään voimia. Koko kosketuspintansa alalta vesiliirrossa olevan renkaan pyöriminen hidastuu ja voi jopa pysähtyä kokonaan. Tämä johtuu siitä, että hydrodynaaminen paine syntyy kosketuskohdan etuosassa, joka luo renkaaseen pyörimistä vastustavan momentin. Pyörimättömällä renkaalla on todettu olevan matalampi vesiliirtonopeus, joten liirtoon joutunut ja pyörimätön rengas pysyy siinä pidempään. Kohdissa, joissa pinnan epätasaisuuksia on vähemmän, esimerkiksi kiitotiehen jääneiden kumijälkien takia, voi vesiliirto syntyä helpommin. Kiitotie on myös saatettu urittaa, jolloin vesi pääsee uriin ja renkaan ja kiitotien välisen kontaktin muodostuminen helpottuu.

Kolmas vesiliirron tyyppi (Reverted rubber) syntyy lentokoneilla, kun lukossa liukuvan renkaan alla oleva vesi¹⁵ höyrystyy lämmön vaikutuksesta. Tämän tyyppinen liirto voi alkaa suoraan esimerkiksi renkaan lukkiuduttua jarrutuksessa tai hydrodynaamisen vesiliirron jatkona, kun vauhti on hidastunut ja lukossa oleva rengas on saanut takaisin kiitotiekosketusta. Renkaan lukkiuduttua kitka sulattaa renkaan kumia ja palauttaa sitä ennen renkaan valmistuksessa tapahtuvaa vulkanointia edeltävään olomuotoon (Reverted rubber). Tämä muodostaa tiiviimmän kohdan kosketusalueen reunoille, mikä estää vettä poistumasta renkaan ja kiitotien välistä. Vesi kuumenee ja höyrystyy, jolloin rengas nousee liukuun vesi ja höyrykerroksen päälle. Höyrykerroksen päällä lukossa oleva rengas ei kykene välittämään juuri ollenkaan jarruttavaa tai sivuttaista voimaa. Rengas kuluu ja sen pintaan tulee palaneen näköinen alue. Höyrykerroksen muodostumiseen riittää vähäinen määrä vettä kiitotien pinnassa. Tämän

¹⁵ Myös lumi tai jää sulaa vedeksi ja höyrystyy

tyyppinen liirto voi jatkua hyvin matalille, jopa alle 20 solmun maanopeuksille asti. Tällainen vesiliirto on huonoin lentokoneen hallittavuudelle.

Jos maanopeus on riittävän suuri ja kiitotien pinnalla on vettä tai loskaa, voi laskeutuva lentokone joutua vesiliirtoon välittömästi kiitotiekosketuksessa, jolloin sen pyörät eivät välttämättä lähde pyörimään ollenkaan. Vesiliirron riski kasvaa, jos maanopeus on suurempi esimerkiksi myötätuulen takia. Vesikerroksen paksuuden lisäksi rengaspaineella on vaikutusta hydrodynaamisen vesiliirron alkamisnopeuteen.

Tietämys lentokoneiden renkaiden vesiliirtokäyttäytymisestä pohjautuu pitkälti NASA:n 60-luvulla tekemiin tutkimuksiin. Niissä määriteltiin renkaiden vesiliirtonopeudelle kaava, jossa ainoana muuttujana on rengaspaine. Kaavalla $v_{hydro} = 9 \times \sqrt{rengaspaine \text{ (psi)}}$ saadaan arvio pienimmästä renkaan vesiliirtonopeudesta solmuina. Kaava on johdettu hydrodynaamisen nostovoiman kaavasta. Myöhemmissä testeissä on tullut ilmi, että laskentakaava antaa nykyaikaisille lentokoneen renkaille liian suuria vesiliirron alkamisnopeuksia. Nämä saattavat joutua vesiliirtoon jopa useita kymmeniä prosentteja pienemmällä nopeudella kuin mitä saadaan aiemmalla laskentakaavalla. Vuonna 2001 tehdystä selvityksestä¹⁶ havaitaan, että vaihtamalla kerroin 9 laskentakaavassa kertoimeen 6,4 tulos vastaa paremmin vyörenkaita ja kertoimeen 6 H-tyyppin renkaita. Myös renkaan koko ja kuormitus vaikuttavat hieman tuloksiin. Laskentakaavalla saadaan vain suuntaa antava arvo pienimmälle vesiliirtonopeudelle. Mikäli kaavalla saatu nopeusarvo ylitetään merkittävästi, on vesiliirto todennäköinen, jos kiitotien pinnassa on tarpeeksi vettä tai loskaa.

2.3 Henkilöt, organisaatiot ja turvallisuusjohtaminen

2.3.1 Lentoyhtiö

Lentoa operoi CityJet -yhtiö. Sen toimipaikka on Dublin Irlannissa. Reittiä oli aiemmin operoinut suomalainen Blue1 -yhtiö, jonka CityJet osti SAS-yhtiöltä lokakuussa 2015. Samassa yhteydessä CityJet oli tehnyt sopimuksen 8+6 lentokoneesta kolmeksi vuodeksi. Sopimus sisältää mahdollisuuden vuokrauksen jatkamiseen (optio). Sopimus on nk. Wet-lease, jossa CityJet vuokraa SAS:lle lentokoneet, miehistön, teknisen henkilökunnan, huollon ja täyden vakuutus- turvan. Kyseinen järjestely on yleinen lentoliiketoiminnassa. Wet-lease sopimuksissa lentojen tunnuksot ovat vuokraajan (tässä tapauksessa SAS eli SK4236) tunnuksia. Sen vastakohta on dry lease, jossa vuokrataan vain lentokone ilman tukitoimintoja.

Vuosina 1988–2003 vastaavaa lentoreittiä operoi Air Botnia-yhtiö. SAS osti yhtiön vuonna 1998 ja nimi Blue 1 otettiin käyttöön vuonna 2003. Blue1 toimi pääasiassa SAS:n syöttöliiketoimintana, mutta operoi myös Suomen sisäisiä lentoja sekä jonkin verran kausilentoja Keski- ja Etelä-Euroopan kohteisiin. Vuodesta 2011 lähtien se operoi vain pohjoismaisia reittejä vuonna 2015 tehtyyn yrityskauppaan asti.

2.4 Pelastustoimen organisaatiot ja toimintavalmius

2.4.1 Varsinais-Suomen pelastuslaitos

Varsinais-Suomen pelastuslaitoksella on varauduttu Turun lentoasemalla tapahtuviin ilmalii- kenteen vaara- ja onnettomuustilanteita varten normaalilla vastesuunnittelulla. Varautumi- seen kuuluu osallistuminen joka toinen vuosi järjestettäviin täysimittaisiin pelastusharjoituk- siin. Lentoaseman pelastussuunnitelma laadintaan yhteistyössä Finavian kanssa. Lisäksi va- rautumiseen kuuluu suuren ilmaliiikenneonnettomuuden toimintaohje ja VIRVE-viestiohje.

¹⁶ Van Es GWH. (2001) Hydroplaning of Modern Aircraft Tires. National Aerospace Laboratory NLR. NLR-TP-2001-242.

Pelastuslaitoksen operatiivisesta johtamisesta vastaavat alueella toimivat viisi päivystävää palomestaria ja päivystävä päällikkö. Lentoasemalle on Kärämäen paloasemalta noin viiden minuutin ja Turun pääpaloasemalta noin 15 minuutin ajomatka. Lisäksi pelastuslaitos tekee lentoaseman kiinteistöihin valvontasuunnitelman mukaisia tarkastuksia.

2.4.2 Ensihoito

Ensihoitopalveluiden operatiivista toimintaa Varsinais-Suomen alueella johtavat ja valvovat Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin päivystävät ensihoidon neljä kenttäjohtajaa. Yksi kenttäjohtaja on Turussa ja kolme aluekenttäjohtajaa ovat eri puolilla toiminta-aluetta. Ensihoidon tilannekeskus vastaa ensihoitopalvelun operatiivisesta toiminnasta ja ylläpitää ensihoitopalvelun tilannekuvaa.

Päivystävät kenttäjohtajat (L4) vastaavat omalla kenttäjohtoalueellaan johtamisesta tilannepaikalla. He valvovat operatiivista toimintaa sekä ensihoidon palvelutasopäätöksen toteuttamista. Operatiivisen tilanteen vaatiessa Turun kenttäjohtaja voi siirtää oman alueensa valvontavastuun toiselle aluekenttäjohtajalle. Erikseen sopimalla aluekenttäjohtajat voivat siirtää valvonnan ensihoidon tilannekeskukselle.

2.4.3 Lentopelastuskeskus

Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAO¹⁷:n sopimuksen liitteen 12 mukaisesti Suomi tarjoaa vastuualueellaan ilmailun etsintä- ja pelastuspalvelua. Operatiivisesti palveluiden järjestämisestä Suomen alueella vastaa ANS Finland Oy:n Lentopelastuskeskus. Keskuksella on ympärivuorokautinen valmius käynnistää toimenpiteet kateissa olevan ilma-aluksen paikantamiseksi yhdessä muiden viranomaisten kanssa. Lentopelastuskeskuksen tehtävänä onnettomuus- tai vaaratilanteessa on etsintä- ja pelastustoimien koordinointi sekä vastata lentoetsintätoiminnasta, kunnes etsittävä ilma-alus on paikannettu.

Lentopelastuskeskus kouluttaa ja harjoittaa itse oman henkilöstönsä sekä osallistuu vuosittain eri viranomaisten kanssa järjestettyihin yhteistoimintaharjoituksiin.

Liikenteen turvallisuusvirasto (Trafi) antaa lentopelastuspalvelua koskevat määräykset Ilmailulain 121 § mukaan ja valvoo niiden noudattamista.

2.4.4 Lentoaseman pelastuspalvelu

Finavia Oyj ylläpitää Turun lentoasemaa. Ilmailumääräysten mukaan lentoasemilla on oltava vaatimustasonsa mukainen riittävä pelastusvalmius ja toimintakyky lento-onnettomuuksien varalta. Pelastusvalmiudessa olevan henkilöstön vahvuus ja pelastusyksiköiden laatu ja määrä määritetään pelastustoimintaluokittain suurimman kulloinkin kentältä operoivan ilma-aluksen mukaan. Turun lentoasema kuuluu pelastustoimintaluokkaan 7. Pelastustoimintaluokka ja sen vaatimat pelastuspalvelun valmiudet määritetään ilmailumääräyksessä (AGA M3-11).

LENTO P3 johtaa lentoaseman pelastusyksiköitä hätätilanteessa ja harjoituksissa. LENTO P3:n tehtäviä hoitaa vuorossa oleva kunnossapidon esimies. Turun lentoaseman alueella tapahtuvia ilmailiikenneonnettomuuksia ja vaaratilanteita varten on pelastuspalvelu, jonka operatiivisessa vuorovahvuudessa on minimissään 1+2 henkilöä päivisin ja 1+1 öisin. Pelastuspalvelun ympärivuorokautinen lähtövahvuus on kaksi pelastusyksikköä sijoitettuna yhdelle paloasemalle lentoaseman kunnossapidon yhteyteen. Yksiköillä on kolmen minuutin toimintaval-

¹⁷ ICAO, International Civil Aviation Organization

miusaikavaatimus. Pelastuspalveluun osallistuvat henkilöt toimivat työnkuvauksensa mukaisesti myös kunnossapito- ja muissa tehtävissä. Lentoaseman pelastuspalvelun tehtävänä on toimia osana pelastusorganisaatiota.

Turun lentoasema vastaa niistä pelastustoimista ja valmiuksista, jotka eivät pelastuslain mukaan kuulu alueellisen pelastustoimen vastuulle. LENTO P3 johtaa pelastustoimintaa lentoasemalla tapahtuneessa ilmailiikenneonnettomuudessa aina siihen asti, kunnes pelastusviranomainen on saanut tiedon onnettomuudesta ja ottaa johtovastuun.

Ilmailumääräyksen mukaan lennonjohdolla on oltava valoilla ja äänimerkillä varustettu hälytyslaitteisto. Hälytys annetaan lisäksi pelastuspalvelun radiotaajuudella ja Virve-puhelimiin. Hätäilmoitus tehdään soittamalla hätäkeskukseen.

Määrävin pidettävät pelastusharjoitukset ovat osa pelastussuunnitelmaa ja sen testaamista käytännössä. Pelastusharjoitukset jaetaan ilmailumääräyksessä kahteen erityyppiseen harjoitukseen. Täysimittainen harjoitus pidetään kahden vuoden välein ja se toteutetaan yhdessä pelastus- ja muiden viranomaisien kanssa. Täysimittaisessa harjoituksessa harjoitellaan koko lentoaseman pelastuspalvelun ja viranomaisyhteistyön toimivuutta. Lentoasemilla järjestetään lisäksi omia osaharjoituksia. Turussa täysimittainen harjoitus on pidetty 12.9.2017 ja osaharjoitus 4.11.2016.

2.5 Tallenteet

2.5.1 Lentoarvotallennin sekä moottorinohjauksen vikatalenne

Lentoarvotallentimesta (FDR)¹⁸ saatiin oleellista tietoa, jota hyödynnettiin tutkinnassa. FDR-tallenteesta tehtiin lisäksi videoanimaatio havainnollistamaan tapahtunutta.

FDR-tallenteen mukaan maanopeus kosketushetkellä oli 151 solmua ja ilmanopeus 148 solmua. Näin ollen myötätuulikomponentti kosketushetkellä oli 3 solmua.

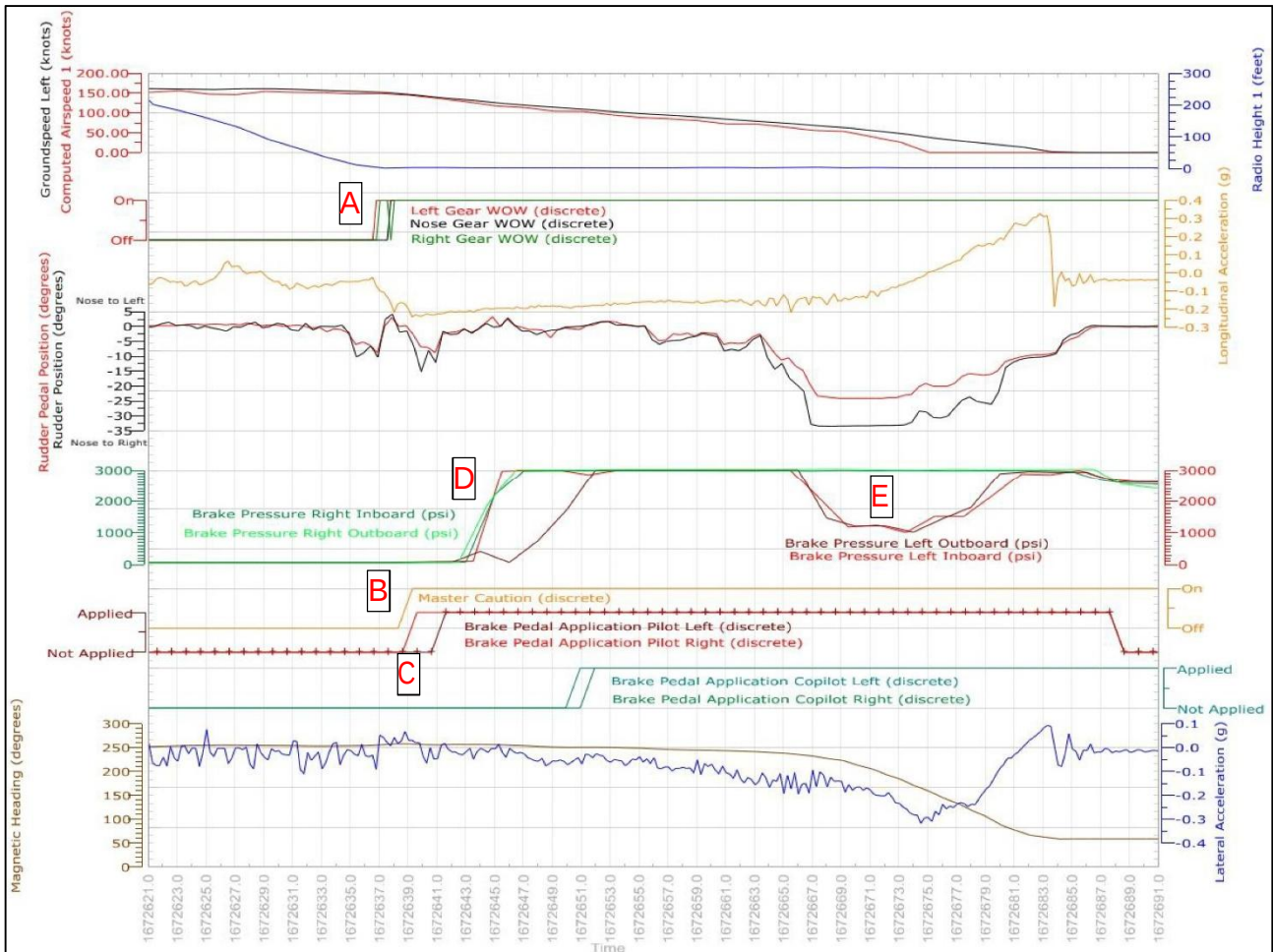
FDR-tallenteesta havaitaan millaista tietoa joustintuissa olevat ja niiden painumista tarkkailevat (tarkkaillaan kantavatko pyörät kuormaa, josta järjestelmä tulkitsee, onko kyseinen pyörä maakosketuksessa) WOW-anturit antavat. Lentokoneen laskeutuessa vasen ja oikea päälaskuteline tulivat maahan lähes samanaikaisesti 0,25 sekunnin erolla. Noin sekuntia myöhemmin oikea pääteline keveni niin, että järjestelmä tulkitsi sen olevan ilmassa. Tätä kesti 0,25 sekunnin ajan. (Kuva 8 kohta A) Pyörä ei välttämättä irronnut maakosketuksesta, mutta paino pyörällä keveni kovan laskun (1,95g) jälkeisessä joustintuen oikenemisessä (0,47g) sen verran, että järjestelmä tulkitsi sen olevan ilmassa. Samaan aikaa nokkateline oli tulossa maakosketukseen.

Samalla hetkellä ohjaamossa käännettiin tehovipu moottorijarrutusasentoon. Tästä aiheutui Master Caution -ilmoitus (Kuva 8 kohta B), koska moottorijarrutuksen käyttö ilman että laskutelineet ovat anturien mukaan maassa on estetty.

Pyöräjarrujen polkimien painaminen (Kuva 8 kohta C) rekisteröityi tapahtuneen vikailmoituksen aikoihin. Polkimien painaminen näkyy tallenteesta vasta kun jarrupaine on 500–800 psi:tä, joten siitä ei selviä tarkkaan polkimien kevyt painaminen ja siten kevyet ja jopa osa normaaleista jarrutuksista. Pyöräjarruilta mitattava jarrupaine ei kuitenkaan noussut, vaikka polkimia painettiin (Kuva 8 kohta D). Tämän esti touchdown protection -järjestelmä, jonka on tarkoitus estää pyörien lukkiintuminen laskeutumisen alkuvaiheessa. Järjestelmä ei päästä pyörille jarrupainetta ennen kuin pyörät pyörivät yli 35 solmun nopeudella tai WOW-anturin

¹⁸ FDR = Flight Data Recorder

signaalit ilmaisevat pyörän olleen maakosketuksessa yli 5 s ajan. Jarrupaineet pyöräjarruilla alkoivat nousta (Kuva 8 kohta D) noin viiden sekunnin kuluttua siitä, kun ensimmäinen maakosketusta ilmaiseva WOW-signaali on tullut.



Kuva 8. Kaavio FDR-tallenteesta (Kuva: FDR-tallenne/Bombardier, merkinnät OTKES)

FDR ei tallenna pyörien pyörimisnopeustietoa. Moottorinohjausjärjestelmän tallenteesta (Kuva 9) selviää, että Master Caution -ilmoituksen hetkellä pyörien pyöriminen on ollut suurimmillaankin alle 3,5 solmua. Pyörät ovat ennen tätä olleet noin kaksi sekuntia maakosketuksessa, mutta eivät juurikaan pyöri. Moottorinohjaus tallensi tietoja vain hetkeltä, jolloin Master Caution -ilmoitus tuli.

Signal Name	Snapshot#1 Value	Snapshot#2 Value	Snapshot#3 Value	Snapshot#4 Value	Snapshot#5 Value	Snapshot#6 Value
WOW	TRUE	TRUE	FALSE	TRUE	FALSE	FALSE
WHSPD	+1.2187500	+1.1250000	+1.1250000	+1.2812500	+1.4062500	+3.4062500

Kuva 9. Moottorinohjausjärjestelmän vikailmoitushetkellä (Master Caution) tallentamat päätelineiden pyörien nopeusarvot ja WOW (weight on wheels). Tallenteet ovat 0,16 sekunnin välein, eli noin 0,96 sekunnin ajalta. (Kuva: General Electric)

Jarrutuksissa pyörien lukkiuntumista estävä anti-skid -järjestelmä on pyöräkohtainen ja toiminnassa, kun pyörän pyöriminen tapahtuu yli 10 solmun nopeudella. Mikäli pyörä pyörii hitaammalla nopeudella ei järjestelmä rajoita jarrupainetta. Jarrupaineiden kuvaajasta nähdään, että kaikkien muiden pyörien jarrujen paine nousi maksimiarvoon (3 000 psi) noin neljän sekunnin kuluessa paitsi vasemman päätelineen uloimman pyörän jarrupaine. Se nousi ensiksi

hieman yli 400 psi ja putosi sitten noin 70 psi:hin (Kuva 8 kohta D). Tämän jälkeen muiden jarrujen tavoin sen paine nousi maksimiin seuraavien kuuden sekunnin aikana. On mahdollista, että uloin vasen pyörä on hetkellisesti pyörinyt yli 10 solmun nopeudella ja jarrutuksessa anti-skid on pudottanut jarrupainetta estääkseen lukkiutumisen. Tämän jälkeen pyörän nopeus ei ole noussut yli 10 solmuun ja järjestelmä on päästänyt jarrulle maksimi paineen. Jarrujen paineet pysyvät maksimiarvoissa laskukiidossa lukuun ottamatta hetkeä jolloin vasemman päätelineen jarrujen paine laski noin 1 200 psi:hin (Kuva 8 kohta E) nousten kuitenkin myöhemmin takaisin maksimipaineeseen. Kuivalla kiitotielläkin 1 200 psi:n jarrupaine riittää renkaan pysymiseen lukkiutuneena. Jarrujärjestelmän tutkinnassa jarrupainetta rajoittavan anti-skid komponentin todettiin toimineen normaalisti. Vasemman jarrupolkimen painamisen keventäminen saa aikaan yllä kuvatun jarrupaineen laskun.

2.5.2 Ohjaamoäänitallenne

Ohjaamoäänitallentimesta saatiin tallennetta kaksi tuntia. Tallenne alkoi 24 m 26 s ennen laskeutumista Turun lentoasemalle. Ohjaamoäänitallenteen¹⁹ tiedot täydensivät lentäjien ja lennonjohdon välisestä keskustelusta saatua ilmailuradiopuhelimen tallennetta.

2.5.3 Ilmailuradiopuhelintallenteet

Ilmailuradiopuhelintallenteista saatiin oleellista tietoa lennonjohdon ja lentokoneen, sekä lennonjohdon ja kunnossapidon välisestä yhteydenpidosta. Niistä kävi ilmi, miten tapahtuma alkoi ja miten sen hoitaminen eteni.

2.5.4 Hätäkeskuksen tallenteet

Hätäpuhelutallenteesta selviää, että hätäkeskuspäivystäjä kuuli ja sai tilannetietoja avatun puhelinyhteyden kautta, kun lennonjohtaja keskusteli lentoaseman pelastuspalvelun ja lentäjien kanssa. Tehtävän hälytyksen lokitiedoista ja Pronto-ilmoituksesta selvisivät hälytetyt pelastusyksiköt ja niiden saapumisajat.

2.6 Säädökset, määräykset, ohjeet ja muut asiakirjat

2.6.1 Finavian ohjeistus

Jos lento-onnettomuus tapahtuu Turun lentoasemalla tai sen välittömässä läheisyydessä, on lentoasemalla työskentelevien toimenpiteet kuvattu pelastussuunnitelmissa. Ne on laadittu yhteistyössä Varsinais-Suomen pelastuslaitoksen kanssa.

2.6.2 CityJet -yhtiön ohjeistus

Yhtiön OM-B:n kohdassa 2.4.9. on toimenpiteet laskeutumisessa ohjeistettu seuraavassa järjestyksessä. 1) päätelineet maahan, 2) nokkateline maahan, 3) spoileriden aktivoitumisen tarkastus, 4) jarrutuksen aloittaminen ja 5) moottorijarrutuksen käyttöönotto.

Yhtiön OM-B:n kohdassa 2.5.7. on sivutuulilaskun suoritus epäpuhtaalla kiitotiellä ohjeistettu seuraavasti:

Liukas kiitotie ja sivutuuli ovat luonnollisesti hankala yhdistelmä. Sivutuulilaskussa tuulikorjauskulma tulee säilyttää mahdollisimman pitkään ennen maakosketusta. Tähtää keskilinjalle tai siitä hieman tuulen puolelle ja vältä tilannetta, jossa lentokone koskettaisi maahan kiitotielle tuulen alapuolella. Tällä tavalla pienennetään mahdollisuutta nokan kääntymiseen tuuleen

¹⁹ CVR = Cockpit Voice Recorder

maakosketuksen jälkeen ja lentokoneen ajautumiseen kiitotiellä tuulen alapuolelle. Jos lentokone alkaa luisua tai ajautua vähitellen pois keskilinjalta, voi olla välttämätöntä siirtää tehovivut moottorijarrutusasennosta normaaliin tyhjäkäyntiasentoon keskilinjalle palaamiseksi. Ohjattavuuden palauttamiseksi ja lentokoneen saamiseksi takaisin keskilinjan suuntaiseksi voi olla välttämätöntä myös vähentää jarrutusta.

Yhtiön OM-B:n kohdassa 2.5.8. on moottorijarrutuksen (Reverse Thrust) käyttö ohjeistettu seuraavasti:

“...Moottorijarrutuksen käyttö sivutuuliolosuhteissa voi heikentää suuntaohjattavuutta. Jos lentokoneen nokan annetaan kääntyä tuuleen, moottorijarrutuksen aiheuttama nokkaa kääntävä voima yhdistyy sivutuulikomponentin aiheuttamaan voimaan ja painaa lentokonetta kiitotiellä tuulen alapuolelle normaalia nopeammin. Tilanteen korjaamiseksi on moottorijarrutus asetettava tyhjäkäynnille ja jarrut vapautettava. Äärimmäisissä tilanteissa voi jopa olla välttämätöntä siirtää tehovivut moottorijarrutusasennosta normaaliin tyhjäkäyntiasentoon. Sivupärsintä ja epäsymmetristä jarrutusta käyttämällä pyritään estämään ylioheaminen, joka veisi lentokoneen keskilinjan toiselle puolelle. Kun lentokone on takaisin keskilinjalla, jarrutetaan jälleen tasaisesti pyörä- ja moottorijarrutuksella sen verran kuin on tarpeen lentokoneen pysäyttämiseksi.

Lisäksi yhtiö on julkaissut syyskuussa 2015 FCOM-liitteen Supplement 2A, Operation on Contaminated Runways (CAFM), jossa on ilmoitettu vesiliirron alkamisnopeuksia.

Initiation of hydroplaning for the Regional Jet is calculated as follows:

Contaminant	Tire Pressure (psi)	Hydroplaning Ground Speed (KTS)
Standing water ($\delta = 1.00$)	MAIN: 166	116
	NOSE: 149	110
SLUSH ($\delta = 0.85$)	MAIN: 166	116
	NOSE: 149	110
WET SNOW ($\delta = 0.50$)	MAIN: 166	116
	NOSE: 149	110
DRY SNOW ($\delta = 0.20$)	MAIN: 166	N/A
	NOSE: 149	

NOTE

1. Tire pressure are determined with the airplane on the ground.
2. δ = specific gravity of contaminant.

Kuva 10. Vesiliirron alkamisnopeuksia eri kiitotie-esiintymillä (Kuva: CityJet FCOM)

Yhtiön koulutuskäsikirjassa (Operations Manual D, versio päivätty 6.9.2017) oli osio talvioperoinnille:

SECTION	CONTENT	HOURS
1	- De-icing and Anti-Icing Materials and Procedures - Hold Over Time - CityJet RJ85/CRJ-900/SSJ-100 Procedures	1.0
Examination		1.0

Kuva 11. CityJet -yhtiön talvioperoinnin (Winter Operations) koulutus

Kurssin kesto on yksi tunti, jossa tulee käydä läpi yhtiön talvioperointiin liittyvät toimintamenetelmät.

Yhtiö oli julkaissut lokakuussa 2016 lentäjille jaettavan tiedotteen ”MR (Mandatory Read) – Winterization 2016/2017”, joka oli määritelty pakolliseksi luettavaksi. Sen mukaan lentäjien tuli suorittaa talviolosuohdekurssi lokakuun loppuun mennessä ja lisäksi suositeltiin suorittamaan Bombardier:n tarjoamia verkkokoulutuksia talvioperointiin liittyen. Tiedotteessa oli osio ”Landing on contaminated (and Slippery) runways”, jossa ohjeistettiin muun muassa seuraavasti: *”Laskeutuminen kunnostamattomalle (ja liukkaalle) kiitotielle” — ”Kun lentokoneessa on laskeutumisen suoritusarvoihin vaikuttava vika tai toimintahäiriö, harkitse lentämistä sellaiselle lentopaikalle, jossa on kunnostettu kiitotie.” — ”Seuraa tuuliolosuhteiden viime hetken muutoksia ja keskeytä lähestyminen odottamattomassa myötätuuli-tilanteessa (suunniteltua laskeutumisesta myötätuulella epäpuhtaalle kiitotielle tulee välttää).”*

2.6.3 Viranomais määräykset ja -ohjeet sekä asetukset

Kunnossapidon toimintaohjeet poikkeamatilanteissa (KEKO) käsikirjassa määritetään, että turvallisuuspoikkeamien raportoinnissa noudatetaan Finavian SMS-käsikirjan liitteen C, PHI- (Poikkeama- ja havaintoilmoitus) järjestelmän ohjeistusta.

KEKO:n kohdassa 1.2 mainitaan. *Mikäli kiitotien kunnolla voidaan olettaa olevan syy-yhteys vaaratilanteen syntymiseen, pääpaino vaaratilanteen jälkeisissä toimenpiteissä on lisävahinkojen estämisellä ja vallinneiden olosuhteiden todentamisella. Talvikaudella tämä tarkoittaa välitöntä kiitotien tarkastuksen tekemistä, selvittää vallitseva kitkataso ja muut olosuhteet tapahtumapaikalla. Mahdollista tutkintaa edesauttaa, mikäli tapahtumapaikkaa ja siellä vallitsevia olosuhteita tai syntyneitä jälkiä on lisäksi valo- tai videokuvattu.*

KEKO:n kohdassa 1.3 on *Onnettomuustutkintakeskuksen ohjeet lento-onnettomuuden jälkeisistä toimenpiteistä ennen ja jälkeen tutkijoiden saapumisen. Siinä mainitaan myös, että kitkamittaus on tehtävä välittömästi. Sekä tehdä normaali kiitotie tarkistus, jossa selviää muut vallitsevat olosuhteet kiitotiellä.*

Finavian talvikunnossapidokäsikirjassa Suomen lentoasemat jaetaan neljään talvikunnossapitoluokkaan (IA, IB, II, III). Helsinki-Vantaa kuuluu ainoana lentoasemana luokkaan IA, ”Cat II kesäpinta”. Rovaniemen ja Oulun lentoasemat kuuluvat luokkaan IB, ”Cat II kesäpinta”. Turun lentoasema kuuluu talvikunnossapitoluokkaan II, ”kesäpinta”. Tavoitteena on, että Turussa käytettävä kiitotie pidetään lumettomana ja jäättömänä vähintään kunnostetun alueen vähimmäisleveydeltä²⁰. Leveys määräytyy tapauskohtaisesti lentoon lähtöä tekevän tai laskeutumisessa olevan ilma-aluksen tyyppikohtaisista vaatimuksista). Muut alueet ja rullaustiet pidetään tasaisuudeltaan ja kitkaltaan riittävinä, jolloin ne voivat olla myös lumipinnalla. ILS-järjestelmän etumaasto pidetään kunnostettuna. Hiekan käyttö on sallittua, ellei sen käyttöä ole sopimuksin tai määräyksin rajoitettu. Turun lentoasemalla luminotamin voimassaoloaika on rajoitettu 6 tuntiin

Finavian lentoasemilla käytetään Skiddometer BV11 -mittalaitetta kitkan mittaamiseen. Sen esiintymätyyppikohtainen raja-arvo on sohjon kohdalla *kerrospaksuus ≤ 3 mm*. (Lähde Käsikirja, Finavia Talvikunnossapito)

Kitkan parantamiseen on ryhdyttävä, kun kiitotien kitkakerroin alittaa 0,40. Kitka ilmoitetaan aina arvioituna kitkatasona. Kitkatason arvioinnin tueksi tehdään kitkan otantamittauksia

²⁰ Tavoitteellinen kiitotieleveys, joka poikkeuksellisissa olosuhteissa pyritään kunnostamaan

siinä määrin, että niiden perusteella saadaan selvä kuva vallitsevista olosuhteista koko kiitotiellä. Kitkatasoa ei saa arvioida paremmaksi kuin mitä kitkanmittauslaitteen mittaustulosten keskiarvot osoittavat. (Lähde Käsikirja, Finavia Talvikunnossapito)

Taulukko 3. Finavian talvikunnossapitokäsikirjassa oleva kitkataulukko kunnossapitoa varten

Mitattu kitkakerroin Measured coefficient	Arvioitu kitkataso Estimated surface friction	Koodi Code
0,40 ≥	Hyvä/Good	5
0,36–0,39	Keskinkertaista parempi Medium to good	4
0,30–0,35	Keskinkertainen Medium	3
0,26–0,29	Keskinkertaista huonompi Medium to poor	2
0,15–0,25	Huono/Poor	1

Finavia on vuonna 2016 KEKO-kokoelmassa julkaissut käsikirjan Kunnossapitokoulutuksen opetussuunnitelma, jossa on määritelty kunnossapidossa työskentelevien osaamisvaatimukset. Uudet työntekijät osallistuvat lentoasemalla tapahtuvan perehdyttämisen ja työopastuksen jälkeen Avia Collegen järjestämälle kunnossapidon peruskoulutukseen. Pääosa oppimisesta perustuu työskentelyyn oman lentoaseman kunnossapidossa kokeneiden kollegoiden kanssa.

Kunnossapidon vuoroiesimieskoulutukseen pääsy edellyttää hyväksytysti suoritettua Finavian kunnossapidon ammattimiehen perus- ja kertauskoulutusta tai vastaavia tietoja. Vuoroiesimiehen kertauskoulutus suositellaan käytävän viimeistään viiden vuoden kuluttua kunnossapidon vuoroiesimiesten koulutuksesta.

Kiitotietarkastajan kelpoisuuteen vaaditaan muun muassa kahden talvikauden työskentely kenttäalueella tai tätä vastaava kokemus, sekä tarvittavassa laajuudessa hyväksytysti suoritettu Finavian paikallinen kunnossapidon perehdyttämiskoulutus. Kiitotien kunnon arviointi perustuu käytännössä kokemuksen myötä hankittuun osaamiseen ja paikallisten olosuhteiden tuntemukseen. Kiitotiellä olevan esiintymän arviointiin on kokeiltu erilaisia teknisiä laitteita, mutta tällä hetkellä toimivin menetelmä on ihmisen tekemä arviointi (esimerkiksi loskakerroksen paksuus).

Hälytyspalveluohjeessa (HPO) määritellään lentoaseman ATS²¹-yksikönkäynnistämä hälytys seuraavasti.

- Kuuluta ja/ tai aktivoi hälytysjärjestelmä. Lentoaseman pelastuspalvelu käynnistyy.
- Kuuluta tai anna tiedot esim. maaliikenteen radiotaajuudella tilanteesta ja kerro syy hälytykselle.
- Vaaratilanteen laatu (lento-onnettomuus tai lento-onnettomuusvaara)
- Ilma-aluksen tyyppi (ja operaattori)
- Arvioitu laskuaika ja kiitotie
- Anna maaliikenteen taajuudella tarkennettua lisätietoa (henkilöluku, polttoainemäärä, vaarallinen lasti ja mahdolliset muut oleelliset tiedot). LENTO P3 välittää lisätiedot saapuville yksiköille.
- Paikalliset lisäohjeet

Hälytyspalveluohjeen mukaan lennonjohtajan tulee välittää hätäkeskukseen lisätietoja vain siinä tapauksessa, kun LENTO P3 ei johda tilannetta. Muulloin LENTO P3 välittää lisätiedot saapuville pelastusyksiköille. Lentoasemalla ja sen läheisyydessä LENTO P3 johtaa paikallisesti pelastustoimintaa, kunnes päivystävä palomestari ottaa tapahtumapaikalla johtovastuun.

2.6.4 Pelastustoimen ja poliisin ohjeistukset

Pelastuslaitoksen ohjeistus: Lentoasema sijaitsee Turun kaupungin alueella. Varsinais-Suomen pelastuslaitos vastaa pelastuslain 379/2011 perusteella pelastustoiminnan yleisjohtamisesta. Lentoasemalla ja sen lähialueella tapahtuvan ilmaliikenneonnettomuuden johtovastuu kuuluu pelastuslain mukaan Varsinais-Suomen pelastuslaitokselle. Pelastustoiminnan yleinen taso on määritetty alueelle laaditun pelastuslain vaatiman palvelutasopäätöksen mukaan. Palvelutasopäätös on voimassa 2017–2020. Lisäksi lentoasemalla tapahtuvan ilmaliikenneonnettomuuden varalta on käytössä suuren ilmaliikenneonnettomuuden toimintaohje, joka on hyväksytty käyttöön 6.7.2017. Toimintaohjeen mukaan tilanteen yleisjohtajana toimii pelastusviranomais, joka määrää tarvittavat resurssit sekä antaa tilanteen mukaiset toimintakäskyt.

Ensihoidon ohjeistus: Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri vastaa alueellansa kiireellisen ensihoidon järjestämisestä. Terveystieteiden laaki (1326/2010) velvoittaa erikoissairanhoidon järjestämisestä vastaavaa sairaanhoitopiirin kuntayhtymää tekemään päätöksen alueensa ensihoidon palvelutasosta. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin operatiivinen toiminta tapahtumahetkellä perustui voimassa olleeseen (2015–2017) ensihoidon palvelutasopäätökseen. Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri järjestää ensihoitopalvelun alueellaan monituottajamallilla, eli osin omana toimintanaan, osin yhteistoiminnassa alueen pelastustoimen kanssa ja sen lisäksi osin ostopalveluna.

Hätäkeskuksen MORA-ohjeessa²² ilmaliikenneonnettomuus on luokiteltu kolmella hälytysasteella: pieni, keskisuuri ja suuri. Kaikissa hälytysasteissa hälytetään ohjeen mukaan ensihoito, mikäli MORA-ohjeen kriteerit täyttyvät.

Poliisihallituksen ohjeessa²³ odetaan mihin toimenpiteisiin poliisin on ryhdyttävä lento-onnettomuuspaikoilla. Ohjeisiin kuuluu onnettomuuslentokoneen miehistön lentokunnon toteaminen (puhalluttaminen, huumaavien aineiden toteaminen).

²¹ ATS = Air Traffic Services, ilmaliikennepalvelu

²² MORA eli moniviranomaisriskiarvio-ohje on eri toimialojen riskinarvio-ohjeet yhdistävä sähköinen työkalu.

²³ Lento-onnettomuuksien tutkinta, päivätty 13.12.2013

2.7 Muut tutkimukset

2.7.1 Maksimi laskupainon laskeminen CRJ900 lentokoneelle

Lentokoneen suoritusarvot laskeutumista varten saadaan taulukoista seuraavasti:

Taulukko 4. Taulukko rajoittavan laskeutumispainon määrittämiseksi (Lähde: CityJet CRJ Performance Handbook)

TURKU

-EFTU

FLAPS 45 - ALL COMPONENTS OPERATIVE - WET RWY - NO WIND/STD PRESS PACKS

ON

MAXIMUM LANDING WEIGHT (/100) / LIMIT CODE / FLAP SETTING

OAT °C	N1%	08 2500m	26 2500m				
20	90.0	402A45	402A45				
15	90.0	402A45	402A45				
10	90.0	402A45	402A45				
5	90.0	402A45	402A45				
0	90.0	402A45	402A45				
-5	90.0	402A45	402A45				
-10	90.0	402A45	402A45				
-15	80.0	402A45	402A45				

Lämpötilan ollessa 0 astetta saadaan Turun kiitotielle 26 koodiksi 402A45:

- 402 on suoritusarvoihin perustuva suurin laskeutumispaino (Maximum Performance Limited Landing Weight)/100, eli 40200 kg
- A on koodi suorituskykyä rajoittavalle tekijälle: A = lentokäsikirjan suoritusarvotaulukon rajoitus (Maximum AFM Chart Weight)
- 45 on laskennassa käytetty laskusiivekeasento

Ilmoitettu kitkataso oli MEDIUM ja esiintymä 2 mm loskaa. Olosuhteen tulkitsemiseksi on julkaistu alla oleva taulukko, josta suoritusarvolaskentaan saadaan arvo MED/POOR.

Taulukko 5. Taulukko kitkatason ja kiitotien olosuhteen tulkintaan (Lähde: CityJet OM-B)

Performance table BA category	Use for reported braking actions:	Use for reported contaminant types:
GOOD/MED	Good (FC 0.40 and above)	
GOOD/MED	Medium - Good (FC 0.39 to 0.36)	Compacted snow
MED/POOR	Medium (FC 0.35 to 0.30)	Dry snow (>25 mm), Wet snow (> 6 mm)
MED/POOR	Medium - Poor (FC 0.29 to 0.26)	Standing water (> 3 mm), Slush (> 3 mm)
POOR	Poor (FC 0.25 to 0.16)	Ice

Vallitseva olosuhteen vaatima korjaus tehdään alla olevan taulukon mukaisesti:

Taulukko 6. Korjaustaulukko tuulen vaikutukselle (Lähde: CityJet CRJ Performance Handbook)

	LANDING FIELD LENGTH LIMIT WEIGHT (/100)				
	08 2500m	26 2500m			
*** FLAPS 45 ***					
Dry Runway	402	402			
TW/HW per kt	+0/ +0	+0/ +0			
1Pair Splrs Inop	402	402			
TW/HW per kt	-5/ +0	-5/ +0			
Anti-Skid Inop	257	257			
TW/HW per kt	---/ +3	---/ +3			
Wet Runway	402	402			
TW/HW per kt	-4/ +0	-4/ +0			
1Pair Splrs Inop	383	383			
TW/HW per kt	-8/ +2	-8/ +2			
BA GOOD/MED	402	402			
TW/HW per kt	-4/ +0	-4/ +0			
1 T/R Inop	402	402			
TW/HW per kt	-4/ +0	-4/ +0			
BA MED/POOR	402	402			
TW/HW per kt	-8/ +0	-8/ +0			
1 T/R Inop	372	372			
TW/HW per kt	-8/ +3	-8/ +3			
BA POOR	291	291			
TW/HW per kt	-8/ +3	-8/ +3			

Taulukosta valitaan kohta BA MED/POOR (BA=Braking Action). Myötätuuli (TW=Tail Wind) huomioidaan vähentämällä suurimmasta suoritusarvoihin perustuvasta laskupainosta 800 kg jokaista solmua kohden:

$$40200kg - 10kts * 800 \frac{kg}{kts} = 32200kg$$

2.7.2 Norjalainen teematutkinta talvioperoinnista ja kitkan mittaamisesta

Norjan onnettomuustutkintaviranomainen (AIBN) on tehnyt vuonna 2011 teematutkinnan koskien lentokoneiden talvioperointia²⁴. Yli 10 vuoden ajanjaksolla Norjan tutkintaviranomainen vastaanotti 30 ilmoitusta onnettomuuksista ja vaaratilanteista, jotka liittyivät talviesiintymillä²⁵ tai liukkailla kiitoteillä toimimiseen. Tutkituista 30 tapauksesta paljastui, että lentokoneen jarrutusteho ei vastannut mitattua tai arvioitua kiitotien kitkatasoa. Taustalta selvisi meteorologisiin olosuhteisiin, kitkan mittauksen epätarkkuuteen, kiitotien kunnossapitoon sekä toiminnallisiin ja sääntelyyn liittyviä seikkoja. Yleinen havainto oli, että toimijat pitivät mitaustuloksia ja arvioita tarkkoina huomioimatta muita meteorologisia vaikuttavia tekijöitä.

Läpi käydyistä 30 tapauksesta nousi esiin yhtäläisiä turvallisuusindikaattoreiksi kutsuttuja vaikuttajia. Näiksi tutkinnassa oli listattu:

- ilman lämpötilan ja kastepisteen välinen ero ≤ 3 K (Kelvin)
- märkä tai kostea kiitotien pinta
- vähintään 10 solmun sivutuuli yhdessä liukkaan kiitotien pinnan kanssa
- ilman lämpötilan ja kastepisteen välinen ero ≤ 3 K samalla kun ilman lämpötila on ≥ -3 °C

²⁴ <https://www.aibn.no/Aviation/Reports/2011-10>

²⁵ Talviesiintymillä tarkoitetaan kuuraa, jätää, loskaa, märkää tai kuivaa lunta sekä tiivistynyttä lunta ja jätää.

- Irtonaista loskaa, märkää tai kuivaa lunta pakkaantuneen lumen ja jään päällä
- ilman lämpötilan ja kastepisteen välinen ero ≤ 3 K samalla kun sivutuuli vähintään 10 solmua.
- ilman lämpötilan ja kastepisteen välinen ero ≤ 3 K samalla kun sivutuuli vähintään 10 solmua ja ilman lämpötila ≥ -3 °C
- Mitattu kitkakerroin oli yli 0.40, vaikka lentäjät kokivat kitkatason jarrutuksessa heikoksi (poor) ilman lämpötilan ollessa alle -9°C ja kastepisteen ero lämpötilasta 2-4 K ja sivutuulta yli 10 solmua.

Merkittävimmiksi löydöksiä raportissa nostetaan:

- Kosteuden merkitys määriteltäessä lumen tyyppiä. Nestemäisen veden osuus lumessa on hyvin lämpötilariippuvaista. Lumessa ja erityisesti hiljattain sataneessa lumessa on suhteellisen korkea veden osuus, joka voi tehdä kiitotiestä hyvin liukkaaksi muiden esiintymien kanssa, vaikka lämpötila olisi pakkasella. Mitatun ilman lämpötilan ja kastepisteen eron ollessa enintään 3 K havaittiin olevan merkinä liukkaudesta. Tämä tarkoittaa yleensä vähintään 80% ilmankosteutta. Tärkeää on myös se, että lämpötila kiitotien pinnassa saattaa olla matalampi kuin 2 m korkeudesta mitattu, joten ero kastepisteen ja lämpötilan välillä saattaa pinnassa olla ≤ 3 K. Lämpötilan laskiessa kastepisteen ja ilman lämpötilan eron raja muuttuu noin asteella jokaista 10 pakkasastetta kohden. Tällöin -10°C ilman lämpötilassa marginaali pienenee 2K ja -20°C lämpötilassa 1K.
- Kitkamittauslaitteiden toiminta-alueet. Raportissa todetaan, että kitkamittauslaitteet on hyväksytty toimimaan alla olevilla esiintymillä. Siitä ei ole mainintaa mitataanko kerrospaksuus aina asfaltista vai esimerkiksi pakkaantuneen lumen tai jään päältä
 - o kuivalla lumella ≤ 25 mm kerrospaksuuteen
 - o kuivalla pakkaantuneella lumella riippumatta kerrospaksuudesta
 - o kuivalla jäällä riippumatta kerrospaksuudesta
 - o loskalla ≤ 3 mm kerrospaksuuteen
 - o märällä lumella ≤ 3 mm kerrospaksuuteen
 - o märällä jäällä
- Kitkan mittaamisen epävarmuudet. Erilaisissa tutkimusohjelmissa on havaittu kuivilla esiintymillä $\pm 0,1$ ja kosteilla esiintymillä $\pm 0,2$ mittauksen vaihteluja. Silti mitattuja arvoja käytetään kuin ne olisivat tarkkoja. Tutkinnoissaan AIBN on havainnut, että mitattaessa kitkaa pakkaantuneen lumen tai jään pinnalta, joka on märkä tai kostea tai lämpötila ja kastepiste ovat enintään 3 K päässä toisistaan, voi lentokoneen jarrutuksessa kitka vastata 0.05 (poor), kun mitattu saattaa olla 0.40 (GOOD) tai enemmän. Sama epävarmuus näyttää ilmenevän kaikentyyppisillä kitkamittauslaitteilla.
- Sivutuuliolosuhteet yhdessä liukkaaksi kiitotien kanssa. AIBN on havainnut tutkimissaan tapauksissa, että osalla lentoyhtiöistä sivutuulitaulukoiden käyttö oli liian optimistista. Samat kastepisteen ja ilman lämpötilan seikat vaikuttavat sivutuulilaskuissa. Lumi- ja jääkiteet voivat kyseisissä olosuhteissa kiillottaa jään ja muodostaa hiekan jyvien pinnalle ohuen jääkerroksen. Tällaisissa tapauksissa mitattu kitka-arvo saattaa olla yli 0.40 ja olosuhteet mielletään hyviksi talvikelin olosuhteiksi. Lentokoneelle kitkataso voi kuitenkin olla heikko (poor). Havaittiin, että lumi- ja jääkiteet voivat aiheuttaa pinnalle muodostuneen kerroksen muutoksen lentokoneen renkaiden alla. Tästä voi aiheutua vakavia virhetulkintoja kiitotien kitkatasosta.

- Sivuttaiskitka, kun jarrutetaan ja ohjataan samaan aikaan. Pyörillä jarruttamiseen käytetty kitka vähentää käytettävissä olevaa sivuttaiskitkaa. Sivuttaiskitka vähenee luistosuhteen kasvaessa. Sivuttaiskitkaa tarvitaan, kun lentokone kääntyy tai sivutuulilaskujen yhteydessä pitämään lentokone suoralla linjalla kiitotiellä.
- Parissa tapauksessa operointi oli hyväksytty kunnostusleveydeltään 30 metrin levyisille kiitoteille.
- Kiitotien kitkaa parantavat toimet. Hiekoituksesta on määritelty ICAOn ohjeessa rae-
koko, mutta muuten kansainvälisissä tai kansallisissa ohjeissa ei mainita erityisvaatimuksia. Erilaisia hiekoitusmenetelmiä ovat esimerkiksi lämpimän tai kastetun hiekan käyttö, jolloin ne jäävät kiinni esiintymiin. Irtonaisten esiintymien, kuten loskan kanssa hiekoituksella ei ole juuri vaikutusta, koska se lentää pois esiintymän mukana renkaan edestä. Liukkaudentorjuntakemikaaleilla voidaan estää jään muodostumista tai sulattaa esiintymiä, jolloin ne saadaan mekaanisesti poistettua. Yksi ongelma on, että kemikaalit liukenevat veteen ja voivat jäätyä matalissa lämpötiloissa. Tietyissä oloissa liuos saattaa tehdä ohuen liukkaan pinnan kiitotiehen. Kemikaalit rasittavat myös ympäristöä ja voivat aiheuttaa ennenaikaista kulumista ja vaurioita kiitotien pinnoitteelle ja lentokoneille.
- Tuulitiedon käyttö laskeutumislaskelmissa. Viidessä tutkitussa tapauksessa nousi esiin, että laskeutumista varten tehdyissä laskelmissa oli käytetty lennonjohtotornin hetkellisiä (2 minuutin tuuli, 3 sekunnin puuska) tuulitietoja METAR:n tai ATIS:n 10 minuutin tuulitietojen sijaan. Tutkinnoissa havaittiin myös, että lentäjät ovat keskittyneempiä kitkan ja sivutuulen vaikutuksiin kosketushetkellä kuin sen jälkeen laskukiidossa, jossa jarrutuksen ja sivuttaispidon kannalta kitka on tärkeämpi. Laskeutumis-
hetkellä lentokonetta ohjataan aerodynaamisesti, kun 100 solmun ja sitä matalammissa nopeuksissa lentokone vastaa maa-ajoneuvoa ja suuntavakavuus ja jarrutus ovat täysin riippuvaisia kitkasta. AIBN on havainnut, että kiitotieltä suistumisia ei tapahdu ensimmäisellä kolmanneksella, vaan tavallisesti viimeisellä kolmanneksella.
- Moottorijarrutuksen huomiointi laskeutumislaskelmissa vaihtelee. Lentokoneen tyyppi-
pihyväksyntävaatimukset perustuvat testeihin kuivalla kiitotiellä ilman moottorijarrutusta. Tiedot on esitetty AFM:ssä, josta lentoyhtiöt käyttävät niitä osana tarvittavien kiitotiepituuksien ja maksimipainojen laskelmissa. Lentokonevalmistajan antamat tiedot perustuvat laskelmiin teoreettisilla kitka-arvoilla eri tyyppisten esiintymien kohdalla (jää, lumi, loska) ja/tai mitattuihin kitkakertoimiin. Tutkinnoissa on havaittu, että käytännön toimet siitä huomioidaanko moottorijarrutukset miten laskeutumislaskelmissa, on jätetty lentoyhtiöille. Käytännössä laskeutumislaskelmat perustuvat suihku-
moottorikoneilla moottorijarrutuksen käyttöön, kun taas potkurikoneilla moottorijarrutusta ei sisällytetä laskelmiin.

Teematutkinnassa annettiin seitsemän suositusta. Ne koskivat

- Talvioperoinnissa ei ole samaa turvamarginaalia, mitä kesäoperoinnissa. AIBN suosittelee, että Norjan CAA tekee riskien arvioinnin keskittyen kansallisiin rajoituksiin talvioperoinnissa, jolla varmistetaan yhtäläinen turvallisuustaso.
- Kitkamittauslaitteissa on eroavaisuuksia ja samaa pintaa mitattaessa eri laitteilla voi tulla eri tuloksia. AIBN suosittelee, että ICAO, FAA, EASA ja CAA Norja katselmoivat ja vahvistavat sallitut mittausalueet hyväksytyille kitkamittauslaitteille.
- ICAOn SNOWTAM taulukossa käytetään mitattuja arvoja sadasosien tarkkuudella, vaikka kitkamittauslaitteiden tarkkuudesta johtuen tuloksia ei pitäisi raportoida kuin kymmenysten tarkkuudella. SNOWTAM taulukoita käytetään lentoyhtiöiden yksilöllis-

ten korjaustaulukoiden kanssa, jolloin epätarkkuus lisääntyy entisestään. AIBN suosittelee, että ICAO, FAA, EASA ja CAA Norja katselmoivat SNOWTAM taulukot vähentääkseen kitkan epävarmuuden tasoa.

- Moottorijarrutuksella vastaa noin 20 % kaikesta käytettävissä olevasta jarruttavasta voimasta, kun laskeudutaan liukkaalle kiitotielle. AIBN suosittelee, että FAA, EASA ja CAA Norja pohtivat pitäisikö moottorijarrutus edelleen sisällyttää kokonaan tai osittain laskettaessa laskeutumiseen tarvittavaa kiitotiematkaa, kun kiitotiellä on esiintymiä tai liukkautta.
- Sivutuulen huomiointiin liukkaalla kiitotiellä tehdyt taulukot poikkeavat toisistaan. AIBN suosittelee, että FAA, EASA ja CAA Norja arvioivat lentoyhtiöiden käyttämät sivutuuliarvot suhteessa kitka-arvoihin ja harkitsevat pitäisikö ne hyväksyttää erikseen viranomaisilla.
- EASAn käyttämät oletuskitka-arvot eri esiintymillä ovat optimistisia eivätkä huomioi lämpötilaa, kastepistettä ja esiintymän paksuutta. Ne eivät vastaa AIBN:n tutkinnoissa tekemiä havaintoja. AIBN suosittelee, että EASA harkitsee konservatiivisempaa määrittystä kitka-arvoille eri tyyppisillä ja paksuisilla esiintymillä.
- ICAOn lentokenttäpalveluja koskeva ohje on vanhentunut, eikä anna kovin hyvää tukea nykypäivän talvioperoinnille. Ohjeessa pitäisi kuvailla tarkemmin uuden tyyppisiä kitkamittaustaitteita, niiden rajoituksia, vaatimuksia jäänpoistolle, hiekalle, kemikaaleille ja näiden käytölle. Lisäksi pitäisi päivittää tieto oletetusta kitkasta eri tyyppisillä esiintymien paksuuksilla. AIBN suosittelee, että ICAO päivittää lentokenttäpalveluja koskevan ohjeensa (Airport Services Manual) kiitotieltä suistumisien tutkinnoissa ja tieteellisissä tutkimuksissa saatujen tulosten perusteella.

2.7.3 Yhdysvaltain ilmailuviranomaisen (FAA) turvallisuustiedote vuodelta 2016

Yhdysvaltojen lentokenttien toimintaa valvova viranomainen Federal Aviation Administration (FAA) on julkaissut 15.8.2016 turvallisuustiedotteen ”Runway Assessment and Condition Reporting, Effective October 1, 2016 ” (Safety Alert for Operators; Safo 16009)²⁶. Sen osana olevassa taulukon mukaisesti yli 3mm loskakerros (slush) antaisi kiitotien suoritusarvoksi ”medium to poor”. Edellä kuvattu norjalaisten suositus antaisi vastaavissa olosuhteissa arvoksi ”poor”.

²⁶ https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/safo/all_safo/safo/2016/SAFO16009.pdf

Taulukko 7. Taulukko kiitotien kunnon arviointia varten (Runway Condition Assessment Matrix, RCAM) (Lähde: FAA)

Assessment Criteria		Control/Braking Assessment Criteria	
Runway Condition Description	RwyCC	Deceleration or Directional Control Observation	Pilot Reported Braking Action
Dry	6	---	---
- Frost - Wet (Includes damp and 1/8 inch depth or less of water) 1/8 inch (3mm) depth or less of: - Slush - Dry Snow - Wet Snow	5	Braking deceleration is normal for the wheel braking effort applied AND directional control is normal.	Good
-15°C and Colder outside air temperature: Compacted Snow	4	Braking deceleration OR directional control is between Good and Medium.	Good to Medium
- Slippery When Wet (wet runway) - Dry Snow or Wet Snow (any depth) over Compacted Snow Greater than 1/8 inch (3 mm) depth of: - Dry Snow - Wet Snow Warmer than -15°C outside air temperature: - Compacted Snow	3	Braking deceleration is noticeably reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is noticeably reduced.	Medium
Greater than 1/8 inch(3 mm) depth of: - Water - Slush	2	Braking deceleration OR directional control is between Medium and Poor.	Medium to Poor
Ice	1	Braking deceleration is significantly reduced for the wheel braking effort applied OR directional control is significantly reduced.	Poor
- Wet Ice - Slush over Ice - Water over Compacted Snow - Dry Snow or Wet Snow over Ice	0	Braking deceleration is minimal to non-existent for the wheel braking effort applied OR directional control is uncertain.	Nil

2.7.4 Lukkiutumisenestojärjestelmän komponenttien testaus

Lentokoneen pyörien lukkiintumista laskun aikana jarrutettaessa estävän järjestelmän toimintaperiaate on kerrottu luvussa 2.1.2. Testeillä haluttiin selvittää, onko järjestelmäkomponenteissa jotain sellaista, mikä vaikuttaisi vaaratilanteessa havaittuun jarrujen käyttäytymiseen. Näitä lentoarvotallentimesta saatuja jarruihin liittyviä tallennetietoja on käsitelty tarkemmin luvussa 2.5.1.

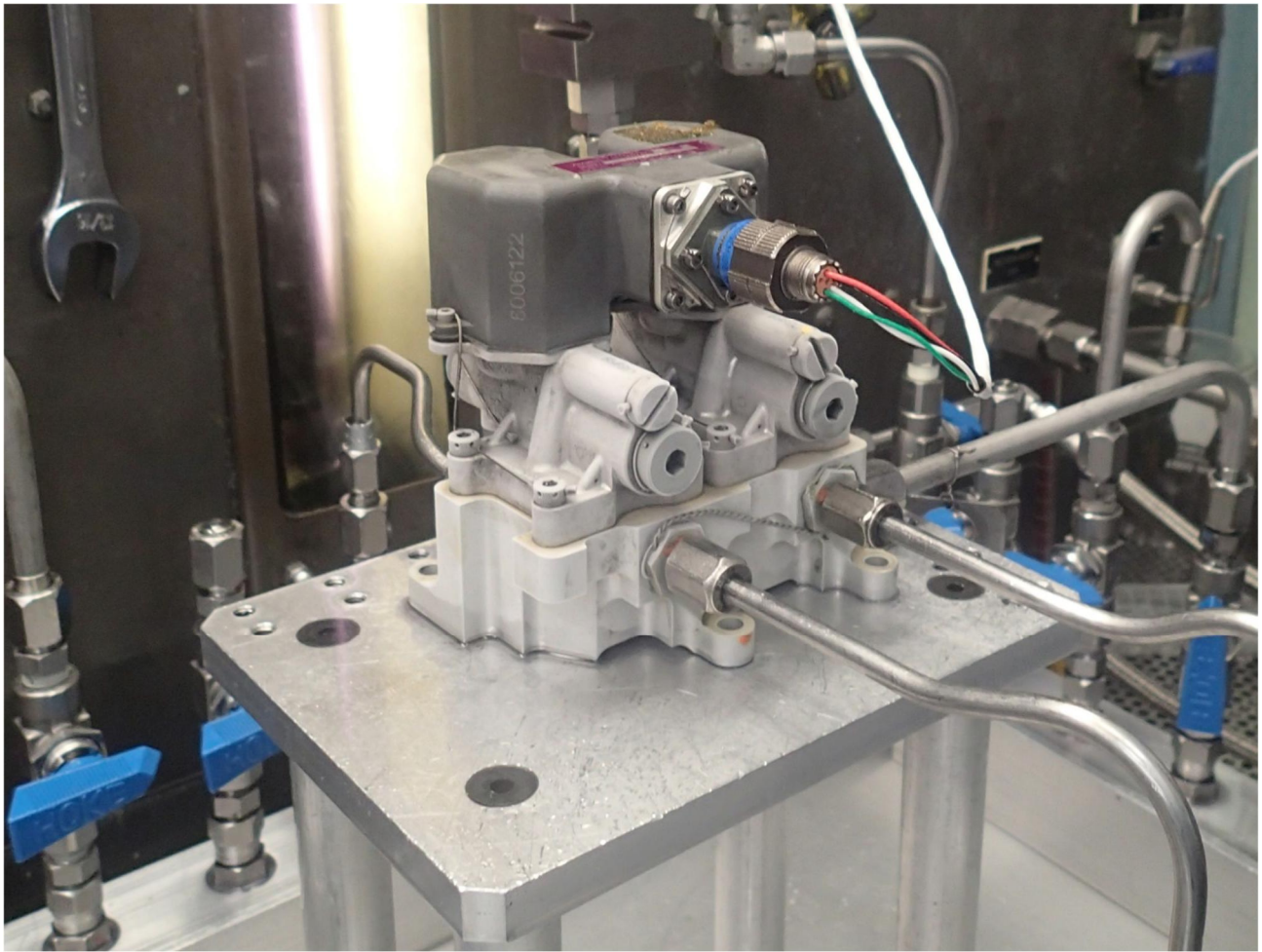
Komponenttien testaus tehtiin Yhdysvalloissa jarrujärjestelmän valmistajan sekä kokoonpanoa tekevän alihankkijan tiloissa. Hydraulikkaosien testauksessa paikalla olivat edustajat jarrujärjestelmän valmistajalta, lentokonevalmistajalta, Kanadan turvallisuustutkintaviranomaisen valtuutetulta edustajalta, Yhdysvaltojen turvallisuustutkintaviranomaisen edustajalta

sekä Onnettomuustutkintakeskukselta. Järjestelmää ohjaavaa keskusyksikköä testatessa paikalla oli lisäksi sen kokoonpanon tekevän alihankkijan edustajia. Järjestelmästä testattiin kaksi ASCV (anti-skid control valve) hydraulikkaventtiiliä, joista toinen vaikuttaa päälaskute-lineiden sisempiin pyöriin ja toinen ulompiin. Lisäksi testattiin ja luettiin vikakoodit venttiilien toimintaa ohjaavasta ASCU:sta (anti-skid control unit).

Komponenttien todettiin yksilöintitietojen perusteella olevan samat kuin lentokoneeseen oli sen valmistuksen yhteydessä asennettu. Ennen testien aloittamista venttiilien sisällä olleesta hydraulinesteestä otettiin näytteet. Hydraulinestettä saatiin kummastakin venttiilistä vähäinen määrä. Hydraulinesteen näytteestä ei havaittu mitään poikkeavaa.

Anti-skid venttiilien testeissä testattiin venttiilillä toteutettujen eri toimintojen toiminta, jarrupaineen säätäminen matalissa lämpötiloissa ja lyhennetty toiminnallinen testaus. Testien jälkeen venttiilit purettiin osittain ja niiden keskeisten komponenttien kunto tarkastettiin silmäämääräisesti.

Toiminnallisessa testauksessa venttiilin toiminta testattiin simuloimalla liukkaalle kiitotielle tapahtuva laskeutuminen. Siinä venttiili jäähdytettiin tilaan, joka vastasi Turussa tapahtumahetkellä ollutta lämpötilaa. Aluksi testattiin Touchdown protection -toimintoa, jolloin venttiili ei päästä jarruille painetta, vaan kierättää kaiken hydraulinesteen takaisin säiliöön. Sen jälkeen toiminta testattiin ohjaamalla venttiilille lentokoneen järjestelmän maksimijarrupainetta vastaava 3 000 psi paine, joka vastaa tilannetta, jossa ohjaaja painaa jarrupolkimet pohjaan. Anti-skid venttiili vapauttaa syklisesti jarrupainetta, kuten se tekisi liukkaalle kiitotielle laskeuduttaessa. Testi tehtiin kummallekin venttiin jarruliitännälle sekä jäähdytettynä, että ympäristön lämpöisenä. Vasemman uloimman pyörän jarrua ohjaavalle venttiilille testit toistettiin useaan kertaan, koska tällä jarrulla oli muista poikkeava paine-aika kuvaaja.



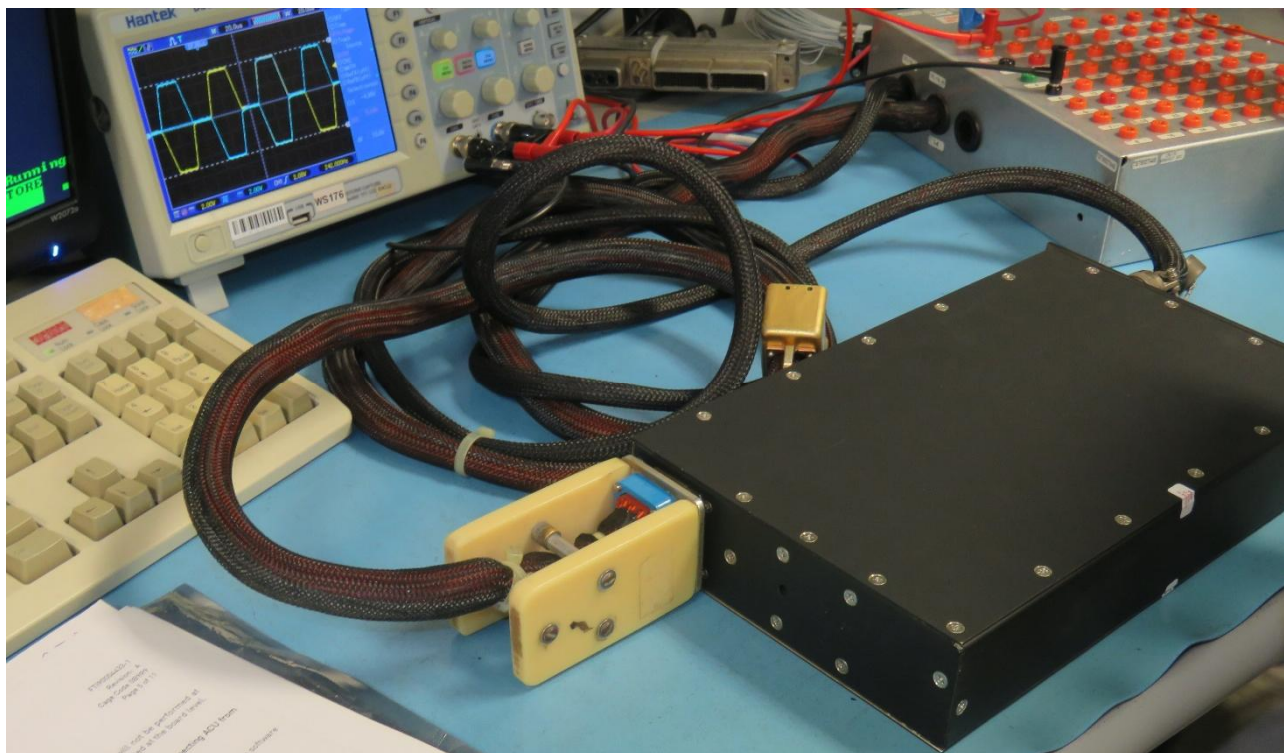
Kuva 12. Jäähdytetty anti-skid venttiili (ASCV) testipenkissä (Kuva: OTKES)

Kahden venttiilin ja niiden kummankin jarruliitännän testauksessa mitattiin yhteensä 56 arvoa. Näistä viidessä havaittiin poikkeamia vastaavalle uudelle osalle määriteltuihin raja-arvoihin nähden. Poikkeamat liittyivät hystereesiin ohjausvirran ja jarrupaineen välillä nostettaessa jarrupaine 500 psi sekä reagointiin jarrupaineen pitämisessä tai vapauttamisessa saadun ohjaussignaalin jälkeen. Havaitut poikkeamat eivät olleet suuruudeltaan merkittäviä ja ovat tavallisia testattaessa käytössä olleita komponentteja. Poikkeamista yksi koski vasemman uloimman pyörän jarruliitainta, jota tarkasteltiin, koska sen jarrupaineen nousu poikkesi muista laskukiidossa tapahtuneen jarrutuksen aikana. Poikkeama liittyi jarrupaineen vapautumisen vasteaikaan ohjaussignaalin saamisen jälkeen. Vasemman uloimman jarrun liitännällä arvo oli 0,0118 sekuntia, kun raja-arvo on 0,010 sekuntia.

Testauksen jälkeen venttiilit purettiin osittain ja niiden karat, männät ja suodattimet tarkastettiin silmämääräisesti. Poistettaessa päätykorkit kaikkien paitsi oikeaa ulointa jarrua ohjanneen venttiilin kara liukui ulos omalla painollaan. Hydraulinsteellä voitelun jälkeen kara tuli ulos omalla painollaan. Tämä herkkäliikkeisyyden puute on saattanut vaikuttaa kyseisen venttiilin kohdalla aikaisemmin mitattuun uuden raja-arvoista poikkeavaan hystereesiin. Karoissa tai männissä ei havaittu mitään normaalista poikkeavaa. Ulompien renkaiden jarruja ohjaavan venttiilin hydraulioöljysuodattimessa oli toista venttiiliä enemmän likaa.

Mitkään testeissä havaitut asiat eivät osoita, että venttiilien toiminnassa tai komponenteissa olisi jotakin sellaista, joka vaikuttaisi havaittuun vasemman uloimman pyörän jarrun muista eroavaan käytökseen.

Ohjausyksikön (ASCU) tutkinta aloitettiin lukemalla vikamuisti. Muistiin oli tallentunut tietoja 63 viimeiseltä lennolta. Aikaisempien lentojen vikailmoitukset käytiin läpi, eikä niistä millään todettu olevan yhteyttä tapahtuneeseen. Vikailmoituksia oli muun muassa jarrujen ylikuumentumisesta, pyörien pyörimiseroista ja käsijarrun päällä olosta. Osa liittyi todennäköisesti huoltotoimintaan ja testeihin. Yhtään vikailmoitusta ei ollut tullut tutkittavan tapauksen laskeutumisen yhteydessä.



Kuva 13. Anti-skid ohjausyksikön (ASCU) testausta (Kuva: Projects Unlimited Inc.)

Ohjausyksikölle tehtiin samanlainen toiminnan testaus kuin tehdään palautuneille tai huollossa olleille ohjausyksiköille. Ohjausyksikön toiminnot testattiin yksitellen läpi. Testit toistettiin lämpörasituksen jälkeen ensin jäähdyttämällä ohjausyksikkö $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sitten lämmittämällä $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kussakin välissä tehtiin ohjausyksikön toimintojen testaus. Lämpörasituksen jälkeen tehdyssä testissä tuli yksi virheilmoitus. Virheilmoitus liittyi vasemman ulkopuolen jarrun testaussignaaliin. Virhe paikannettiin liittyvän yhteen testiliittimen pinniin. Testiliittintä käytetään vain laitteen testauksessa ja ohjelmistojen asennuksissa ja päivityksissä. Se ei ole käytössä normaalin lentotoiminnan aikana. Liitin puhdistettiin ja testit tehtiin uudelleen, jolloin vikaa ei enää ilmennyt.

Ohjausyksikön toiminnan testauksessa ei havaittu mitään sellaista, joka selittäisi vasemman uloimman pyörän jarrun muista poikkeavaa käytöstä.

2.7.5 Renkaiden vauriot

Lentokoneen päälaskutelineiden kaikki neljä rengasta olivat vaurioituneet samalla tavalla. Jokaisessa oli yhdessä kohdassa renkaan kosketusalueen kokoinen kulunut alue. Osassa renkaista kumiaines oli kulunut niin, että kuduskerroksia oli näkyvissä. Niissä renkaissa, jotka olivat osuneet kiitotien reunavaloihin, oli havaittavissa reunavalojen ja niiden kiitotiekiinnitysten aiheuttamia vaurioita. Muissa kohden renkaiden kulutuspintoja tai alueita ei havaittu mitään vaurioita tai jälkiä, jotka olisivat voineet olla tapahtuman aikaansaamia. Mikään renkaista ei puhjennut. Nokkatelineen renkaista ei löytynyt vaurioita. Lentokoneeseen asennetut päälaskutelineiden renkaat olivat kahdelta eri valmistajalta.

Taulukko 8. Päälaskutelineiden renkaiden perustiedot

Sijainti	Vasen ulko, nro.1	Vasen sisä, nro.2	Oikea sisä, nro.3	Oikea ulko, nro.4
Valmistaja/malli	Goodyear Flight Leader	Dunlop*	Dunlop*	Dunlop*
Valmistusmaa	Thaimaa	Iso-Britannia	Iso-Britannia	Iso-Britannia
Koko	H36x12.0-18	H36x12.0-18	H36x12.0-18	H36x12.0-18
Ply rating**	18	18	18	18
Nopeusluokka	225 mph	225 mph	225 mph	225 mph
Kuormitusluokka	21 525 lbs	21 525 lbs	21 525 lbs	21 525 lbs
Kulutuspinnan paksuus	0,33 inch	0,33 inch	0,33 inch	0,33 inch
Osanumero	362K82-1	DR32118T	DR32118T	DR32118T
Sarjanumero	63415724	17236145	17242345	17184099
Valmistusajankohta	6.12.2016	24.8.2017	30.8.2017	3.7.2017

* Ainoa Bombardierin CRJ900 lentokoneeseen hyväksymä ja listaama päälaskutelineen rengas oli tapahtuma-aikaan Goodyear Flight Leader.

** Kuitukerroksiin perustuva renkaan kuormitusluokitus



Kuva 14. Lentokoneen päälaskutelineiden renkaat kulkusuunnan mukaisessa järjestyksessä vauriokohdasta kuvattuna. (Kuvat: CityJet)

Kiitotiehen ja lumeen jääneistä jäljistä nähtiin, mikä rengas oli osunut mihinkin kiitotien reu-
navaloon. Rengas 3. rikkoi ensimmäisen kiitotien reunavalon, rengas 2. kolme seuraavaa reu-
navaloa ja rengas 4. viidennen reunavalon.

FDR:n ja moottorinohjausjärjestelmän tallentamat tiedot viittaavat siihen, että renkaat eivät
ole laskeutumisessa juurikaan lähteneet pyörimään kiitotiekosketuksen alettua. Noin kahden
sekunnin kuluttua kiitotiekosketuksen alusta oli renkaiden nopeus 0–3,4 solmun välillä. Len-
tokoneen maanopeus oli samaan aikaan noin 150 solmua. Noin viisi sekuntia kiitotiekoske-
tuksen jälkeen jarrupaineet alkoivat kohota ja pyörät lukittuivat. Ne pysyivät lukittuneina
noin 2050 metriä eli lähes koko laskukiidon matkan. Yksikään renkaista ei puhjennut. Näin
ollen renkaan ja kiitotien välinen kitka on ollut erittäin pieni koko laskukiidon ajan.



Kuva 15. Päälaskutelineen rengas 1. Vesiliirtotyyppi ”Reverted rubber”:sta aiheutuneita muutoksia renkaan kulutuspinnan kumiaineksessa. Tämä rengas ei osunut kiitotien reunavaloihin. (Kuva: CityJet)

Lentokoneen renkasiin tulleiden kulumavaurioiden arvioinnissa hyödynnettiin lisäksi tutkimassa valtuutettuna edustajana olevan TSB²⁷ Canadan asiantuntemusta. Renkaiden vauriokuvien ja tapaustietojen perusteella saatiin arvio vaurioiden syntymekanismista. Raportissa todetaan, että kaikissa neljässä päälaskutelineiden renkaassa on saman muotoiset ja kokoiset kuluma-alueet, joissa on kumiaineksen muutosta (reverted rubber). Renkaassa numero 2. todetaan vaurioalueella olevan lisäksi syvä viiltomainen vaurio, joka ulottuu kudosterroksiin asti. Nokkapyörissä ei ole havaittavia vaurioita.

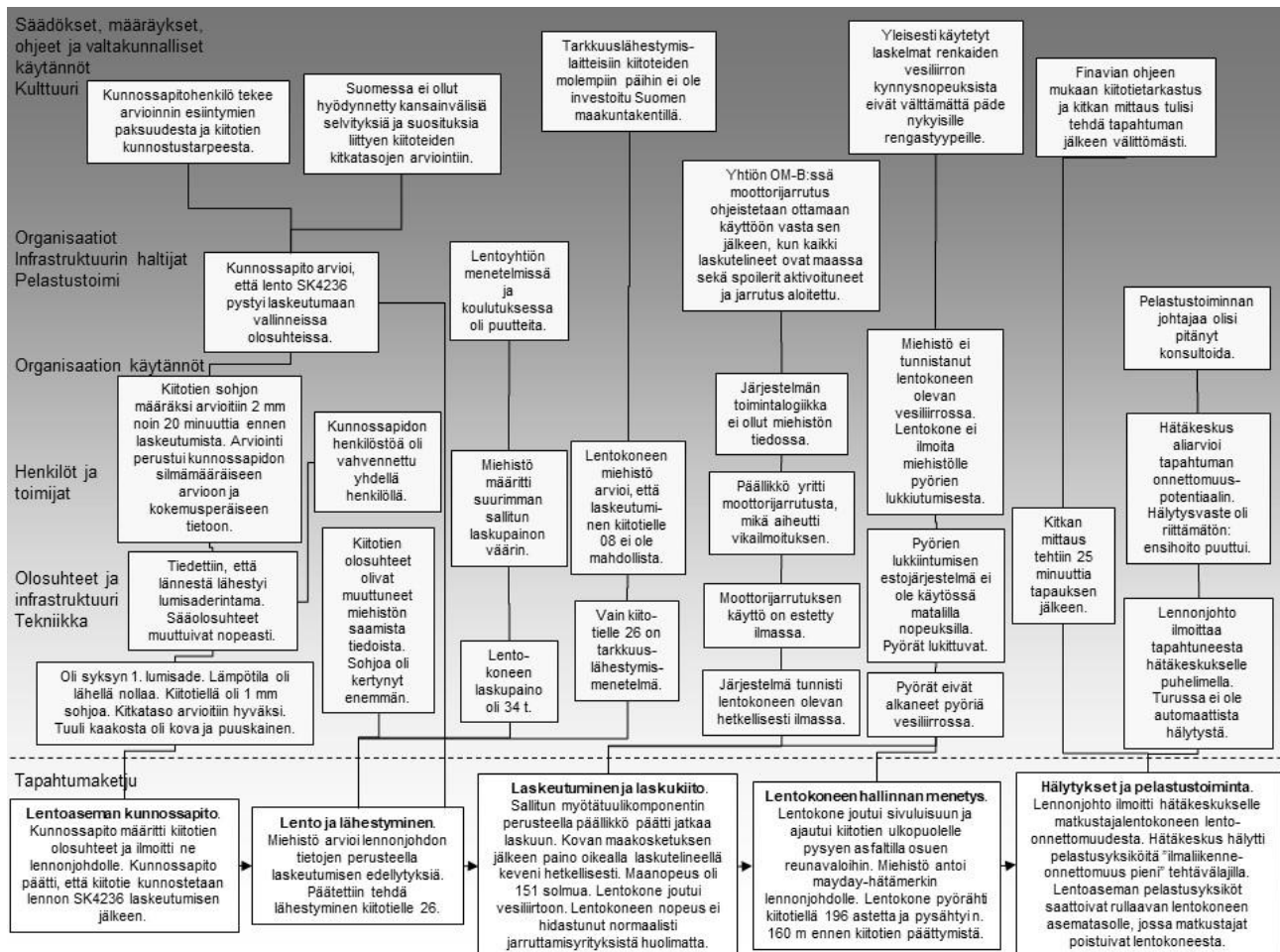
Huomioiden lämpötilan lähellä nollaa ja olosuhteet kiitotien pinnassa, on todennäköistä, että kiitotieltä sivuun ajautuminen johtui vesiliirrosta. Päälaskutelineiden renkaissa näkyvät ”pa-lojäljet” ovat tyypillisiä vesiliirrosta, joka saavuttaa kumiaineksen muutosta (reverted rubber) aiheuttavan vaiheen. Tämä tarkoittaa, että renkaat ovat lukkiutuneet jarrutuksessa määrällä kiitotiellä. Samanlaisia vaurioita on havaittu TSB Canadan tutkimissa kiitotieltä ulos ajautumisissa. Renkaan numero 2. vaurioiden todetaan aiheutuneen todennäköisimmin kiitotien reunavaloihin osumisesta.

²⁷ TSB, Transport Safety Board

3 ANALYYSI

3.1 Tapahtuman analysointi

Tapahtuman analysoinnissa on käytetty Onnettomuustutkintakeskuksen edelleen kehittämää Accimap-menetelmää²⁸. Analyysitekstin jäsentely perustuu tutkinnassa laadittuun Accimap-kaavioon.



Kuva 16. Accimap-kaavio

3.1.1 Turun lentoaseman kunnossapito

Kiitotien kunto arvioitiin 21 minuuttia ennen lennon laskeutumista. Arvio välitettiin lentokoneen miehistölle. Lentoasemalla oli voimakas lumisade ja kiitotien olosuhteet muuttuivat nopeasti loskan kertymisen vuoksi. Kunnossapidon henkilöstö ei tehnyt uusintamittauksia ennen lentokoneen laskeutumista, koska arvioivat olosuhteiden riittävän tulevan lentokoneen laskeutumiseen ja toisen lähtöön. Kunnossapitohenkilöstö oli päättänyt kunnostaa kiitotien laskevan ja lähtevän lentokoneen jälkeen.

²⁸ Vaaratilanne kuvataan Accimap-kaavion alaosassa tapahtumaketjuna. Tunnistettut päätöksentekijätahot ja muut toimintaa ohjaavat tasot merkitään vasempaan reunaan. Tapahtumaketjun osien tarkastelu eri tasoilla tehdään alhaalta ylöspäin. Kaavion alaosassa tarkastellaan yksittäistä tutkittavana olevaa vaaratilannetta, josta edetään laajoihin näkökulmiin ja merkityksiin esimerkiksi kansainvälisellä tai kansainvälisellä tasolla. Rasmussen, J. & Svedung, I. (2000) *Proactive Risk Management in a Dynamic Society*. Karlstad, Sweden. Swedish Rescue Services Agency.

Kunnossapitohenkilöstö ei mukauttanut toimintaansa muuttuviin olosuhteisiin. Siksi lentokoneelle ilmoitetut kiitotieolosuhteet eivät enää myöhemmin vastanneet laskeutumishetkellä vallinneita.

3.1.2 Lento ja lähestyminen

Tuulen muutosten osalta lentokoneen ohjaajat olivat hyvin tietoisia tilanteesta ja seurasivat sitä tarkasti. He eivät kuitenkaan saaneet tietoa nopeasti yltyneen lumisateen aiheuttamasta loskakerroksen paksuuntumisesta kiitotiellä, joka poikkesi luminotamissa olleista arvoista. Viimeisin tarkka tieto loskakerroksesta oli kello 20.03 luminotamista. Sen jälkeen loskaesiintymän paksuus oli kasvanut huomattavasti. Lentäjät eivät kyseenalaistaneet päätöksenteon yhteydessä saamiaan tietoja säästä ja kiitotieolosuhteista. He eivät kysyneet tarkennuksia kiitotiellä vallinneista olosuhteista, joten muuttuneiden olosuhteiden tuomat muutokset jäivät huomiotta, eikä kiitotien kunnossapitotoimia pyydetty.

Päällikkö tarkasti myötätuulikomponentin olevan sallituissa rajoissa, mutta ei tiedostanut, että lentokoneen paino ylitti suurimman sallitun suoritusarvoperusteisen laskeutumispainon. Lentokoneen arvioitu laskeutumispaino on ollut noin 33 800–33 980 kg, eli vähintään 1 600 kg enemmän kuin suurin sallittu suoritusarvoperusteinen laskeutumispaino. Tähän vaikuttivat suoritusarvotaulukoiden vaikealukuisuus (ergonomia) ja mahdollinen erehdys laskelmaa tehtäessä. Päällikkö teki laskelmat muun lentotoiminnan ohessa lähestymisen loppuvaiheessa ja tämä on voinut vaikuttaa virheen syntyyn. Miehistö ei tehnyt laskelman ristiintarkastusta, jolla virhe olisi voitu havaita. Tältä osin lentoyhtiön menetelmissä ja koulutuksessa oli puutteita.

CityJet -yhtiön koulutusjärjestelmässä on yhden tunnin pakollinen koulutusjakso talvikelillä operointiin. Lisäksi yhtiö suosittaa ohjaajille lentokoneen valmistajan järjestämiä talvilentämiseen liittyviä kursseja. Lentoyhtiön reittiverkostoon kuuluu lentokenttiä, joilla joutuu operoimaan usein talviolosuhteissa. Silloin on huomioitava talvilentämisen erityisvaatimukset ja nopeasti muuttuvat olosuhteet.

3.1.3 Lähestymislaitteet

Kiitotien 08 tuoliolosuhteet olisivat olleet paremmat laskeutumisen kannalta. Matalasta pilvikorkeudesta johtuen vain ILS-lähestyminen oli mahdollinen. Turun lentoasemalla ILS-laitteisto on asennettu vain kiitotielle 26. Tämän takia lentokone joutui laskeutumaan myötätuulella. Suomen maakuntakentillä ei ole tarkkuuslähestymismenetelmiä kiitotien molempiin päihin.

3.1.4 Laskeutuminen ja lentokoneen hallinnan menetys

Laskeutuminen tapahtui oikealla etäisyydellä kiitotien kynnyksestä, mutta hieman oikealle kiitotien keskilinjasta. Lähestyminen oli stabiili, mutta lentokoneen massan liikesuunta kosketuksen aikana oli oikealle kiitotien suunnasta. Tämän johdosta lentokone ajautui oikealle kiitotien keskilinjalta. Lisäksi tuulen vaikutus nosti vasenta siipeä, eikä tätä kompensoitu siivekeohjauksella. Tästä seurasi kallistus, joka aiheutti nostovoiman sivuttaiskomponentin oikealle. Laskeuduttaessa epäpuhtaalle kiitotielle sivutuulella korostuu se, että lentokoneen massan liikesuunta on yhteneväinen kiitotien suunnan kanssa. Lisäksi CRJ900-lentokoneessa sivutuulen aiheuttama kallistumispyrkimys tulee kompensoida siivekeohjauksella.

Lentokone joutui vesiliirtoon heti kosketuksessa. Loskaliirron alkamiseen vaikutti myötätuuli ja olosuhteiden takia ollut suurempi maanopeus. Ohjaajat eivät todennäköisesti ymmärtäneet pyörien olevan loskaliirrosta, eikä lentokoneessa ole järjestelmää, joka varoittaisi epänormaalista hidastuvuudesta. On todennäköistä, että jarrujen vapauttaminen, tarvittaessa

toistuvasti, olisi johtanut pyörien pyörimään lähtemiseen ja siten sivuttaispidon kasvamiseen. Pyörien pyörimistietoa hyödyntävät järjestelmät saattavat toimia ei-toivotulla tavalla, kun pyörät eivät pyöri.

Päällikkö oli ottanut loppuosalla lentokoneen ohjauksen itselleen. Silloin kaikki ohjaamiseen liittyvät toiminnot kuuluvat hänen vastuulleen. Laskukiidon alkuvaiheessa päällikkö oli toden-
nut ääneen, ettei pysty hallitsemaan lentokonetta. Perämies osallistui lentokoneen jarruttami-
seen pyöräjarruilla ilmoittamatta siitä päällikölle, koska hän piti mahdollisena, että päällikkö
ei käyttänyt jalkajarruja, tai etteivät ne toimineet. Perämiehen jarrupoljinten painamisella ei
tässä tapauksessa ollut vaikutusta, koska päällikkö jarrutti pysähdykseen asti. Näin ollen mah-
dollisuus lentokoneen hallintaan saamiseen oli mahdotonta.

CityJetin toimintakäsikirjassa (OM-B) ohjeistetaan vähentämään pyöräjarrutusta luistotilan-
teessa, kunnes lentokoneen hallinta on saatu palautettua. Jarrujen hetkellinen vapauttaminen
saattaisi mahdollistaa sen, että pyörät olisivat alkaneet pyöriä. Tällöin pyörien lukkiintumista
estävä -järjestelmä olisi aktivoitunut ja estänyt pyörien lukkiintumisen uudestaan.

Lentokoneen käsikirjassa on loskaliirron alkamisnopeudeksi annettu 116 solmua. Lentoko-
neen oikea kynnysnopeus olisi ollut 141 solmua. Puuskaisen tuulen takia päällikkö käytti lä-
hestymisessä suurempaa nopeutta. Laskeutumisessa maanopeus oli 151 solmua, eli vesiliir-
toon joutumisen todennäköisyys on ollut merkittävä.

Kiitotien pinnan esiintymillä ja maanopeudella voidaan arvioida liirtoon joutumisen riskiä.
1960-luvulla tehdyt ja kokeellisin menetelmin varmistetut lentokoneiden vesiliirtoon joutu-
misen alkamisnopeuden laskentakaava $v_{hydro} = 9 \times \sqrt{rengaspaine\ (psi)}$ ei välttämättä päde
nykyisille rengastyypeille. Nykyisten renkaiden joutuminen vesiliirtoon voi tapahtua mata-
lammilla nopeuksilla. Asiasta on joitakin selvityksiä ja tutkimuksia, joiden perusteella on
saatu viitteitä matalammasta vesiliirron alkamisnopeudesta. Lentäjien kannalta on oleellista
tietää, millainen vesiliirron riski on kulloinkin laskeutumisessa. Silloin voidaan kiinnittää huo-
miota jarrutukseen ja renkaiden lukkiutumisen välttämiseen.

Moottorijarrutusta ei saatu käyttöön tyhjäkäyntitehoa suuremmalla teholla, koska järjes-
telmä tulkitsi lentokoneen olevan ilmassa ja moottorinohjaus esti moottorijarrutuksen. Las-
kussa liian aikainen moottorijarrutuksen valinta johtaa siihen, ettei se ole käytettävissä ilman
erillisiä toimenpiteitä. Sen käyttöön saaminen olisi vaatinut moottorijarrutuksen kytkemisen
pois päältä kertaalleen. Tämä toimintamenetelmä ei ollut ohjaajien tiedossa. Moottorijarru-
tuksen käyttöönottoa laskussa käsitellään yhtiön OM-B:n kohdassa 2.4.9. Liian aikaisin valitun
ja siksi vikailmoituksen (FADEC fault) aiheuttaneen moottorijarrutuksen palauttamiseksi ei
tehty toimenpiteitä. Lentokonevalmistajan AFM:ssä on ohjeistettu toiminta FADEC fault tilan-
teessa missä tahansa lennon vaiheessa. Sama nyt moottorinohjaukseen liittynyt FADEC fault
vikailmoitus voi aiheutua lukuisista eri syistä, eikä se kohdenna erikseen häiriötä moottorijar-
rutuksen toiminnassa.

CityJetin toimintakäsikirjassa (OM-B) on ohjeistus tilanteeseen, jossa lentokone luistaa sivu-
tuulilaskun aikana. Ohjeen mukaan moottorijarrutustehoa pitää vähentää tai moottorijarrutus
pitää jopa kytkeä pois päältä. Näin toimimalla lentokoneen ohjattavuutta voidaan parantaa.
Moottorijarrutusteho oli kuitenkin tyhjäkäynnillä, eikä moottorijarrutus ollut käytettävissä.
Moottorijarrutuksen käyttöön saaminen ei olisi estänyt pyörien joutumista vesiliirtoon, mutta
liirto olisi mahdollisesti loppunut nopeuden hidastuessa. Moottorijarrutus on tehokkaimmil-
laan suurella nopeudella.

Lentokoneen päällikkö oli joutunut vaativaan tilanteeseen, jossa vaikuttivat muun muassa seuraavat tekijät: kova laskeutuminen, kiitotien liukkaus, lentokoneeseen kohdistuneet sivuttaisvoimat sekä moottori- ja pyöräjarrutusten odottamaton toiminta. Tällainen tilanne altistaa inhimillisille virheille, vaikka toimintamallit olisivat tiedossa.

3.1.5 Muut jälkitoimet lentoasemalla

Lentoaseman kunnossapidolla oli tieto tulevasta säätilan muutoksesta. Lentoliikenteen sujuvuuden varmistamiseksi varauduttiin hälyttämällä kunnossapitoon lisähenkilö. Lentokoneen pyörähdys kiitotiellä keskeytti liikennealueitten kunnossapitotyöt, koska kyseiset henkilöt joutuivat siirtymään pelastusajoneuvoihin. Tällaisissa tapauksissa on KEKO-ohjeissa pääpaino vaaratilanteen jälkeisissä toimenpiteissä *lisävahinkojen estämisellä ja vallinneiden olosuhteiden todentamisella*. Lentokoneen rullattua asematasolle ja matkustajien poistuessa lentokoneesta oli paikalle saapunut pelastuslaitoksen yksiköitä. Tällöin mahdollisten lisävahinkojen estäminen oli varmistettu. Nyt oli mahdollista tehdä ohjeen mukainen kiitotietarkistus. Kiitotien kitkan mittaaminen aloitettiin noin 25 minuuttia tapahtuman jälkeen. Tämän jälkeen otettiin yleiskuvia lentokoneen jättämistä jäljistä. Tutkinnan kannalta on oleellista saada todennettua tapahtumahetken olosuhteet mahdollisimman tarkasti mittaamalla ja kuvaamalla runsaasti tapahtumaan liittyviä yksityiskohtia. Viive kiitotietarkistuksessa, puutteet olosuhteiden todentamisessa ja jatkuva kova lumisade estivät tarkan tiedon saannin tapahtumahetkellä vallinneista kiitotieolosuhteista.

KEKO-ohjeen mukaan lentoaseman pelastusajoneuvokalustossa on mukana toimintavalmis kamera, mutta sen hyödyntäminen tilanteen tallentamiseen jää käyttämättä, koska se on mahdotonta pelastustehtäviä hoidettaessa. Suomessa on joillakin lentoasemilla pelastusajoneuvoissa automaattisesti käynnistyvät videokamerat. Niistä saatu aineisto hyödyttää tutkintaa ja sitä voidaan käyttää myös lentoaseman pelastuspalvelun koulutuksessa. Vastaavia videokameroita on Suomessa käytössä pelastuslaitosten ja poliisin ajoneuvoissa.

3.2 Pelastustoimien analysointi

Perämiehen lähettämä mayday-hätämerkki oli tässä tilanteessa hyvä ratkaisu, koska tapahtumassa lentokoneen hallinta oli menetetty ja oli mahdollisuus, että lentokoneen rakenteet olisivat voineet pettää ja aiheuttaa myös merkittäviä henkilövahinkoja.

Lennonjohto ilmoitti hätäkeskukseen matkustajalentokoneen lento-onnettomuudesta ja välitti ohjaajalta saadut tiedot, joiden mukaan ilmeisesti ei ole vaurioita eikä henkilövahinkoja. Hätäkeskus hälytti pelastusyksiköitä tehtävälajilla *ilmaliikenneonnettomuus, pieni*. MORA-ohjeen mukaan, kun kyseessä on matkustajalentokone/reittilentokone, tehtävälajiksi valitaan *ilmaliikenneonnettomuus, suuri*. Toisaalta samassa ohjeessa epäselvän onnettomuuden tehtävälaji on *ilmaliikenneonnettomuus, pieni*, mutta silloin tehty riskinarviointi tulee aina varmistaa pelastustoiminnan johtajan kanssa. Nyt hälytysvaste jäi riittämättömäksi muun muassa ensihoidon puuttuessa kokonaan. MORA-ohje on epälooginen ensihoidon hälyttämisen kriteerien osalta. Alkuvaiheessa ei ollut tietoa lentokoneen pyörähdysten vakavuudesta. Lentokoneessa ja kiitotien reunavaloissa oli vaurioita, joita ei vielä ollut havaittu. Myöskään mahdollisista henkilövahingoista ei ollut tietoa. Tilannekuva tarkentui vähitellen, kun saatiin lisää tietoa tapahtuman kulusta ja lentokoneen vaurioista.

Mahdolliset fyysiset vammat ovat voineet jäädä tunnistamatta, koska kaikkia matkustajia ei kuultu tai muutoin arvioitu ensihoito- tai terveydenhuoltohenkilöstön toimesta. Tämän kaltainen tilanne voi olla myös henkisesti kuormittava. Matkustajien tilan arviointi sekä tilanteeseen liittyvä ohjaus mahdollisiin tukitoimiin esimerkiksi kriisiapuun jäi tekemättä.

Lentokoneen kunnon tarkastelu rullausta varten tehtiin pelastusajoneuvoista valonheittämiä käyttäen. Silloin pystyy huomaamaan isommat vauriot ja mahdolliset nestevuodot. Lentokoneen rullauskelpoisuuden varmistaminen oli mahdollista tehdä tarkastamalla laskutelineiden ja renkaiden kunto sekä lentokoneen muut mahdolliset vauriot. Paikallaolevista parhaimman arvion mahdollisten vaurioiden vaikutuksesta osaavat tehdä lentokoneen ohjaajat. Kahdessa paikalle saapuneessa pelastuspalvelun yksikössä oli ainoastaan kuljettaja. Jos kuljettaja poistuisi tarkastamaan lentokonetta, jäisi pelastusajoneuvo miehittämättä.

Turun lennonjohtaja teki hätäilmoituksen puhelimella hätäkeskukseen. Tapahtumassa lennonjohtaja kommunikoi samaan aikaan mayday-hätämerkin lähettäneen lentokoneen miehistön ja hälyttämänsä lentoaseman pelastuspalvelun kanssa. Tämän takia hän ei heti pystynyt keskustelemaan hätäkeskuspäivystäjän kanssa, vaikka puhelinyhteys oli auki. Tämä viive vei aikaa hätäkeskuksen tekemästä pelastusyksiköiden hälyttämisestä. Painonapin kautta välityllä hälytyksellä olisi huomattavasti lyhennetty hälytykseen ja sen käsittelyyn tarvittavaa aikaa hätäkeskuksessa. Samalla epäselvyydet hätäkeskuksen riskinarvioinnissa jäisivät pois. Painonapilla tehtävä automaattihälytys on käytössä esimerkiksi Helsinki-Vantaan ja Tampere-Pirkkalan lentoasemilla. Muu samanaikainen lentoliikenne olisi merkittävästi edelleen kuormittanut lennonjohtajaa, mikä olisi mahdollisesti aiheuttanut lisää viivettä hätäkeskukseen tehtävään hätäilmoitukseen.

Lennonjohtaja kertoi hätäkeskukselle, että lentokone rullaa asematasolle ja arvioi kaiken olevan kunnossa. Hälytyspalveluohjeen mukaan lennonjohtajan tulee välittää hätäkeskukseen lisätietoja vain siinä tapauksessa, kun LENTO P3 ei johda tilannetta. Muulloin LENTO P3 välittää lennonjohtajan antamat lisätiedot saapuville pelastusyksiköille. Näin toimimalla saavat paikalle tulevat pelastusyksiköt tarkimman viime hetken tiedon tapahtumapaikalla vallitsevasta tilanteesta.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

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

1. Kiitotien puhdistaminen päätettiin tehdä laskeutuvan ja lähtevän lentokoneen jälkeen. Päätöksessä pysyttiin, vaikka sää muuttui nopeasti ja lumisade kasvatti jatkuvasti kiitotiellä olleen loskakerroksen paksuutta.

Johtopäätös: Kiitotien kunnossapidon ennakkosuunnitelmia ei voida tehdä pitkälle aikavälille nopeasti muuttuvissa sääolosuhteissa.

2. Lentäjät eivät kyseenalaistaneet saamiaan sää- ja kiitotietietoja päätöksenteon yhteydessä. Tuulitietoja seurattiin tarkasti.

Johtopäätös: Luminotamin tekemisestä oli kulunut aikaa. Lentoasemalla vallitsevan lumisateen tiedettiin voimistuvan. Luminotamin luotettavuus heikkenee nopeasti muuttuvissa sääolosuhteissa.

3. Lentokone laskeutui ylipainoisena suoritusarvoperusteiseen laskupainoon nähden.

Johtopäätös: Monivaiheiset taulukot sallitun laskupainon selvittämiseen olivat omiaan aiheuttamaan virheen painolaskelmissa.

4. Turun lentoasemalla on ILS-mittarilähestymismenetelmä vain kiitotielle 26.

Johtopäätös: Ohjaajat päättivät laskeutua myötätuulella kiitotielle 26, koska lähestyminen kiitotielle 08 ei heidän arvionsa mukaan ollut mahdollista ILS-mittarilähestymismenetelmän puuttumisen vuoksi. Suomessa on lentoasemilla pl. Helsinki-Vantaa ILS-mittarilähestymismenetelmä vain toiseen päähän kiitotietä.

5. Laskeutuminen oli kova. Siitä seurasi, että kosketuksen jälkeen joustintuen oietessa paino oikeanpuoleisella laskutelineellä keveni siten, että järjestelmät tunnistivat lentokoneen olleen ilmassa. Samaan aikaan asetettu moottorijarrutus ei toiminut.

Johtopäätös: Moottorijarrutuksen uudelleen aktivointi häiriötilanteen poistamiseksi ei ollut lentäjille tuttu.

6. Suuresta maanopeudesta ja kiitotiellä olleesta loskakerroksesta johtuen lentokone joutui vesiliirtoon heti maakosketuksen alettua.

Johtopäätös: Vesiliirron mahdollisuuden tiedostaminen etukäteen parantaa tilanetietoisuutta ja toimintamahdollisuuksia liirtoon jouduttaessa.

7. Loskaliirron takia lentokoneen pyörät eivät lähteneet pyörimään riittävällä nopeudella eikä jarrutuksessa pyörien lukkiintumista estävä järjestelmä aktivoitunut. Päällikön ja myöhemmin perämiehen samanaikainen jarrupolkimien painaminen piti pyörät lukossa lentokoneen pysähtymiseen saakka

Johtopäätös: Lentäjät eivät tunnistaneet olevansa loskaliirrosta eivätkä sitä, että pyörät eivät pyörineet.

8. Nopeuksien määrittämisessä vesi- ja loskaliirron alkamiselle käytetään kaavaa, joka on testattu kokeellisin menetelmin 1960-luvulla. Kaavan antamat arvot eivät välttämättä päde nykyaikaisten lentokoneiden renkaiden vesiliirron alkamisnopeuksille, vaan ne saattavat olla matalampia.

Johtopäätös: Nykyaikaisten lentokoneen renkaiden vesiliirron syntynopeuksien luotettavaan määrittämiseen tarvitaan lisää tietoa, selvityksiä ja mahdollisia tutkimuksia.

9. Siivekeohjauksen lopettaminen laskun jälkeen lisäsi lentokoneen ajautumista tuulen mukana kohti kiitotien oikeaa reunaa.

Johtopäätös: CRJ900:lla on siivekeohjauksen käyttäminen lentokoneen hallinnan kannalta tärkeää laskukiidossa sivutuulella.

10. Vallinneiden kiitotieolosuhteiden todentaminen aloitettiin noin 25 minuuttia tapahtuman jälkeen. Lumisade aiheutti muutosta. Tällöin tapahtuman aikaan vallinneet kiitotieolosuhteet jouduttiin arvioimaan.

Johtopäätös: Tapahtuman selvittämisen kannalta on oleellista, että vallinneet kiitotieolosuhteet dokumentoidaan välittömästi tapahtuman jälkeen.

11. Lennonjohtaja soitti hätäkeskukseen. Hätäkeskus teki hälytyksen tehtävälajina *ilmaliikenneonnettomuus, pieni*. Hälytyksestä jätettiin ensihoito pois keskustelematta pelastustoiminnan johtajan kanssa.

Johtopäätös: Lennonjohtajan puhelimella muiden samanaikaisten tehtävien ohessa tekemä hätäilmoitus pidentää käsittelyaikaa ja altistaa epäselvyydelle hätäkeskuksen riskiarvioinnissa.

5 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

5.1 Kiitotien kunnossapito

Nopeasti muuttuvissa sääolosuhteissa lentokoneen ohjaamomiehistön aiemmin saama tieto kiitotieolosuhteista voi poiketa huomattavasti laskeutumishetkellä vallitsevista olosuhteista.

Tapahtumassa loskan paksuus kiitotiellä kasvoi selvästi, mutta siitä ei ilmoitettu edelleen eikä kiitotietä kunnostettu.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Finavia Oyj tarkistaa nykyiset kiitotieolosuhteiden arviointimenettelyt ja kunnossapito-käytännöt sekä reagoinnin muuttuviin olosuhteisiin ja toteuttaa näiden pohjalta tarvittavat muutostoimenpiteet. [2018-S46]

5.2 CityJet -yhtiön ohjeistus suoritusarvolaskennasta

Yhtiön käyttämät suoritusarvolaskentaan käytetyt taulukot ovat monimutkaisia ja vaikeasti luettavia.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Irlannin ilmailuviranomainen IAA valvoo, että CityJet -yhtiön suoritusarvolaskennan menetelmät ovat riittäviä varmistamaan turvallisen operoinnin eri olosuhteissa. [2018-S47]

Talviolosuhteissa suoritusarvolaskennan tarkkuus ja koulutuksen kautta saatu osaaminen korostuvat.

5.3 Moottorijarrutuksen toimintalogiikan tunteminen

CRJ900:n moottorijarrutus ei toimi, kun se valitaan lentokoneen ollessa ilmassa. Laskussa liian aikainen moottorijarrutuksen valinta johtaa siihen, että se ei ole käytettävissä ilman erilisiä toimenpiteitä.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Kanadan ilmailuviranomainen (TC) valvoo, että Bombardier informoi käyttäjiä moottorijarrutuksen toimintalogiikasta eri tilanteissa. [2018-S48]

5.4 Vesiliirto ja renkaat

Vesi- tai loskaliirron riskiä ei aina tunnisteta tai mielletä olevan, koska tavallisesti kiitotie-esiintymien paksuudet ovat pieniä. Käytetyt vesiliirron alkamisnopeudet on usein laskettu kaavalla, joka ei välttämättä sovellu nykyaikaisille lentokoneiden renkailla.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

CRJ-sarjan lentokoneille tyyppihyväksynnän myöntänyt Kanadan ilmailuviranomainen (TC) valvoo, että Bombardier osoittaa, että vesiliirron alkamisnopeudet on määritetty riittävän luotettavalla tarkkuudella huomioiden nykyään käytettävät rengastyypit. [2018-S49]

Vesiliirron lisäksi tulee tarkastella myös mahdollisten muiden esiintymien, kuten loskan, vaikutus liirron alkamisnopeuteen.

5.5 Lento-onnettomuusilmoituksen käsittely hätäkeskuksessa

Lennonjohtaja ei voi keskeyttää lennonjohtotyön vaatimia tehtäviä hätäpuhelun ajaksi, jolloin puhelimella tehdyn hätäilmoituksen käsittelyaika pitenee ja aiheuttaa viivettä hälytykseen. Tällainen puhelu hankaloittaa hätäkeskuksessa onnettomuuden riskinarvioinnin tekemistä ja siten tehtävälajin valintaa.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Sisäministeriö yhdessä Hätäkeskuslaitoksen kanssa selvittää, miten nopea hälytystieto lennonjohdosta saadaan välitettyä hätäkeskukseen nykyaikaisilla teknisillä ratkaisuilla. [2018-S50]

5.6 Toteutetut toimenpiteet

Ei tiedossa olevia toimenpiteitä.

Helsingissä 23.10.2018

Ismo Aaltonen

Pekka Orava

Timo Naskali

Petri Koistinen

Mika Kosonen

LÄHDELUETTELO

Kirjalliset lähteet

- Horne WB, Dreber RC. (1963) Phenomena of Pneumatic Tire Hydroplaning. NASA Technical Note D-2056.
- Van Es GWH. (2001) Hydroplaning of Modern Aircraft Tires. National Aerospace Laboratory NLR. NLR-TP-2001-242.

Tutkinta-aineisto

- 1) Tapauksesta tehtyt lentoturvallisuusilmoitukset
- 2) Ohjaajien tapauksesta tekemät ilmoitukset ja raportit, CityJet
- 3) Tekniikan tapahtumailmoitus, CityJet
- 4) Turun lentoaseman kunnossapidon raportti tapahtuneesta, Finavia
- 5) Poliisin tutkintailmoitus
- 6) Bombardier Aircraft Level Observations, CITYJET CRJ900 EI-FPD (S/N 15401), Loss of Control During Landing, Serious Incident Turku, Finland 25 October 2017, Bombardier
- 7) Landing Performance Comparison Study (CRJ900 EI_FPD (A/C 15401) Turku Serious Incident, Bombardier
- 8) CRJ900 EI-FPD (S/N 15401) – Loss of Control and Runway Excursion During Landing, Memo, Bombardier
- 9) Engineering laboratory report, Analysis of Tires, CL-600-2014 (CRJ-900), EI-FPD, Transportation Safety Board of Canada
- 10) Company Safety Investigation Report CIR 05/2017, CityJet
- 11) Safety Investigation Report CRJ900 Anti-Skid Control Valve and Anti-Skid Control Unit Assemblies BCY Landing Roll Incident, TKU Airport, 25-October-2017, Meggit
- 12) G.W.H. van Es, Review of the state of current knowledge regarding tyre braking performance, anti-skid systems, and modern aircraft tyres on water contaminated runways
- 13) Winter Operations, Friction Measurements and Conditions for Friction Predictions, Main Report, SL2011/10, Accident Investigation Board Norway
- 14) Lentäjän ja lennonjohtajan lupakirjatiedot
- 15) CRJ900 lentokoneen teknisiä tietoja ja ohjeita
- 16) EI-FPD lentokoneen vauriotarkastuksen aineisto
- 17) EI-FPD lokikirja 25.10.-19.11.2017
- 18) EI-FPD loadsheet SK4236 25.10.2017
- 19) CityJet -lentoyhtiön ohjeita
- 20) Turun lentoaseman harjoitussuunnitelmat 2015–2017
- 21) SMS-käsikirja, Finavia, v.1.0
- 22) ANS-Finlandin ohjeita
- 23) KEKO Kunnossapidon toimintaohjeet poikkeamatilanteissa, Finavia, v.1.3
- 24) Turun lentoaseman ohjeita
- 25) Säättietoja 25.10.2017
- 26) EI-FPD CVR tallenteet
- 27) Tapaukseen liittyvät Turun lennonjohdon radiopuhelinliikenteen tallenteet
- 28) EI-FPD FDR-tallenne
- 29) FDR-tallenteista tehty animaatio
- 30) Poliisin ohje lento-onnettomuuksien tutkinnasta, 13.12.2013
- 31) Pelastustoimen- ja ensihoidon tapaukseen liittyvää materiaalia
- 32) Hätäkeskuksen tapahtumaan liittyvää materiaalia ja ohjeistusta
- 33) Tapahtumaan liittyvät pelastustoimen Pronto-selosteet
- 34) Anti-skid komponenttien testausuunnitelma ja testien tulokset
- 35) Finavian valokuvia tapahtumasta 25.10.2017
- 36) Poliisin valokuvia tapahtumasta 25.10.2017

YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Tutkintaselostusluonnos on ollut lausunnolla Liikenteen turvallisuusvirastolla, Varsinais-Suomen pelastuslaitoksella, Poliisihallituksella, Finavia Oyj:llä, ANS Finlandilla, Ruotsin turvallisuustutkintaviranomaisella, Irlannin lentoturvallisuusviranomaisella, Hätäkeskuslaitoksella, CityJetillä, Bombardierilla, Euroopan lentoturvallisuusvirastolla, Kanadan ilmailuviranomaisella sekä lennon miehistöllä. Yksityishenkilöiden antamia lausuntoja ei turvallisuustutkintalain mukaisesti julkaista.

Liikenteen turvallisuusvirasto totesi lausunnossa, että tapahtuma-aikana voimassa ollut lentoasemaa ja operaattoria koskeva määräyspohja oli kansallinen AGA M3-sarja. Turun lentoasemalle myönnettiin EU-hyväksyntätodistus 7.12.2017, jonka jälkeen lentoasemainfran ja toiminnan määräyspohja on ollut asetuksessa EU No 139/2014. Tutkintaselostuksesta ei ilmene, että tutkinnassa olisi selvitetty tapahtumaan osallisten turvallisuudenhallintajärjestelmien toimintaa ja vaikuttavuutta ennen ja jälkeen tapahtuman.

Myös lentotoiminnanharjoittajien ja lentokentänpitäjän turvallisuudenhallintajärjestelmän tarkastelu, huomioiden lentotoiminta-asetuksen 965/2012 asettamat vaatimukset, olisi Trafin mukaan tärkeää. Samoin tulisi tarkastella organisaation roolia ja vastuita lentäjien osaamisesta, päätöksenteosta ja ohjaamoyhteistyöstä (CRM).

Trafi kannattaa annettuja turvallisuussuosituksia, mutta totesi että suositus, joka liittyy suoritussarvolaskennan ohjeistukseen, olisi hyvä osoittaa myös CityJet yhtiölle ja lisätä, että on varmistettava riittävä koulutuksen antaminen ohjaajille. Suosituksissa olisi hyvä huomioida myös organisaatioiden vastuut ja turvallisuudenhallintajärjestelmien rooli.

Varsinais-Suomen pelastuslaitos totesi lausunnossaan, että tutkintaselostukseen kirjatut asiat vastaavat pääosin tapahtunutta pelastuslaitoksen toiminnan osalta. Lausunnossa esitettiin muutamia tarkennuksia tutkintaselostuksen tekstiin.

Poliisihallitus huomioi lausunnossaan tutkintaselostuksessa todetun asian, että paikalle hälytetty poliisipartio ei ollut puhalluttanut lentokoneen ohjaajia poliisihallituksen ohjeen mukaisesti. Poliisihallituksen lento-onnettomuuksien tutkintaa koskevassa ohjeessa poliisin tehtävään kuuluu muun muassa miehistön lentokunnon toteaminen. Poliisihallitus toteaa kiinnittävänsä huomiota koulutuksessa tämän toimenpiteen huomioimiseen tarkemmin vastaavissa onnettomuuksissa.

Finavia Oyj totesi lausunnossaan, että sillä ei ole lausuttavaa tutkintaselostusluonnokseen.

ANS Finland esitti lausunnossaan muutamia tarkennuksia tutkintaselostuksen tekstiin.

Ruotsin turvallisuustutkintaviranomainen Statens haverikommission SHK esittää muutamia tarkennuksia tutkintaselostuksen tekstiin.

Irlannin lentoturvallisuusviranomainen Irish Aviation Authority (IAA) esitti lausunnossaan muutamia kommentteja painolaskelmiin ja niiden tekemiseen liittyviin taulukoihin. Suoritussarvolaskentaan liittyvään suositukseen IAA toteaa, että vastaavanlaiset taulukot ovat normaalin teollisen taulukon mukaisia ja sellaisia käyttävät useat lento-operaattorit. IAA toivoisi tarkennusta millaista toimenpiteitä sen tulisi tämän asian suhteen tehdä. Samalla IAA kuitenkin toteaa, että se ei voi vaatia ylittämään EASAN vahvistamien sääntöjen määrittämää tasoa.

Hätäkeskuslaitos esittää lausunnossaan tarkennuksia ja vastauksia pelastustoiminnan ja hälytystoiminnan osalta. Hätäkeskuslaitoksen lausunto perustuu tutkintaselostusluonnokseen

sekä hätäkeskuksen tehtäväraporteista ja tallenteista saatuihin tietoihin. Hätäkeskuslaitos toteaa tapauksesta tulleen ensimmäisen hätäpuhelun keskeytyneen useaan otteeseen, jolloin lennonjohtajalta ja taustalta radioliikenteestä saadut tiedot on jättänyt epäselväksi sen, miten vakavasta tapahtumasta on ollut kyse. Merkityksellisenä kommenttina on lennonjohdosta ilmoitettu, ettei lentokone ole vaurioitunut eikä tiedossa ole henkilövahinkoja. Matkustajamäärä on saatu toisessa puhelussa ja samassa tiedo, että lentokone rullaa asematasolle ja kaikki hyvin. Pelkästään MORA-ohjeistuksen pohjalta olisi tullut päätyä tehtävälajiin ”ilmaliikenneonnettomuus, suuri”. Tilanteen epäselvyyden takia hätäkeskuspäivystäjä on neuvotellut asiasta vuoromestarin kanssa ja päätyneet kokonaisharkintaa käyttäen hälyttämispäätökseen ”epäselvä onnettomuus”, joka kirjataan tehtäväkoodilla ”ilmaliikenneonnettomuus, pieni”. Hätäkeskuslaitoksen mukaan päätöksenteon harkintaan on voinut vaikuttaa se, että ”ilmaliikenneonnettomuus, suuri” käynnistää merkittävän suuren hälytyksen sekä pelastustoimelle että ensihoidolle. Hätäkeskuslaitoksen näkemyksen mukaan hätäpuhelun taustalta ja toisessa hätäpuhelussa saatujen lisätietojen perusteella olisi hälytys tehtäväluokalla ”ilmaliikenneonnettomuus, suuri” johtanut kohtuuttomiin hälytettäviin yksikkömääriin.

Ensihoidon yksiköiden puuttumisesta toteutuneesta hälytyksestä Hätäkeskuslaitos toteaa, että ilmaliikenneonnettomuus tehtävälajeissa hälytetään ensihoito A-kiireellisyysluokalla tiettyjen kriteerien toteutuessa. Nyt kriteerit eivät täyttyneet, joten hälytystä ei tehty. Hätäkeskuslaitos kuitenkin toteaa, että ohjeistuksessa on havaittavissa epäloogisuutta, koska kaikissa ”ilmaliikenneonnettomuusvaara” tehtävälajeissa paikalle hälytetään aina ensihoito. Hätäkeskuslaitos toteaa, että kyseinen epäloogisuus tulisi poistaa ja ohjeistusta yhdenmukaistaa.

Hätäkeskuslaitos yhtyy tutkintaselostuksen johtopäätökseen siitä, että päivystäjän olisi pitänyt tarkemmin konsultoida pelastustoimen johtajaa päätöksestä, jossa tilanteesta tehty riskinarvio oli tapahtuman epäselvyyden vuoksi arvioitu ohjeessa esitettyä pienemmäksi. Selvyyden vuoksi olisi tullut myös ilmoittaa, ettei ensihoidon yksiköitä ollut hälytetty. Hätäkeskuslaitos toteaa, että lentoaseman hälytyspalveluohjeen (HPO) sisältöä ei ole sisällytetty Hätäkeskuslaitokselle annettuun ilmaliikenneonnettomuuksia koskevaan ohjeistukseen. Näin ollen pelastustoimen johtosuhteet ja ilmoitusvelvollisuudet lentoaseman alueella eivät ole hätäkeskuspäivystäjien tiedossa. Tämä tulisi ottaa huomioon ohjeistuksissa, koulutuksissa ja harjoituksissa.

Hätäkeskuslaitos yhtyy lento-onnettomuusilmoituksen käsittelyä koskevaan suositukseen. Toimintamalli, joka on käytössä Helsinki-Vantaan ja Pirkanmaan lentoasemilla, olisi mahdollista ottaa käyttöön koko valtakunnassa lentoasemilla, joissa toimii lennonjohto. Tätä koskeva ohjeistuksen anto kuuluu pelastustoimelle. Teknisen ilmoitinlaitehälytyksen toteuttaminen edellyttää myös lennonjohtopalveluista vastaavien tahojen osallistumista sekä asian huomiointia pelastustoimen antamissa ohjeistuksissa ja vastemäärityksessä.

CityJet esittää lausunnossaan useita yksityiskohtaisia tarkennuksia selostusluonnoksen tekstiin. Johtopäätöksiin liittyen CityJet esittää näkemyksiään syistä ja myötävaikuttaneista tekijöistä.

Bombardier esitti lausunnossaan monia yksityiskohtaisia tarkennuksia tutkintaselostusluonnoksen tekstiin.

Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) nostaa esille tutkintaselostusluonnoksessa mainitun aikaisemman Norjan turvallisuustutkintaviranomaisen (AIBN) tekemän talvioperointia koskeneen tutkimuksen EASAlle osoitetut suositukset. Näihin liittyen EASA toteaa, että ICAO Global Reporting Format (GRF) kehitystyö on ollut käynnissä vuodesta 2011 lähtien ja tulee käyttöön 5.11.2020. Tutkintaselostusluonnoksen tekstiin EASA esittää muutamia tarkennuksia.

Kiitotien kunnossapitoon liittyvään suositukseen EASA toteaa, että GRF:n kehitystyöhön liittyen voi olla hankkeita käynnissä. Tieto tällaisista käynnissä olevista projekteista voisi olla tarkoituksenmukaista selvittää.

Kanadan ilmailuviranomainen Transport Canada (TC) esittää lausunnossaan yksityiskohdaisia kommentteja sille osoitettuihin moottorijarrutuksen toimintalogiikan tuntemiseen ja renkaiden vesiliirtonopeuksia koskeviin suosituksiin. TC:n näkemyksen mukaan järjestelmien toimintakuvaukset eivät ole osa sen hyväksynnän piirissä olevia lentokonevalmistajan AFM (Aircraft Flight Manual) käsikirjoja. TC:n näkemyksen mukaan kyseiset ohjeet kuuluvat ope-
raattorien ohjeistukseen (FCOM), jotka taas eivät ole TC:n hyväksyntää vaativia dokumentteja. Renkaiden vesiliirtonopeuksiin liittyvästä suosituksesta TC:n näkemys on, että se ei määrittele eikä sillä ole valtuutta erityisiin laskentakaavoihin, joita käytetään suorituskyvyn määrittämisessä. Ei ainakaan yksittäisten osien kohdalla. Lisäksi käsikirjoissa annetulla vesiliirron alkamisnopeudella ei TC:n näkemyksen mukaan ollut merkitystä tässä tapauksessa, koska käytetty nopeus oli huomattavasti suurempi. Joka tapauksessa tällaisen asian selvittäminen kuuluu TC:n näkemyksen mukaan valmistajalle.