



Tutkintaselostus

C7/2007L

Pakkolasku 28.9.2007 Porvoonväylälle Sipoossa

OH-CAU

Cessna 172N, dieselmoottori TAE 125-01

Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liitteen 13 (Annex 13) kohdan 3.1 mukaan ilmailuonnettomuuden ja sen vaaratilanteen tutkinnan tarkoituksena on onnettomuuksien ennaltaehkäiseminen. Ilmailuonnettomuuden tutkinnan ja tutkintaselostuksen tarkoituksena ei ole käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tämä perussääntö on ilmaistu myös onnettomuuksien tutkinnasta annetussa laissa (373/85) sekä Euroopan Unionin neuvoston direktiivissä 94/56/EY. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.



TIIVISTELMÄ

Porvoon länsipuolella Sipoonlahdella sattui perjantaina 28.9.2007 klo 16.30 lentovaurio, kun Malmin ilmailukerhon omistama Cessna 172N-tyyppinen lentokone OH-CAU teki pakkolaskun Porvoonväylälle Sipoonlahden liittymään. Koneessa oli ohjaajan lisäksi kaksi matkustajaa. Kukaan ei loukkaantunut. Kone kärsi huomattavia vaurioita. Tieliikenteelle ei aiheutunut vahinkoja. Kone oli varustettu TAE 125-01 dieselmoottorilla. Polttoaine oli JET A1 suihkumoottoripolttoainetta

Onnettomuustutkintakeskus asetti päätöksellään C7/2007L tutkintalautakunnan, jonka puheenjohtajaksi nimettiin tutkija Jouko Koskimies ja jäseniksi entinen johtava tutkija Esko Lähteenmäki ja erikoistutkija Tii-Maria Siitonen.

OH-CAU lähti Helsinki-Malmin lentoasemalta kello 16.16 paikallislennolle Sipoonlahden alueelle. Sää oli hyvä. Lento suuntautui Degerin ilmoittautumispaikan kautta kohti Porvoon öljynjalostamon suoja-alueen reunaa. Lentokorkeus oli 900 jalkaa ja nopeus 100 solmua 75 % matkalentoteholla. Koneen ollessa Sipoonlahden itäpuolella moottorin teho pieneni äkillisesti 25–30 %:iin. Ohjaaja kaartoi heti vasemmalle kohti Boxin kylää ja ilmoitti klo 16.27 Malmin lennonjohdolle moottoritehon menetyksestä. Lennonjohto antoi selvityksen lähialueelle suoraan kohti kenttää sekä käynnisti onnettomuusvaaratilanteen toimenpiteet.

Ohjaaja ilmoitti kello 16.28 lennonjohdolle, että moottorissa on enää 31 % tehoa. Hetken kuluttua ohjaaja totesi, ettei koneella enää pääse Malmille ja päätti tehdä laskun moottoritielle. Autoliikenteen takia laskeutuminen ennen Hangelbyntien siltaa ei onnistunut ja hän ohjasi koneen laskuun Sipoonlahden liittymään johtavalle moottoritien oikealle kaistalle.

Kosketuskohta oli noin 250 metriä Hangelbyntien sillan jälkeen. Ohjaaja ei pystynyt pysäyttämään konetta ennen liittymän risteystä. Koneen oikea siipi osui tien oikealla puolella olevaan valaisinpylvääseen ja sen jälkeen vasen siipi risteyksessä olleeseen liikenteenjakajatauluun. Koneen vasen pääteline nousi tien reunakaiteen päälle. Nokkapyörä murtui irti, koneen nokka painui alas ja potkurin lavat katkesivat iskiessään kaiteeseen.

Lennonjohtaja teki kello 16.28 lento-onnettomuushälytyksen hätäkeskukselle ja lentoaseman pelastusyksiköille. Pelastusyksiköt saivat hälytykset kello 16.33–16.36. Ensimmäiset yksiköt olivat paikalla noin kello 16.42. Poliisi puhallutti koneen ohjaajan kello 17.10. Tulos oli 0,00 promillea.

Moottorin tarkastuksessa havaittiin sen polttoainejärjestelmässä metallipurua, jonka todettiin olevan peräisin vaurioituneesta korkeapainepumpusta. Polttoainejärjestelmän osat vietiin tutkittaviksi moottorin valmistajatehtaalle Saksaan. Suomessa ja Saksassa tehdyissä polttoaineanalyysissä polttoaineen todettiin täyttävän JET A1 polttoaineelle asetetut vaatimukset.

JET A1 polttoaine on valmistettu suihkumoottoripolttoaineeksi. Sen voitelevuus on merkittävästi dieselpolttoainetta huonompi. JET A1:n voitelevuutta valvotaan BOCLE -menetelmällä. Suurimmaksi sallituksi BOCLE lukuarvoksi on vahvistettu 0,850 mm.

Dieselpolttoaineen voitelevuutta testataan HFRR- menetelmällä. Suurimmaksi sallituksi lukuarvoksi on vahvistettu 0,460 mm. JET A1 polttoainetta ei testata HFRR- menetelmällä, eikä polttoaineelle ole kansainvälisesti vahvistettu mitään HFRR lukuarvovaatimuksia. BOCLE- ja HFRR- menetelmillä saadut lukuarvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Lukuarvot kuvaavat koekappaleeseen syntyneen kulumajäljen kokoa. Pieni lukuarvo merkitsee hyvää voitelevuutta.

Koneen polttoaineen voitelevuuden HFRR lukuarvoksi saatiin 0,835 mm. Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) ilmoitti korkeapainepumpun hyväksymistesteissä käytetyn polttoaineen HFRR lukuarvoksi 0,780 mm.

Onnettomuuden syynä oli tapahtumaketju, jossa moottorin korkeapainepumpun vaurioituminen aiheutti yhteispainelinjan paineensäätöventtiilin juuttumisen lähes auki. Siitä aiheutui koneen moottorin tehonmenetyks, koska yhteispainelinjaan (common rail) jäi vain moottorin tyhjäkäynnin mahdollistava polttoainepaine. Paineensäätöventtiilin kuulaventtiilin aukijäämisen on todennäköisesti aiheuttanut vaurioituneen korkeapainepumpun pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeripinnasta irronnut metallisiru. Pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeripinnan vaurioituminen on alkanut jo aikaisemmin. Sen on todennäköisesti aiheuttanut polttoainesäiliön täyttöaukon kannen kautta polttoaineeseen päässyt vesi. Ennen tapahtumalentoa ja sen jälkeen otetuissa polttoainenäytteissä ei havaittu vettä.

Tutkintalautakunta suosittelee, että EASA ryhtyisi toimenpiteisiin sen selvittämiseksi, voidaanko JET A1 polttoainetta turvallisesti käyttää dieselmoottorilla varustetun ilma-aluksen polttoaineena, ja mitä toimenpiteitä se edellyttää. Lisäksi tutkintalautakunta suosittelee, että EASA harkitsisi, onko tarpeen tehdä TAE -moottoreiden korkeapainepumpuille uusi hyväksymistesti käyttäen sellaista JET A1 polttoainetta, jonka voitelevuus vastaa alinta JET A1 polttoaineelle sallittua. Edelleen tutkintalautakunta suosittaa, että EASA ryhtyisi toimenpiteisiin sen varmistamiseksi, että TAE -moottorilla varustettujen lentokoneiden polttoainesäiliöiden kansien säädöstä julkaistaan riittävät toimenpideohjeet.



SAMMANDRAG

Vid Sibboviken väster om Borgå inträffade 2007-09-28 klockan 16:30 en flygolycka, när en flygmaskin typ Cessna 172N, registreringsbeteckning OH-CAU ägd av Malms Flygklubb gjorde en nödlandning på Borgåleden, vid påfarten från Sibboviken. Utöver piloten fanns det två passagerare i flygplanet. Ingen blev skadad. Flygmaskinen fick avsevärda skador. Inga skador orsakades på vägtrafiken. Flygmaskinen hade en TAE 125-01 dieselmotor. Bränslet var JET A1 jetmotorbränsle.

Centralen för undersökning av olyckor tillsatte genom sitt beslut C7/2007L en haveriutredning, till vars ordförande utsågs utredare Jouko Koskimies och som medlem förre chefsutredaren Esko Lähteenmäki samt som specialutredare Tii-Maria Siitonen.

OH-CAU startade vid Helsingfors-Malms flygplats klockan 16:16 för en lokal flygning inom Sibbovikenområdet. Vädret var bra. Flygningen gick via anmälningpunkten "Deger" mot kanten av skyddsområdet för Borgå oljeraffinaderi. Flyghöjden var 900 fot och hastigheten 100 knop med 75 % distansflygningseffekt. När flygmaskinen befann sig på östra sidan om Sibboviken minskade motorns effekt snabbt till 25–30 %. Piloten svängde omedelbart åt vänster mot byn Box och anmälde klockan 16:27 till flygledningens på Malm att effekten minskade. Flygledningen gav färdtillstånd till närområdet direkt mot flygplatsen samt initierade åtgärder för olycksfallsrisk.

Klockan 16:28 anmälde piloten till flygledningen att motorn bara hade 31 % effekt kvar. Efter en stund konstaterade piloten att det inte gick att ta sig fram till Malm med flygmaskinen och bestämde sig för att landa på motorvägen. På grund av biltrafiken kunde landningen inte utföras före Hangelbyvägens bro och piloten styrde landningen mot påfarten från Sibboviken på motorvägens högra fil.

Landningspunkten låg ungefär 250 meter efter Hangelbyvägens bro. Piloten kunde inte stoppa flygmaskinen före påfartens korsning. Flygplanets högre vinge träffade en belysningsstolpe på vägens högra sida och därefter slog vänster vinge i trafikledningstavlan som fanns i korsningen. Flygmaskinens vänstra huvudställ åkte upp på vägens kanträcke. Noshjulet bröts loss, flygmaskinens nos trycktes ner och propellerbladen gick av när de kom i kontakt med räcket.

Flygledningen gjorde en anmälan om flygolyckan klockan 16:28 till larmcentralen och flygplatsens brandkår. Räddningsenheterna fick larmet klockan 16:33–16:36. De första enheterna fanns på plats ungefär klockan 16:42. Polisen gjorde utandningsprov på piloten klockan 17:10. Resultatet var 0,00 promille.

Vid kontroll av motorn upptäcktes metallspån i bränslesystemet, som konstaterades komma från en skadad högtryckspump. Bränslesystemets delar överlämnades till undersökning hos motortillverkaren i Tyskland. Vid analyser av bränslet i Finland och Tyskland konstaterade man att bränslet uppfyllde kraven på bränsletypen JET A1.

Bränslet JET A1 är utformat som jetmotorbränsle. Bränslet har väsentligt sämre smörjförmåga än dieselbränsle. Smörjegenskaperna hos JET A1 kontrolleras med BOCLE -metoden. Det största tillåtna BOCLE- värdet är 0,850 mm.

Smörjegenskaperna hos dieselbränsle testas med HFRR- metoden. Det största tillåtna värdet är 0,460 mm. Bränslet JET A1 testas inte med HFRR- metoden och det finns inga internationellt



fastställda värden för HFRR. Värdena som tas fram med BOCLE- och HFRR- metoderna är inte jämförbara.

Värdena anger storleken hos ett nötningsmärke i provstycket. Ett litet värde innebär god smörjförmåga.

Smörjförmågan i flygplanets bränsle bestämdes med HFRR- metoden till 0,835 mm. Den europeiska flygsäkerhetsmyndigheten (EASA) angav, att det bränsle som användes för godkännande av högtryckspumpen hade ett HFRR- värde på 0,780 mm.

Orsaken till olyckan var en händelsekedja, där skador i motorns högtryckspump orsakade att den gemensamma tryckledningens tryckregleringsventil fastnade i nästan helt öppet läge. Det ledde till att flygmaskinens motor förlorade effekt, eftersom den gemensamma tryckledningen (common rail) endast gav tillräckligt tryck för att hålla motorn på tomgång. Att tryckregleringsventilens kulventil fastnade i öppet läge orsakades sannolikt av ett metallspån som hade lossnat från den skadade högtryckspumpens lageryta i pumphuset. Skadorna i den manöverspång som manövrerade pumpkolvorna har börjats redan tidigare. De orsakades av vatten i bränslet. Vatten har sannolikt gått till bränslet genom bränsletankens otäta påfyllningslock. På olycksflyget det fanns inte vatten under bränsleprovet före och efter flyget.

Haveriutredningen rekommenderade, att EASA ska vidta åtgärder för att klarlägga, om bränslet JET A1 på ett säkert sätt kan användas som bränsle i flygplan med dieselmotor och vilka åtgärder det förutsätter. Dessutom rekommenderade haveriutredningen att EASA ska undersöka, om det finns skäl att göra ett nytt godkännandetest för högtryckspumparna i TAE- motorerna och då använda sådant JET A1-bränsle, vars smörjförmåga motsvarar den lägsta tillåtna för jetmotorbränsle. Till sist rekommenderade haveriutredningen, att EASA ska vidta åtgärder för att försäkra, att tillräckliga underhållsinstruktioner av justering av påfyllningslocket av bränsletankarna vid flygplan utrustat med TAE motorer, skall publiceras.



SUMMARY

An air accident occurred at 16:30 on Friday 29 September 2007 at Sipoonlahti, west of the city of Porvoo. A Cessna 172N, registration OH-CAU, owned by the Malmi Aviation Club made an emergency landing on Porvoo motorway, close to the Sipoonlahti exit. In addition to the pilot there were two passengers onboard. No-one was injured. However, the aircraft sustained major damage. The incident caused no harm to road traffic. The aircraft was fitted with a TAE 125-01 diesel engine and the aircraft used JET A1 jet fuel.

Accident Investigation Board Finland (AIB) appointed investigation commission C7/2007L for this accident. Investigator Jouko Koskimies was named investigator-in-charge, accompanied by the former Chief Accident Investigator Esko Lähteenmäki and Air Accident Investigator Tii-Maria Siitonen as members of the commission.

OH-CAU departed Malmi aerodrome at 16:16 for a local flight over Sipoonlahti bay. Meteorological conditions were good. The flight headed towards the edge of the Porvoo oil refinery protection zone via reporting point "Deger". Altitude was 900 FT and airspeed was 100 KT at 75 % cruising power. Engine power then suddenly decreased to 25–30 % east of Sipoonlahti bay. The pilot immediately turned left towards the village of Box and at 16:27 he reported the loss of engine power to Malmi air traffic control. Malmi ATC cleared OH-CAU for the Control Zone, heading directly towards the aerodrome, and launched the appropriate emergency procedures.

At 16:28 the pilot informed the ATC that engine power was now at only 31 %. A moment later he realized that they would not reach Malmi aerodrome and decided to make an emergency landing on the motorway instead. Dense road traffic prevented a landing before the Hangelby Bridge. Therefore, the pilot landed on the right hand lane of the motorway leading to the Sipoonlahti exit.

Touchdown occurred approximately 250 m past Hangelby Bridge. The pilot was unable to stop the aircraft before the exit ramp. The right wing collided with a light pole on the right side of the road, followed by the left wing hitting a traffic sign at the onset of the ramp. The left main undercarriage straddled the crash barrier, the nose gear broke off, the nose of the aircraft fell and the propeller blades broke as they hit the crash barrier.

At 16:28 the air traffic controller declared an aviation emergency to the Emergency Response Centre and the aerodrome fire department. Rescue units were alerted between 16:33–16:36 and the first units arrived at the accident site at 16:42. The police performed a breathalyzer test on the pilot at 17:10. The result indicated zero blood alcohol.

When the engine was later inspected, metal shavings were detected in the fuel system. The damaged high-pressure (HP) fuel pump was found to be the source of the shavings. The fuel system parts were sent to the engine manufacturer in Germany. The fuel was analysed in Finland and in Germany and it was found to meet the requirements set for JET A1.

JET A1 is refined to be a jet engine fuel. Its lubricant capability is significantly inferior to that of diesel fuel. The lubricity of JET A1 is measured with the BOCLE (Ball-On Cylinder Lubricity Evaluator) method. The highest permissible BOCLE value is set at 0.850 mm.

The HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) method tests the lubricity of diesel fuel. The highest permissible value is set at 0.460 mm. JET A1 is not tested with the HFRR method; nor are



there any internationally accepted HFRR value requirements for this fuel. The values derived from BOCLE and HFRR testing are mutually incompatible.

The values denote the size of the wear scar generated on the tested surface. Low values indicate high lubricity.

The HFRR value of the fuel used was measured at 0.835 mm. The European Aviation Safety Agency (EASA) informed the commission that the HFRR value of the fuel used in this type of HP (high-pressure) pump's type certification tests was 0.780 mm.

The accident was caused by a chain of events. The damage to the HP fuel pump caused the common rail pressure-control valve to jam almost fully open. This caused the power loss because the remaining fuel pressure in the common rail could only sustain idle power. A metal shaving from the damaged HP fuel pump eccentric cam bearing surface probably caused the pressure control valve ball to remain open. The damage on the eccentric cam bearing surface has initiated several flight hours earlier. The damage has caused by water in the fuel. Water has probably entered via the loose fuel filler cap. There was no water in the fuel samples taken prior and after to the accident flight.

The investigation commission recommended that EASA take action to establish whether JET A1 can safely be used as aircraft diesel engine fuel, and if it can, the required measures. In addition, the investigation commission recommended that EASA consider whether a new type certificate test be required for TAE engine high-pressure fuel pumps, using such JET A1 fuel which meets the lowest permissible lubricity value set for jet engine fuel. Further the investigation commission recommended that EASA take action to ensure that required maintenance instructions will be published concerning the fuel tank filler caps adjustment on the aircraft equipped with TAE- engines.



SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	III
SAMMANDRAG	V
SUMMARY	VII
KÄYTETYT LYHENTEET.....	XI
ALKUSANAT	XIII
1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET	1
1.1 Tapahtumat lennolla	1
1.2 Henkilövahingot	4
1.3 Ilma-aluksen vahingot.....	4
1.4 Muut vahingot	4
1.5 Henkilöstö	4
1.6 Ilma-alus	5
1.7 Sää.....	6
1.8 Suunnistuslaitteet ja tutkat	7
1.9 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet	7
1.10 Lentopaikka	7
1.11 Lennonrekisteröintilaitteet.....	7
1.12 Pakkolaskupaikan ja ilma-aluksen tarkastus.....	7
1.12.1 Pakkolaskupaikan tarkastus.....	7
1.12.2 Ilma-aluksen tarkastus	8
1.13 Lääketieteelliset tutkimukset	8
1.14 Tulipalo ja ympäristöhaitat.....	8
1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat	8
1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset.....	9
1.16.1 Moottorin toiminta.....	9
1.16.2 Moottorin ja kytkimen tarkastus.....	10
1.16.3 Polttoainejärjestelmän tarkastus	10
1.16.4 Polttoaineen analysointi	12
1.17 Muut tiedot	13
1.18 Käytetyt tutkintamenetelmät	15
2 ANALYYSI	17
2.1 Polttoaineanalyysit.....	17
2.2 Moottorin tehonmenetys.....	18



2.3	Korkeapainepumpun rikkoutuminen.....	18
2.4	Polttoaineen ominaisuuksien merkitys	20
2.5	Ohjaajan toiminta.....	21
2.6	Lennonjohtajan toiminta	22
2.7	Pelastustoiminnan analyysi	23
3	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	25
3.1	Toteamukset.....	25
3.2	Onnettomuuden syy	26
4	TURVALLISUUSSUOSITUKSET.....	27
4.1	Tutkinnan aikana toteutetut toimenpiteet	27
4.2	Turvallisuussuosituksset	27
LIITE	Saksan lento-onnettomuustutkintaviraston (BFU) lausunto ja sen suomennos	



KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Englanniksi	Suomeksi
BFU	Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung	Saksan lento-onnettomuustutkintaviranomainen
BOCLE	Ball-on Cylinder Lubricity Evaluator	JET A1 polttoaineen voitelevuutta mittaava laite
EASA	European Aviation Safety Agency	Euroopan lentoturvallisuusvirasto
FADEC	Full Authority Digital Engine Control	Moottorin tehonsäätöyksikkö
Ft	Feet	Jalka (0,3048 m)
GPS	Global Positioning System	Satelliittinavigointijärjestelmä
HFRR	High Frequency Reciprocating Rig	Dieselpolttoaineen voitelevuutta mittaava laite
JAR	Joint Aviation Regulations	Yhteiseurooppalaiset ilmailumääräykset
Kt	Knot(s)	Solmu, yksi meripenikulma tunnissa (1,852 km/h)
Mediheli	Rescue helicopter at EFHK	Helsinki-Vantaan lentoasemalta toimiva pelastushelikopteri
MHz	Megahertz	Megahertsi (taajuus)
MSSR	Monopulse Secondary Surveillance Radar	Monopulssitoisiovalvontatutka
PPL	Private Pilot Licence	Yksityislentäjän lupakirja
QNH	Altimeter setting	Korkeusmittarin ilmanpaineasetus
TAE	Thielert Aircraft Engines	Moottorin valmistajatehdas
USG	U.S. Gallon	Amerikkalainen gallona (3,78 litraa)
VFR	Visual Flight Rules	Näkölentosäännöt
VHF	Very High Frequency (3–300 MHz)	Hyvin korkeat taajuudet (3–300 MHz)



ALKUSANAT

Porvoon länsipuolella Sipoonlahdella sattui perjantaina 28.9.2007 noin kello 16.30 lentovaurio, kun Malmin ilmailukerhon omistama Cessna 172N-tyyppinen lentokone OH-CAU teki pakkolaskun Porvoonväylälle Sipoonlahden liittymään. Koneessa oli ohjaajan lisäksi kaksi matkustajaa. Kukaan ei loukkaantunut. Kone kärsi huomattavia vaurioita. Tieliikenteelle ei aiheutunut vahinkoja.

Kaikki kellonajat tässä tutkintaselostuksessa ovat Suomen aikaa.

Onnettomuustutkintakeskus asetti päätöksellään C7/2007L tutkintalautakunnan, jonka puheenjohtajaksi nimettiin tutkija Jouko Koskimies ja jäseniksi entinen johtava tutkija Esko Lähteenmäki ja erikoistutkija Tii-Maria Siitonen.

Tutkintalautakunta ilmoitti tapahtumasta 12.11.2007 (Notification of the accident) Saksan lento-onnettomuustutkintaviranomaiselle (BFU), joka 15.11.2007 nimesi valtuutetuksi edustajakseen DI Thomas Kargen.

Tapahtuman syy selvittämiseksi moottorin polttoainejärjestelmä laitteet irrotettiin ja toimitettiin Saksaan. Tutkintalautakunnan edustaja kävi yhdessä BFU:n valtuutetun edustajan kanssa moottorin valmistajatehtaalla (Thielert Aircraft Engines, TAE), jossa osa polttoainejärjestelmän laitteista testattiin. Polttoaineanalyysissä havaitusta polttoaineen alhaisesta voitelevuudesta ilmoitettiin Euroopan lentoturvallisuusvirastolle (EASA) ja Ilmailuhallinnolle. BFU:n pyynnöstä polttoaine analysoitiin myös Saksassa.

Tutkintaselostuksen luonnos lähetettiin onnettomuuksien tutkinnasta annetussa asetuksessa tarkoitettua lausuntoa varten Ilmailuhallinnolle, Finavialle, Neste Oil Oyj:lle, BFU:lle ja EASA:lle sekä tutustumista ja kommentteja varten koneen ohjaajalle, Malmin ilmailukerholle, Konekorhonen Oy:lle ja Helsingin sekä Keski- ja Itä-Uusimaan hätäkeskuksille. Kotimaiset lausunnot ja kommentit saatiin 19.1.2009 mennessä. BFU:n lausunto tuli 27.2.2009. EASA ei antanut lausuntoa.

Tutkintalautakunta on sisällyttänyt BFU:n lausunnon 1. kohdassa esitetyt tilastotiedot tutkintaselostukseen. Muihin lausunnossa esitettyihin näkemyksiin tutkintalautakunta ei katsonut voivansa yhtyä, jonka vuoksi lausunto on kokonaisuudessaan tutkintaselostuksen liitteenä.

Tutkinta valmistui 6.3.2009. Tutkintalautakunta antoi kolme turvallisuussuosittelua. Tutkintaselostus käännettiin englanniksi.

Tutkinnassa käytetty lähdemateriaali on taltioitu Onnettomuustutkintakeskukseen.



1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

1.1 Tapahtumat lennolla

Helsinki-Malmin lentoasemalta lähti perjantaina 28.9.2007 klo 16.16 harjoituslennolle Malmin ilmailukerhon omistama Cessna 172N-tyyppinen lentokone rekisteritunnuksestaan OH-CAU. Koneessa oli ohjaajan lisäksi kaksi matkustajaa. Kone oli varustettu TAE 125–01 dieselmoottorilla. Polttoaineena oli JET A1 suihkumoottoripolttoaine.

Ohjaaja oli saapunut lentoasemalle noin kello 16. Hän teki koneelle ulkopuolisen tarkastuksen ja otti mitta-astiaan polttoainenäytteen molemmista säiliöistä sekä suodattimen pohjaventtiilistä. Hän kertoi havainneensa näytteessä hyvin pieniä kuplia, ja otti sen vuoksi molemmista säiliöistä toiset näytteet. Ohjaajan mielestä ne olivat puhtaita. Konetta ei tankattu, koska kummassakin säiliössä oli polttoainemittarin mukaan noin 10 U.S. gallonia eli yhteensä 20 gallonia (75 litraa) polttoainetta. Tarkoituksena oli lentää 30 minuutin lento ilmoittautumispaikka Degerin kautta moottoritien pohjoispuolta kohti Sipoonlahtea, sieltä koilliseen Porvoon pohjoispuolelle ja palata sitten takaisin.

Koekäytössä moottori toimi normaalisti eikä ohjaaja havainnut mitään poikkeavaa. Lähtö tapahtui kiitotieltä 36 kello 16.16. Kone ylitti Degerin 700 jalan korkeudella kello 16.20 ja nousi sen jälkeen 1200 jalan korkeuteen kohti Sipoonlahtea. Pilven alaraja oli kuitenkin epämääräinen ja ohjaaja laskeutui 900 jalan korkeuteen pysyäkseen selvästi pilven alla.

Ohjaaja teki matkustajien pyynnöstä ympyrän Sipoonlahden asuntoalueen päällä ja jatkoi sitten lentoa kohti Porvoon öljynjalostamon suoja-alueen reunaa. Lentonopeus oli noin 100 solmua 75 % matkalentoteholla. Tällöin moottorin tehot pienenevät äkillisesti. Ohjaaja kaartoi heti vasemmalle kohti Boxin kylää ja ilmoitti matkustajille, että palataan takaisin Malmin lentoasemalle. Kello 16.27 käytiin seuraava radiokeskustelu:

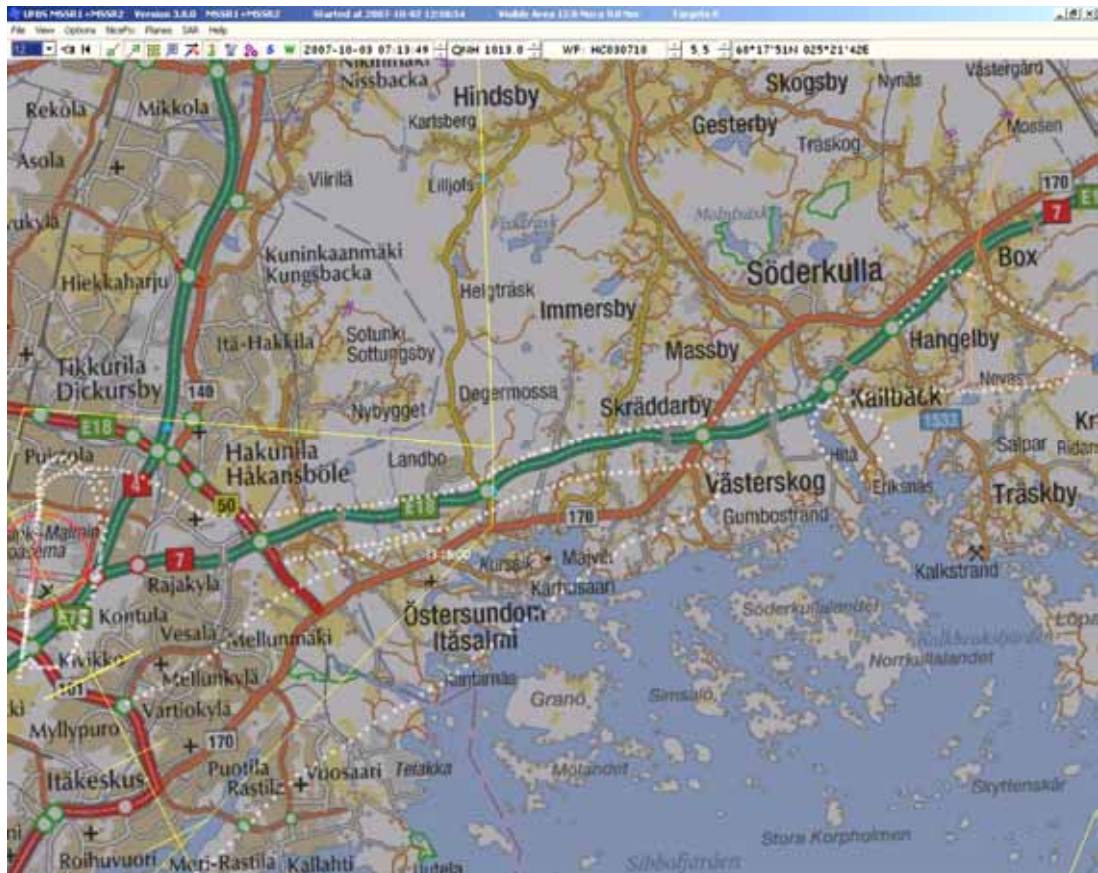
OH-CAU: Malmin torni, OH-CAU, me menetetään tehoa jostain syystä. Lähdetään kaartamaan kentälle päin Porvoon moottoritietä pitkin.

TWR: OAU, ok, sulla on selvitys lähialueelle ja ihan suoraan kohti kenttää. Kerro, jos haluat nousta korkeammalle, niin pyydetään sulle lupia.

OH-CAU: OAU

Lennonjohtaja käynnisti onnettomuusvaaratilanteen toimenpiteet ja käski laskukierroksessa olleet koneet laskuun, jotta OH-CAU saisi vapaan lähestymistilan kentälle.

OH-CAU alkoi menettää korkeutta ja moottorin ohjausyksikön (FADEC) kanavan A varoitusvalo alkoi vilkkua. Järjestelmä vaihtoi kanavalle B, mutta sillä ei ollut vaikutusta ja myös B-kanavan varoitusvalo alkoi vilkkua. Ohjaaja kertoi yrittäneensä palauttaa moottorin tehot käynnistämällä uudelleen molemmat ohjausyksiköt, mutta se ei auttanut. Moottorin teho oli laskenut 25–30 %:iin. Kone menetti korkeutta koko ajan ja ohjaaja kertoi pitäneensä nopeuden 70–75 solmussa. Kone oli vielä metsän päällä lentäen kohti moottoritietä. Edessä oli jonkun matkan päässä pelto, jonne ohjaaja kertomansa mukaan harkitsi pakkolaskua, mutta päätti yrittää kuitenkin kohti Malmia.



Kuva 1 Helsinki-Vantaan lentoaseman tutkajärjestelmän tallioima kuva koneen lentoreitistä (ylempi valkoinen pisteiviiva).

Ohjaaja lensi kohti Malmin lentoasemaa lentäen Porvoon moottoritien päällä, koska se helpotti suunnistamista. Samalla ohjaaja yritti palauttaa moottorin tehot. Hän käynnisti uudelleen moottorin ohjausyksiköt, laittoi sähköisen polttoainepumpun sekä Force-B kytkimen (FADECin pakko-ohjaus kanavalta A kanavalle B) päälle ja kokeili tehovivun vaikutusta. Moottori ei vastannut näihin toimenpiteisiin ja molemmat FADECin varoitusvalot paloivat.

Ohjaaja teki kello 16.28 lennonjohtolle seuraavan ilmoituksen:

"Moottorissa on enää 31 % tehoa. Mennään Porvoon moottoritien päällä ja yritetään selvitä sinne asti".

Tämä oli viimeinen radioyhteys lennonjohtoon. Ohjaaja totesi, ettei koneella enää pääse Malmin lentoasemalle. Moottoritien eteläpuolella oli myös pelto, mutta koneen edelleen vajotessa hän päätti tehdä laskun moottoritielle. Ohjaaja aikoi ensin tehdä laskun ennen Hangelbyntien siltaa, joka on noin 400 metrin päässä Sipoonlahden liittymästä. Autoliikenteen takia se ei onnistunut, mutta moottorin tuottaman neljännestehon avulla hän onnistui pääsemään sillan yli.



Kuva 2 Matkustajan ottama kuva koneen lähestyessä pakkolaskupaikkaa. Kone pääsi juuri ja juuri edessä näkyvän Hangelbyntien sillan yli.

Ohjaaja seurasi liikennettä koneen sivuikkunasta ja totesi autojen hidastavan vauhtiaan. Päästyään autojen yli hän ohjasi koneen liittymään johtavalle oikealle kaistalle välttääkseen törmäämästä edellä ajaviin autoihin. Ohjaaja kertoi katkaisseensa polttoaineen syötön ja päävirrat juuri ennen kosketusta. Niiden todettiin olevan pois päältä tarkastettaessa konetta pakkolaskun jälkeen.

Kosketuskohta oli noin 250 metriä Hangelbyntien sillan jälkeen. Ohjaaja kertoi pitäneensä voimakkain ohjausliikkein koneen liittymään johtavan kaistan keskellä reunaesteiden takia ja jarruttaneensa voimakkaasti. Koneen oikea siipi osui kuitenkin tien oikealla puolella olevaan valaisinpylvääseen, jolloin siiven kärkikappale särkyi. Heti sen jälkeen vasen siipi osui liittymän haarautumiskohdassa olleeseen liikenteenjakajatauluun, jolloin koneen suunta muuttui noin 30 astetta vasemmalle, kone kallistui ja vasen pääteline nousi tien reunakaiteen päälle. Kone kulki kaiteen päällä noin 15 metriä. Nokkapyörä murtui irti, jolloin koneen nokka painui alas ja potkurin lavat katkesivat iskiessään kaiteeseen. Kone pysähtyi koneen jättämistä jäljistä mitattuna 143 metrin laskukiidon jälkeen noin kello 16.30.



Kuva 3 Kone pakkolaskun jälkeen kaiteen päällä.

Koneen pysähtyttyä matkustajat ja ohjaaja poistuivat koneesta oikeanpuoleisesta ovesta tielle. Ohjaaja oli ennen lennon alkua näyttänyt vieressään istuneelle matkustajalle, miten ovi avataan. Koneen oikeanpuoleisen polttoainesäiliön täyttöaukon kautta alkoi hiljalleen valua polttoainetta koneen runkoa pitkin tielle.

1.2 Henkilövahingot

Ei henkilövahinkoja.

1.3 Ilma-aluksen vahingot

Kone vaurioitui pakkolaskussa huomattavasti.

1.4 Muut vahingot

Liittymässä ollut liikenteenjakajataulu kaatui vinoon.

1.5 Henkilöstö

Ohjaaja Ikä 25 vuotta

Lupakirjat JAR -yksityislentäjä, PPL(A), lentokoneet, voimassa 14.4.2009 saakka.



Lääketieteellinen kelpoisuustodistus JAR -lääketieteellinen kelpoisuustodistus, luokka 2, voimassa 18.8.2011 saakka, ja lennonjohtajan lääketieteellinen kelpoisuustodistus, voimassa 18.8.2008 saakka

Kelpuutukset Kaikki vaadittavat kelpuutukset olivat voimassa

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia ja laskua
Kaikilla kone-tyypeillä	0 h 13 min	0 h 55 min 7 laskua	4 h 40 min 16 laskua	63 h 10 min 166 laskua
Ko. ilma-alustyyppillä	0 h 13 min	0 h 55 min 7 laskua	4 h 40 min 16 laskua	4 h 40 min 23 laskua

1.6 Ilma-alus

Cessna 172N oli yhdellä TAE 125-01 dieselmootorilla varustettu nelipaikkainen metallirakenteinen ylätaso.

Lentokone

Tyyppi Cessna 172N
 Rekisteritunnus OH-CAU
 Rekisterinumero 1224
 Valmistaja Cessna Aircraft Company, USA
 Valmistusnumero ja -vuosi 17272511, 1979
 Suurin lentoonlähtömassa 1043 kg
 Omistaja ja käyttäjä Malmin ilmailukerho ry
 Kokonaislentoaika 1856 tuntia

Lentokoneen laskennallinen lentoonlähtömassa oli 920 kg. Massakeskiön asema oli sallitulla alueella.

Moottori

Tyyppi TAE 125-01, 135 hv (99 KW)
 Sarjanumero 02-01-1029
 Valmistaja Thielert Aircraft Engines GmbH (TAE), Saksa
 Käyntiaika 299 tuntia
 Polttoaine JET A1

Potkuri

Tyyppi MTV-6-A-187/129, kolmilapainen, puurakenteinen, komposiittipintainen, hydraulisesti säätyvä vakiokierospotkuri
 Sarjanumero 03509
 Valmistaja MT Propeller Entwicklung GmbH, Saksa
 Käyntiaika 1004 tuntia



Tuulet:

- pintatuuli 020–050 astetta/ 8–12 solmua
- 2000 jalkaa: 060–090 astetta/ 10–15 solmua
- 5000 jalkaa: 070–140 astetta/ 5–10 solmua

0 °C raja on lentopinnalla 70–80

Paikallisesti kohtalaista jäätämistä 0 °C rajan yläpuolella

Kohtalaista turbulenssia lentopinnan 180 yläpuolella.

Säällä ei ollut vaikutusta tapahtumaan.

1.8 Suunnistuslaitteet ja tutkat

Koneessa oli kiinteästi asennettu GPS. Koneen transponderi toimi normaalisti. Helsinki-Vantaan lentoaseman MSSR -tutka näki lennon lähes loppuun asti. Kone katosi tutkasta Hangelbyntien liittymän kohdalla, joka on noin yhden kilometrin päässä pakkolaskupaikasta.

1.9 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet

Lentokoneen VHF -radioyhteydet toimivat normaalisti. Malmin lennonjohdon radiopuhelin- ja puhelinyhteydet sekä niiden taltiointi toimivat normaalisti.

1.10 Lentopaikka

Koneen lähtökenttä oli Helsinki-Malmin lentoasema. Lentoaseman tiedot ovat Suomen ilmailukäsikirjassa (AIP).

1.11 Lennonrekisteröintilaitteet

Koneessa ei ollut lennonrekisteröintilaitteita. Koneen kiinteän GPS:n muistia ei purettu.

1.12 Pakkolaskupaikan ja ilma-alueen tarkastus

1.12.1 Pakkolaskupaikan tarkastus

Onnettomuustutkintakeskuksen johtava tutkija tuli paikalle noin 30 minuuttia tapahtuman jälkeen ja tarkasti pakkolaskupaikan sekä ilma-alueen ja sen vauriot. Samalla hän haastatteli koneen ohjaajan. Vantaan kihlakunnan poliisilaitoksen rikosteknisen ryhmän tutkija teki paikkatutkimuksen sekä laati onnettomuuspaikasta piirroksen.

Mittapiirroksen mukaan koneen ensimmäinen havaittavissa oleva kosketuskohta oli renkaan jälki, joka oli 143 metriä ennen koneen pysähtymispaikkaa koneen pyrstöstä mitattuna. Laskukiidon loppuvaiheessa koneen oikea siivenkärki oli osunut tien oikealla puolella olevaan valaisinpylvääseen. Sen etäisyys ensimmäisestä kosketusjäljestä oli 118 metriä. Tämän jälkeen koneen vasen siipi oli osunut tien vasemmalla puolella olevaan liikennejakajamerkkiin, joka oli 123 metrin päässä ensimmäisestä kosketusjäljestä. Valaisinpylvään ja liikennejakajamerkin keskinäinen etäisyys oli 11 metriä. Koneen siipien

kärkiväli on 11 metriä. Liikenteenjakajaan törmäyksen jälkeen kone oli liikkunut noin 25 metriä. Tiehen oli jäänyt selvä vasemmalle kaartava pyöränjälki.

1.12.2 Ilma-aluksen tarkastus

Puurakenteisen potkurin kaikki lavat olivat katkenneet noin puolivälistä ja irronneet kappaleet olivat potkurin kohdalla maassa. Moottorin alasuojus oli lommoutunut ja painunut ylöspäin. Nokkalaskuteline oli irronnut tuliseinästä ja tuliseinän alareuna oli taipunut. Oikean siiven kärkikappale oli särkynyt ja siiven kärjessä oli törmäysjälki. Rungon peräosa ja peräsimet olivat ehjät. Ohjaamon katto oli lommoutunut siiven vaurion seurauksena. Vasemman siiven tyviosa oli koko siiven leveydeltä taipunut ja laskusiiveke oli rikkonut matkustamon vasemmanpuoleisen taemman sivuikkunan. Siiven kärkiosan etureuna oli painunut sisään noin kahden metrin matkalta. Vasemman laskutelineen varren muotopehti oli lommoutunut.

Nokkatelineen murruttua koneen nokka painui alas, jolloin oikean siipisäiliön täyttöaukosta valui polttoainetta koneen runkoa pitkin maahan. Muita vuotoja ei havaittu. Onnettomuuspaikan tarkastuksen ja valokuvauksen jälkeen pelastushenkilöstö sitoi koneen pyrstön kaiteeseen, jolloin nokka nousi ja polttoaineen valuminen loppui.

Koneen tiehen jättämät jäljet ja koneen asento sekä ulkopuoliset vauriot ja mittarien ja kytkimien asennot valokuvattiin ennen koneen liikuttamista. Ohjaamon tarkastuksessa todettiin, että päävirta oli katkaistu, polttoainehana oli kiinni, tehovipu täysin kiinni, kaikki sähkökytkimet OFF -asennossa ja laskusiivekevipu täysin ala-asennossa.

Koneen polttoainesäiliöt tyhjennettiin neljään 20 litran muovikanisteriin ja loppu ämpäriin. Polttoainetta oli noin 85 litraa. Konetyypin tunteva mekaanikko irrotti koneen siivet pelastuslaitoksen henkilöstön avustuksella. Paikalle tilattiin kuljetusajoneuvo koneen siirtoa varten. Toinen Onnettomuustutkimuskeskuksen tutkija saapui paikalle noin klo 21.00 ja valvoi siipien irrotuksen ja koneen siirron Helsinki-Malmin lentoasemalle.

1.13 Lääketieteelliset tutkimukset

Paikalle saapuneet kolme ensihoitoyksikköä tarkastivat koneen ohjaajan ja matkustajat. Heissä ei havaittu mitään vammoja. Kukaan tarkastetuista ei käynyt lääkärintarkastuksessa. Poliisi puhallutti koneen ohjaajan kello 17.10. Tulos oli 0,00 promillea.

1.14 Tulipalo ja ympäristöhaitat

Tulipaloa ei syttynyt. Koneen epänormaalin asennon takia oikean siiven polttoainesäiliön täyttöaukon löysän kannen kautta tielle valui aluksi polttoainetta, jonka palokunta imeytti pois. Polttoainevuoto ei ehtinyt aiheuttaa ympäristöhaittaa. Kun kone oli siirretty pois, palokunta pesi tien.

1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat

Koneen ohjaaja ilmoitti Malmin lennonjohdolle kello 16.27 moottorihäiriöstä, jolloin lennonjohto teki onnettomuusvaarailmoituksen Helsingin hätäkeskukselle ja lentoaseman



palokunnalle. Koneen ohjaajan ilmoitettua moottorin tehojen menettämisestä lennonjohtaja arvioi koneen joutuvan tekemään pakkolaskun ja teki onnettomuushälytyksen. Hän antoi hätäkeskukselle arvion pakkolaskupaikasta tutkamonitorilta tekemiensä koordinaattihavaintojen perusteella. Malmin lentoaseman pelastusyksiköt olivat hälytysvalmiina siltä varalta, että kone pääsee kentälle tai joutuu laskeutumaan lähimaastoon.

Lennonjohtaja käski kello 16.28 ilmoittautumispaikka Nokan suuntaan kello 16.26 lähteneen lentokoneen OH-PTC lentämään ilmoittautumispaikka Degerin suuntaan ja kutsuamaan OH-CAU lentokonetta. Siihen ei kuitenkaan saatu enää yhteyttä.

Helsingin hätäkeskus antoi hälytyksen Helsingin pelastuslaitokselle kello 16.27. Kello 16.29 olivat vasteen mukaiset pelastusyksiköt matkalla kohti Malmin lentoasemaa. Vasteeseen kuului päivystävä palomestari, lääkäriyksikkö, kaksi ambulanssia, pelastusyksikkö, kuljetusyksikkö ja säiliöyksikkö. Malmin lentoasemalla oli vaahtoauto. Vaste oli normaali ja pienin mahdollinen, mikä lento-onnettomuuden uhatessa paikalle lähetetään. Matkalla saatiin tieto, että onnettomuuspaikka oli Sipoon puolella sekä lennonjohtolta tieto, että pakkolasku oli onnistunut. Hälytys peruutettiin ja yksiköt palasivat takaisin.

Itä- ja Keski-Uudenmaan hätäkeskus sai kuusi ilmoitusta pakkolaskusta. Ensimmäinen ilmoitus tuli 16.30 matkapuhelimesta. Lentokoneen todennäköinen laskeutumisaika oli 16.30. Hätäkeskus hälytti kello 16.33–16.36 välisenä aikana Itä-Uudenmaan pelastuslaitokselta päivystävän palomestarin, kolme pelastusyksikköä, kolme ensihoitoyksikköä (ambulanssia), säiliöyksikön ja Medihelin. Lisäksi Boxin vapaapalokunnasta tuli kaksi miehistönkuljetusautoa. Yhteensä paikalle hälytettiin 38 pelastushenkilökuntaan kuuluvaa. Lisäksi paikalle hälytettiin kolme poliisipartiota. Vakinaiset yksiköt olivat matkalla kello 16.34–16.39 ja vapaapalokunnan yksiköt kello 16.38–16.46. Mediheli hälytettiin kello 16.34 ja lähti 16.40. Ensimmäisinä paikalle saapuivat ambulanssit ja pelastusyksikkö noin kello 16.42–16.45. Mediheli kääntyi takaisin kello 16.44 saatuaan radioitse tiedon ensihoitoyksiköltä, ettei apua tarvittu.

Pelastuslaitoksen ja poliisin yksiköt olivat paikalla 5–20 minuuttia hälytyksestä, ensimmäisinä ensihoitoyksiköt noin kello 16.42. Kun todettiin, ettei tieliikenteelle ollut sattunut onnettomuutta, tulipaloa ei ollut syttynyt eikä henkilövahinkoja ollut, yksiköt palasivat asemapaikoilleen. Yksi sammutusyksikkö ja kaksi miehistönkuljetusautoa jäi paikalle autamaan koneen purkamisessa ja varmistamaan poiskuljetuksen. Sammutusyksikön tehtävä päättyi seuraavan vuorokauden puolella noin kello 01.

Koneessa olleet henkilöt pääsivät itse pois koneesta välittömästi sen pysähtyttyä. Koneen istuimet pysyivät paikoillaan, turvavyöt pitivät ja oikeanpuoleinen ovi avautui esteettä. Vasemmanpuoleinen ovi ei avautunut täysin, ja sen kautta poistuminen olisi ollut vaikeaa reunakaiteen takia.

1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset

1.16.1 Moottorin toiminta

Moottorin tehonsäätöjärjestelmän kummassakin kanavassa on muistitoiminto. Niihin talloituvat moottorin pyörimisnopeus, tehovivun asento, ahtopaine, jäähdytysnesteen läm-

pötila, ahtoilman lämpötila, moottoriöljyn lämpötila ja paine, polttoaineen paine yhteispaineputkessa (common rail), ilmanpaine, FADECin jännite, yhteispaineputken painetunnistimen ja painesäätimen säätöarvot, FADECin kanavien valinta (A tai B), vaihteiston lämpötila ja FADECin kelloaika.

Molempien kanavien tallenteet olivat identtiset. Tallenteista voitiin lukea seuraavaa:

- moottori käynnistettiin 16.03 ja lämmityskäyttö kesti noin kolme minuuttia
- rullaus alkoi 16.08
- koekäyttö tehtiin kello 16.13–16.14 ja arvot koekäytössä olivat normaalit
- kone rullasi kiitotielle kello 16.15 ja lentoonlähtö tapahtui kello 16.16 täydellä teholla
- tehot vähennettiin 80 %:iin kello 16.18 ja minuutin kuluttua 70 %:iin
- tehot lisättiin 100 %:iin kello 16.21 noin 1½ minuutiksi, kun kone nousi 1200 jalan korkeuteen, ja sen jälkeen tehot vähennettiin 80 %:iin
- tehot lisättiin kello 16.26 puoleksi minuutiksi 100 %:iin ja vähennettiin takaisin 80 %:iin, jolloin lähes välittömästi alkoi polttoaineen paineen ja ahtopaineen nopea lasku noin 30 %:iin. Kello 16.27 moottori kävi enää 25–30 % teholla ja FADEC oli vaihtanut kanavalle B, moottori kävi edelleen ja kierrosluku oli noin 3000 rpm
- ohjaaja oli liikutellut tehovipua edestakaisin ja siirtänyt sen lopuksi täysin auki - asentoon, mutta se ei vaikuttanut moottorin käyntiin
- moottori pysäytettiin kello 16.30.

Ennen kello 16.27 alkanutta nopeaa polttoaineen paineen laskua moottorin käyntiarvoissa ei ollut havaittavissa mitään normaalia poikkeavaa.

1.16.2 Moottorin ja kytkimen tarkastus

Moottori tarkastettiin ulkopuolelta silmämääräisesti. Moottori oli ehyt, puhdas ja kuiva lukuun ottamatta kytkinkopan alla olevan huohotinaukon reunaa, joka oli pieneltä alueelta vaihteistoöljyn kostuttama. Vaihteistoöljyn pinta oli oikealla tasolla. Moottorin öljymäärä oli oikea. Öljynsuodatin avattiin ja tarkastettiin. Suodatin oli puhdas. Pakokaasuturbiini ja ahdin olivat hyväkuntoiset ja pyörivät normaalisti.

Vaihteisto irrotettiin paikaltaan. Kytkinkoppa oli kuiva ja puhdas eikä moottorinpuoleisella sivulla ollut merkkejä öljyvudosta. Vaihteiston puolella oli vähäistä kosteutta öljyvudosta, joka oli peräisin kytkinakselin tiivisteestä. Kytkinasetelma irrotettiin. Sen kiinnityspultit olivat asianmukaisesti kiinni. Kytkinlevyn paksuus oli 2,7 mm. Levyn pinnalla oli tummia laikkuja. Levy oli ehyt ja kuiva, eikä siinä ollut merkkejä ylikuumenemisestä. Asetelman painelevyn ja vauhtipyörän kitkapinnat olivat virheettömät. Vauhtipyörä irrotettiin, jolloin todettiin, että kampiakselin ja öljypohjan tiiviste eivät vuotaneet.

1.16.3 Polttoainejärjestelmän tarkastus

Tarkastuksessa havaittiin, ettei oikeanpuoleisen polttoainesäiliön täyttöaukon kansi kiristynyt tiiviiksi. Polttoainesäiliöiden kaikki neljä verkkosuodatinta tarkastettiin. Vasemman säiliön takimmainen suodatin vioittui irrotuksen yhteydessä, koska säiliön reuna oli taipunut. Suodattimessa oli vähän kuitumaista tummaa likaa ja kaksi pientä alumiinilastua (pituus noin 1 mm). Muut verkkosuodattimet olivat puhtaat. Polttoainejärjestelmän ve-

denerottimen suodatin irrotettiin ja tarkastettiin. Suodattimen päällä ja kupin pohjalla oli teräshiukkasia. Hiukkasten alkuperän löytämiseksi irrotettiin sekä matalapainepumppu että korkeapainepumppu. Lisäksi irrotettiin yhteispaineputki (common rail) sekä suuttimet yhdistävä paluuputki. Matalapainepumppu avattiin ja se todettiin hyväkuntoiseksi.

Korkeapainepumppu

Moottorin korkeapainepumppun valmistenumero oli 02-7310-04005R6-U ja sarjanumero 12155. Pumpun rungossa olleesta numerosarjasta ilmeni, että pumppu oli moottorin valmistajatehtaan modifioima. Pumpun peruskorjausjakso oli 600 tuntia. Pumpun käyntiaika oli 298 tuntia. Pumpun mäntien, laakereiden ja liukupintojen voitelu tapahtuu JET A1 polttoaineella. Pumpun kolme mäntää on asennettu säteittäin ja niitä käyttää epäkeskoakseli. Pumpun kehittämä maksimipaine on noin 1350 baaria.



Kuva 4 Moottorin korkeapainepumppun käyttimen ja epäkeskoakselin vaurioita.

Pumpun sylinterit ja männät olivat virheettömät. Sylintereitä irrotettaessa havaittiin pumpun sisällä metallihiukkasia. Käyttöakselin epäkeskon pinta ja pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeri olivat pahoin kuluneet. Laakerin teräsluiskasta oli irronnut kappaleita. Käyttimen kolmessa pinnassa, jotka ovat kosketuksissa pumppumäntien kanssa, oli alkavaa syöpymää.

Tutkintalautakunta mittasi pumpun käyttöakselin epäkeskon ja pumppumäntiä työntävän käyttimen kulumisen. Mittauksessa todettiin, että pumpun akselin epäkeskon halkaisija oli kulumattomasta kohdasta 23,95 mm. Kuluma oli enimmillään 0,08 mm. Pumppumän-

tiä työntävän käyttimen laakeri oli kulunut kartiomaiseksi siten, että laakerin toisen pään halkaisija oli 24,49 mm ja toisen pään 25,01 mm. Mittauksen perusteella epäkeskon ja käyttimen välys oli 0,62 – 1,14 mm, keskimäärin 0,88 mm. Pumppumäntien iskunpituus on kulumattomassa pumpussa on 6,92 mm, joten iskunpituus oli kulumisen vuoksi lyhentynyt noin 13 %.

Paineensäätöventtiili

Yhteispaineputken takapäässä sijaitseva paineensäätöventtiili irrotettiin. Venttiilissä oli metallihiukkasia. Korkeapainepumppu, suuttimet ja paineensäädin vietiin Saksaan BFU:lle, joka toimitti ne testattavaksi moottorin valmistajalle. Testaus tehtiin viranomaisen valvonnassa. Testissä ruiskutusventtiilit ja paineensäätöventtiili toimivat moitteetta. Moottorin valmistaja lähetti tutkintalautakunnalle 13.2.2008 päivätyn tutkimusraportin OH-CAU:n moottorin korkeapainepumpun vauriosta. Raportissa todettiin, että vaurio on ainutkertainen eikä vastaavia vaurioita ole tehtaan tiedossa. Tehtaan käsityksen mukaan vaurio on alkanut polttoaineessa jollain aikaisemmalla lennolla olleesta vedestä.



Kuva 5 Paineensäätöventtiilissä olleet metallihiukkaset.

1.16.4 Polttoaineen analysointi

Lentokoneen polttoainesäiliöstä otettu näyte tutkittiin lokakuussa 2007 Neste Oil Oyj:n laboratorioissa tutkintalautakunnan jäsenen ollessa läsnä. Näytteestä tutkittiin voiteluominaisuus, tiheys, viskositeetti, tislautumiskäyrä sekä lyijy- ja vesipitoisuus. Polttoaine täytti kaikilta tutkituilta osin JET A1 polttoaineelle asetetut vaatimukset (ASTM D



1655). Näytteen vesipitoisuus oli analysointimenetelmän ASTM D 6304 mukaan alhainen (43 mg/kg). Kolmella eri analysointimenetelmällä mitattuna polttoainenäytteestä ei löytynyt lyijyä.

Koneessa olleen polttoaineen voiteluominaisuus mitattiin kahdella eri menetelmällä. BOCLE (Ball-on Cylinder Lubricity Evaluation) on JET A1 polttoaineen voitelevuuden mittaamenetelmä. HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) on dieselpolttoaineen voitelevuuden mittaamenetelmä. BOCLE- menetelmän kolmen testin keskiarvo oli 0,640 mm. Suurin sallittu arvo on 0,850 mm. HFRR- menetelmän kahden testin keskiarvo oli 0,835 mm. Suurin sallittu arvo dieselpolttoaineella on 0,460 mm. BOCLE- ja HFRR- menetelmillä saadut lukuarvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Sekä BOCLE että HFRR testitulosten lukuarvot ovat pallonmuotoiseen koekappaleeseen testin aikana syntynyt kulumajälki, jonka halkaisija ilmoitetaan joko millimetreinä tai mikrometreinä.

BFU:n pyynnöstä tutkintalautakunta tilasi Neste Oil Oyj:ltä lisätutkimukset neljästä elokuun 2007 JET A1 polttoaineen valmistuserästä. Tulokset saatiin 25.1.2008. Analyysin tulos osoitti, että BOCLE- menetelmän mukaan kaikki valmistuserät täyttivät JET A1 polttoaineelle asetettavat vaatimukset. HFRR- menetelmällä tulokset antoivat näytteiden keskiarvoksi 0,855 mm. Vaihteluväli oli 0,835–0,870 mm.

Vastauksena tutkintalautakunnan kyselyyn EASA ilmoitti 11.3.2008, että TAE 125-moottorin korkeapainepumpun hyväksymistesteissä käytetyn polttoaineen suurin HFRR lukuarvo oli 0,780 mm. Koska Neste Oil Oyj:n polttoaineanalyseissä saadut HFRR- arvot olivat selvästi suuremmat, tutkintalautakunta ilmoitti kirjallisesti asiasta Ilmailuhallinnolle ja EASA:lle. Ilmailuhallinto tiedotti asiasta kiertokirjeellään 18.3.2008 suomalaisille TAE -moottoreilla varustettujen ilma-alusten omistajille ja käyttäjille.

Saksan lento-onnettomuustutkintavirasto (BFU) ilmoitti 5.5.2008, että he halusivat tutkituttaa Neste Oil Oyj:n valmistaman JET A1 polttoaineen Saksan puolustusvoimien laboratoriossa (Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe, WIWEB). Sitä varten Saksaan lähetettiin syyskuussa 2008 kolme 0,8 litran näytettä Neste Oil Oyj:n elokuussa 2007 valmistamista ja aikaisemmin analysoiduista JET A1 polttoaine-eristä. WIWEBin tutkimustulokset saatiin 31.10.2008. Näytteet olivat täyttäneet kaikki JET A1 polttoaineelle asetetut vaatimukset. HFRR- menetelmällä saadut arvot olivat 0,902–0,955 mm.

1.17 Muut tiedot

Tutkintalautakunta sai 13.2.2008 päivätyn TAE:n tutkintaselostuksen OIR-02-01-28-09-2007 OH-CAU:n korkeapainepumpun vaurioista. Pumpun vaurio johtui tehtaan mukaan korroosiosta, jonka oli aiheuttanut polttoaineessa ollut vapaa vesi. TAE:n tutkintaselostuksessa oli myös tarkastustilasto Suomessa rekisteröidyissä lentokoneissa käytössä olleista korkeapainepumpuista. Tilaston mukaan pumppujen yhteenlaskettu käyntiaika ilman havaittuja vikoja oli 4717 tuntia. Suomessa oli tilaston mukaan ollut käytössä yh-

teensä 12 korkeapainepumppua, eikä niissä ollut tarkastuksissa havaittu vikoja tai poikkeuksellista kulumista.

Edellä mainitun tutkintaselostuksen saamisen jälkeen tutkintalautakunta tutki 28.4.2008 vertailumielessä lentokoneen OH-CAZ:n korkeapainepumpun n:o 02-7310-04005R5, sarjanumero 11901. Pumpun käyntiaika oli 332 h. Pumpun peruskorjausjakso oli 300 h. Purkamisen jälkeen todettiin, että pumpun männät ja sylinterit olivat hyväkuntoiset sekä epäkeskoakseli virheetön. Pumpumäntiä työntävän käyttimen laakerissa oli havaittavissa teflonpinnoitteen osittaista irtoamista ja epätasaisuutta. Sitä oli selvimmin kolmessa kohdassa 120 asteen välein, mutta teflonpinta oli rikki myös näiden alueiden välistä kapeana viiruna. Vioittunut pinta-ala oli noin puolet koko laakerin pinta-alasta.



Kuva 6 OH-CAZ:n moottorin korkeapainepumpun käyttimen laakerin teflonpinnan kulumisjälkiä.

Mikroskooppitarkastelussa näkyi, että kolmessa kohdassa teflonpinta oli kulunut niin, että teflonin alla oleva kuparinvärinen pinnoite oli näkyvässä. Teflonista osa oli kulunut pois ja osa oli osittain irronnut. Pumppu lähetettiin BFU:n kautta TAE:lle, joka koekäytti sen. TAE:n lausunnon mukaan kunto oli normaalia huonompi, mutta pumppu oli toimintakuntoinen.

Tutkintalautakunta tutki 28.10.2008 myös lentokoneen OH-CME:n korkeapainepumpun n:o 02-7310-04005R6, sarjanumero 12166. Pumpun käyntiaika oli 513 h. Pumpun peruskorjausjakso oli 600 h. Pumppu todettiin virheettömäksi. Havainnoista ilmoitettiin BFU:lle ja TAE:lle. Pumppu palautettiin BFU:n ohjeen mukaisesti koneen omistajalle.



1.18 Käytetyt tutkintamenetelmät

Tutkinnassa käytettiin tavanomaisia menetelmiä. Koneessa ollut polttoaine analysoitiin. Tutkimuksissa tarkastettiin, että Neste Oil Oyj:n valmistama JET A1 polttoaine täyttää ASTM D 1655 sekä AFQRJOS laatuvaatimukset. Polttoaineen voitelevuus mitattiin BO-CLE- menetelmällä ja HFRR- menetelmällä. Polttoaineen tislautuminen analysoitiin ASTM D 86 menetelmällä, viskositeetti mitattiin ASTM D 445 menetelmällä, tiheys ASTM D 4052 menetelmällä ja vesipitoisuus ASTM D 6304 menetelmällä. Polttoaineen lyijypitoisuus mitattiin kolmella menetelmällä: NM101, NM412 ja ASTM D 3237.



2 ANALYYSI

2.1 Polttoaineanalyysit

Koneen säiliöstä otettu polttoainenäyte täytti kaikilta tutkituilta osin JET A1 polttoaineelle asetetut laatuvaatimukset.

TAE 125 dieselmoottorin korkeapainepumppu saa voitelunsa yksinomaan polttoaineesta. Erillistä voitelujärjestelmää ei ole. Tämän vuoksi polttoainenäytteestä mitattiin voitelukyky, vesipitoisuus ja lyijypitoisuus.

JET A1 polttoaineen voitelukykyä osoittava BOCLE lukuarvo oli 0,640 mm. Suurin sallittu arvo on 0,850 mm, joten polttoaine täytti hyvin JET A1:lle asetetut vaatimukset. Polttoainenäyte testattiin TAE:n pyynnöstä myös dieselpolttoaineen voiteluominaisuuden mittaamiseen tarkoitettulla HFRR mittausmenetelmällä. Tulokseksi saatiin 0,835 mm. Dieselpolttoaineella suurin sallittu arvo on 0,460 mm. EASA ilmoitti, että sen tekemissä TAE -moottorin korkeapainepumpun hyväksymistesteissä käytetyn JET A1 polttoaineen suurin HFRR lukuarvo oli 0,780 mm.

Näytteen vesipitoisuus oli 43 mg/kg, joka on noin puolet suurimmasta sallitusta arvosta. Lyijyä, joka olisi voinut olla peräisin esimerkiksi vahingossa tapahtuneesta lentobensiinin tankkauksesta, ei havaittu millään kolmella testausmenetelmällä.

Testituloksista nähdään, että JET A1 polttoaineen voiteluominaisuus on selvästi huonompi kuin dieselpolttoaineen, johon valmistusprosessin yhteydessä lisätään voitelukykyä parantavaa lisäainetta. Dieselmoottorin korkeapainepumppu ja suuttimet edellyttävät luotettavasti toimiakseen polttoaineelta tiettyä voiteluominaisuutta.

Neste Oil Oyj:ltä tilattiin tammikuussa 2008 neljän elokuun 2007 JET A1-erän voiteluvuusarvot. Ne olivat seuraavat:

Testimenetelmä	Erä 15.8.	Erä 7.8.	Erä 12.8.	Erä 2.8.	Mittayksikkö	Metodi
BOCLE	0,80	0,79	0,79	0,81	mm	ASTM D 5001
HFRR	870	867	847	835	µm/60°C	ENISO12516-1
	0,870	0,867	0,847	0,835	mm/60°C	

BOCLE arvot ovat hyvät. HFRR tulosten keskiarvo oli 0,855 mm. Toukokuussa 2008 tehdyn satunnaisnäytteen HFRR lukuarvo oli 0,755 mm, joka on 0,100 mm pienempi kuin tammikuussa testattujen erien arvot. Syytä tähän eroon ei tiedetä.

Saksassa WIWEBin Neste Oil Oyj:n elokuussa 2007 valmistamasta JET A1 polttoaineesta 10.9.2008 tekemän kolmen erän analyysin tulokset olivat seuraavat:

Testi- menetelmä	Erä 1	Erä 2	Erä 3	Mitta- yksikkö	Metodi
BOCLE	0,763	0,785	0,781	mm	ASTM D 5001
HFRR	0,902	0,914	0,955	mm	DIN ISO 12516-1

BOCLE lukuarvot ovat lähes samat kuin Suomessa saadut arvot. HFRR lukuarvot ovat Suomessa saatuja arvoja suuremmat.

Suomessa tehtyjen HFRR analyysien keskiarvot olivat 0,855 mm ja Saksassa tehtyjen analyysien 0,923 mm. Neste Oil Oyj:n valmistaman JET A1 polttoaineen voitelevuus oli HFRR menetelmällä mitattuna suomalaisessa analyysissä keskimäärin 0,080 mm suurempi ja saksalaisessa analyysissä 0,150 mm suurempi kuin EASA:n ilmoittama HFRR lukuarvo 0,780 mm. '1

2.2 Moottorin tehonmenetys

Matkalennolla ohjaajan lisätessä tehon 100 %:iin ja vähentäessään sen takaisin 80 %:iin alkoi lähes välittömästi polttoaineen paineen ja ahtopaineen nopea lasku noin 30 %:iin. Moottori ei pysähtynyt, vaan jäi käymään 25–30 % teholla. Kaasuvivun liikuttaminen ei vaikuttanut moottorin käyntiin. FADECin arvoista näkyy, että painevaraajan paine aleni nopeasti noin 1000 baarista noin 200 baariin. FADECin edellyttämä tavoitepaine oli noin 950 baaria. Moottoriin jäljelle jäänyt teho ei mahdollistanut vaakalennon säilyttämistä.

Pumpussa useiden lentotuntien aikana edennyt kulumisen oli lyhentänyt pumpun mäntien iskunpituutta noin 13 %. Pumpun maksimituotto on pienentynyt, mutta pumpun kapasiteetin huomioon ottaen lennolla tapahtunut nopea paineen lasku on tuskin aiheutunut kulumisesta. On todennäköistä, että painevaraajan päässä oleva paineensäätöventtiili, joka on tietokoneen ohjaama solenoidikäyttöinen kuulaventtiili, on siihen joutuneen metallihiukkasen vuoksi jäänyt osittain auki-asentoon ja romahduttanut polttoaineen paineen.

Ruiskutusventtiilit (suuttimet) ja paineensäätöventtiili testattiin moottorin valmistajatehtaalla. Testissä ne toimivat normaalisti. Tutkintalautakunta pitää mahdollisena, että metallihiukkanen kuulaventtiilissä on huuhtoutunut pois ja venttiili on jälleen toiminut.

2.3 Korkeapainepumpun rikkoutuminen

Moottorin valmistajatehdas on moottoria kehittäessään tehnyt muutoksia korkeapainepumppuun, jotta JET A1 polttoaineen voitelevuus olisi riittävä. Nyt tutkittavassa tapauksessa käyttimen laakerin teflon-pinnoitus ja sen alla oleva pronssipinta olivat lähes täysin kuluneet pois ja laakerin teräsrungostakin oli irronnut kappaleita. Akselin epäkeskon pinta oli kulunut. Myös epäkeskoakselin kaksi muuta laakeripintaa olivat naarmuuntu- neet epäkeskonokan vastakkaiselta puolelta, johon kuormitus kohdistuu. TAE:n asiantuntijan mukaan kysymyksessä olevan kaltainen pitkälle edennyt laakerivaurio on alkanut jo useita lentotunteja ennen kuin se havaittiin.



Pumpun tutkimuksessa todettiin, että pumpun epäkeskokammioon polttoainetta voitelutarkoitukseen johtavassa teräsholkissa oli ruostetta. TAE:n asiantuntijan lausunnon mukaan ruoste on osoitus siitä, että polttoaineessa on ollut jossakin vaiheessa vapaata vettä. Lausunnon mukaan vesi on ollut todennäköinen syy alkaneeeseen laakerivaurioon.

Kyseisessä lentokoneessa oli 25.9.2007 ilmennyt hetkellinen käyntihäiriö. Häiriö oli tullut lisättäessä tehot 100 %:iin, jolloin moottorin kierrokset alkoivat vaihdella voimakkaasti. Tehot alennettiin 75 %:iin, jolloin moottorin käynti tasaantui. Lentokone palasi ongelmitta takaisin Helsinki-Malmin lentoasemalle. Moottori tarkastettiin 26.9.2007, mutta siinä ei havaittu mitään poikkeavaa. Myöskään polttoainejärjestelmässä ei havaittu vettä. Lentoa edeltäneessä tarkastuksessa ohjaaja ei ollut havainnut vettä mistään kolmesta erikohdasta otetuissa näytteissä. Muutamia tippoja lukuun ottamatta vettä ei ole havaittu edellä mainitun lennon jälkeenkään. Tutkijalautakunta havaitsi, että oikean polttoainesäiliön täyttöaukon kansi oli säädetty siten, ettei se kiristynyt tiiviisti, vaan sadevesi pääsi säiliöön. Lentokonetta oli pääasiassa säilytetty hallissa, mutta se on kesän 2007 aikana ollut myös ulkona ja sateessa. Malmin Ilmailukerho ry:n kerhokirjeessä 21.9.2007 huomautettiin polttoainejärjestelmän vedenpoiston tärkeydestä, koska sateisten säiden jälkeen OH-CAU:n järjestelmissä oli havaittu vettä.

Polttoainesäiliön täyttöaukon kannen tiivisteiden kunto ja kannen kireyden tarkastus kuuluu koneen Cessnan 100 tunnin huolto-ohjelmaan. Onnettomuus koneen polttoainesäiliöiden kannet oli kuitenkin vaihdettu toisentyyppisiin moottorinvaihdon yhteydessä, eikä Cessnan huolto-ohje koskenut niitä. TAE ei ollut sisällyttänyt huolto-ohjeeseensa polttoainesäiliön kannen tarkastus- ja säätötoimenpiteitä.

Jos vettä pääsee korkeapainepumpulle, seuraa käyntihäiriö. Vedenerottimen pitää olla täynnä vettä, ennen kuin vesi pääsee korkeapainepumpulle. Jos polttoainesäiliöstä ei järjestelmään pääse lisää vettä moottorin ollessa käynnissä, vettä jää suodatinkuppiin. Tällöin seuraavassa vedenpoistossa, mikäli näyte otetaan asianmukaisesti näyteastiaan, vesimäärän pitäisi herättää huomiota. Mikäli polttoainenäyte lasketaan suoraan maahan, vesi jää todennäköisesti huomaamatta.

Suomessa avattiin kolme TAE -moottorin korkeapainepumppua, joissa kaikissa oli käytetty saman suomalaisen valmistajan JET A1 polttoainetta. Pakkolaskun tehneen OH-CAU:n korkeapainepumppu oli täysin rikki, vaikka pumppu oli käynyt vasta puolet 600 tunnin käyntijaksostaan. OH-CAZ:n pumppu, joka oli käynyt 10 % 300 tunnin käyntijaksonsa yli, oli normaalia kuluneempi, mutta koekäytössä toimintakuntoinen. Havaittu kuluminen ei ollut vaikuttanut lentotoiminnassa moottorin toimintaan. OH-CME:n korkeapainepumppu, joka oli käynyt 513 tuntia 600 tunnin käyntijaksostaan, oli täysin virheetön ja oli toiminut moitteettomasti.

TAE:n lausunnon mukaan OH-CAU:n korkeapainepumpun vaurio oli aiheutunut polttoaineessa olleesta vapaasta vedestä. Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan tämä on mahdollista, koska polttoainesäiliön löystyneen kannen kautta polttoainejärjestelmään on voinut päästä vettä. Ennen tapahtumalentoa ja lennon jälkeen otetuissa polttoainenäytteissä ei havaittu vettä. Pumpun vaurioituminen on alkanut aikaisemmin.

OH-CAZ:n pumpun kuluminen on tehtaan lausunnon mukaan ollut hyväksyttävissä rajoissa. OH-CME:n korkeapainepumppua ei lähetetty tehtaalle, koska pumppu oli täysin virheetön.

Mahdollinen muu vaurion syy voi olla lyhytaikainen voiteluhäiriö, josta seuraa vähäisiä naarmuja laakeripintaan. Naarmut puolestaan estävät ehyen voitelukalvon muodostumisen laakeripintojen välille ja aikaansaavat jatkuvasti etenevän laakeripintojen kulumisen. Korkeapainepumpun epäkeskon laakerin vaurioituminen on mahdollista myös silloin, jos moottori pysähtyy lennolla polttoaineen puutteeseen, mutta jatkaa pyörimistä tuulimyllynä, tai moottori pysäytetään sulkemalla polttoainehana esimerkiksi koekäytön yhteydessä. Näissä tilanteissa pumpun epäkeskon laakeri jää vaille voitelua. Näistä ei tutkinnassa saatu mitään näyttöä.

On myös mahdollista, että eri valmistajien JET A1 polttoaineiden voitelevuus on riittämätön dieselmoottorin korkeapainepumpulle.

2.4 Polttoaineen ominaisuuksien merkitys

Lentoasemilla ei ole saatavissa ilmailupolttoainehuollon puhtausvaatimukset täyttävää dieselpolttoainetta. Sen vuoksi on pyritty kehittämään ilma-alusten voimalaitteeksi sellainen dieselmoottori, jossa voidaan käyttää JET A1 polttoainetta.

Neste Oil Oyj:n lausunnon mukaan JET A1:n valmistuksessa ei aina seurata voitelevuutta. Voitelevuus mitataan vain, jos tuotteessa on yli 95 % vetykäsiteltyä materiaalia, mistä vähintään 20 % on voimakkaasti vetykäsiteltyä materiaalia, tai aina jos tuotteessa on synteettisiä komponentteja. Nämä ehdot täyttyvät vain harvoin JET A1-tuotteessa.

JET A1 polttoaine on valmistettu suihkumoottoripolttoaineeksi. Se noudattaa koostumukseltaan, käsittelyltään ja analyysien sekä seurannan osalta JIG -säännöksiä, jotka ovat tätä käyttöä varten kehitetty. JET A1:n voitelevuus on merkittävästi dieselpolttoainetta huonompi. JET A1:n voitelevuutta valvotaan BOCLE menetelmällä ASTM D 5001. Se kuvaa huonosti dieselmoottorin tarvitsemää voitelevuutta. Suurimmaksi sallituksi BOCLE lukuarvoksi on vahvistettu 0,850 mm.

Neste Oil Oyj:n mukaan dieselmoottorikäytössä yksi tärkeimmistä parametreista on poltonesteen syttyvyyttä kuvaava setaaniluku. Se on aina spesifioitava dieselmoottorikäyttöön tarkoitetussa poltonesteessä ja sillä on omat minimiarvonsa, jotka eivät täyty tyyppillisellä suihkumoottoripolttoaineella. Setaanilukua ei seurata eikä sille taata minimiarvoja JET A tai JET A1 tuotteissa.

Dieselpolttoaineen voitelevuutta testataan HFRR- menetelmällä. Suurimmaksi sallituksi lukuarvoksi on vahvistettu 0.460 mm. JET A1 polttoainetta ei testata HFRR menetelmällä, eikä polttoaineelle ole kansainvälisesti vahvistettu mitään HFRR lukuarvovaatimuksia. BOCLE ja HFRR menetelmillä saadut lukuarvot eivät ole keskenään vertailukelpoisia.

Moottorin valmistaja on korkeapainepumppua modifioimalla pyrkinyt siihen, että pumppu kestäisi myös JET A1 polttoaineella käytön. Ongelmaksi näyttää muodostuneen se, ettei



JET A1:lle ole vahvistettu voitelevuusvaatimuksia dieselmoottorissa käyttöä varten. Voitelevuutta on testeissä sen vuoksi tarkasteltu HFRR menetelmällä saaduilla lukuarvoilla, jota JET A1 polttoaineen laadunvalvonnassa ei käytetä. Koska JET A1 polttoainetta on olemassa eri laatuja, jotka kaikki täyttävät perusstandardin, ei tiedetä, mikä niiden voitelevuus dieselmoottorissa on.

Exxon Mobil ilmoitti kirjeitse jälleenmyyjilleen 17.11.2008, ettei se toistaiseksi hyväksy JET A1 polttoaineensa jakelua dieselmoottoreilla varustetuille ilma-alukselle, ellei ostaja allekirjoita kirjallista sitoumusta olla vaatimatta korvausta polttoaineen mahdollisesti aiheuttamista vahingoista. Tutkinnan valmistumiseen mennessä muut polttoaineyhtiöt eivät ole julkaisseet vastaavaa tiedotetta tai ottaneet kantaa asiaan. Yleensä tuotteen käyttö tapahtuu käyttäjän, moottorin valmistajan ja luvan myöntäneen instanssin vastuulla.

Suomessa valmistettu JET A1 polttoaine täyttää kaikki suihkumoottoripolttoaineelle asetetut vaatimukset. Sen HFRR lukuarvo, joka osoittaa dieselpolttoaineen voitelevuutta, on kuitenkin suurempi kuin mitä EASA:n ilmoittama 0,780 mm, joka oli TAE -moottorin korkeapainepumpun hyväksynnässä käytetyn polttoaineen HFRR lukuarvo. BOCLE arvoa ei tiedetä. Myöskään voitelevuutta parantavista lisäaineista ei ole tietoa. Tutkintalautakunnalla oli käytettävissään Defence Standard 91-91 issue 6 mukainen luettelo JET A1 tuotteeseen hyväksytyistä voitelevuuslisäaineista, jota Neste Oil Oyj noudattaa.

Ilmailuhallinto on kiertokirjeessään 96/70/2007 päivämäärällä 18.3.2008 ilmoittanut, että TAE 125 -moottoreiden polttoainepumpun voitelevuuden parantamiseksi moottoreissa voidaan käyttää myös autojen dieselpolttoainetta tai dieselin ja JET A1 polttoaineen seosta. Dieselpolttoaineen käyttö sallitaan myös moottorin käsikirjassa.

2.5 Ohjaajan toiminta

Ohjaajan kokonaislentokokemus oli 63 lentotuntia. OH-CAU:lla hän oli lentänyt vajaa viisi lentotuntia. Hän hallitsi kuitenkin moottorihäiriön sattuessa tarvittavat hätätoimenpiteet ja teki koneen lentokäsikirjassa käsketyt toimenpiteet oikein. Hän kääntyi heti moottorihäiriön ilmetessä takaisin kohti Malmia ja ilmoitti tapahtumasta lennonjohdolle. Matkustajien kertoman mukaan hän pysyi koko ajan rauhallisena ja informoi matkustajat tapahtumasta ja aikeistaan. Koneen evakuointi laskun jälkeen tapahtui nopeasti. Ohjaaja ilmoitti pakkolaskusta ja pakkolaskupaikasta lennonjohdolle matkapuhelimella heti päästyään pois koneesta.

Suuren tehonmenetyksen takia ohjaaja totesi vian vakavaksi. Tehot vaihtelivat kuitenkin niin paljon, että hän arveli saavansa moottorin vielä toimimaan normaalisti ja jatkoi lentoa. Ohjaajan kertoman mukaan alueella, jossa tehonmenetys alkoi, olisi ollut pakkolaskuun sopivia peltoaukeita. Lennon jatkuessa ne vähenivät ja osa oli kynnöspeltoa. Pelolle tai yleensä maastoon laskeutuminen sisältää vaaran, että kone menee ympäri tai törmää maastoesteisiin.

Laskeutuminen tielle ajoneuvoliikenteen sekaan sisältää riskin törmäämisestä ajoneuvoihin tai tien varressa oleviin reunaesteisiin. Riskin suuruuteen vaikuttaa käytettävissä

oleva tila, liikennevirran tiheys, nopeus ja suunta ilma-alukseen nähden, ilma-aluksen koko, polttoainemäärät sekä ilma-aluksen ja ajoneuvoliikenteen nopeuserot. Sillat muodostavat vakavan riskin. Tielle laskeutuminen onnistuu, jos liikenne on niin harvaa, että ilma-alus mahtuu liikenteen sekaan. Ellei näin ole, on turvallisempaa tehdä pakkolasku maastoon tai metsään. Nyt koneen laskeutumissuunnassa moottoritiellä länteen suuntautuva liikennevirta oli niin harvaa, että tarvittava laskeutumistila syntyi. Lisäksi ajoneuvot hiljensivät nopeuttaan havaittuaan eteensä laskeutuvan lentokoneen.

Ohjaajan valinta ohjata kone moottoritien oikealle kaistalle ja siitä oikealle eroavalle liittymälle oli perusteltua, koska jatkaminen moottoritiellä olisi aiheuttanut riskin törmätä edellä ajaviin ajoneuvoihin. Nyt vauriot aiheutuivat törmäämisestä tien reunaesteisiin. Valaisinpylvään ja liikenteenjakkajan välinen etäisyys oli 11 metriä ja koneen kärkiväli samoin 11 metriä, joten teoriassa kone olisi voinut mahtua esteiden välistä. Käytettävissä olevan tilan arviointi lentokoneen ohjaamosta on kuitenkin vaikeaa ja koneen ohjaaminen tähän tilaan vaurioitta lähes mahdotonta.

Mitattu laskukiidon pituus ensimmäisestä havaittavasta kosketusjäljestä oli 143 metriä. Koneen käsikirjan mukaan laskukiidon pituus on 520 jalkaa (158 metriä). Lopullista kosketuskohtaa ei voitu määrittää. Ohjaaja kertoi katkaisseensa päävirrat ja sammuttaneensa moottorin juuri ennen kosketusta. Se ei kuitenkaan ollut onnistunut, koska moottori oli pysähtynyt FADECin arvojen perusteella vasta koneen pysähtyessä kaiteeseen. Samaa osoittivat potkurin pirstoutumisjäännökset, jotka olivat koneen alla. Moottori oli näin ollen käynyt muuttumattomalla 25–30 % teholla koko laskukiidon ajan. Ohjaaja kertoi jarruttaneensa voimakkaasti, mutta tiellä ei ollut jarrutusjälkiä. Ohjaajan käsityksen mukaan hän joutui tekemään jalkaohjaimilla voimakkaita ohjausliikkeitä, jotka ovat saattaneet vähentää jarrituksen tehokkuutta. Koneen nousu kaiteen päälle osoittaa, että nopeus oli vielä siinä vaiheessa ollut melko suuri.

2.6 Lennonjohtajan toiminta

Malmin lennonjohdossa oli työvuorossa kaksi lennonjohtajaa, jotka reagoivat välittömästi kuultuaan OH-CAU:n ilmoituksen tehonmenetyksestä. Lähilennonjohtaja antoi koneelle selvityksen lähestyä suoraan ilman rajoituksia kenttää, jossa oli käytössä kiitotie 36. Myöhemmin hän antoi luvan lähestyä suoraan kiitotietä 27, joka on Porvoon moottoritien jatkeella. Hän teki onnettomuusvaarahälytyksen lentoaseman omalle palokunnalle sekä Helsingin hätäkeskukselle.

Lennonjohtaja käski laskuun kentän laskukierroksessa olevat lentokoneet tehdäkseen tilaa vaikeuksiin joutuneelle OH-CAU:lle sekä käski kello 16.28 Nokan ilmoittautumispaikan suuntaan lentävän OH-PTC:n kääntymään Degerin ilmoittautumispaikan suuntaan käyttäkseen sitä radioliikenteen välittäjänä. Matalalla idästä lähestyvän ilma-aluksen radiokuuluvuus Malmille on huono, ja OH-PTC olisi voinut välittää radioliikenteen sanomat Malmin lennonjohdon ja OH-CAU:n välillä. Radioyhteyttä ei kuitenkaan enää syntynyt, koska pakkolasku oli jo tapahtunut.

Kultuaan OH-CAU:n viimeisen radiolähetysten kello 16.28 lennonjohtaja arvioi, että kone joutuu tekemään pakkolaskun. Hän otti toiminnassaan kuitenkin edelleen huomioon



mahdollisuuden, että OH-CAU pääsee kentälle asti. Lennonjohtajat toimivat yhteistoinnissa ja kello 16.31 he arvelivat, että joudutaan antamaan lento-onnettomuus-hälytys. Kello 16.32 koneen ohjaaja kuitenkin soitti matkapuhelimella rullauslennonjohtajalle tiedon onnistuneesta pakkolaskusta, jonka jälkeen tilanne alkoi purkautua.

2.7 Pelastustoiminnan analyysi

Malmin lennonjohdosta tuli Helsingin hätäkeskukselle hälytys lento-onnettomuusvaarasta kello 16.27. Helsingin hätäkeskus hälytti pelastuslaitoksen 40 sekunnin kuluttua. Yksiköt olivat matkalla kahden minuutin kuluttua hälytyksestä. Sekä hätäkeskuksen että pelastuslaitoksen valmius oli hyvä ja vaatimusten mukainen.

Itä- ja Keski-Uudenmaan hätäkeskus sai kuusi ilmoitusta pakkolaskusta. Ensimmäinen ilmoitus tuli noin 16.30. Hätäkeskus hälytti Itä-Uudenmaan pelastuslaitoksen noin neljän minuutin kuluttua ilmoituksesta. Hälytysaika on pitempi kuin Helsingin hätäkeskuksessa, mutta se johtui siitä, että hätäkeskuksessa jouduttiin määrittämään onnettomuuden tarkka paikka sekä arvioimaan, kuinka monta yksikköä oli tarpeen ja mitkä yksiköt oli sijaintinsa kannalta järkevää hälyttää. Vakinaisten yksiköiden (Porvoo ja Sipoo) lähtövalmius oli vaatimusten mukainen. Tolkkisten VPK:n säiliöyksikkö lähti neljän minuutin kuluttua hälytyksestä ja Boxin VPK:n pelastus- ja kuljetusyksiköt 13 minuutin kuluttua hälytyksestä. Boxin VPK:n pitempi lähtöviive johtui siitä, että sieltä lähti 13 miestä, joiden kokoontuminen vei aikaa. Lähtövalmius oli kuitenkin hyvä ja täytti vaatimukset. Pakkolaskupaikalle lähetetty vaste oli melko vahva, mutta kun hälytyksen syynä oli pienkoneen laskeutuminen moottoritielle, jossa oli perjantai-iltapäivän ruuhkaliikenne, oli hätäkeskuksen varauduttava pahoihinkin liikenneonnettomuuksiin.



3 JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1 Toteamukset

1. Lentokoneen lentokelpoisuus- ja rekisteröimistodistus olivat voimassa.
2. Ohjaajalla oli voimassa oleva lupakirja ja kelpuutukset
3. Lennonjohtajilla oli voimassaolevat lupakirjat ja kelpuutukset.
4. Koneessa oli TAE 125-01 dieselmoottori, jossa käytettiin JET A1 polttoainetta. Moottori oli vaihdettu 2.9.–3.11.2006 täysin uuteen.
5. Lentokoneen polttoainejärjestelmästä oli syksyn 2007 aikana löytynyt vettä. Ohjaajan ennen lentoa ottamissa polttoainenäytteissä hän ei kertomansa mukaan havainnut vettä.
6. Noin 13 minuutin lennon jälkeen moottorista kuului poikkeava ääni, moottorin tehot alenivat 25–30%:iin ja tehonsäätöyksikön (FADEC) molemmat varoitusvalot syttyivät.
7. Koneen moottori ei ohjaajan toimenpiteistä huolimatta saavuttanut enää riittäviä tehoja ja ohjaaja teki pakkolaskun.
8. Lentokoneen oikean siipisäiliön täyttöaukon kansi oli löysä, jolloin polttoainesäiliöön on jossain vaiheessa voinut päästä vettä.
9. Moottorin tutkimus osoitti, että sen korkeapainepumppu oli pahoin vaurioitunut.
10. Moottorin valmistajan lausunnon mukaan korkeapainepumpun pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeripinnan vaurioituminen oli alkanut jo aikaisemmin. Vaurioitumisen oli aiheuttanut polttoaineessa ollut vesi. Vaurio oli valmistajan lausunnon mukaan ainutkertainen eikä vastaavaa ollut havaittu aikaisemmin.
11. Moottorin valmistajan 13.2.2008 päivätyn lausunnon mukaan Suomessa käytössä olleet TAE:n korkeapainepumput olivat siihen mennessä käyneet 4717 tuntia ilman havaittuja vaurioita. Lukumääräisesti pumppuja oli ollut 12 kpl eikä niissä tarkastuksissa ollut havaittu vikoja tai epätavallista kulumista.
12. Suomessa avattiin kolme korkeapainepumppua. Yksi oli pahoin vaurioitunut (OH-CAU), yksi kulunut (OH-CAZ) ja yksi täysin virheetön (OH-CME).
13. Polttoaineanalyytit osoittivat Neste Oil Oyj:n valmistaman polttoaineen täyttävän kaikki JET A1-polttoaineelle asetetut vaatimukset.
14. Polttoaineen voitelevuuden BOCLE lukuarvot olivat hyvät sekä Suomessa että Saksassa tehdyissä analyyseissä.

15. Suomalaisessa analyysissä JET A1 polttoaineen voitelevuuden HFRR lukuarvo oli 0,835 mm. EASA:n ilmoituksen mukaan pumpun hyväksymistesteissä käytetyn JET A1 polttoaineen voitelevuuden HFRR lukuarvo oli 0,780 mm. JET A1 polttoaineelle ei ole kansainvälisesti vahvistettu sellaisia vaatimuksia, jotka varmistaisivat sen sopivuuden dieselmoottoareiden polttoaineeksi.

3.2 Onnettomuuden syy

Onnettomuuden syynä oli tapahtumaketju, jossa moottorin korkeapainepumpun vaurioituminen aiheutti yhteispainelinjan paineensäätöventtiilin juuttumisen lähes auki. Siitä aiheutui koneen moottorin tehonmenetys, koska yhteispainelinjaan (common rail) jäi vain moottorin tyhjäkäynnin mahdollistava polttoainepaine.

Todennäköisesti paineensäätöventtiilin kuulaventtiilin aukijäämisen aiheutti vaurioituneen korkeapainepumpun pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeripinnasta irronnut metallisiru.

Pumppumäntiä työntävän käyttimen laakeripinnan vaurioituminen oli alkanut jo aikaisemmin. Sen oli todennäköisesti aiheuttanut polttoaineen täyttöaukon löystyneen kannen kautta jossain vaiheessa polttoaineeseen päässyt vesi. Ennen onnettomuuslentoa ja sen jälkeen koneen polttoainesäiliöistä otetuissa polttoainenäytteissä ei havaittu vettä.



4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

4.1 Tutkinnan aikana toteutetut toimenpiteet

Ilmailuhallinto lähetti 18.3.2008 suomalaisille TAE- moottorilla varustettujen ilma-alusten omistajille ja käyttäjille kiertokirjeen. Siinä todettiin, että moottorin korkeapainepumpun voitelun parantamiseksi moottorissa voidaan käyttää autojen diesel-polttoainetta tai dieselin ja JET A1:n seosta. Kirjeessä korostettiin myös polttoaineen vedenpoiston tärkeyttä.

4.2 Turvallisuuksuosituksen

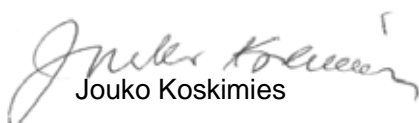
Perustelut:

Onnettomuuden aiheutti vika koneen polttoainejärjestelmässä. JET A1:n käyttö onnettomuuskoneessa on voinut olla myötävaikuttava tekijä. JET A1 polttoaine on tehty suihkumoottoripolttoaineeksi. Sen voitelevuus on selvästi huonompi kuin dieselpolttoaineen, joka on tehty dieselmootoreissa käytettäväksi. JET A1:n voitelevuutta ei säännöllisesti valvota tuotantoprosessissa. JET A1:lle ei ole vahvistettu sellaisia kansainvälisiä vaatimuksia, jotka varmistaisivat sen käytön sopivuuden dieselmootoreiden polttoaineeksi.

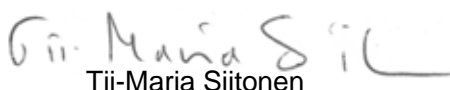
Onnettomuuden syynä oli todennäköisesti koneen polttoainejärjestelmään jossain vaiheessa polttoainesäiliön kannen kautta päässyt vesi. Kannen tiiviiden valvonnasta ja säädöstä ei ole ohjeita.

1. *Tutkintalautakunta suosittaa, että EASA ryhtyisi toimenpiteisiin sen selvittämiseksi, voidaanko JET A1 polttoainetta turvallisesti käyttää dieselmootorilla varustetun ilma-aluksen polttoaineena, ja mitä toimenpiteitä se edellyttää.*
2. *Tutkintalautakunta suosittaa, että EASA harkitsisi, onko tarpeen tehdä TAE -mootoreiden korkeapainepumpuille uusi hyväksymistesti käyttäen sellaista JET A1 polttoainetta, jonka voitelevuus vastaa alinta suihkumoottoripolttoaineelle sallittua.*
3. *Tutkintalautakunta suosittaa, että EASA ryhtyisi toimenpiteisiin sen varmistamiseksi, että TAE- moottorilla varustettujen lentokoneiden polttoainesäiliöiden kansien säädöstä julkaistaan riittävät toimenpideohjeet.*

Helsingissä 6.3.2009


Jouko Koskimies


Esko Lähteenmäki


Tii-Maria Siitonen

Saksan lento-onnettomuustutkintaviranomaisen (BFU) lausunto 27.2.2009

Dear Sir or Madame

Thank you for the opportunity to comment the a.m. report.

The BFU has the following comments:

1. to item 1.17:

TAE provide AIB Finland with information about the condition of other HP Fuel Pumps operated in Finland - see TAE Report OIR-02-01-28-09-2007, Sec. 2.5. As mentioned in this report TAE has evidence of 4717 operation hours of High Pressure Pumps installed in Finland registered aircraft without any defects on HPP. Due to scheduled maintenance/company inspection TAE has evidence that on 12 HPP operated in Finland registered aircraft no defects or unusual wear have been detected.

BFU believes that this information should be included in the factual section of the report and should be considered in analysis.

2. to item 2.4:

Page 20, Cetan Number (CN): BFU believes that the CN does not have any influence to the sequence and the cause of the accident. Different CN number of Jet A or Jet A1 vs. Diesel fuel was neither determined as fact nor mentioned in the factual section of the report.

3. to item 3.2:

BFU believes that one cause of the accident was the decision of the pilot to land on the highway. Under section 2.5 of the report the increased risk of a landing on a highway was described.

Especially a flight with a single engine aircraft at low altitude outside the range to a suitable landing site increases the risk of an accident. BFU would like to propose to add this consideration into the analysis.

The pilots' intention to return to Malmi Airport was not appropriate at this situation (distance to AP ca. 17,5 km, altitude ca. 900 ft).

This section does not address the occurrence of water in the fuel as probable cause of alteration of fuel properties. In conjunction with this the incorrect adjustment of the R/H wing fuel filler cap (see 3.1, item 8.) should be considered as route cause for this accident.

Suomennos

Kiitoksia mahdollisuudesta kommentoida yllämainittua raporttia.

BFU:n taholta esitetään seuraavat kommentit:

1. Kohta 1.17

TAE lähetti Onnettomuustutkintakeskukselle tiedot muiden Suomessa käytössä olleiden korkeapainepumppujen kunnosta – katso TAE:n raportti OIR-02-01-28-09-2007, osa 2.5.

Kuten raportissa on mainittu, TAE:lla on tiedot Suomessa rekisteröidyissä lentokoneissa 4717 tuntia käyneistä korkeapainepumpuista, eikä niissä ole havaittu mitään vikoja.

TAE:lla on tiedot kirjattujen huoltotarkastusten tai tehtaan tarkastusten perusteella, että Suomessa rekisteröityihin lentokoneisiin asennetuissa 12 korkeapainepumpussa ei ole havaittu vikoja tai epätavallista kulumista.

BFU:n mielestä nämä tiedot olisi tullut ilmetä raportin faktaosasta ja ne olisi tullut käsitellä analyysissä.

2. Kohta 2.4

Sivu 20, setaaniluku (CN): BFU:n käsityksen mukaan setaaniluvulla ei ole mitään vaikutusta onnettomuustapahtumaan ja sen syyhyn. JET A tai JET A1 polttoaineen ja dieselpolttoaineen setaanilukujen eroa ei ole määritetty tosiseikkana tai edes mainittu raportin faktaosassa.

3. Kohta 3.2

BFU:n käsityksen mukaan yksi syy onnettomuuteen oli ohjaajan päätös laskeutua moottoritielle. Kohdassa 2.5. on käsitelty moottoritielle laskeutumisesta aiheutuva lisäriski.

Eryityisesti lentäminen yksimoottorisella lentokoneella alhaisessa lentokorkeudessa ilman mahdollisuutta ulottua sopivalle laskeutumisalueelle lisää onnettomuusriskiä. BFU esittää, että tämä asia käsiteltäisiin analyysissä. Ohjaajan aikomus palata Malmin lentokentälle ei ollut tässä tilanteessa asianmukainen (etäisyys lentokentälle noin 17,5, km, korkeus 900 jalkaa = 270 m).

Tässä kohdassa ei osoiteta veden esiintymistä polttoaineessa todennäköisenä syynä polttoaineen ominaisuuksien vaihteluun. Tähän liittyen oikean siiven polttoainesäiliön täyttöaukon kannen puutteellista säätöä (ks. 3.1, kohta 8) on pidettävä tämän onnettomuuden perussyynä.