



Lentokoneen OH-BEX nokkatelineen toimintahäiriö Helsinki-Vantaan lentoasemalla 26.8.2015



Tutkinnan tunnus: L2015-02

ALKUSANAT

Onnettomuustutkintakeskus päätti turvallisuustutkintalain (525/2011) 2 §:n nojalla tutkia 26.8.2015 Helsinki-Vantaan lentoasemalla Beechcraft King Air C90 -tyyppiselle lentokoneelle, rekisteritunnukseltaan OH-BEX, tapahtuneen nokkatelineen toimintahäiriöstä aiheutuneen onnettomuuden. Tutkintaryhmän johtajaksi nimitettiin liikennelentäjä Hannu Halonen ja jäseneksi DI Tuomas Tuisku. Tutkinnanjohtajana toimi johtava tutkija Ismo Aaltonen.

Onnettomuudesta ilmoitettiin Euroopan lentoturvallisuusvirastolle (EASA) ja Yhdysvaltojen turvallisuustutkintavirastolle (NTSB). NTSB nimesi tutkintaan valtuutetun edustajan.

Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijat tekivät tapahtumapaikalla paikkatutkinnan ja lentokoneen vaurioiden tarkastelun. Tapahtumapaikka ja lentokoneen vauriot valokuvattiin. Rikoksentunut osa irrotettiin nokkalaskutelineestä ja toimitettiin NTSB:n tutkittavaksi.

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 säädöksissä 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.

Ennen tutkintaselostuksen valmistumista varataan onnettomuuteen osallisille sekä tutkittavan onnettomuuden alalla valvonnasta vastaaville viranomaisille tilaisuus lausua mielipiteensä tutkintaselostuksen luonnoksesta. Yhteenveto lausunnoista sisällytetään tutkintaselostukseen. Tutkintaselokseen ei kuitenkaan sisällytetä yksityishenkilöiden antamia lausuntoja.

Tutkintaselostus, tiivistelmä ja liitteet on julkaistu OTKESin verkkosivuilla osoitteessa www.turvallisuustutkinta.fi.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	2
1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET	4
1.1 Tapahtumalennon kulku	4
1.2 Vahingot	4
1.3 Henkilöstö	4
1.4 Ilma-alus.....	5
1.4.1 Laskutelinejärjestelmän kuvaus.....	5
1.5 Sää	7
1.6 Tapahtumapaikan ja lentokoneen tarkastus	7
1.7 Lääketieteelliset tutkimukset	7
1.8 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat.....	7
1.9 Yksityiskohtaiset tutkimukset.....	7
1.9.1 Laskutelineen käyttölaitteen historia.....	10
1.9.2 Huoltovaatimukset.....	10
1.9.3 Muuta operointiin liittyen	11
1.10 Organisaatiot ja johtaminen.....	11
2 ANALYYSI.....	12
2.1 Onnettomuuden analysointi	12
2.2 Laskutelineen toimintahäiriö.....	12
2.3 Kierteiden kulumiseen ja irti leikkautumiseen mahdollisesti vaikuttaneita tekijöitä	12
2.4 Kierteiden kulumisen seuranta.....	13
2.5 Turvallisuusjohtamisen analysointi	14
3 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	15
3.1 Toteamukset.....	15
3.2 Onnettomuuden syyt.....	16
4 TURVALLISUUSUOSITUKSET	17
4.1 Toteutetut toimenpiteet	17
4.2 Turvallisuussuositukset.....	17
4.2.1 Nokkatelineen käyttölaitteen liikeruuvien välystarkastusvälin lyhentäminen.....	17
LÄHDELUETTELO	18

Liite 1. Accimap-kaavio.

1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

1.1 Tapahtumalennon kulku

Scanwings Oy:n operoima Beechcraft King Air C90 -tyyppinen lentokone, rekisteritunnuksestaan OH-BEX, lähti rahtilennolle Helsinki-Vantaan lentoasemalta Ruotsin Örebrohon 26.8.2015. Lentokoneessa oli kahden hengen miehistö ja rahtina neljä noin 30 kg painoista lääkeainetta sisältävää säiliötä. Lentokoneessa ei ollut miehistön lisäksi muita henkilöitä.

Lentoonlähtö tapahtui kiitotieltä 22 vasen kello 07.30. Valitessaan laskutelineen lentoonlähdön jälkeen ylös, kuulivat ohjaajat nokkalaskutelineen suunnasta normaalista poikkeavan ruuhituksen. Laskutelineen valintavipuun jäi palamaan merkkivalo, joka osoitti, että laskuteline ei ollut tullut normaalisti ylös.

Ohjaajat valitsivat laskutelineen takaisin alas, jolloin päälaskutelineet lukittuivat normaalisti ala-asentoon, mutta nokkatelineen vihreä alas lukittumista osoittava merkkivalo ei syttynyt. Ohjaajat testasivat nokkatelineen asennonilmaisimen merkkilampun olevan kunnossa. Tämän jälkeen ohjaajat totesivat, että laskutelineessä olevan teknisen vian takia on palattava takaisin Helsinki-Vantaalle.

Ohjaajat pyysivät lennonjohdolta lupaa nousta 3000 jalan korkeuteen jatkotoimenpiteitä varten. Lennonjohto selvitti OH-BEX:n lentoaseman pohjoispuolelle 3000 jalan korkeuteen. Siirryttyään selvitetylle alueelle, ohjaajat yrittivät ottaa laskutelineen alas varamenetelmällä. Nokkateline ei kuitenkaan lukittunut alas varamenetelmälläkään. Tämän jälkeen ohjaajat päättivät valmistautua laskeutumiseen tiedostaen, että nokkalaskuteline todennäköisesti pettää laskun aikana.

Ohjaajat kertoivat hätätoimenpiteet laskeuduttaessa tilanteessa, jolloin nokkalaskuteline ei ole lukittuna alas. Sen jälkeen he lensivät matalalla lennonjohdon ohi, jolloin lennonjohtajat näkivät ja vahvistivat nokkatelineen olevan ulkona, mutta ei normaalissa, lukitusasennossa.

Laskeutuminen suoritettiin kiitotielle 15 kello 08.35. Ohjaajat pitivät nokkalaskutelineen ilmassa mahdollisimman pitkään ja laskevat sen kevyesti maahan. Nokka liukui maassa noin 500 metriä ennen lentokoneen pysähtymistä. Maakosketuksen jälkeen ohjaajat lepuuttivat potkurit ja kytkivät sähköt pois hätätoimenpidelistan ohjeiden mukaisesti. Lisäksi ohjaajat sulkivat polttoainehanat vaikka tätä toimenpidettä ei hätätoimenpidelistassa ole. Lentokoneen pysähtyttyä ohjaajat poistuivat koneesta normaalisti ovien kautta.

Lentoaseman pelastustoimi oli valmiudessa kiitotien läheisyydessä koneen laskeutumisen aikana.

1.2 Vahingot

Lentokone vaurioitui huomattavasti. Nokka ja nokkalaskutelineen luukut vaurioituivat sekä potkurit taistuivat taaksepäin. Vauriot eivät ulottuneet koneen ohjaamoon tai muihin sisäiloihin. Henkilövahinkoja ei syntynyt.

1.3 Henkilöstö

Ohjaajien lentotehtävään vaadittavat luokka- ja tyyppikelpoisuudet sekä lääketieteelliset kelpoisuudet olivat voimassa.

Päällikön lentokokemus kaikilla lentokonetyypeillä oli noin 4750 tuntia ja kyseisellä lentokonetyypillä noin 1250 tuntia.

Perämiehen lentokokemus kaikilla lentokonetyypeillä oli 530 tuntia ja kyseisellä lentokonetyypillä 54 tuntia.

1.4 Ilma-alus

Beechcraft King Air C90 on kokometallinen alatasoinen kahdella Pratt & Whitney PT6A-21 -potkuriturbiinimoottorilla varustettu lentokone. Lentokoneen valmistaja on Beech Aircraft Corporation¹ Yhdysvalloissa. King Air -lentokonetyypin ensimmäisten versioiden tuotanto alkoi 1964. Lentokonetyyppi on sertifioitu CAR 3 ja eräiden FAR Part 23 kohtien mukaisesti normaaliin lentokategoriaan yhden ohjaajan miehistöllä, näkö- ja mittarilentosääntöjen mukaiseen toimintaan, ja lentämiseen jäätävissä olosuhteissa.

Kyseessä olevan lentokoneyksilön, rekisteritunnus OH-BEX, valmistusvuosi on 1981 sarjanumerolla LJ-978. Lentokoneessa on käytettävästä versiosta riippuen paikat korkeintaan 8 matkustajalle kahden ohjaajan lisäksi. Lentokoneen maksimilentoonlähtömassa on 4 762 kg. Omistaja ja käyttäjä on Scanwings Oy.

Lentokonetta koskevat lentotoimintaan vaadittavat todistukset ja asiakirjat olivat voimassa. Lentokone oli huollettu voimassa olevien huoltovaatimusten mukaisesti ja se oli lentokelpoinen ennen vauriota.

Lentokoneen massa ja massakeskiö olivat sallituissa rajoissa.

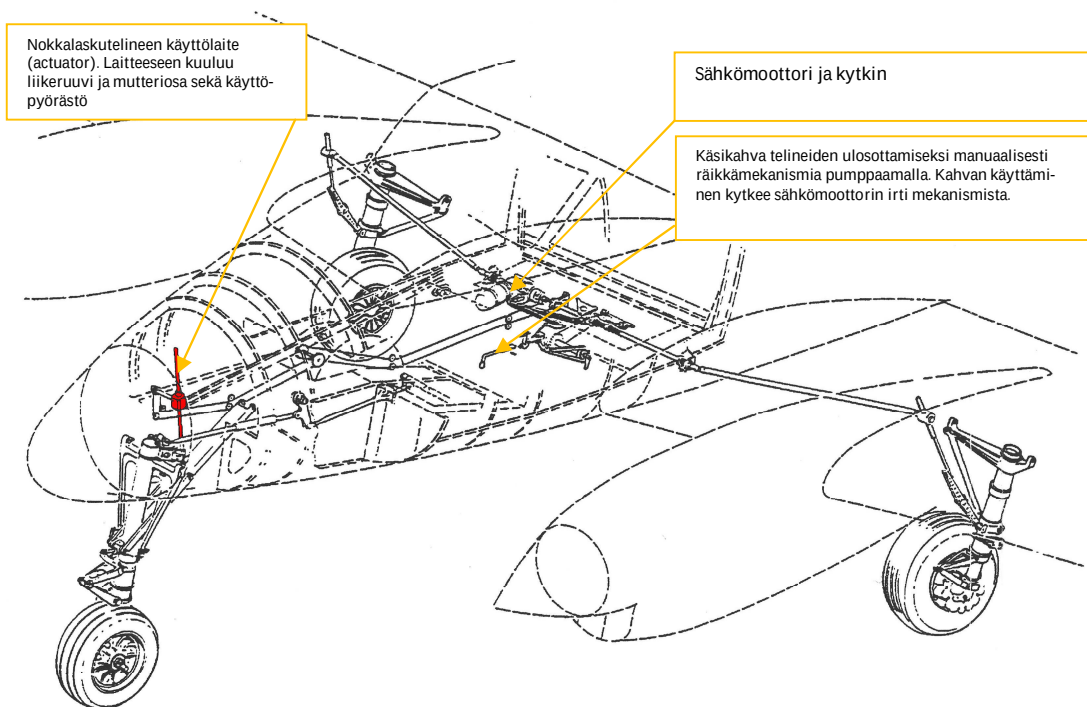
1.4.1 Laskutelinejärjestelmän kuvaus

Lentokoneen laskutelinejärjestelmä koostuu nokkatelineestä ja kahdesta päätelineestä, jotka kaikki ovat sisään käännettäviä. Järjestelmä on sähkömoottorikäyttöinen mekaaninen järjestelmä. Sähköhäiriön varalta laskutelineet voidaan ottaa ulos manuaalisesti.

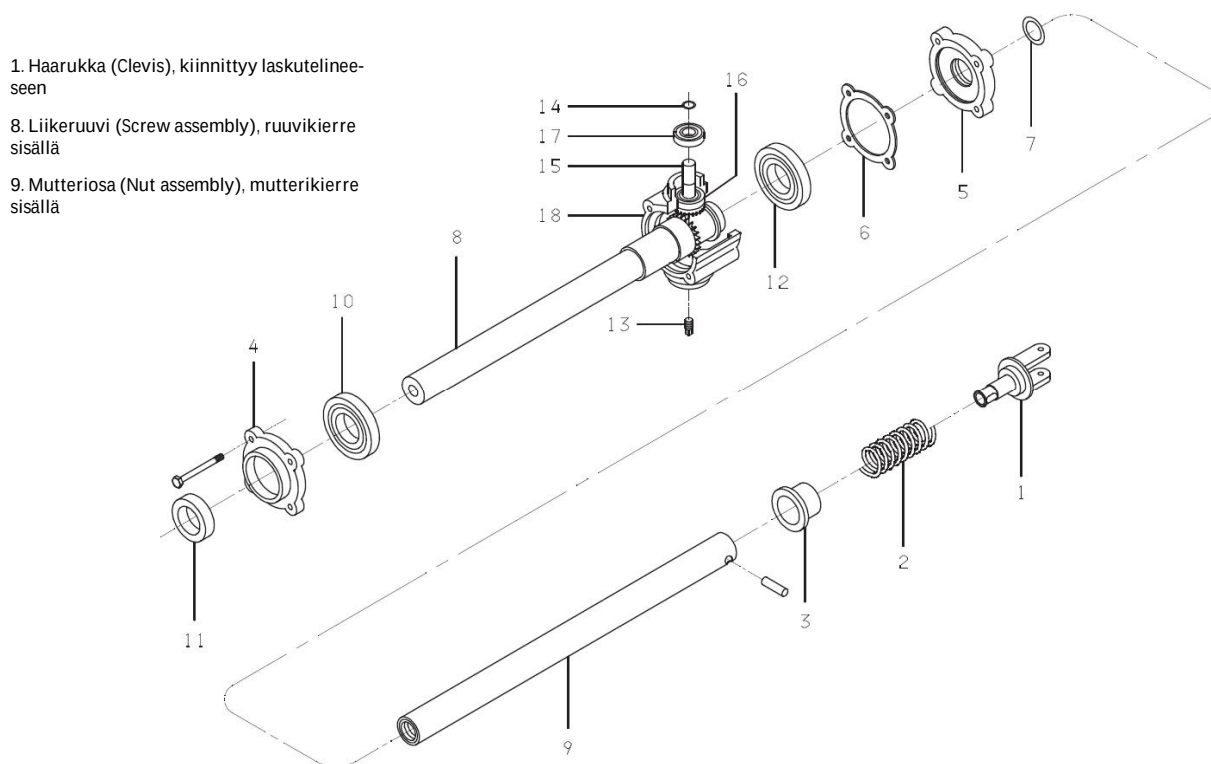
Normaalitoiminnassa järjestelmää käytetään ohjaamossa sijaitsevasta valintavivusta. Valinta käynnistää sähkömoottorin, jolta käyttövoima välittyy telinettä liikuttavalle kiertetisiin perustuvalle käyttölaitteelle (actuator) (Kuva 1). Nokkatelineen tapauksessa käyttölaitteen kokoonpanoon kuuluvat käyttöpyörästä (pinion), liikeruuvi (screw assembly) ja mutteriosa (nut assembly), jotka välittävät käyttöpyörästä pyörivän liikkeen vetäväksi tai työntäväksi voimaksi telineen liikuttamiseksi sisään tai ulos (Kuva 2).

Varamenetelmänä sähköhäiriötilanteessa tai sähkömoottorin rikkoutuessa kaikki laskutelineet voidaan ottaa ulos manuaalisesti käsikahvan ja siihen kytketyn räikkämekanismin avulla. Räikkämekanismi liikuttaa samoja telineiden käyttölaitteita, joita sähkömoottori käyttäisi. Käyttölaitteen rikkoutuessa varamenetelmällä ei ole mahdollista ottaa kyseistä telinettä ulos ja saada lukkiutumaan laskeutumista varten. Laskutelinejärjestelmään ei kuulu ns. alalukkoa, joka lukitsisi telineen ala-asentoon. Käyttölaite varmistaa telineen pysymisen asennossaan. Kaikille kolmelle laskutelineelle on oma käyttölaitteensa.

¹ Nykyisin Beechcraft Corporation, edellinen nimi Hawker Beechcraft Corporation



Kuva 1. Laskutelinejärjestelmä (sähkökäyttöinen). Punaisella on osoitettu nokkalaskutelineen käyttölaite. (Lähde: Flight Safety International)



Kuva 2. Nokkalaskutelineen liikeruuviin perustuvan käyttölaitteen kokoonpanokuva. (Lähde: Hawker Beechcraft Corporation)

1.5 Sää

Tapahtumahetkellä Helsinki-Vantaan lentoasemalla vallitsivat näkölentosääolosuhteet (VMC).

Määräaikainen lentosääsanoma (Metar), Helsinki-Vantaan lentoasema klo 08.20:

Tuuli 060 astetta 4 solmua, näkyvyys yli 10 km. Pilvet, vähän pilviä 1000 jalkaa (300 m) ja lähes pilvistä 9000 jalkaa (2750 m). Lämpötila 19 astetta ja kastepiste 16 astetta. QNH² 1009 hPa.

1.6 Tapahtumapaikan ja lentokoneen tarkastus

Saavuttuaan tapahtumapaikalle Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijat tekivät paikkatutkinnan ja tarkastivat sekä valokuvasivat lentokoneen vauriot.

Tutkintaryhmä vieraili Scanwings Oy:ssä tutustuen yhtiön toimintaan ja huoltotoimintaohjeistukseen. Lisäksi tutkintaryhmä tarkasteli lentokoneen vaurioita ja tutustui rahtilennolla käytettäviin lääkesäiliöihin sekä niiden kiinnityksiin.

1.7 Lääketieteelliset tutkimukset

Poliisi teki ohjaajille tapahtumapaikalla alkoholitestin, jonka tulos oli nolla promillea.

1.8 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat

Helsinki-Vantaan pelastustoimi sai lennonjohdolta tiedon lento-onnettomuusvaarasta ja pelastustoimi oli kiitotien läheisyydessä varmistamassa lentokoneen laskun. Kiitotietä ei voimassaolevan ohjeistuksen mukaan vaahdotettu ennen lentokoneen laskeutumista. Tulipaloa ei syttynyt. Ensihoitohenkilöstö varmistui ohjaajien voinnin.

1.9 Yksityiskohtaiset tutkimukset

Kone siirrettiin yrityksen käyttämään lentokonehalliin Helsinki-Vantaan lentokentällä teknisiä tutkimuksia varten. Vian paikallistamiseksi nokkalaskutelineen käyttölaite (kuva 2) irrotettiin mekaanikkojen toimesta Onnettomuustutkintakeskuksen tutkijoiden läsnä ollessa. Alustavissa tutkimuksissa vika paikallistettiin käyttölaitteesta puuttuviin kierteisiin.

Tarkastelun jälkeen osa pakattiin ja lähetettiin analysoitavaksi Yhdysvaltojen turvallisuustutkintaviranomaisen NTSB³:n materiaalilaboratorioon yksityiskohtaisia tutkimuksia varten 4.9.2015. Lopullinen raportti analyseineen vastaanotettiin 29.4.2016.

NTSB:llä käyttölaite oli purettu osiin ja lisäksi mutterikokoonpano (nut assembly) oli sahattu halki pituussuunnassa kierteiden tarkempaa analyysiä varten. Tutkimuksissa oli käytetty visuaalisen havainnoinnin lisäksi muun muassa mikroskooppia, pyyhkäisyelektronimikroskooppia (SEM ja EDS) ja infrapunaspektroskopiaa (FTIR) aine- ja materiaalmäärityksiin⁴.

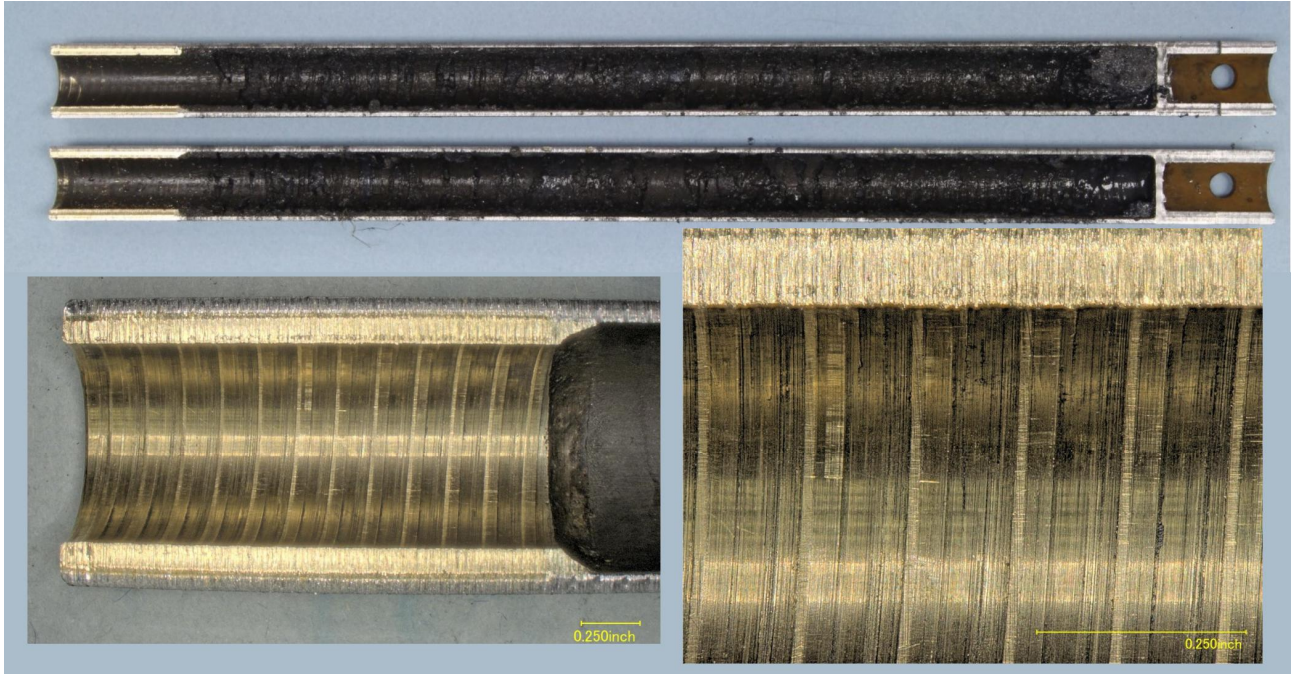
Raportin mukaan käyttölaitteen sisällä oli normaalilta vaikuttava määrä voitelurasvaa (kuva 3). Analyysiin kuului spektrimittaus (FTIR-menetelmä) kahdelle rasvanäytteelle ja tuloksia verrattiin yleisimpiin voitelurasvatuotteisiin. Spektri ja rasvan väri vastasivat lentokoneiden

² Korkeusmittarin paineasetus (hPa), jolla määrätään korkeus keskimääräisestä merenpinnasta

³ National Transport Safety Board

⁴ SEM, Scanning Electron Microscope; EDS, Energy Dispersive X-ray Spectroscopy; FTIR, Fourier Transform Infrared Spectrometer

rakenteiden voitelussa yleisesti käytettyä laatua, Aeroshell 64⁵, joka on hyväksytty standardin MIL-G-21164D mukaisesti. Rasvan seasta löytyi nokipartikkeleita ja hieman vettä. Kuitenkaan kierteiden käytönaikaista kulumista indikoivia pronssihiukkasia ei näistä kahdesta näytteestä löytynyt. Liikervuvin teräskierteistä löytyi lisäksi hieman hiekkapartikkeleita.



Kuva 3. Käyttölaitteen mutterikokoonpano (kuvassa 2 numerolla 9 osoitettu) auki sahattuna. Tumma aine putken sisällä on voitelurasvaa. Puhdistuksen jälkeen alumiinipronssiosan lähikuvassa nähdään kierteiden olleen kuluneet ennen irtileikkautumista. (Kuvat: NTSB, Materials Laboratory Report No. 16-020B)

Osan Suomeen palauttamisen jälkeen tutkimuksia jatkettiin Onnettomuustutkimuskeskuksessa. Liikervuvin vaippa leikattiin auki koko ruuvikierteen tarkastamiseksi (Kuva 4). Aivan ruuviosan tyvestä löytyi sikeää voitelurasvaa ja pronssihiukkasia. Rasvassa erottui kerrostumia, jotka erottuivat myös väriltään. Aivan tyven ruuvikierteiden notkoissa oli vähäinen määrä punaista rasvalaattua, joka viittaa siihen, että puhdistuksesta huolimatta uuden voitelurasvan alle on jäänyt vanhaa rasvaa.

Rasvapesun myötä ruuvin tyvestä löytyivät myös irti leikkautuneet kierteet. Kierteet olivat osin murtuneet palasiksi ja osin säilyneet nauhamaisena (Kuva 5). Leikkautuneen kierteen murtopinnan leveydeksi mitattiin noin 0,4 mm. Tämä vastaa tyven murtopintaa pronssiosassa (Kuva 3).

NTSB:n raportin ja Onnettomuustutkimuskeskuksen tutkimusten perusteella voidaan näin ollen todeta, että liikervuvin mutterikokoonpanon (Kuva 3 lähikuva) mutterikierte on leikkautunut irti ja ennen leikkautumistaan kierteet ovat olleet huomattavan kuluneet. Muilta osin, käyttölaite, mukaan lukien käyttöpyörästä laakereineen, vaikutti toimintakuntoiselta normaali käyttökuluminen huomioiden.

⁵ Aeroshell Grease 64 (MIL-G-21164D hyväksytty) on korvannut Aeroshell 33MS tuotteen. 64 on sama rasvalaatu kuin yhä myös valmistettava Aeroshell 33 (MIL-PRF-23827C Tyyppi 1 hyväksytty), mutta siihen on lisätty molybdeenidisulfidia. Molybdeenidisulfidi on kiinteä voiteluaine, joka parantaa kuormituksen kestoa. Aeroshell 64 on väriltään tumman harmaata ja Aeroshell 33 vihreää.



Kuva 4. Käyttölaitteen ruuviosan kuori leikattiin auki. Aivan ruuvin tyvessä oli saostunutta voitelurasvaa ja pronssihiukkasia. Rasvan seasta erottui erivärisiä kerrostumia. Alimpana myös väriltään punaista rasvaa pieni määrä. (Kuva: Onnettomuustutkintakeskus)



Kuva 5. Rasvapesun jälkeen aivan ruuviosan tyvestä löytyivät mutteriosasta irti leikkautuneet pronssikierteet. Mutterikierteen murtopinnan leveydeksi mitattiin noin 0,4 mm, joka vastaa kuvassa 3 erottuvaa murtopintaa. (Kuva: Onnettomuustutkintakeskus)

1.9.1 Laskutelineen käyttölaitteen historia

Dokumentaation mukaan käyttölaite (P/N 50-820208-5, S/N 416639) on valtuutetun huolto-organisaation peruskorjaama osa. Peruskorjaus on suoritettu Airspace Turbine Rotables, Inc.⁶ yrityksessä Yhdysvalloissa 24.6.2013 ja tarkistuksen jälkeen kelpoisuustodistus allekirjoitettu päivämäärällä 5.8.2013. Tämän jälkeen osa on International Airspare, Inc. välityksellä toimitettu Suomeen Scanwings Oy:lle.

Huoltotodisteen mukaan osa on perushuollettu ja sertifioitu valmistajan ohjeiden (CMM rev B6, 2011 ja SCMM rev 1, 2008) mukaisesti. Perushuoltoon kuului purku, NDT-tarkastus⁷ ja lopuksi välystarkistus (end play). Välykset olivat tuolloin 0,003 in - 0,004 in (0,08 mm - 0,10 mm).

Scanwings Oy teki osalle normaaliin tapaan vastaanottotarkistuksen, johon kuului asiakirjojen ja huoltajan kelpoisuuden toteaminen. Mikäli ei ole perusteltua syytä epäillä huoltoasiakirjojen ja osan tosiasiallista vastaavuutta, ei välysten mittaaminen varmuuden vuoksi kuulu vaatimuksiin. Osa asennettiin koneeseen 6.9.2013.

Käyttölaitteelle suoritettiin ylimääräinen välystarkistus 22.10.2014. Tarkistus tehtiin, jotta osan huoltojakso saadaan jatkossa erääntymään samaan aikaan koneen päälaskutelineiden vastaavien jaksojen kanssa huoltotyön sujuvoittamiseksi. Välys oli tuolloin 0,015 in (0,38 mm), joka on hyväksymisrajan (ks. Taulukko 1) sisällä.

Pvm	Käyttö- laitteen laskukm (cycle)	Käyttölait- teen- kalenteri- aika (TSO)	Toimenpide	Koneen laskut (A/C cycle)	Välys ⁸ [in]
24.06.2013	0	0	Peruskorjaus (Airspace Turbine Rotable, Inc)		Välys korjauksen jälkeen saa olla enintään 0,010 in (0,254 mm)
05.08.2013			Tarkistus ja kelpoisuustodistus (Airspace Turbine Rotable, Inc)		0,003 in (0,076 mm)
06.09.2013			Toimitus välittäjältä (Airspare, Inc). Vastaanot- totarkastus ja asennus koneeseen (Scanwings Oy)	11 186	0,003 in (0,076 mm)
22.10.2014	473		Välystarkistus (Scanwings Oy)	11 659	0,015 in (0,381 mm)
26.08.2015	906		Kierteet pettävät lennolla	12 092	
	1 000 tai	30 kk	Voitelu ja välystarkistus suoritettava.		kriteerit välykselle alle 0,016 in: OK 0,016 in - 0,018 in: tarkastus 200 laskun välein 0,018 in tai enemmän: vaihdettava uuteen
	8 000 tai	6 v	Peruskorjausjakso		

Taulukko 1. Käyttölaitteen (P/N 50-820208-5, S/N 416639) historia peruskorjauksesta alkaen.

1.9.2 Huoltovaatimukset

Ennen vuotta 2010 valmistajan Hawker Beechcraft huoltovaatimukset eivät sisältäneet liikeruvin voitelua peruskorjausjakson aikana. Vuonna 2010 Yhdysvalloissa sattui tämän raportin tapausta vastaava onnettomuus⁹, jossa nokkalaskutelineen liikeruuvien kierteet pettivät pe-

⁶ FAA Repair Station Nr. NV2R045L; EASA Cert Nr. EASA.145.4033.

⁷ Non-Destructive Testing, rikkomaton aineenkoetus

⁸ Välyksellä (total end play) tarkoitetaan ruuvi- ja mutteriosan välistä aksiaalista väljyyttä.

⁹ NTSB: ID CEN10LA302, Beech C90, Fort Worth, Texas, 3.6.2010

ruskorjausjakson ensimmäisen viidenneksen kuluessa. NTSB:n tutkinnan ja valmistajan analyysin perusteella todettiin juurisyyksi liikeruuvien pettäminen puutteellisen käytönaikainen voitelun seurauksena. Hawker Beechcraft muutti tämän jälkeen King Airin huoltovaatimusta sisältämään voiteluvaatimuksen liikeruuvi- ja mutterikokoonpanolle 1000 laskun tai 30 kk jaksolla, kumpi tulee vastaan ensin.

Voiteluvaatimuksen lisäksi samalla jaksolla (1000 laskua / 30 kk) on jo ennestään välystarkastusvaatimus. Huolto-ohjeen mukaisesti, mikäli välys on alle 0,016 in, voidaan osa asentaa takaisin lentokoneen ja jatkaa toimintaa normaaliin tapaan. Välyksen ollessa 0,016–0,018 in, osan käyttöä voidaan jatkaa mutta osalle on tehtävä välystarkistus 200 laskeutumisen välein. Kun välys on kasvanut arvoon 0,018 in tai yli osa ei ole lentokelpoinen ja tulee toimittaa peruskorjaukseen tai korvata uudella.

Käyttölaitteen peruskorjausjakso on 8000 laskua tai 6 vuotta, kumpi tulee vastaan ensin.

Hawker Beechcraftin huolto-ohje edellyttää, että voiteluun on käytettävä MIL-G-21164 (tai MIL-PRF-10924) spesifikaation täyttävää voitelurasvaa. Tapauksessa käytetty Aeroshell 64¹⁰ soveltuu käytettäväksi edellytetyn spesifikaation kohteissa. Huolto-ohjeen¹¹ mukaan mutteriosan tilavuudesta puolet tulee täyttää voitelurasvalla.

Lentokoneeseen OH-BEX asennetun käyttölaitteen huoltojakso ei ollut vielä ehtinyt täyttyä, joten peruskorjauksen jälkeen sille ei vielä ollut tehty käytönaikaista rasvausta.

1.9.3 Muuta operointiin liittyen

Koneyksilöä käytetään kaupallisten lentojen lisäksi lentäjien koulutukseen tyyppikursseilla. Kurssin lento-ohjelmaan kuuluu telineen varausosottomenetelmän käyttökoulutus. Ulosottoa harjoitellaan koulutuksessa yhden kerran oppilasta kohden.

1.10 Organisaatiot ja johtaminen

Scanwings Oy on vuonna 1977 perustettu suomalainen liikelentoyhtiö. Yhtiöllä on käytössään kolme Beechcraft King Air C90 -potkuriturbiinikonetta ja yksi Cessna C525A -suihkukone. Yhtiö operoi liike-, mittaus-, ambulanssi- ja rahtilentoja. Lisäksi yhtiö tarjoaa operointi- ja huoltopalveluja.

Yhtiöllä on ilmailuviranomaisen hyväksymä laatu- ja turvallisuudenhallintajärjestelmä.

¹⁰ Aeroshell Grease 64 (MIL-G-21164D hyväksytty) on korvannut Aeroshell 33MS tuotteen. 64 on sama rasvalaatu kuin yhä myös valmistettava Aeroshell 33 (MIL-PRF-23827C Tyyppi 1 hyväksytty), mutta siihen on lisätty molybdeenidisulfidia. Molybdeenidisulfidi on kiinteä voiteluaine, joka parantaa kuormituksen kestoa. Aeroshell 64 on väriltään tumman harmaata ja Aeroshell 33 vihreää.

¹¹ Component Maintenance Manual 32-20-00; Hawker Beechcraft Corporation, King Air Series.

2 ANALYYSI

2.1 Onnettomuuden analysointi

Lentoonlähdön jälkeen ohjaajien havaittua, että nokkateline ei tullut normaalisti yläasentoon, he toimivat lentokoneen ohjeistuksen mukaisesti. Valittuaan laskutelineen uudelleen alas, ohjaajat totesivat, että päätelineet lukittuivat normaalisti, mutta nokkatelineen vihreä merkkivalo ei syttynyt ja laskutelineen liikkeestä ilmoittava ”Gear in transit” merkkivalo jäi palamaan.

Lentokoneen tarkastuslistan mukaisesti ohjaajat valitsivat laskutelineen uudelleen ylös. Päätelineen vihreät merkkivalot sammuiivat, mutta ”Gear in transit” merkkivalo jäi edelleen palamaan. Tämän perusteella ohjaajat olettivat päätelineiden toimivan normaalisti, mutta nokkatelineen jäävän väliasentoon.

Tämän jälkeen ohjaajat valitsivat laskutelineen ala-asentoon ja tekivät jatkotoimenpiteet lentokoneen ohjeistuksen mukaisesti. Ohjaajat totesivat, että hätätoimenpideohjeissa, jotka koskevat laskeutumista nokkalaskuteline ylhäällä, ei edellytetä moottorien polttoainehanojen sulkemista. Hanojen sulkeminen mainitaan erillisessä, pakkolaskua koskevassa toimenpidelissassa. Ohjaajat lisäsivät toimenpiteisiinsä polttoainehanojen sulkemisen.

Laskeutuminen onnistui hyvin vallitsevassa säässä ja koneen vauriot jäivät mahdollisimman vähäiseksi. Ohjaajat toimivat laskua suorittaessaan suunnitellusti ohjeistuksen mukaisesti ja lisäksi sulkipolttainehanat vähentääkseen tulipalon syttymisen riskiä. Lentoaseman pelastuspalvelun tehtäväksi jäi varmistaa, ettei tulipaloa syttynyt eikä muuta pelastustarvetta ollut.

2.2 Laskutelineen toimintahäiriö

Nokkalaskutelineen toimintahäiriö johtui telineen käyttölaitteen vaurioitumisesta, kun liikeruuvien mutteriosan loppuun kuluneet kierteet leikkautuivat irti laskutelinettä sisään otettaessa. Telineen käyttölaitte, jonka peruskorjausjakso on lähtökohtaisesti 8000 laskua tai 6 vuotta (kumpi tulee vastaan aiemmin), vaurioitui nyt vain noin 900 laskeutumista edellisen peruskorjauksen jälkeen.

Peruskorjausjakson lisäksi osalle on huoltovaatimus välystarkistuksesta (end play check), ja voiteluvaatimus jaksolla 1000 laskua tai 30 kuukautta, kumpi toteutuu aiemmin. Tarkistus- ja voiteluvaatimus ei siis ehtinyt täyttyä, kun kierteet pettivät.

2.3 Kierteiden kulumiseen ja irti leikkautumiseen mahdollisesti vaikuttaneita tekijöitä

Materiaalilaboratoriossa tehdyn analyysin perusteella liikeruuvien sisällä on ollut normaalilta vaikuttava määrä voitelurasvaa. Tämä kävi ilmi, kun liikeruuvien mutteriosa sahattiin pituussuunnassaan halki. Huolto-ohjeistuksen¹² mukaisesti putkimainen mutteriosa (kuva 2, nro 9) täytetään puoliväliin saakka voitelurasvalla.

NTSB:n kahdelle mutteriosasta otetulle rasvanäytteelle tehdyissä analyyseissä ei löytynyt kuluuttavia ainesosia, kuten hiekkaa tai metallihiukkasia, ainoastaan vähäinen määrä nokea. Ras-

¹² Component Maintenance Manual 32-20-00 ja Aircraft Maintenance Manual 32-30-07; Hawker Beechcraft Corporation, King Air Series.

vanäytteistä ei myöskään raportoitu löytyneen alumiinipronssihiutaleita, jotka olisivat indikoineet käytönaikaista kierteiden kulumista.

Onnettomuustutkintakeskuksen toimesta tehdyissä jatkotutkimuksissa ruuviosan tyvestä löytyi vaipan irrottamisen jälkeen sakeaa voitelurasvaa, jossa oli metallihiukkasia.

Spektrianalyysin mukaan käytetty rasva vastasi Aeroshell 64 laatua. Rasvan vanhenemisesta ei ollut spektrissä olennaisia merkkejä, joten lisäaineiden tehokkuuden voidaan olettaa olleen normaalilla tasolla.

Vaikka voitelurasvaa olisi ollut ohjeistuksen mukainen määrä mutteriosan sisällä, on mahdollista, että ruuviosan ruuvikierteen voitelu ei ole tasaista ja ajan kuluessa riittävän tehokasta ruuvin tyviosassa. Käyttölaitteen asento on sellainen, että mutteriosa rasvoineen on pystysuunnassa alimpana ja ruuvin tyvi puolestaan ylimpänä.

Nokkalaskutelineen käyttölaite oli kuulemisten perusteella asennettu oikein ohjeen mukaisesti paikalleen. Tätä tukee se, että analyysissä ei löytynyt merkkejä, joita olisi voinut syntyä esimerkiksi väärästä asennuskulmasta. Lisäksi teline koekäytetään huollon päätteeksi ajamalla ääriasentoihinsa.

Kuulemisten ja huoltohistorian perusteella koneella ei ole tehty tarkastusrajan ylittäviä ”kovia” laskuja. Myöskään sallittuja telinekäyttönopeuksia (VLO/VLE) ei ole raportoitu ylitetyn.

Konetta käytetään tyyppikoulukseen, johon sisältyy myös laskutelineiden ulosotto varamennelmällä. Osan elinikä lasketaan kuitenkin koneen laskeutumisista, mikä ei siis vastaa tarkalleen tosiasiallista ulosottojen lukumäärää. Lisäksi huollon yhteydessä tehdään koekäyttöjä telineelle. Kaikkiaan näiden vaikutus jää kuitenkin marginaaliseksi suhteessa huoltojaksoon. Lisäksi käsikahvan pumppaus lopetetaan, kun kaikkien telineiden vihreät merkkivalot ovat syttyneet, kuten toimintakäsikirjassa¹³ varoitetaan.

2.4 Kierteiden kulumisen seuranta

Aerospace Turbine Rotable, Inc tarkastuspöytäkirjan mukaan vällys oli peruskorjauksen jälkeen 0,003-0,004 in (0,076-0,101 mm), jollaisessa kunnossa osa sertifioitiin ja toimitettiin Suomeen lentokoneeseen asennettavaksi. Peruskorjauksen¹⁴ jälkeen vällys saa olla enimmillään 0,010 in (0,254 mm).

Käyttöhuoltoon liittyvässä määrääkaikaisessa vällystarkistuksessa¹⁵, käyttölaite voidaan palauttaa käyttöön, mikäli liikeruuvien vällys (total end play) on alle 0,016 in (0,406 mm). Vällyksen ollessa 0,016 in - 0,018 in, käyttöä voidaan jatkaa mutta liikeruuvien kuntoa on seurattava tiheennetyllä tarkistusvälillä mittaamalla vällys 200 laskeutumisen välein. Kun vällys on 0,018 in (0,457 mm) tai enemmän osaa ei saa käyttää vaan se on peruskorjattava tai korvattava uudella.

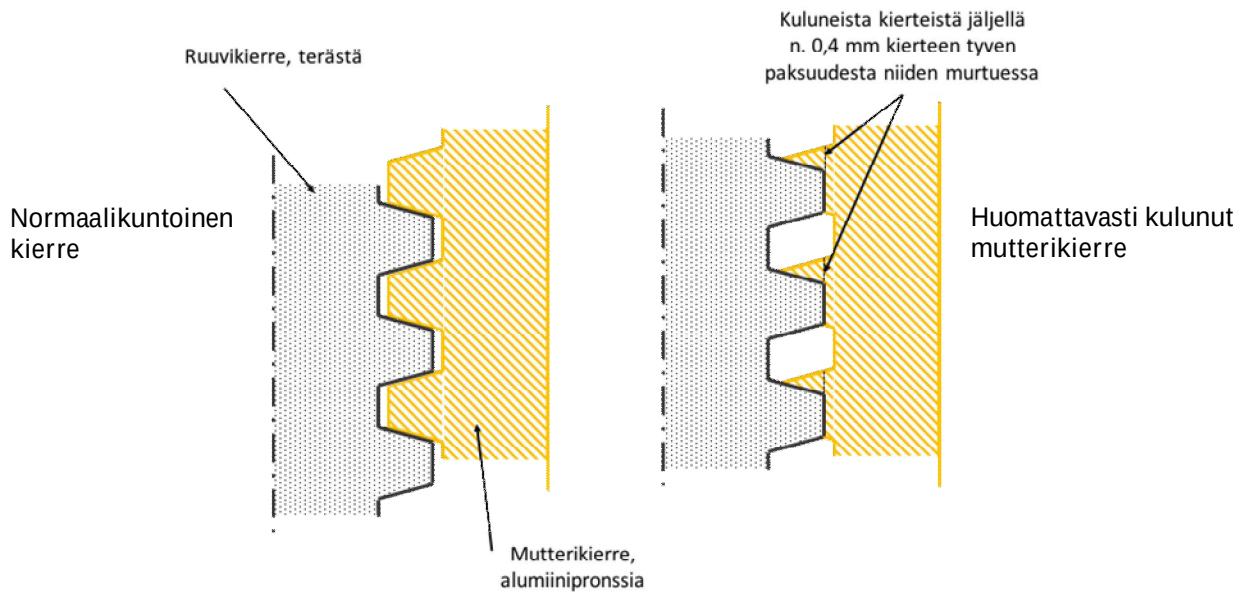
Operaattorin tekemässä ylimääräisessä vällystarkistuksessa (Taulukko 1) vällyksen arvoksi mitattiin 0,015 in (0,381). Vaikka arvo oli edelleen hyväksymisrajan sisällä, kulumisen on ollut poikkeuksellisen nopeaa kuluneiden 473 laskeutumisen aikana. Lisätarkastusvaatimus alittui vain 0,001 in (0,025 mm). Kulumisnopeudesta olisi tuolloin ollut pääteltävissä, ettei liikeruuvi tule kestämaan hyväksyttävissä rajoissa seuraavaa 527 laskeutumista seuraavaan määrääkaikaiseen tarkistukseen. Operaattori teki vällystarkastuksen huolto-ohjeen mukaisesti.

¹³ Operational Manual Part B: 3.11.5.2 Landing gear manual extension.

¹⁴ Manufacturer Component Maintenance Manual 32-31-03 (P/N 50-820208) ; Hawker Beechcraft Corporation

¹⁵ Aircraft Maintenance Manual 32-30-07-601; Hawker Beechcraft Corporation, King Air Series.

Kun kierre lopulta leikkautui irti, tyvipaksuutta oli jäljellä vain noin 0,016 in (0,4 mm), joka on alla kolmasosa alkuperäisestä kierteen tyvipaksuudesta (kuva 6).



Kuva 6. Liikeruuvissa käytetty trapetsikierre. Vasemmalla on esitetty normaalikuntoinen kierre. Oikealla tilanne, jossa teräksinen ruuvikierre on kuluttanut pehmeämmän pronssikierteen vain noin 0,4 mm paksuiseksi tyvestä mitattuna, jolloin jäljellä oleva kierre ei lopulta enää kestänyt välitettyä voimaa ja leikkautui irti. (Grafiikka: Onnettomuustutkintakeskus)

Tämän tyyppiselle liikeruuville on ominaista käytönaikainen kulumisen voitelusta huolimatta¹⁶, jonka vuoksi välystarkastus on mukana huolto-ohjelmassa. Voitelun tehokkuuteen, ruuvien pintojen väliseen kitkaan ja siten kierteiden kulumiseen vaikuttaa eri tekijöitä, joihin vaikuttaminen voi olla hankalaa. Kulumisesta saadaan arvio epäsuorasti välystä mittaamalla. Toisaalta aiemmissakin turvallisuustutkinnoissa¹⁷ on todettu, että välyksen mittaamiseen ja mittaustuloksen luotettavuuteen voi sisältyä epätarkkuuksia.

Liiallinen kulumisen on mahdollista havaita tiheämmin suoritettavalla välystarkastuksella. Ottaen huomioon, että tarkastus on toimenpiteenä varsin yksinkertainen ja resurssien näkökulmasta nopeahko suorittaa, voidaan tarkastusvälin lyhentämistä pitää perusteltuna keinona vastaavan onnettomuuden ehkäisemiseksi. Lisäksi vällymittauksen suorittamiseen liittyvät epätarkkuustekijät on tunnettava tulosten luotettavuuden varmistamiseksi.

Liikeruuvien vaurioitumisen varalta ei ole suunniteltu varamenetelmää telineiden lukitsemiseksi laskeutumisasentoon. Tästä toimintaperiaatteesta johtuen käyttölaitteen liikeruuvi on järjestelmän kriittinen heikoin lenkki.

2.5 Turvallisuusjohtamisen analysointi

Operaattorilla on kansallisen ilmailuviranomaisen (Trafi¹⁸) hyväksymä laatu- ja turvallisuudenhallintajärjestelmä. Järjestelmään sisältyy muun muassa riskienhallinta ja poikkeamaraportointijärjestelmä. Kuulemisten perusteella henkilöstö on tottunut raportoimaan mahdollisista poikkeamista ja kulttuuri on avoin sekä raportointiin kannustava.

¹⁶ Koneenosien suunnittelu, M. Airila, WSOY, 1995

¹⁷ NTSB AAR-02/01, Loss of Control and Impact with Pacific Ocean Alaska Airlines Flight 261, January 31, 2000

¹⁸ Liikenteen turvallisuusvirasto; Suomen kansallinen ilmailuviranomainen

Tapauksen jälkeen operaattori ryhtyi asiaankuuluvasti omiin riskienhallintatoimenpiteisiin ja varotoimenpiteenä tarkisti käyttämiensä vastaavien lentokoneiden telineiden käyttölaitteiden kunnon ja välykset. Laitteet todettiin normaalikuntoisiksi.

3 JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1 Toteamukset

1. Lentokone oli lennolle lähdettäessä lentokelpoisuutta koskevien vaatimusten mukaisesti lentokelpoinen.
2. Ohjaajat olivat asianmukaisesti koulutettuja, ja heidän lupakirjansa ja kelpoisuutensa olivat voimassa.
3. Kun ohjaajat valitsivat laskutelineen lentoonlähdön jälkeen ylös, kuului nokkatelineestä normaalista poikkeava rusahdus. Merkkivalo osoitti, että laskuteline ei ollut tullut normaalisti ylös.
4. Ohjaajat tekivät hätätoimenpideohjeistuksen mukaiset toimenpiteet, mutta nokkatelineen alaslukittumista osoittava merkkivalo ei syttynyt.
5. Ohjaajat päättivät palata takaisin lähtökentälle. Laskeutumisen yhteydessä lentokoneen nokka liukui maassa noin 500 metriä. Nokka, laskutelineluukut ja potkurit vaurioituivat.
6. Sen lisäksi, mitä hätätoimenpideohjeissa mainitaan, ohjaajat sulkiivat moottorien polttoainehanat. Polttoainehanojen sulkemista ei mainita ohjeessa, joka koskee laskeutumista, jolloin nokkalaskuteline ei ole alhaalla. Polttoainehanojen sulkeminen mainitaan erillisessä ohjeessa "Emergency landing" (pakkolasku).
7. Teknisessä tutkinnassa havaittiin, että nokkalaskutelineen käyttölaitteen liikeruuvien mutterikierteet olivat leikkautuneet irti. Kierteet olivat huomattavasti kuluneet, jopa alle kolmasosaan alkuperäisestä vahvuudestaan.
8. Ylimääräisessä välystarkastuksessa kierteet olivat kuluneet välyksen arvosta 0,003 tuumaa arvoon 0,015 tuumaa vain 473 laskeutumisen aikana. Kierteiden kulumisnopeus oli poikkeuksellisen nopea, mikä viittaa voitelun epätasaisuuteen.
9. Huoltovaatimusten mukaisesti välystarkastus ja voitelu suoritetaan 1000 laskeutumisen tai 30 kuukauden välein. Vaurioituessaan käyttölaitteelle oli kirjattu noin 900 laskeutumisesta.
10. Liikeruuvien sisällä oli normaalilta vaikuttava määrä voitelurasvaa. Rasva vastasi spektriltään ja väriltään tarkoitukseen sopivaa laatua Aeroshell 64. Ikääntymisestä ja lisäaineiden hajoamisesta ei ollut merkkejä, joten voiteluominaisuuksia voidaan pitää normaalina.
11. Laskutelinejärjestelmä oli toiminut normaalisti vaurioita edeltävillä lennoilla.
12. Tutkinnan yhteydessä ei ilmennyt viitteitä mahdollisista aiemmista vaurioista tai ylikuormituksista (kova lasku tai telineikäytön rajanopeuksien ylitys), joilla olisi voinut olla oleellista vaikutusta kierteiden kuntoon.
13. Varamenetelmä on suunniteltu vain sähköjen menettämisen tai sähkömoottorin rikkoutumisen varalle. Näin ollen varamenetelmän käsikahvalla ei ole mahdollista lukita telineitä alas laskeutumisasentoon jos liikeruuvien kierteen pettävät irtileikkautumalla.
14. Käyttölaite ja erityisesti liikeruuvien mutterikierteet muodostavat telineen toiminnan kannalta kriittisen heikon lenkin, jolle ei ole viankestävää (fail-safe) mekanismia.

3.2 Onnettomuuden syyt

Nokkatelineen käyttölaite vaurioitui toimintakelvottomaksi, kun liikeruuvien mutterikierteet leikkautuivat irti telineitä sisään otettaessa. Leikkautuminen johtui pitkälle edenneestä pronssikierteiden kuluneisuudesta, jolloin ne eivät lopulta enää kestäneet välitettyä voimaa. Liikeruuvien ominaista kulumista nopeutti se, että voitelutapa ei takaa tasaista voitelua kiertien pinnoilla ajan kuluessa. Lisäksi kulumisen havaitsemiseen välysmittauksella vaikuttaa epätarkkuustekijöitä ja vaatii siten erityistä huolellisuutta; 1000 laskeutumisen tarkastusväli on liian harva.

Onnettomuuden syntymiseen vaikutti myös se, että laskutelineen liikeruuvien vaurioitumisen varalle ei ole suunniteltu varamenetelmää.

4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

4.1 Toteutetut toimenpiteet

Yritys tarkisti omatoimisesti tapauksen jälkeen muiden vastaavien lentokoneidensa käyttö-laitteet varotoimenpiteenä. Laitteet olivat normaalikuntoiset.

4.2 Turvallisuussuositukset

4.2.1 Nokkatelineen käyttölaitteen liikeruuvien välystarkastusvälin lyhentäminen

Telineen toimintaperiaatteesta johtuen liikeruuvi muodostaa kriittisen heikon lenkin telineiden toiminnan kannalta. Voitelun riittävään tehokkuuteen ja kulumiseen vaikuttaa monia tekijöitä, joihin nähden välystarkastusväli on liian pitkä. Lisäksi välysmittaus vaatii erityistä huolellisuutta.

Onnettomuustutkintakeskus suosittaa, että

Yhdysvaltain ilmailuviranomaisen (Federal Aviation Administration, FAA) tulee velvoittaa lentokoneen valmistajaa tarkistamaan huoltovaatimusta siten, että välystarkastusjaksoa (end play check interval) lyhennetään merkittävästi ja että kierteiden kulumisnopeus otetaan huomioon. [2016-S19]

Helsingissä 3.10.2016

Ismo Aaltonen

Hannu Halonen

Tuomas Tuisku

LÄHDELUETTELO

Seuraavat lähdeasiakirjat tai niiden kopiot on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa.

1. Päätös tutkinnan aloittamisesta
2. NTSB Materials Laboratory Report 16-020
3. NTSB Materials Laboratory Report 16-020B; 29.4.2016
4. Telineen käyttölaitteen huoltodokumentaatio
5. Lentokoneen operointiin vaadittavia todistuksia ja muita viranomaisasiakirjoja
6. Toimintakäsikirja osa B ja lentokonetyyppikohtaista aineistoa
7. Kuvia onnettomuuspaikalta ja tutkimuksista
8. Kuulemistallenteet ja tiivistelmät
9. Sähköpostikirjeenvaihto

YHTEENVETO TUTKINTASELOSTUSLUONNOKSESTA SAADUISTA LAUSUNNOISTA

Tutkintaselostusluonnos oli lausunnolla Liikenteen turvallisuusvirasto Trafissa, Yhdysvaltain turvallisuustutkintaviranomaisella NTSB:llä, Yhdysvaltain lentoturvallisuusviranomaisella FAA:lla, Euroopan turvallisuusvirasto EASA:lla, Finavia Oyj:ssa, lentoyhtiö Scanwings Oy:llä sekä lentokoneen valmistaja Textron Aviation:lla.

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafilla ei ollut lausuttavaa. Trafi esittää lausuntonsa liitteenä joitakin kommentteja ja korjauksia tutkintaselostuksen yksityiskohtiin. Kommentit koskevat lähinnä ilma-aluksen tyyppihyväksyntään ja aktuaattorissa käytetyn voitelurasvan tyyppiin. Asiat tarkastettiin tutkintaryhmän toimesta ja täsmennettiin tutkintaselostukseen. Kommentteissa otettiin myös kantaa laskutelineen käyttölaitteen historiaan, huoltovaatimuksiin ja kierteiden kulumisen seurantaan.

Yhdysvaltain turvallisuustutkintaviranomainen NTSB

Ei lausuttavaa.

Yhdysvaltain lentoturvallisuusviranomainen FAA

Ei lausuttavaa.

Euroopan turvallisuusvirasto EASA

Ei lausuttavaa.

Finavia Oyj

Ei lausuttavaa.

Scanwings Oy

Lentoyhtiö Scanwings Oy korosti lausunnossaan, että yhtiössä tehty aktuaattorin ylimääräinen välystarkastus oli tehty huolto-ohjeen mukaan. Selostusta täsmennettiin näiltä osin. Yhtiö toivoi tarkempaa liikeruuvien mutterin kierteen kuluneisuuden juurisyyn tarkempaa kuvausta. Yhtiö tulee lisäämään ohjeistukseensa aktuaattorin vaihdon yhteydessä suoritettavan End Play -välysmittauksen ja välisarvon kirjaamisen asennettavalle peruskorjatulle aktuaattorille sekä lyhentää välystarkastusjaksoa (End Play) tutkintaselostuksen suosituksen mukaisesti.

Textron Aviation

Ei lausuttavaa.