



Tutkintaselostus

B 1/2001 L

Lento-onnettomuus Petäjäskoskella 3.3.2001

OH-HHS

Schweizer 269C

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.



SISÄLLYSLUETTELO

KÄYTETYT LYHENTEET	iii
ALKULAUSE	v
1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET	1
1.1 Onnettomuuslento	1
1.2 Henkilövahingot	2
1.3 Ilma-aluksen vahingot	2
1.4 Muut vahingot	2
1.5 Henkilöstö	2
1.6 Ilma-alus	3
1.7 Sää	4
1.8 Suunnistuslaitteet	4
1.9 Radioliikenne	5
1.10 Lentopaikka	5
1.11 Lennonrekisteröintilaitteet	5
1.12 Onnettomuuspaikan ja ilma-aluksen jäännösten tarkastus	5
1.12.1 Onnettomuuspaikka	5
1.12.2 Ilma-aluksen jäännösten tarkastus	6
1.13 Lääketieteelliset tutkimukset	6
1.14 Tulipalo	6
1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat	6
1.15.1 Pelastustoiminta	6
1.15.2 Pelastautumisnäkökohdat	7
1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset	8
1.16.1 Lentoreitti	8
1.16.2 Lentonopeus	8
1.16.3 Lentokorkeus	9
1.16.4 Pakkolaskupaikan valinta	9
1.16.5 Teknilliset tutkimukset	11
1.16.6 Moottori	11
1.16.7 Voimansiirtojärjestelmä	17
1.16.8 Helikopterin huoltohistoria	17
1.16.9 Helikopterin lisälaitteasennukset	17
1.16.10 Suoritetut erillistutkimukset ja kyselyt	18
1.17 Organisaatiot ja johtaminen	19
1.18 Muut tiedot	19



1.19	Uudet tutkintamenetelmät.....	19
2	ANALYYSI	21
2.1	Lentoreitti	21
2.2	Lennonopeus- ja korkeus	21
2.3	Pakkolaskupaikan valinta	22
2.4	Teknilliset tutkimukset.....	23
2.4.1	Helikopterista kuulunut "kiljahdus"	23
2.4.2	Moottoritehon menetys.....	23
2.4.3	Imuventtiin ylemmän jousilautaseen vaikuttavia voimia	23
2.4.4	Imuventtiin ylemmän jousilautasen murtolujuus	24
2.4.5	Imuventtiin ylemmän jousilautasen valmistusmateriaali	24
2.4.6	Imuventtiin ylemmän jousilautasen murtumismekanismi.....	25
2.4.7	Moottorin valmistajan kannanotto tapahtumaan.....	25
3	JOHTOPÄÄTÖKSET	27
3.1	Toteamukset	27
3.2	Onnettomuuden syy.....	27
4	TURVALLISUUSSUOSITUKSET	29

LIITELUETTELO

LÄHDEAINEISTOLUETTELO



KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Englanniksi	Suomeksi
°C	Degrees celsius (temperature)	Celsiusaste (lämpötila)
cm	Centimeter	Senttimetri
dl	Decilitre	Desilitra
ELT	Emergency locator transmitter	Hätälähetin
ft	Feet	Jalka (pituusyksikkö)
GPS	Global Positioning System	Satelliittipaikannin
h	Hour	Tunti
hPa	Hectopascal	Hehtopascal (ilmanpaineen yksikkö)
kg	Kilogram	Kilogramma
KKJ	Map reference system	Kartastokoordinaattijärjestelmä
km	Kilometre	Kilometri
kt	Knot(s)	Solmu, solmua
l	Litre	Litra
lbs	Pounds	Naulaa (painomitta)
LL	Low lead	Matalalyijyinen
m	Metres	Metri
min	Minute	Minuutti
mm.	for instance	Muun muassa
mph	Miles per hour	Mailia tunnissa
N	Newton	Newton (voiman yksikkö)
NMEA	National Marine Electronics Association	Kansallinen merenkulun elektroniikka järjestö (USA)
nro	Number	Número
OPS	Operations	Lentotoiminta
P/N	Part number	Osanumero
QNH	Altimeter sub-scale setting to obtain elevation when on the ground	Korkeusmittarin asetus, jolla maassa oltaessa saadaan korkeustaso merenpinnasta standardiolosuhteissa
rpm	Rotation per minute	Kierrosta minuutissa
S/N	Serial number	Sarjanumero
SEA	Sea	Vesilento
SEP	Single engine piston	Mäntämoottorikäyttöiset yksimoottorilentokoneet
V	Volt	Voltti
W	Viscosity	Viskositeetti
WGS	World Geodetic System	Maailman geodeettinen järjestelmä
VPK	Volunteer fire-brigade	Vapaapalokunta



ALKULAUSE

Lauantaina 3.3.2001 klo 09.25 tapahtui Rovaniemen maalaiskunnan Petäjäskoskella lento-onnettomuus, jossa Konekorhonen Oy:n omistama Schweizer 269C –helikopteri, OH-HHS, joutui tekemään pakkolaskun maastoon moottorihäiriön seurauksena. Helikopteri osui pakkolaskussa puihin ja törmäsi siitä edelleen maahan vaurioituen korjauskelvottomaksi. Helikopterissa yksin ollut ohjaaja selvisi lievin vammoin.

Onnettomuustutkintakeskus asetti 5.3. 2001 päätöksellään n:o B 1/2001 L tutkintalautakunnan, jonka puheenjohtajaksi määrättiin suostumuksensa mukaisesti Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntija Pekka Alaraudanjoki ja jäseniksi Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntijat Sippo Nevalainen ja Juhani Mäkelä.

Onnettomuustutkinta aloitettiin tapahtumapaikalla, josta helikopteri siirrettiin Rovaniemelle Rajavartiolaitoksen Rovaniemen vartiolentueen tukikohtaan teknillisiä tutkimuksia varten.

Lapin Läänin alueellinen rikosteknillinen yksikkö kartoitti, piirsi ja valokuvasi onnettomuuspaikan.

Tutkintalautakunta teki 14.3.2001 jäljittelylennon, jolla pyrittiin selvittämään helikopterin käyttämä lentokorkeus ja mahdolliset pakkolaskupaikat moottorivaurion tapahtuma-alueella.

Tutkintalautakunta lähetti 12.4.2001 Ilmailulaitoksen Lentoturvallisuushallinnolle kirjeen helikopterin moottorissa tapahtuneesta imuventtiilin jousilautasen murtumisesta. Tapahtuneesta moottorivauriosta lähetettiin 27.4.2001 muistio myös moottorin valmistajalle Yhdysvaltoihin.

Tutkinta saatiin päätökseen 29.7.2001.



1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

1.1 Onnettomuuslento

Edellisinä päivinä ohjaaja oli ollut tähystäjänsä kanssa lentämässä Rovaniemen alueella hirvenlaskentalentoja. Huolto- ja yöpymistukikohtanaan he käyttivät Nivankylässä olevaa Ala-Ounasjoen Erästäjien toimitaloa ja sen piha-alueita. Tapahtumapäivän aamulla pakkasta oli noin $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ohjaaja oli laittanut helikopterin alle lämpöpuhaltimen noin tunniksi ennen käynnistämistä. Helikopterissa oli moottoriin asennetut lämmittimet päällä koko yön. Helikopterin polttoainesäiliöt oli tankattu edellisenä päivänä täyteen. Vähän ennen kello yhdeksää ohjaaja käynnisti moottorin ja antoi sen käydä tyhjäkäynnillä kymmenisen minuuttia ennen kuin suoritti varsinaisen lämmityskäytön. Koekäyttö sujui normaalisti ja ohjaaja nousi yksin ilmaan klo 09.10. Hänen tarkoituksenaan oli jättämänsä lentosuunnitelman mukaisesti lentää Kemiin ja samalla suorittaa hirvilaskentaa Tervolan ja Simon kuntien alueella. Aiemmillä lennoilla mukana ollut tähystäjä siirtyi helikopterin kuljetusau-tolla Kemiin. Heidän tarkoituksensa oli jatkaa hirvenlaskentalentoja Kemin lentokentältä.

Ohjaaja ilmoitti Valajaskoskella Rovaniemen lähilennonjohdolle jättävänsä lähialueen. Lentokorkeus oli tuolloin noin 400 metriä QNH:lla, josta ohjaaja aloitti korkeuden vähentämisen lentäen Kemijoen itäpuolta etelän suuntaan. Petäjaskoskella koneesta kuului voimakkaan "kiljahduksen" tapainen ääni ja moottori menetti tehonsa samanaikaisesti. Ohjaaja painoi noususauvan alas ja käänsi kiertokaasun täysin auki, mutta moottori ei vastannut tehon lisäykseen käyden kuitenkin edelleen. Tapahtumahetkellä lentokorkeus oli noin 100-150 metriä ja nopeus oli noin 60 kt. Ohjaaja pienensi nopeuden noin 50 kt ja kaartoi helikopterin ollessa autorotaatiossa oikealla kulkevaa jokiuomaa kohti pyrkien sen edessä olevalle hakkuuaukealle. Liu'un aikana ohjaaja totesi, että korkeutta oli liikaa, jotta hän pystyisi laskeutumaan hakkuuaukealle, joten hän päätti jatkaa liukua kohti jokiuomaa. Korkeus ei kuitenkaan riittänyt joelle asti, jolloin ohjaaja joutui tekemään pakkolaskun edessään olevaan metsään. Ohjaaja vähensi helikopterin lentonopeutta (teki flaren) puiden latvojen tasalla ja pyrki laskuun puiden väliin. Pääroottorin lapojen katkaistua 18 metrin korkeudelta kuusen latvan helikopteri jatkoi putoamistaan katkoen samalla kolmesta muusta tukkipuun kokoisesta kuusesta latvaosia. Alin lapojen osuma puihin tapahtui noin 5 m korkeudessa. Helikopteri törmäsi maahan 44 metrin päässä ensimmäisestä puukosketuksesta. Maahantörmäys tapahtui vasen kylki edellä siten, että ensin maahan osui pyrstö ja sitten vasen laskuteline, jonka kautta helikopteri kaatui vasemmalle kyljelleen. Moottori kävi vielä maahantörmäyksen jälkeen reippaalla joutokäynnillä. Maahantörmäyspaikka oli noin 100 metriä leveän rantametsäkaistan keskellä.

Ohjaaja pääsi ryömimään ulos hylystä särkyneen ohjaamonkuomun kautta. Kun hän katseli hylkyä etäämmältä, hän näki polttoainetta valuvan rikkoontuneista polttoainesäiliöistä ja havaitsi moottorin käyvän edelleen. Kun moottori pysähtyi hetken kuluttua, ohjaaja haki koneesta lakkinsa ja koneen asiakirjoja. Tämän jälkeen hän lähti kohti joenuoman toisella puolella näkyvää taloa, josta hän sai hälytettyä apua.

1.2 Henkilövahingot

Vammat	Miehistö	Matkustajat	Muut
Kuolemaan johtaneet	-	-	-
Vakavat	-	-	-
Lievät/ei	1	-	-

1.3 Ilma-aluksen vahingot

Helikopteri vaurioitui korjauskelvottomaksi.



Kuva 1. Helikopteri maahantörmäyspaikallaan

1.4 Muut vahingot

Maahansyöksymislinjalta katkesi neljästä isosta kuudesta latvaosa ja muutama pienempi puu vaurioitui. Hylyn siirron yhteydessä jouduttiin kaatamaan muutamia pienempiä puita.

1.5 Henkilöstö

Ohjaaja: Mies, ikä 53 v.

Lupakirjat: JAR-lääketieteellinen kelpoisuustodistus, 1, voimassa 7.4.2001 saakka

Ansientäjän lupakirja, voimassassa 14.4.2005 saakka
Helikopteriansientäjän lupakirja, voimassa 14.4.2001 saakka

Kelpuutukset: Maa- ja metsätalouslentäjän kelpuutus, H, voimassa 28.9.2001 saakka
Yölentokelpuutus, lentokone
Yölentokelpuutus, helikopteri
Radiopuhelimen hoitaja suomi
SEP luokkakelpuutus, voimassa 7.4.2002 saakka
SEP SEA luokkakelpuutus
Hinauslentäjän kelpuutus
Tyyppikelpuutukset, heko AS355, B206, HU269, HU369, SA360

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia ja laskua
Kaikilla kone-tyypeillä	15 min 1 lasku	61h10min 45 laskua	61h 10min 45 laskua	7721 h
Ko. ilma-alustyyppillä	15min 1 lasku	61h10min 45 laskua	61h 10min 45 laskua	2671h

Ohjaajan lentokokemus muilla helikopterityypeillä on noin 1000 tuntia.

1.6 Ilma-alus

Ilma-alus oli yhdellä nelisynterisellä Lycoming-mäntämootorilla varustettu kolmipaikkainen helikopteri.

Helikopteri

Tyyppi: Schweizer 269C
Kansallisuus- ja rekisteritunnus: OH-HHS
Rekisterinumero: 1496, rekisteröinti tapahtunut 14.2.1991
Valmistaja: Schweizer Aircraft Co, USA
Valmistusnumero: S-1230
Valmistusvuosi: 1986
Lentokelpoisuustodistus: voimassa 20.5.1999-31.5.2001
Suurin lentoonlähtömassa: 930 kg (2050 lbs)
Ilma-aluksen omistaja: Konekorhonen Oy
Kokonaislentoaika 3.3.2001: 6217 h 45 min

Helikopterin massa onnettomuushetkellä oli noin 750 kiloa ja painopiste oli sallituissa rajoissa.

Moottori

Tyyppi:	HI0-360-D1A
Sarjanumero:	RL-24359-51A
Valmistaja:	Textron-Lycoming
Tyyppihyväksyntä numero	1E10
Kokonaiskäyntiaika 3.3.2001:	128h10min
Käytetty polttoaine:	Lentobensiini 100 LL

1.7 Sää

Rovaniemen lentoaseman sää oli 3.3.2001 klo 09.20

Vallitsevasää, METAR

EFRO 030720 tuuli 060/9 kt, näkyvyys 5000 metriä heikkoa lumisadetta, pilvet 5-7/8 2300 ft, 5-7/8 2800 ft, lämpötila -14 °C, kastepiste -15 °C, QNH 996 hPa. Kiitotie olosuhteet käytössä rata 21, kuivaa lunta, yli puolet pinnasta, 20 mm, kitkakerroin 0,52.

Lentopaikkaennuste, TAF

EFRO 030615 tuuli 050/12 kt, näkyvyys 5000 metriä, heikkoa lumisadetta, pilvet 5-7/8 2000 ft, 5-7/8 3000 ft ajoittain 09-15 näkyvyys 1500 metriä, lumisadetta pystynäkyvyys 800 ft.

Onnettomuusalue on noin 30 km Rovaniemeltä etelään ja sää siellä oli samantyyppinen kuin Rovaniemen lentoasemalla. Meteorologi arvioi havaintotietojen perusteella tuulen olleen alueella 100-200 metrin korkeudessa noin suunnasta 070° ja voimakkuudeltaan noin 15 solmua (28 km/h). Helikopterin ulkolämpötilan mittari näytti onnettomuuspaikalla -18 °C .

1.8 Suunnistuslaitteet

Ilma-alukseen oli asennettu varsinaisen oman laitteiston lisäksi mittaritaulun vasempaan yläkulmaan teline, jossa oli Garminin PILOT GPS III -mallinen GPS-paikannuslaite. Laite oli lennolla käytössä ja ohjaaja saattoi sen avulla seurata lennon etenemistä ja suunnistaa ennalta valitsemilleen pisteille.

Lisäksi ilma-alukseen oli asennettu mittaritaulun oikealle puolelle matkustajan etupuolelle teline, jossa oli paikka kannettavalle tietokoneelle. Tietokone ja siihen liitetty edellä mainittu GPS oli asennettu hirvenlaskentalentoja varten. Tietokoneessa oli ohjelma, jossa suunnitellut hirvenlaskentareitit näkyvät halutulla karttapohjalla. GPS:n avulla kyseiseen järjestelmään siirrettiin helikopterin kulloinenkin paikkatieto, jolloin ohjaaja voi nähdä sijaintinsa ja lennon etenemisen suoraan tietokoneen näyttöruudulta. Onnettomuuslennolla tietokone ei ollut telineessä, vaan ohjaajan viereisellä penkillä irrallaan.



1.9 Radioliikenne

Lentoonlähdön ja lennon aikana ennen onnettomuutta käytiin ainoastaan normaali lentoon liittyvä radioliikenne. Onnettomuudesta ja sitä edeltäneistä tapahtumista ohjaaja ei ehtinyt kertoa mitään radiotaajuuksilla.

1.10 Lentopaikka

Helikopteri lähti Ala-Ounasjoen Erästäjien toimitalon pihalta, joka on riittävän laaja kyseisen helikopterin toimintaan.

1.11 Lennonrekisteröintilaitteet

Ilma-aluksessa ei ollut lennonrekisteröintilaitteita. Paikannukseen apuna käytetystä tietokoneesta ja GPS-laitteesta pystyttiin selvittämään helikopterin käyttämä lentoreitti lähes maahantörmäyskohtaan asti. Lisäksi edellä mainittuja tietoja hyväksikäyttäen voitiin määrittellä helikopterin maanopeus.

1.12 Onnettomuuspaikan ja ilma-aluksen jäännösten tarkastus

1.12.1 Onnettomuuspaikka

Onnettomuuspaikka sijaitsee noin 37 kilometriä Rovaniemen lentokentältä suuntaan 205°. Paikka on Rovaniemen maalaiskunnassa Petäjäskosken kylässä, Rovaniemi-Kemi välisen tien n:o 269 ja Petäjäskosken voimalaitoksen vuoksi suljetun Kemijoen pääuoman välisessä maastossa Jaatilansaaren kohdalla. Paikan koordinaatit ovat WGS84-koordinaatistossa 66°16,34N 25°23,14E. Onnettomuuspaikka on keskellä Kemijokiuoman suojametsäkaistaletta, jonka leveys on noin 100 metriä. Maasto on lievästi jokiuomaan laskevaa metsämaata, jossa kasvaa harvahkoa havupuumetsää. Puiden korkeus on 10-20 metriä. Noin 50 metriä ennen rantaa puusto muuttuu alle 10 metriä korkeaksi koivikoksi.

Helikopteri oli lähestynyt autorotaatiossa koillisen suunnasta kohti joen uomaa noin 3-6 metriä korkeaa taimikkoa kasvavan alueen yli, ja se oli törmännyt taimikkoalueen reunassa korkeampaan puustoon. Ensimmäinen törmäysjälki oli noin 20 metriä aukon reunasta 18 metrin korkeudella olevan kuusen latvaosassa, jonka pääroottorinlapa oli katkaissut. Tämän jälkeen kopteri vajosi jyrkästi noin 45 asteen kulmalla ja roottorin lavat katkaisivat vielä kaksi kuusen latvaa. Ilmeisesti jalaksen ja helikopterin rungon välissä katkesi noin 13 cm paksu kuusen latvaosa. Lisäksi roottorin lavat osuivat puiden oksistoon katkoen niitä. Helikopterin ohjaamo-osat eivät törmänneet suoraan yhteenkään isompaan puuhun. Helikopteri on törmännyt maahan noin 44 metrin päässä ensimmäisestä puukosketuksesta vasen kylki edellä siten, että ensin maahan osui pyrstö ja sitten vasen laskuteline, jonka kautta helikopteri kaatui vasemmalle kyljelleen.

Yksityiskohtaisen onnettomuuspaikkatutkiminnan suoritti Lapin Läänin alueellinen rikostekninen yksikkö, jonka laatima pöytäkirja 6670/S/30360/01/TEK on liitetty tämän tutkintaselostuksen lähdeaineistoon.

1.12.2 Ilma-aluksen jäännösten tarkastus

Helikopterin runko oli maassa vasemmalla kyljellään noin 110 astetta vasemmalle kaatu-neena. Ohjaamo-osan kuomu ja vasen ovi olivat täysin rikkoutuneet. Oikea ovi oli ehjä. Vasemman kyljen verhoukset olivat painuneet sisään ja myöskin runkokehikko oli murtunut useista kohdista vasemmalta sivultaan. Vasen jalka oli vääntynyt kokonaan irti, oikea jalka oli lähes ehjä ja paikoillaan. Pyrstöpuomi oli paikoillaan. Puomin tuet olivat vääntyneet ja osa niistä oli katkennut. Pääroottorin lavat olivat paikoillaan, mutta ne olivat vääntyneet ja osin murtuneet. Pyrstöroottori oli lähes ehjä, ainoastaan lavan päähän oli tullut isku. Pyrstöroottorin voimansiirtoakseli oli irronnut hihnavaihteiston kytkentäkappaleesta ja vääntynyt. Moottori oli kiinni runkokehikon kiinnityskorvakkeissa, jotka olivat osin vaurioituneet. Polttoainesäiliöt olivat repeytyneet ja kummastakin säiliöstä oli valunut repeämien kautta polttoainetta maahan. Onnettomuuspaikalla oli voimakas bensiniin haju.

Ennen puihin törmäämistä ohjaaja oli vähentänyt helikopterin eteenpäin menevää nopeutta, minkä seurauksena helikopteri tuli melko jyrkällä kulmalla ja kohtalaisella vajoamisnopeudella puidenlatvojen tasalta maahan. Tämän vuoksi lähes kaikki koneen osat olivat maahantörmäyspaikassa. Ainoastaan vasemman puoleisen jalaksen kärkikappale oli lentänyt noin 10 metrin päähän hyllystä.

1.13 Lääketieteelliset tutkimukset

Ohjaaja vietiin sairausautolla Lapin Keskussairaalan ensiapupoliklinikalle, jossa hänet tutkittiin. Ohjaajan todettiin loukkaantuneen lievästi ja saaneen murtuman oikeaan olkavarteen sekä pieniä ihorikkoumia pään ja oikean säären alueille. Ensiavussa todettiin myös, että ohjaaja ei ollut päihdyttävien aineiden vaikutuksen alainen.

1.14 Tulipalo

Tulipaloa ei syttynyt.

1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat

1.15.1 Pelastustoiminta

Ohjaaja pysyi tajuissaan helikopterin maahantörmäyksessä ja hän pystyi heti törmäyksen jälkeen avaamaan vyönsä ja ryömimään hyllystä ulos. Hän ei ehtinyt ilmoittaa radiolla pakkolaskusta ennen maahansyöksyä. Tarkkailtuaan hylkyä etäämpää ohjaaja totesi moottorin jatkavan vielä käyntiään. Hetken kuluttua se kuitenkin pysähtyi eikä tulipaloa syttynyt. Hän palasi hyllyn luo ja otti lakin päähänsä sekä pari muovipussia, joissa oli helikopterin asiakirjoja. Matkapuhelin oli ollut matkustajan puoleisessa jalkatilassa olevassa laatikossa ja se oli kadonnut törmäyksessä. Ohjaaja ei uskaltanut ryhtyä etsimään sitä,

koska polttoaineen vuotamisesta johtuen tulipalon syttymisvaara oli edelleen olemassa. Ohjaaja näki joenuoman toisella puolella talon, jota kohti hän lähti kävelemään huutaen aina välillä apua.

Ohjaajan näkemässä talossa oli mies, joka oli nähnyt helikopterin ilmassa juuri ennen sen törmäämistä maahan. Mies oli kuulut tavallista kovaäänisemmän ilma-aluksen lähestyvän pohjoisen suunnasta. Hänen mielenkiintonsa oli herännyt ilma-alusta kohtaan tämän kovan äänen vuoksi. Helikopterista oli poistettu äänenvaimennin porolentoja varten ja kova ääni johtui siitä. Hetken kuluttua mies oli nähnyt idän suuntaan olevasta ikkunasta helikopterin lentävän etelään päin. Koska helikopteri ei ilmaantunut etelän puoleisella seinällä olevaan ikkunaan, hän nousi tuoliiltaan ja meni katsomaan ikkunasta lähemmin tilannetta. Tällöin hän oli nähnyt koneen olevan jokiuoman vastakkaisella rantatörmällä. Mies oli avannut ikkunan ja kuullut moottorin olevan vielä käynnissä. Laitettuaan haalarit päälleen hän oli lähtenyt katsomaan tilannetta tarkemmin. Päästyään pihalle mies näki vastarannalla liikettä ja kuuli avun huutoja, jolloin hän palasi sisälle ja ilmoitti onnettomuudesta hätäkeskukseen. Tämän jälkeen mies oli lähtenyt kohti onnettomuuspaikkaa. Ohjaaja tuli jokiuoman puolivälissä häntä vastaan, kertoi onnettomuudesta ja valitteli kipua oikeassa kädessään.

Rovaniemen hätäkeskus sai mieshenkilön ilmoituksen tapahtuneesta klo 09.40. Paikalle saapui ensin klo 10.12 Ala-Kemijoen vpk:n yksikkö Muurolasta ja heti perässä sairaankuljetusyksikkö ja moottorikelkka. Ensiavun jälkeen ohjaaja siirrettiin moottorikelkalla sairaautoon, jolla edelleen Rovaniemelle Lapin Keskussairaalaan.

VPK:n yksikkö varmisti, ettei tulipaloa syttynyt ja irrotti helikopterista akun.

1.15.2 Pelastautumisnäkökohdat

Ohjaaja oli kiinnittänyt itsensä nelipisteturvavöillä helikopteriin. Vyöt olivat kestäneet törmäyksen rikkoutumatta. Maahansyöksyn aikana helikopterin pääroottorin lavat osuivat puihin, jolloin helikopterin ohjattavuus on menetetty. Puusto oli kuitenkin sen verran harvaa, että helikopteri ei ohjaamo-osillaan törmännyt isompiin puihin, jolloin ohjaamo pysyi ehjänä ilmalennon aikana ja pystyi näin osaltaan vaimentamaan vasemmalle kyljelle tapahtunutta maahantörmäysiskua yhdessä lumen kanssa.

Ilma-aluksessa oli ELT-hätälahetin, mutta se oli OFF-asennossa eikä näin ollen käynnistynyt, koska ohjaajakaan ei sitä käynnistänyt. Laitteessa on myös AUTO-asento jolloin laite kiihtyvyyksien ansiosta käynnistyy itsestään. Helikopteria oli kuljetettu autolla, jolloin ELT oli kytketty pois päältä turhien hälytysten välttämiseksi. Siirron jälkeen laite oli unohdettu laitaa takaisin päälle.

Kohdassa 1.15.1 mainitun mieshenkilön tekemien havaintojen perusteella ohjaaja ja kone olisivat löytyneet nopeasti, vaikka ohjaaja ei olisi päässytäkään hylystä pois hälyttämään apua.

1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset

1.16.1 Lentoreitti

Onnettomuuskoneessa oli mukana kannettava tietokone ja siihen kytketty GPS-satelliittipaikannin. Tietokoneessa oli hirvenlaskentalentoja varten ohjelma, jossa oli karttapohjalla tarvittavat lentoreiitit. GPS lähettää ohjelmaan koneen paikkatiedot NMEA183-viesteinä. Ohjelma piirtää paikkatiedot pisteinä kartalle, jolloin lennon eteneminen näkyy suoraan näyttöruudulta. Tämä tieto tallentui tietokoneen kovalevylle, josta se saatiin onnettomuuden jälkeen tulostettua. Tulosteesta näkyi ilma-aluksen lentoreitti lähtöpaikasta lähes maahantörmäämispaikkaan asti. NMEA-viesteistä paikkatieto saadaan kahden sekunnin välein. GPS:n toiminta- ja tiedonsiirtotavasta johtuen kulloinkin tallentunut paikkatieto on noin kaksi sekuntia vanhaa. Tästä johtuen onnettomuuslennon viimeiset paikkatiedot ovat jääneet taltioitumatta, koska koneen törmätessä puihin irrallinen tietokone on päässyt vapaasti liikkumaan ohjaamossa irrotten GPS:n yhdyskaapelista. GPS-laite oli myös sellaisessa toimintamuodossa, ettei se tallentanut itseensä mitään tietoja.

Tarkemmassa maaston tutkimuksessa maahantörmäyspaikan todettiin olevan noin 180 metriä etelämpänä kuin tietokoneen antama tuloste ilmoitti. Myös lentoonlähtöpaikan tieto oli virheellinen samassa suhteessa. Virhe johtui siitä, että paikannusta tehnyt GPS oli asetettu käyttämään WGS84:n (World Geodetic System 1984) mukaista koordinaatistoa, kun taas tietokoneen karttapohja oli laadittu KKJ-koordinaatistoon (Kartastokoordinaattijärjestelmä). Todellinen lentoreitti saatiin selville tekemällä koordinaattimuunnos WGS84:stä KKJ:ään. Liitteessä 1 näkyy helikopterin lentoreitti ennen maahantörmäystä.

1.16.2 Lentonopeus

Helikopterissa mukana olleesta GPS-laitteesta ei suoraan saa tietoa lentonopeudesta lennon eri vaiheissa. GPS:n ja satelliittien välisestä tiedon vaihdosta, joka tapahtuu noin kahden sekunnin välein voidaan saada laskennallisesti nopeus. Saatu nopeus ei ole aivan tarkka, koska tiedonsiirtoväli ei ole täsmällisesti kaksi sekuntia. Saatuja nopeusarvoja voidaan kuitenkin pitää niin luotettavina ja keskenään verrannollisina, että niiden perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä lennon eri vaiheista. Saatu nopeus on maanopeutta, joka saataisiin ilmanopeudeksi lisäämällä siihen tuulen nopeus. Tulosteesta kävi ilmi, että helikopterin maanopeus matkalennolla oli keskimäärin 81 kt (150 km/h). Nopeudesta oli selvästi havaittavissa sen alkaneen hidastua viimeisten kuuden vastaan otetun NMEA183-viestin eli viimeisten 10 sekunnin aikana. Nopeus pieneni seuraavasti: 80, 79, 72, 70, 69 ja 67 kt, joka oli viimeinen vastaanotettu NMEA183-viesti. Näiden tietojen perusteella lautakunta päätteli, että moottorihäiriö on alkanut noin 10-12 sekuntia ennen kuin viimeinen NMEA183-viesti on otettu vastaan, jolloin helikopteri oli 450-550 metrin etäisyydellä maahantörmäyspaikastaan. Helikopterin maanopeus on ollut melko suuri viimeiselläkin havaintovälillä, koska alueella vallitsi melko kova tuuli 070/15 kt (28 km/h), joka aivan lopussa jokiuomaa kohti lennettäessä oli täysin myötäinen. Liitteessä 1 näkyy helikopterin laskennallinen maanopeus ennen maahantörmäystä.



1.16.3 Lentokorkeus

Lentokorkeudella on varsin suuri merkitys tarkasteltaessa pakkolaskun onnistumismahdollisuutta. Korkealla lennettäessä ohjaajalla on pitemmän liukumatkan ansiosta mahdollisuus valita useammista pakkolaskupaikoista ja myöskin enemmän aikaa käytettävissä tilanteen analysointiin ja päätösten tekoon. Helikopterissa mukana olleessa GPS-laitteessa ei ollut korkeutta laskevaa toimintaa.

Ohjaaja ei muistanut tarkoin, millä korkeudella hän lensi moottorihäiriön sattuessa. Noin kilometri ennen onnettomuuspaikkaa helikopteri oli ylittänyt Petäjaskoskelta Valajaskoskelle menevän voimalinjan, jonka pylväskorkeudet lentoreitin kohdalla olivat 25-27 metriä. Lisäksi lentosuunnassa edessäpäin noin puolen kilometrin päässä maahantörmäyspaikasta oli Petäjaskoskelta Vanttauskoskelle menevä voimalinja, jonka pylväskorkeudet olivat jokitörmällä noin 54 metriä. Ohjaaja kertoi lentokorkeutensa olleen Valajaskoskella neljänsadan metrin luokkaa. Hän oli kuitenkin aloittanut korkeuden vähennyksen päästäkseen oikealle hirvenlaskentakorkeudelle, joka oli 50-100 metriä maasta. Poro- ja riistatalouden valvontalentoja varten ohjaajalla oli lupa alittaa minimilentokorkeus OPS M4-4, Muutos 1, kohdan 3.1.1 mukaisesti. Alin lentokorkeus toiminta-alueella voi olla 30 metriä (100 jalkaa) esteistä. Siirtolennoilla on kuitenkin noudatettava yleistä minimilentokorkeutta 150 metriä (500 jalkaa) esteistä. Hirvenlaskenta oli tarkoitus aloittaa Tervolan kunnan rajalta, jonne Petäjaskoskelta on matkaa vielä noin 8 km. Ennen moottorihäiriötä ohjaaja kertoi nähneensä molemmat sähkölinjat ja lentokorkeutensa olleen selvästi linjojen yläpuolella. Hän arvioi lentokorkeudekseen noin 100 metriä.

Helikopterin lentokorkeuden selvittämiseksi päätettiin suorittaa jäljittelylento 14.3., koska tutkijoilla oli käytössään helikopterin lentoreitti melko tarkasti ja helikopterin nähnyt mies, jolla oli hyvät referenssipisteet kotitalonsa ikkunasta helikopterin lentoradan tunnistamiseksi. Lennolla oli lisäksi tarkoitus arvioida ilmasta nähtynä mahdollisia pakkolaskupaikkoja lentoreitillä ennen maahantörmäyspaikkaa. Jäljittelylento suoritettiin tietokoneelle tallentuneen lentoreitin mukaisesti. Tieto siitä, että tallentunut lentoreitti ei ollut todellinen laitteiden käyttäessä eri koordinaatioita tuli ilmi vasta myöhemmin lennon jälkeen. Tuloksissa ja johtopäätöksissä on kuitenkin otettu huomioon korjatut arvot.

Miehen havaintojen mukaan helikopterin lentokorkeus havaintohetkellä olisi ollut noin 70-120 metriä. Silminnäkihavainnon ja nopeudenhidastumispaikan perusteella päädyttiin siihen tulokseen, että helikopterin lentokorkeuden on täytynyt olla moottorihäiriön tapahtuessa 100-150 metriä.

1.16.4 Pakkolaskupaikan valinta

Tämän jälkeen lautakunnan puheenjohtaja tarkasteli yhdessä jäljittelylentoa suorittaneen lentäjän kanssa mahdollisia pakkolaskupaikkoja ja arvioi koneen lentoreitiltä eri lentokorkeuksilta pakkolaskun onnistumismahdollisuuksia eri maastokohteisiin. Arvioinnissa käytettiin apuna lentoreitiltä ennakolta suunniteltuja aloituspisteitä, jotka oli laskettu siten, että autorotaatiossa liitosuhde olisi 1:3 (optimi 1:3,3). Ohjaajan reagointiajaksi autorotaation aloittamiseksi arvioitiin 2 s, jona aikana lentokorkeus ei vielä muuttuisi, koska ohjaaja kertoi pienentäneensä matkanopeuden 60:stä kt noin 50:een kt ennen liu'un aloittamista.

Kyseisen helikopterin paras liitosuhde autorotaatiossa saavutetaan nopeudella 52 kt (60 mph) ja roottorin kierrosluvulla 471, jolloin kone vajoaa noin 1600 ft/min (8 m/s).



Kuva 2. Näkymä noin 150 metrin korkeudelta arvioidulta helikopterin lentoreitiltä ennen onnettomuuspaikkaa ja arvioitu lentoreitti

Tallentuneen tiedon perusteella ohjaaja on lentänyt häiriön alkamishetkellä noin 75 metrin etäisyydellä vasemmalla kulkevasta maantiestä ja noin 250 metrin etäisyydellä jokiuomasta. Lentorata oli tien ja joen välissä ja lentosuunta oli vähän jokea lähenevä. Tässä tilanteessa noin 100-150 metrin korkeudella lennettäessä paras pakkolaskupaikka olisi ollut etuvasemmalla kulkeva kuvassa 2 näkyvä suora maantie. Jos lentokorkeus on ollut pienempi, maantien asema pakkolaskupaikkana huononee, koska se jää helikopterin lentäessä kohti maahantörmäyspaikkaa yhä kauemmas vasemmalle. Tällöin tarvittavien kaartojen jyrkkyys kasvaa, mikä puolestaan vähentää liukumatkaa. Kaarrot matalalla pakkolaskutilanteessa eivät ole muutenkaan suositeltavia.

Toinen sopivan ja houkuttelevan näköinen pakkolaskupaikka on oikealla kulkeva joen uoma. Tässä tilanteessa kaarron olisi pitänyt tapahtua välittömästi häiriön jälkeen, jotta korkeus olisi riittänyt joelle asti. Jokiuomaan pääsy ei olisi taannut onnistunutta pakkolaskua, koska uoman pinta lumen alla oli lähes kauttaaltaan isojen kivien peittämä ja maahantulo olisi tapahtunut myöätuuleen, jolloin helikopterin kaatumisvaara on suuri. Maahankosketuksessa tällaisessa maastossa maanopeuden pitäisi olla lähes nolla, jotta helikopteri ei kaatuisi.

Jokiuoman ja maantien välissä olleet hakkuaukeat ovat myös mahdollisia pakkolaskupaikkoja. Ne ovat kuitenkin jo osin nuoren koivupuuston metsittämiä. Laskeutumisessa näihin paikkoihin vaikeutena olisi ollut puuston lisäksi myös myöätuuli.

Muita vaihtoehtoisia kohtalaisia laskeutumisaikkoja olisi ollut heti vasemmalla kulkevan maantien itäpuolella olevat hakkuuaukeat, mutta ne olivat jääneet jo vähän takaviistoon. Laskeutuminen sinne olisi ollut mahdollista ainoastaan, mikäli lentokorkeutta olisi ollut 150 metriä tai enemmän.

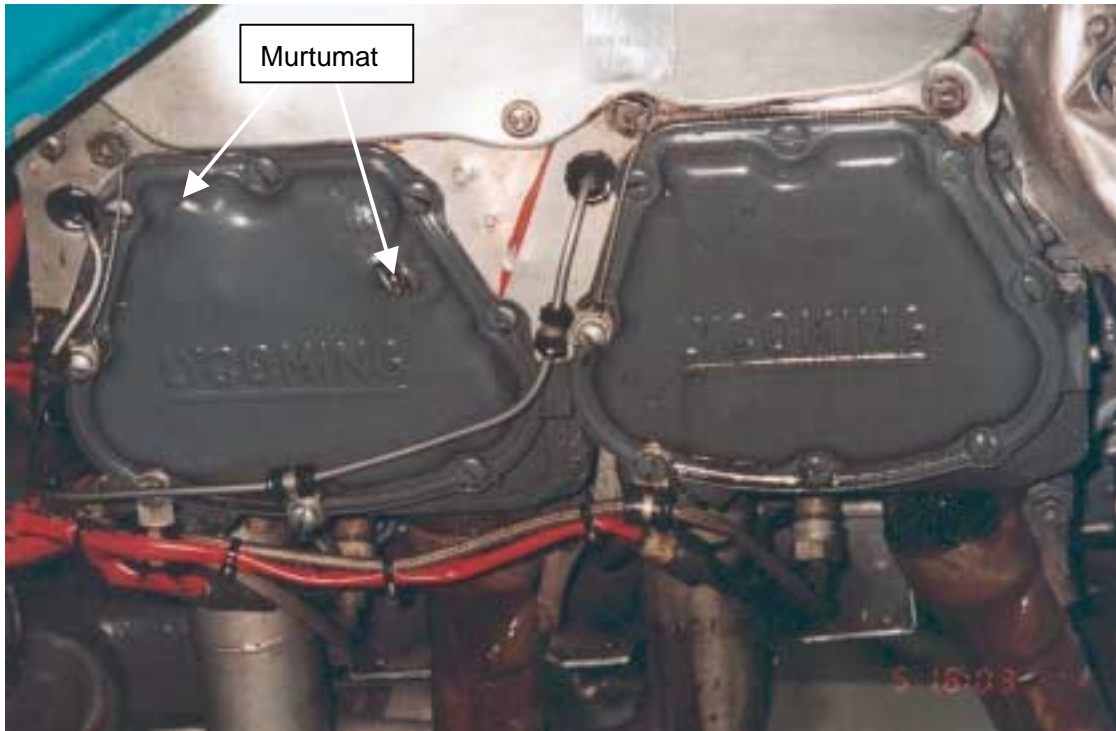
Ohjaaja on joutunut tekemään nopeasti päätöksen pakkolaskupaikasta. Reilut kaksi ensimmäistä sekuntia on kulunut tapahtuneen havainnoimiseen ja heti tämän jälkeen on täytynyt aloittaa autorotaatioliuku, jolloin laskupaikka pitäisi olla selvillä. Tietokoneelle talentuneen lentoreitin mukaan näyttää siltä, että ohjaaja on aluksi tehnyt autorotaatiota suoraan lentäen ja noin 2-4 sekunnin jälkeen päättänyt kaartaa oikealle pyrkien jokiuoman suunnassa näkyvälle hakkuuaukealle. Tässä vaiheessa hän on ollut noin 75 metrin etäisyydellä maantiestä ja joelle kuljettavaa matkaa oli noin 300 metriä. Maahantörmäyspaikkaan kuljettavaa matkaa oli noin 250 metriä kaarron aloittamispisteestä, joten korkeus on ollut silloin myötätuulen vaikutus huomioiden noin 60-80 metriä. Ohjaajan valitsema hakkuuaukea on lentosuuntaan nähden poikittain ja sen leveys lentosuunnassa on vajaa 100 metriä. Ohjaaja kertoi harkinneensa laskua aukealle, mutta lähempänä hän totesi korkeutta olevan liikaa. Vaihtoehtoina hänellä tässä vaiheessa oli kaartaa vasemmalle lähes 90 astetta, jonne aukea jatkui tai yrittää jokiuomaan. Ohjaaja valitsi jälkimmäisen vaihtoehdon, mutta korkeus ei aivan riittänyt ylittämään rantametsikön korkeita kuusia, vaan helikopteri osui niihin ja putosi siitä edelleen maahan.

1.16.5 Teknilliset tutkimukset

Helikopterin kaikki osat siirrettiin onnettomuuspaikalta Rovaniemen lentokentälle Rovaniemen vartiolentue tiloihin, jossa suoritettiin tekninen tutkinta. Helikopteri vaurioitui maahantörmäyksessä korjauskelvottomaksi. Päällisin puolin tehdyssä tarkastelussa todettiin moottorin kolmossylinterissä vaurioita, jotka olivat syntyneet sisältäpäin tulleista iskuista. Koska ohjaajan kertomus moottorin tehon menetyksestä näytti johtuneen kolmossylinterin vaurioista, lautakunta keskittyi teknillisissä tutkimuksissaan moottoriin ja läheisesti siihen liittyviin järjestelmiin. Muut järjestelmät tarkastettiin ja niiden todettiin olleen kunnossa ennen onnettomuutta. Helikopterille syntyneet vauriot kirjattiin tarkemmin teknilliseen selvitykseen, joka liitettiin tutkintaselostuksen lähdeaineistoksi.

1.16.6 Moottori

Moottori oli kiinni helikopterin rungossa ja se oli apulaitteineen pääosin ehjä. Ulkoapäin selvästi havaittavia vaurioita oli kolmossylinterin venttikoneiston kannessa näkyvät kaksi repeämää ja sylinterin päässä imukanavassa oleva murtuma, jotka kaikki olivat syntyneet voimakkaista iskuista sisältä päin. Venttiilikoneiston kannen toisesta repeämästä näkyi metallikappale, jonka myöhemmin todettiin olevan haljenneen jousilautasen puolikkaan kulma.



Kuva 3. Kolmossylinterin venttiilikoneiston kannessa murtuneen imuventtiilin ylemmän jousilautasen puolikkaan tekemä repeämä

Moottoria purettaessa tehtiin seuraavat havainnot:

Ykkössylinteri

Sylinterin rakenne ja venttiilikoneisto olivat ehjät. Männän helmassa oli naarmuja ja kiinnileikkaantumisen jälkiä. Männän tappi ja kiertokanki olivat ehjät. Männän sisällä oli vaurioituneen kolmossylinterin kiertokangen alalaakerin jätteitä. Molemmat tulpat olivat ehjiä. Sylinterin sisällä oli kolmossylinteristä imuputkiston kautta imeytyneiden metallikappaleiden aiheuttamia pieniä iskemäjälkiä. Imukanavassa oli metallikappaleiden aiheuttamia hankauksia ja naarmuja. Sylinterin ulkopinnalla pakokanavan vieressä oli merkkejä pakokaasuvuodosta. Pakoputkisto oli vioittunut törmäyksessä ja jäljet olivat syntyneet moottorin käydessä törmäyksen jälkeen.

Kakkössylinteri

Sylinterin rakenne ja venttiilikoneisto olivat ehjät. Männän helmassa oli naarmuja ja kiinnileikkaantumisen jälkiä. Männän tappi ja kiertokanki olivat ehjät. Männäntapin helassa oli hieman kiinnileikkaantumisen jälkiä. Sylinterin sisälle oli imuputkiston kautta imeytynyt neljä palasta kolmossylinterin imuventtiilin lautasesta, yhteensä noin 40 % venttiililautasen pinta-alasta. Metallikappaleiden iskemäjälkiä oli sylinterin ja männän päässä. Männänpäässä oli lisäksi kiinnijuuttuneena yksi imuventtiilin lautasen palanen. Iskemäjälkiä oli myös imukanavassa ja -putkessa. Sylinterin ulkopinnalla pakokanavan vieressä oli merkkejä pakokaasuvuodosta, jotka olivat syntyneet samasta syystä kuin ykkössylinterissäkin.

Kolmosylinteri

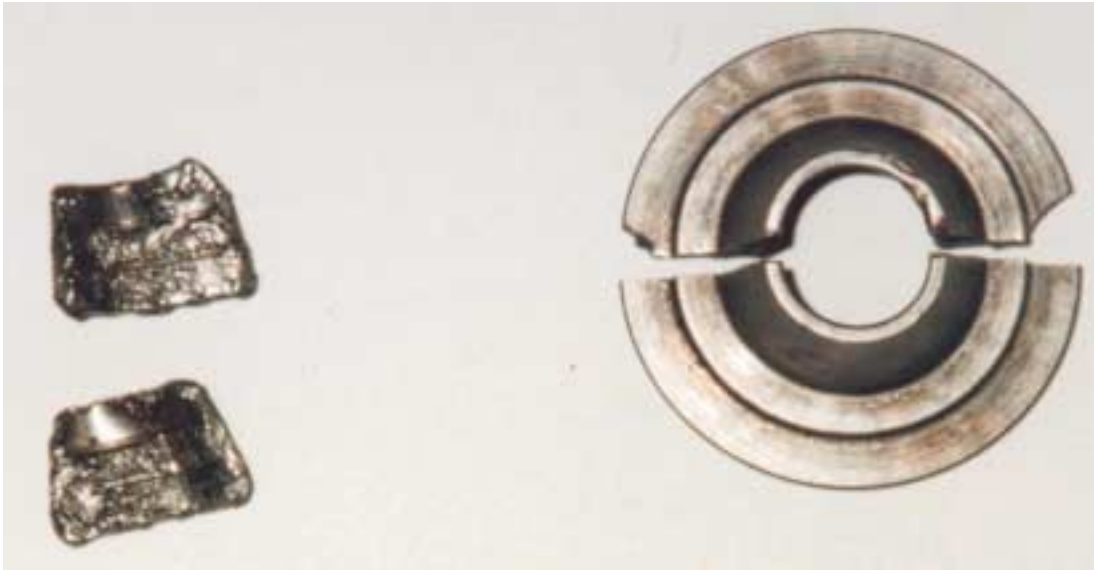
Ulkopuolisessa tarkastelussa todettiin venttiilikoneiston kannessa kaksi sisältäpäin syntynyttä repeämää, joiden lisäksi sylinterin päässä imukanavassa oli myös sisältäpäin syntynyt murtuma. Kun venttiilikoneiston kansi irrotettiin, sen alta löytyi kaksi irrallista imuventtiilin ylemmän jousilautasen P/N LW-10077 S/N 08-00//17328 murtunutta puolikasta. Nämä palaset olivat aiheuttaneet repeämät venttiilikoneiston kanteen, kun venttiilikoneiston keinuviivut olivat hakanneet niitä kantta vasten moottorin käydessä kyljellään maassa. Sylinterin päässä imukanavassa olleen murtuman oli aiheuttanut irrallinen imuventtiili, jonka mäntä oli lyönyt sylinterin imukanavaan varsi edellä.



Kuva 4. Haljenneen jousilautasen kappaleiden sijainti venttiilikoneiston kannessa repeämien syntyessä

Jousilautanen oli haljennut keskeltä kahteen isompaan osaan. Lisäksi toisen puoliskon murtumapinnan ja kappaleen ulkokaaren muodostamista kulmista oli lohjennut noin 45 asteen kulmassa kolmion muotoiset palaset, joiden sivupituudet olivat 3 ja 5 millia. Palasia ei tutkimuksen aikana löytynyt. Haljenneen jousilautasen keskireiän kartiopinnalta löytyi alkavia murtumasäröjä.

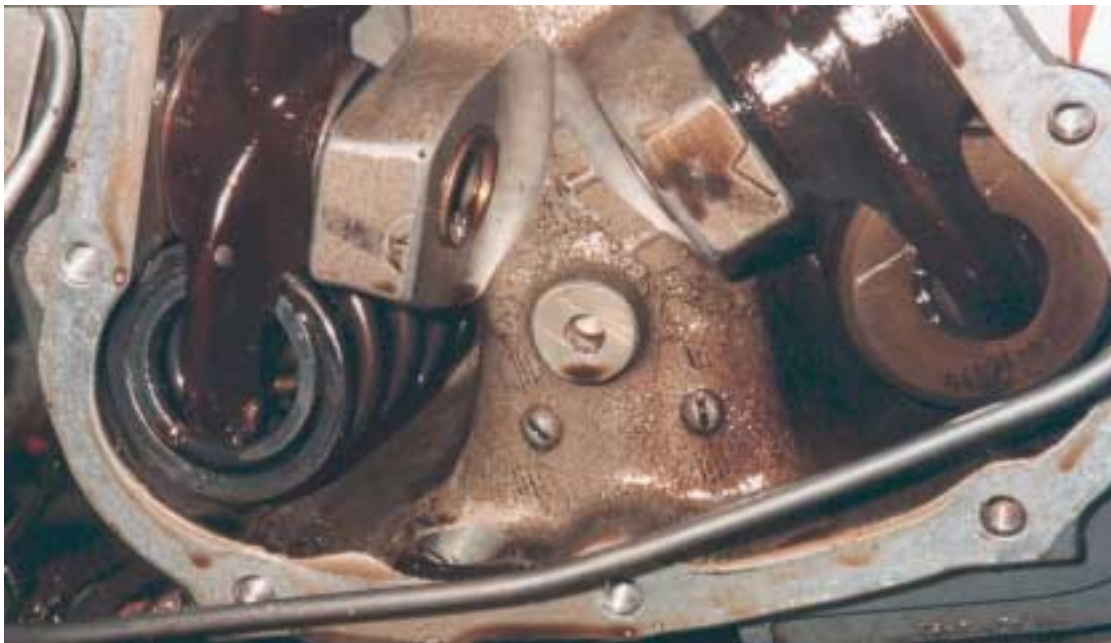
Molemmat venttiilin kiinnityskiilat P/N 60009 olivat venttiilikoneiston pahoin litistämänä venttiilikoneiston alaosassa.



Kuva 5. Kolmassylinterin imuventtiilin haljennut ylempi jousilautanen ja litistyneet venttiilin kiinnityskiilat

Imuventtiili ei ollut paikoillaan ohjurissaan. Sen sijaan imuventtiilin sisempi ja ulompi jousi olivat paikoillaan samoin kuin alempi jousilautanen. Venttiilin jouset on mitattu Airfix oy:n lentokonekorjaamolla ja ne on todettu ohjearvojen mukaisiksi.

Sylinterin kannessa imuventtiilin jousen pesän ulkolaidan yläpäässä ja imuventtiilin keinoivivun akselin sisemmässä korvakkeen kulmassa oli iskemä- ja hankaumajälkiä. Nämä jäljet ovat syntyneet vaurioituneen jousilautasen siirtyessä pois paikoiltaan.



Kuva 6. Kolmassylinterin venttiilikoneisto kansi avattuna

Imuventtiin keinuvipu ja siihen liittyvät rakenteet olivat paikoillaan ja ehjät. Keinuvivun ylä- ja alapinnalla oli havaittavissa iskemäjälkiä, jotka olivat syntyneet moottorin käydessä maassa kyljellään ja keinuvivun takoessa murtunutta jousen lautasen puolikasta venttiilikotelon kanta vasten. Nokan kosketuspinnat olivat kiillottuneet normaalisti. Koneiston öljykanavat olivat kohdallaan.

Imuventtiin ohjaimen venttiililautasen puoleinen pää oli vaurioitunut männän takoessa irronnutta imuventtiiliä sitä vasten ja ohjain oli työntynyt 20 mm venttiilikoneistoon päin. Silmämääräisessä tutkimuksessa ohjaimen sisäpinta vaikutti ehjältä ja normaalisti kulu-neelta. Imuventtiin työntötanko oli ehjä ja suora.

Pakoventtiin venttiilikoneiston rakenne oli ehjä. Keinuvivun kosketuspinnat olivat kiillottuneet normaalisti. Vivun ulkopinnalla oli iskemäjälkiä, jotka olivat syntyneet vivun osuessa murtuneeseen imuventtiin jousilautasen puolikkaaseen moottorin käydessä maassa kyljellään. Työntötanko oli muuten ehjä, mutta se oli taipunut keskeltä 1,45 mm. Työntötanko ei ollut vastannut suojusputkeensa. Taipuminen on syntynyt, kun keinuvipu on hakannut murtunutta jousilautasen puolikasta venttiilikotelon kantaa vasten. Pakoventtiin kohdalla repeämä kannessa oli isompi kuin imuventtiin kohdalla.

Kun sylinteri irrotettiin moottorin lohkosta, sylinterin kannessa ja männän päässä näkyi runsaasti irronneen imuventtiin aiheuttamia vaurioita. Vauriot olivat syntyneet moottorin jatkaessa käyntiään, kun imuventtiili oli imeytynyt sylinteriin. Imuventtiin kappaleita ei löytynyt sylinteristä. Imukanavassa oli mm. venttiilinvarren iskemäjälki ohjurin imukanavan puoleisessa reunassa. Isku oli työntänyt ohjuria ulospäin ja irrottanut materiaalia sylinterin kannesta. Venttiilinvarsi oli iskenyt myös imukanavan seinään aiheuttaen siihen ulospäin näkyvän murtuman.

Sylinterin seinämät olivat siistit. Ylemmän sytytystulpan kärjet ja keskielektrodi olivat rikkoutuneet venttiin kappaleiden osuessa tulppaan. Alatulppa oli ehjä.

Männän päässä oli runsaasti imuventtiin aiheuttamia iskemäjälkiä. Männän helmassa oli kiinnileikkaantumisjälkiä, jotka olivat syntyneet moottorin käydessä kyljellään maassa, jolloin voitelu oli ollut puutteellista. Männän tappi ja kiertokangen yläpään laakerihela olivat silmämääräisesti tarkasteltuina ehyet. Männän sisäpinnalla oli kiertokangen alapään laakeriliuskasta lähtöisin olevaa antimagneettista metallisakkaa.

Kiertokangen alapää oli sinistynyt ja alapään laakeriliuskat olivat tuhoutuneet. Laakerista oli jäljellä vain ohuet teräsluskat. Kiertokangen alapään laakerin kannessa oli ulkopuolella keskellä iskemäjälki. Jälki oli syntynyt, kun kiertokangen alapää oli osunut nelossylinterin männän helmaan männäntapin kohdalle. Kampikammiossa oli kiertokangen laakerin kohdalla sulanutta laakerimetallia. Laakerivaurio on syntynyt, kun imuventtiili on joutunut palotilaan ja mäntä on liikkuessaan takonut sitä sylinterinkantaa vasten. Vaurio on pahentunut, kun moottori on käynyt maassa kyljellään eikä laakeri ole saanut riittävää voiteltua.

Nelossylinteri

Sylinterin rakenne ja venttiilikoneisto olivat ehjät. Männän helmassa oli naarmuja ja kiinnileikkaantumisjälkiä. Männän tappi ja kiertokangi olivat ehjät. Sylinterin sisällä oli merk-

kejä kolmossylinteristä imeytyneiden metallikappaleiden iskemistä. Imuventtiin yläpinnalla oli metallikappaleen iskemäjälkiä. Imuventtiin lautasen ja imuaukon välissä oli kolmossylinteristä särkyneen venttiililautasen kappale (noin 15 % imuventtiin lautasen pinta-alasta). Männän helmassa oli männäntapin kohdalla iskemäjälki, jonka aiheuttajaksi on todettu kolmossylinterin kiertokangen alapää.

Imuputkisto

Imuputkisto oli ehjä. Sen sisäpinnalla näkyi särkyneen imuventtiin kappaleiden aiheuttamia iskemiä ja naarmuja. Putkiston sisällä oli murtuneen venttiililautasen palasia. Imukammioista löytyi imuventtiin varsi ja venttiililautasen palanen.



Kuva 7. Kolmossylinterin rikkoutunut imuventtiili

Moottorin polttoainejärjestelmä

Ilma-aluksessa käytettiin polttoaineena lentobensiiniä 100 LL, joka oli tankattu Ivalon lentotaseman jakeluautomaatista 20 litran Jerry-kannuihin ja niistä edelleen helikopteriin. Helikopterin tankkauksessa oli käytetty suodattimena huonokuntoista suodatinsäämiskää. Ennen lentoa helikopterin polttoainesäiliöt oli tankattu täyteen eli säiliöissä oli yhteensä noin 49 gallonaa (185 litraa). Molemmat polttoainesäiliöt rikkoutuivat maahantörmäyksessä, jolloin polttoainetta jäi jäljelle noin 5 l vasempaan säiliöön. Polttoaineen todettiin olleen puhdasta.

Moottorin polttoainejärjestelmän putkistot olivat ehjät ja liittimet kiinni. Vuotojälkiä ei havaittu. Sähköinen ja mekaaninen polttoainepumppu olivat ulkoisesti ehjiä eikä merkkejä vuotoista ollut. Polttoainesuodin oli ulkoisesti ehjä ja sisältä puhdas. Suodattimessa oli polttoainetta noin 0,2 dl. Muutoin polttoainejärjestelmän putkisto oli tyhjä. Moottori on todennäköisesti sammunut polttoaineen loppumisen seurauksena koneen ollessa kyljellään maassa.

Ruiskutusjärjestelmän osat olivat ehjät ja kiinni moottorissa lukuun ottamatta tehonsäätövivun korvaketta, joka oli katkennut törmäyksessä. Tehonsäätövipu liikkui vapaasti. Sy-



lintereille menevät putket olivat ehjät ja niiden liittimet olivat kiinni. Ruiskutuslaitteet olivat ehjät.

Moottorin sytytysjärjestelmä

Ulkopuolisen tarkastuksen perusteella järjestelmä oli ehjä. Johtimet ja liittimet olivat ehjät ja kiinni. Kolmosylinterin ylätulppa oli mekaanisesti vaurioitunut irronnen venttiilin osuessa siihen. Muut sytytystulpat todettiin normaalikuntoisiksi.

Moottorin voitelujärjestelmä

Käytetty öljyalaatu oli Aero Shell W 65. Moottorissa oli öljyä jäljellä noin 5 litraa. Silmämääräisesti tutkittuna öljyn kunto oli normaali. Öljynsuodin oli tyypiltään CH 48110 S/N F07L22. Sen sisällä oli hieman rikkoutuneesta kiertokangen laakerista peräisin olevaa antimagneettista metallijätettä.

Moottorin ilmansuodatin

Ilmansuodatin oli puhdas. Suojakansi oli irronnut törmäyksessä.

1.16.7 Voimansiirtojärjestelmä

Pää- ja pyrstömoottorin voimansiirtojärjestelmän todettiin olleen kunnossa ja vaurioiden syntyneen maahantörmäyksessä.

1.16.8 Helikopterin huoltohistoria

Helikopterilla oli lennetty 6217 h 45 min. Viimeinen vuosikatsastus oli suoritettu 25.2.2000. Helikopteri oli todettu lentokelpoiseksi ja katsastuspöytäkirjaan merkityistä kahdeksasta huomautuksesta oli merkitty tehdyksi seitsemän. Laskuvalonheittimen asennusta ei ollut kuitattu. Katsastuspöytäkirjassa ei ollut mainintaa siitä, että helikopterilta puuttui voimassa oleva Telehallintokeskuksen myöntämä radiolupa. Katsastuksessa helikopterin kokonaislentoaika oli 6027 tuntia ja moottorin käyntiaika oli 1752 tuntia. Helikopteriin oli vaihdettu 22.9.2000 kokonaislentoajalla 6089 tuntia moottorin valmistajatehtaalla uudelleen rakennettu moottori, jonka kokonaiskäyntiaika asennettaessa oli 00,00 tuntia.

Helikopterin viimeinen 50 tunnin huolto oli tehty Ivalossa 18.2.2001 kokonaislentoajalla 6178 h ja moottorin kokonaiskäyntiajalla 88 h 25 min. Edellinen 100 tunnin huolto oli myös tehty Ivalossa 11.10.2000, jolloin kokonaislentoaika oli 6127 h ja moottorin kokonaiskäyntiaika 37 h 25 min. Helikopterin vuosihuollolle oli myönnetty jatkoaikaa yksi kuukausi (28.2.2001-31.3.2001) käyntiaikaisen huoltojakson loppuun lentämiseksi, työtehtävien loppuun saattamiseksi ja helikopterin siirtämiseksi korjaamolle. Onnettomuuslentoa edeltäneestä viimeisestä huollosta oli kulunut lentoaikaa 39 h 45 min.

1.16.9 Helikopterin lisälaitteasennukset

Helikopteriin oli asennettu kaksi äänitorvea ja kompressori sekä äänimerkinantolaitte, jotka olivat kiinnitettynä oikeassa etummaisessa laskutelineen poikkituessa olevassa alumiinista muotoilussa telineessä. Materiaalit ja rakenneratkaisut eivät olleet ilmailulaatua. Johdot

oli niputettu helikopterin johtonippuihin ja käyttökytkimenä käytettiin oikeanpuoleista jalakatangenttia. Ylemmän kiinnityskorvakkeen ruuvien kierre oli hangannut kolon laskutelineen poikkitukeen. Laitteet painoivat noin 1,5 kg.

Helikopterin ohjaamossa oli oikeanpuoleisen istuimen eteen asennettu alumiinipelistä ja listoista rakennettu taso, jota käytettiin kannettavan tietokoneen alustana. Tietokone kiinnittyi alustaansa tarrojen avulla. Tietokone oli liitetty johtoverkostoon, jossa oli GPS, yleismittari ja muuntaja. Sähkönsyöttö tapahtui tupakansytyttimestä. Järjestelmä painoi noin 7,2 kg.

Moottoriin oli asennettu 230 V lämmitysjärjestelmä siten, että kolmessa sylinterin kannessa oli lämmityspuikot ja öljypohjassa ja imukammiossa oli lämmitysvastukset. Laitteiston johdotus oli kiinnitetty koneen vasemmanpuoleiseen runkorakenteeseen, jossa oli myös 230 V pistoke.

Yllä mainituista asennuksista ei löytynyt minkäänlaista merkintää koneen huoltodokumenteista.

1.16.10 Suoritetut erillistutkimukset ja kyselyt

Vaurioituneen imuventtiilin osat lähetettiin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen Valmistustekniikan osastolle tutkittavaksi. Pyrkimyksenä oli selvittää rikkoontuneen venttiilin jousilautasen murtumismekanismi ja materiaalin kovuus, venttiilin kiilojen kovuus sekä rikkoontuneen imuventtiilin murtumismekanismi ja erityisesti, löytyisikö mistään merkkejä materiaalin väsymisestä.

Tutkimusten perusteella laaditussa lausunnossa todettiin muun muassa, että jousilautanen on seostamatonta vähähiillistä terästä, joka ulkopinnan martensiittikerroksen perusteella on hiilletyskarkaistu ilmeisesti pinnan kulumiskestävyuden parantamiseksi. Teräksen epätavallisen suuri kuonamäärä viittaa niin sanottuun automaattiteräkseen, jossa on tarkoituksellisesti huomattavan paljon kuonasulkeumia koneistettavuuden parantamiseksi. Murtunut näyte ja vertailunäyte poikkesivat hieman toisistaan lähinnä pinnan martensiittikerroksen paksuuden osalta, mutta eroa voidaan pitää tavanomaisena hajontana. Jousilautasen murtuminen on tapahtunut ilmeisesti yhdellä kertaa kappaleeseen kohdistuvien jännitysten ylittäessä materiaalin lujuuden. Kappaleen sisustan sitkeä murtuminen on tyypillistä pehmeähkölle teräkselle ja pintakerroksen raerajamurtuma puolestaan tyypillistä kovan martensiittisen rakenteen ylikuormitusmurtumaa. Murtuman vieressä todetut säröt lienevät syntyneet varsinaisen murtuman yhteydessä tapahtuneista vähäisistä muodonmuutoksista, jotka voivat aiheuttaa pintasäröjä kappaleessa, jonka sisus on verrattain pehmeää ja pintakerros kovaa materiaalia, jonka venymä on vähäinen.

Imuventtiilin kaikkien murtumien todettiin olevan ylikuormitusmurtumia, jotka ovat syntyneet kappaleeseen kohdistuvien jännitysten ylittäessä materiaalin lujuuden.

Imuventtiilin ylemmän jousilautasen lujuuden selvittämiseksi suoritettiin Rovaniemen Ammattikorkeakoulun Kuljetustekniikan osastolla murtokuormituskoe. Kokeessa kuormitettiin jousilautasta venttiilivarrenpäästä lukituskiilojen välityksellä erityisesti muotoiltua



vastinkappaletta vasten. Kokeessa todettiin onnettomuushelikopterin kakkossylinterin ylemmän jousilautasen P/N LW 10077 kestävä 1950 kg (19129 N) kuorman ja vastavasti nelossylinterin jousilautasen kestävä 1900 kg (18639 N) kuorman. Vertailukappaleina käytettiin käytöstä poistettua jousilautasta P/N LW 10077 SMP, joka kesti 1070 kg (10496 N) kuorman. Toinen vertailujousilautanen P/N 68327 kesti 1580 kg (15499 N) kuorman. Moottorin normaalikäytössä venttiilijousien jousilautasiin kohdistama kuorma on suurimmillaan 90 kg (833 N).

Tutkintalautakunta lähetti 12.4.2001 Ilmailulaitoksen lentoturvallisuushallinnolle kirjeen, jossa kerrottiin 3.3.2001 tapahtuneen helikopterionnettomuuden tutkimuksissa siihen mennessä esiin tulleet seikat. Lisäksi tutkintalautakunta lähetti 27.4.2001 moottorin valmistajalle kyselyn, jossa tiedusteltiin muun muassa onko kyseisen osan valmistustekniikka tai -materiaalissa tapahtunut muutoksia ja onko jousilautaselle P/N LW 10077 valmistajan tietojen mukaan sattunut muualla vastaavia vaurioita. Tehtaalta vastattiin valmistusmenetelmän ja -materiaalin pysyneen entisellään. Lisäksi todettiin, että ”muitakin ilmoituksia kyseisen osan rikkoutumisista on tullut, mutta ei kuitenkaan siinä määrin, että ne herättäisivät huolestuneisuutta, kun otetaan huomioon, kuinka monessa moottorissa tätä osaa käytetään”.

1.17 Organisaatiot ja johtaminen

Onnettomuushelikopterin omistavalla yhtiöllä on ansiolentoluvan mukaisesti lentotoimintaa varten nimetty lentotoiminnanjohtaja. Hänellä ei kuitenkaan ole itsellään helikopterilentäjän lupakirjaa ja vaadittavia kelpuutuksia, joten vastuu helikopteritoiminnan osalta oli siirretty vanhimhalle helikopteriohjaajalle, joka oli onnettomuuskoneen ohjaaja. Yhtiön lentotoiminta on muuttunut ansiolentoluvan saannin jälkeen siten, ettei se enää tarvitse nykyisessä toiminnassaan lentotoimintakäsikirjaa.

1.18 Muut tiedot

Ilma-aluksen edelliset omistajat olivat irtisanoneen ilma-aluksen radioluvan 22.3.1998. Uuden omistajayhtiön edustaja ilmoitti yhtiön anoneen uutta lupaa 20.5.1999, mutta sitä ei oltu vielä saatu. Mainittua lupa-anomusta ei löytenyt Telehallintokeskuksen ilma-aluksen radiolupatiedostoista eikä sitä näin ollen ole voitu myöntää. Vuosikatsastusten pöytäkirjoissa ei ole mainintaa radioluvan puuttumisesta.

1.19 Uudet tutkintamenetelmät

GPS:ää ja siihen kytkettyä tietokonetta käytettiin hyväksi selvittäessä helikopterin lentoreittiä, -nopeutta ja onnettomuuspaikan sijaintia.

Helikopterissa mukana olleessa tietokoneen ohjelmassa oli kyseisen alueen karttapohja, johon GPS lähetti jatkuvasti paikkatietoa noin kahden sekunnin välein. Lennon eteneminen näkyi suoraan tietokoneen näyttöruudulta ja sama tieto tallentui myös tietokoneen kovalevylle, josta se saatiin onnettomuuden jälkeen käyttöön. Näin tutkintaan oli käytettävissä helikopterin käyttämä lentoreitti.



Lentoreitti muodostuu noin kahden sekunnin välein tallennetuista pisteistä, joiden välimatkasta voidaan laskea helikopterin lentonopeus. Saatu nopeusarvo ei ole aivan tarkka, koska pisteet on tallennettu metrin tarkkuudella ja väliaika ei ole täsmälleen kaksi sekuntia. Saatu nopeus on maanopeutta.

Ohjaajan pakkolaskupaikaksi valitsema hakkuuaukea saatiin siirrettyä lentoreitin ja onnettomuuspaikan suhteen samalle kartalle melko tarkasti kiertämällä maastossa GPS mukana hakkuuaukean reunat ja tallentamalla kuljetusta reitistä tarvittava määrä pisteitä.



2 ANALYYSI

2.1 Lentoreitti

Ohjaaja nousi ilmaan Nivankylästä ja lähti reitille kohti Valajaskoskea, josta hän jatkoi lentoaan kohti etelää Kemijoen itärantaa seuraten. Petäjaskoskella ohjaaja lensi Rovaniemeltä Kemiin vievän niin sanotun itäpuolen tien ja vanhan Kemijokuoman välisen maaston yläpuolella melko lähellä maantietä käyden välillä maantien itäpuolellakin. GPS:ään tallentuneen lentoreitin voidaan olettaa olevan melko tarkasti oikea, koska reitin lähtö- ja päätepisteet olivat oikeat.

Tallentunut lentoreitti päättyi noin 180 metriä ennen maahantörmäyspaikkaa, minkä todettiin johtuneen siitä, että laitteiden yhteysviiveiden johdosta viimeiset tiedot eivät ehtineet tallentua tietokoneelle. Kun helikopteri osui puihin, yhteys tietokoneen ja GPS:n väliltä on katkennut. Myöskään GPS:n tiedostoista viimeisiä pisteitä ei löytynyt, koska GPS oli sellaisessa toimintatilassa, että se ei tallioinut mitään tietoja.

2.2 Lentonopeus- ja korkeus

Lentonopeuden muutoksen arviolla pyrittiin selvittämään se paikka, missä moottorihäiriö oli alkanut. Koska nopeus oli pysynyt melko samana useita minutteja ennen onnettomuuspaikkaa ja koska se viimeisen 10 sekunnin aikana ennen maahantörmäyspaikkaa pieneni yli 20 km/h, voidaan melko varmasti olettaa, että moottorihäiriö alkoi noin 10-12 sekuntia ennen maahantörmäystä. Tätä tietoa voidaan käyttää hyväksi lentokorkeuden arvioinnissa. Koska häiriön tapahtumispaikka oli 450-550 metrin päässä maahantörmäyspaikasta, korkeutta on täytynyt olla se määrä, josta liukumalla ilman moottorin apua päästään maahantörmäyspaikalle. Tarkkaa arviointia vaikeuttaa se, kuinka täydellinen ja nopea moottoritehon menetys on todellisuudessa ollut ja kuinka nopeasti ohjaaja on vienyt noususauvan alas. Tutkimukset kuitenkin viittaavat siihen, että vaurio on syntynyt hetkessä ja samalla moottorin tehotkin ovat hävinneet. Tuolloin ohjaajalla on ollut käytettävissään vain senhetkinen nopeudesta ja korkeudesta saatava energia autorotaation suorittamiseen.

Kevythelikopterilla jatkuvuusvoimat ovat niin vähäiset, että tehonmenetyksessä ohjaajan käyttämältä matkalentonopeudelta noin 60 kt nopeuden pienenemien autorotaationopeudelle noin 50 kt tapahtuu 2-3 sekunnissa. Ohjaajalla on tämä aika reagoida tilanteeseen. Nopeuden pienenemisen ja ohjaajan reagointiajan kuluessa kone etenee noin sata metriä. Tällöin ollaan oltu paikassa, josta autorotaation voidaan olettaa alkaneen eli 350-450 metrin päässä maahantörmäyspaikasta, jolloin lentokorkeuden on täytynyt olla 100-150 metriä. Tarvittavaa korkeuden määrää on vähentänyt melko voimakas lähes myötäinen tuuli, joka oli 100-200 metrin korkeudella noin 070°/15 kt (8 m/s). Tapahtuman arvioituna aikana (noin 15 sekuntia) myötätuuli kuljetti helikopteria noin 100 metriä eteenpäin, mikä vastaa korkeudeksi muunnettuna noin 30 metriä. Tämä seikka tukisi lennon nähneen miehen sekä ohjaajan näkemystä siitä, että lentokorkeus on tilanteen alkaessa ollut lähempänä 100 metriä kuin 150 metriä. Ohjaajan ei voida kuitenkaan varmuudella todeta

lentäneen siirtolennolla toiminta-alueelle sallitun 150 metrin minimilentokorkeuden alapuolella.

2.3 Pakkolaskupaikan valinta

Häiriötilanteissa, joissa menetetään moottorin tehot, päätös pakkolaskusta ja -paikasta on tehtävä nopeasti. Mitä matalammalla ollaan sitä nopeampi päätöksen pitää olla. Tilannetta vaikeutti tässä tapauksessa vielä se, että moottori ei pysähtynyt, vaan jatkoi käyntiään, jolloin pakkolaskupäätöksen teko helposti pitkittyy. Tällöin menetetään arvokasta liikke- ja potentiaalienergiaa. Tallentuneiden tietojen perusteella voidaan päätellä, että ohjaaja lensi useita sekunteja suoraan häiriön tapahduttua. Jos moottori olisi pysähtynyt täysin, ohjaaja olisi todennäköisesti heti kaartanut kohti jokuomaa ja tällöin hänellä olisi ollut riittävästi korkeutta sinne päästäkseen.

Pohjoisesta lähestyessään ohjaaja lensi pitkin jokivartta, joka oli pääosin jäässä. Ohjaaja kertoi, ettei hän muista varmasti millaisessa asemassa maantie oli hänen sijaintiinsa nähden, kun moottorihäiriö tapahtui. Voidaan olettaa, että ohjaaja oli alitajuisesti tietoinen siitä, että oikealla kulkee pakkolaskupaikaksi soveltuva jäinen jokuoma. Häiriön tapahduttua ohjaajan huomio oli aluksi koneen laitteissa. Todettuaan tilanteen vakavuuden hän on ensisilmäyksellä nähnyt melko lähellä oikealla leveän, valkoisena selvästi erottuvan joen uoman ja samassa suunnassa ennen jokea vielä harvahkoa metsää. Jokuoma on ilmeisesti ollut niin voimakkaana ohjaajan näkökentässä tapahtumien aikana, ettei hän ole huomannut vastakkaisessa suunnassa ollutta maanteitä.

Pakkolaskupaikan arviointitilanteessa jokaisella ohjaajalla on koneessaan tietyt vertailumerkit, joiden perusteella voidaan arvioida, mihin siitä korkeudesta päästään liukumaan. Tässä tapauksessa jokuoma houkutteli aluksi etsimään pakkolaskupaikkaa jokuoman suunnasta ja kaartamaan sitä kohti. Ohjaaja on nähnyt, että jokuomaan pääsy on epävarmaa, mutta ennen jokuomaa on poikittainen hakkuuaukea, johon hän päätti yrittää laskeutumista. Voimakkaasta myötätuulesta johtuen ennalta määrätyt merkit eivät ole pitäneet paikkaansa, koska kone liukuu pitemmälle myötätuulella. Ohjaaja totesi, että hänellä oli liikaa korkeutta päästäkseen laskeutumaan hakkuuaukealle lentämässään suunnassa. Hakkuuaukea jatkui noin 90 asteen kulmassa vasemmalle, jonne hän olisi voinut yrittää laskeutumista. Ilmeisesti jyrkän kaarron tekeminen näinkin matalalla ei tuntunut ohjaajasta turvalliselta ja hän päätti jatkaa suoraan kohti jokea, mikä oli todennäköisesti oikea ratkaisu. Päätöstä mahdollisesti tuki edessä ollut melko harvan näköinen mutta korkea kuusipuusto, jonka lomitse voisi selviytyä joelle asti, jos korkeus ei muuten riittäisi. Näitä korkeampia kuusia oli koneen lentoreitillä harvakseltaan noin 50 metrin matkalla, jonka jälkeen rannalla oli matalampaa koivikko.

Korkeus ei aivan riittänyt ylittämään rantatörmän korkeita kuusia eikä ohjaaja onnistunut pääsemään niiden välistäkään joelle. Helikopteri osui puihin 18 metrin korkeudella ja noin 20 metrin päässä hakkuuaukean reunasta ja jatkoi vajoamistaan törmäten maahan noin 44 metrin päässä ensimmäisestä puukosketuksesta. Ohjaaja teki kuitenkin hallitun metsään ajon pienentämällä eteenpäin menevää nopeutta ennen puihin osumista, jolloin helikopteri tavallaan putosi puiden väliin eikä törmännyt niihin vauhdilla. Pääosin tästä syystä ohjaaja selvisi uhkaavasta tilanteesta lievin vammoin.



2.4 Teknilliset tutkimukset

Ohjaajan kertomus ja helikopterin teknillisissä tutkimuksissa tehdyt havainnot osoittivat selvästi, että onnettomuuteen johtanut tilanne on alkanut moottorin venttiilikoneiston vaurioitumisesta.

2.4.1 Helikopterista kuulunut ”kiljahdus”

Ohjaaja kertoi kuulleensa helikopterista voimakkaan ”kiljahduksen” tapaisen äänen, jonka jälkeen moottorin tehot olivat hävinneet välittömästi eikä moottori enää vastannut tehonlisäykseen. Kiljahduksen kaltainen ääni on ilmeisesti syntynyt, kun kolmossylinterin imuventtiili imeytyi sylinteriin ja mäntä iski siihen.

2.4.2 Moottoritehon menetys

Moottorin kolmossylinterin päässä ja venttiilikoneiston kannessa olleet vauriot olivat selvästi syntyneet sisältä päin moottorin käydessä. Kolmossylinterin imuventtiilin ylempi jousilautanen on haljennut, jolloin jousilautasen osat ja lukituskiilat ovat päässeet irralleen venttiilikoneistoon. Saman aikaisesti kyseinen imuventtiili on päässyt imeytymään palotilaan, jolloin kyseisen sylinterin mäntä on ruhjonut venttiiliä sylinterin kantta vasten. Koska moottorissa on yhteinen imuputkisto, venttiilin palaset ovat päässeet sen kautta muihin sylintereihin aiheuttaen myös niihin vaurioita. Kaikki tämä ja yksin jo yhdenkin imuventtiilinkin puuttuminen tällaisessa moottorissa aiheuttaa lähes täydellisen tehon menetyksen, koska moottorin ilmansaanti on liaksi häiriintynyt. Moottori voi vielä käydä, mutta siinä ei ole enää tehoa.

2.4.3 Imuventtiilin ylempään jousilautaseen vaikuttavia voimia

Imuventtiilin ylempään jousilautaseen vaikuttavia merkittävimpiä voimia ovat venttiilijousien jousivoimat, venttiilin liikkeestä johtuvat dynaamiset voimat ja lämpötilojen muutoksesta aiheutuvat voimat.

Venttiilin liikkeessä venttiilin sisempi ja ulompi jousi synnyttävät jousilautaseen kohdistuvan voiman, jonka suuruus vaihtelee venttiilin liikkeessä. Venttiilijousien testauksessa niiden jäykkyydet todettiin käsikirjan mukaisiksi. Ulomman jousen jousivoima oli suurimmillaan 120 lb (noin 529 N), kun käsikirjan raja-arvot ovat 116-124 lb. Sisemmän jousen jousivoima oli suurimmillaan 80 lb (noin 353 N), kun käsikirjan raja-arvot ovat 75-83 lb. Jousien aiheuttama yhteisvoima on suurimmillaan 200 lb (noin 883 N). Lautaseen kohdistuva voima vaihtelee venttiilikoneiston keinuvivun painellessa venttiilinvarren päästä venttiiliä auki ja jousien työntäessä venttiilin kiinni. Liike on nokka-akselin kuluneisuudesta riippuen noin 15 mm. Voima kohdistuu melko tasaisesti lautasen eri osiin, koska jousien päät on tasoitettu. Näin ollen voidaan olettaa, että murtuminen ei ole tapahtunut epätasaisesti lautasen eri osiin kohdistuneista voimista tai väärin mitoitetuista venttiilin jousista.

Venttiiliä liikuttava voima ei tule takovana iskuna, koska keinuvivun kärjen ja venttiilin varren kosketus säilyy koko ajan. Tästä huolehtii hydraulissäätöinen venttiilin työnnin. Vent-

tiilikoneiston työntötanko oli ehyt ja suora. Keinuivun kärki ja venttiilinvarren pää olivat normaalisti kiillottuneita eikä mitään hakkaamiseen viittaavia merkkejä ollut havaittavissa. Näin voidaan todeta, että säätöjärjestelmä on toiminut ja siten myös venttiin ja keinuivun välinen kosketus on tapahtunut normaalisti.

Jousilautaseen vaikuttavat dynaamiset voimat syntyvät venttiin liikkeessä edestakaisin. Venttiili liikkuu edestakaisin maksimikiertoilla 3200 rpm 26,6 kertaa sekunnissa. Jousilautaseen kohdistuvat dynaamiset voimat ovat todennäköisesti niin pieniä, ettei niillä ole merkittävää vaikutusta lautasen kestävyteen.

Tutkintalautakunnan käsityksen mukaan venttiilikoneiston normaali käyttölämpötila ei synnytä sellaisia lämpölaajenemisvoimia, jotka pystyisivät vaurioittamaan jousilautasta.

Tutkimuksissa ei ilmennyt sellaisia hetkellisiä isoja voimia, jotka olisivat pystyneet yhdessä tai erikseen murtamaan jousilautasen.

2.4.4 Imuventtiilin ylemmän jousilautasen murtolujuus

Ylemmän jousilautasen murtolujuuden selvittämiseksi tehdyissä kokeissa saman moottorin kakkos- ja nelossylinterin imuventtiilin jousilautasten lukkokartion helman murtuminen tapahtui 1900-1950 kg (18639-19129 N) voimalla. Murtumisen aiheutti venttiilivarren työntyminen kiiloineen jousilautasen kartiomaiseen reikään, jolloin kartio repesi aluksi alahelmastaan, jossa sen materiaali on ohuimmillaan. Jousilautanen ei kuitenkaan haljennut. Mitatut arvot tulevat siitä, kun kartion alahelma murtui ja samalla kartio leveni ja päästi venttiilin varren painumaan alas muutaman millin, jolloin siihen mennessä saavutettu maksimivoima väheni satoja kiloja. Lautasen kuormittaminen lopetettiin tähän. Vertailukappaleina olleet toisista moottoreista käytettynä saadut jousilautaset kestivät 1070 kg (10496 N) ja 1580 kg (15499 N) kuorman. Kahden kappaleen otos on liian pieni luotettavien johtopäätösten tekemiseen jousilautasten kestävydestä. Koe ei myöskään vastaa riittävästi todellisia moottorin käyntiolosuhteita. Kokeen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että nämä kaksi onnettomuuskoneesta jäljellä ollutta jousilautasta olivat kestävydeltään moninkertaisesti lujempia kuin, mitä voimia niihin normaalisti kohdistuu.

2.4.5 Imuventtiilin ylemmän jousilautasen valmistusmateriaali

Materiaalin kovuusmittauksissa vaurioituneen kolmannen sylinterin ja vertailuosana olleen ensimmäisen sylinterin imuventtiileiden jousilautasille saatiin samaa suuruusluokkaa olevat arvot. Tutkimuksessa selvisi, että jousilautaset on valmistettu automaattiteräksestä, jossa on tarkoituksellisesti huomattavan paljon kuonasulkeumia koneistettavuuden parantamiseksi. Kuonasulkeumat puolestaan heikentävät materiaalin kestävyttä. Murtuneen lautasen murtopinnassa oli runsaasti näitä kuonasulkeumia. Kuitenkin satunnaisesti eri kohdista murtuneesta lautasesta ja vertailulautasesta otettu näyte sisälsi samassa määrin näitä rakennetta heikentäviä kuonasulkeumia. Näin ollen materiaalin voidaan todeta olleen kauttaaltaan tasalaatuista.



Murtolujuustestin ja materiaalitutkimusten perusteella voidaan olettaa, että moottorissa olleiden kaikkien imuventtiileiden jousilautasten rakenne ja kestävyys ovat olleet lähes samaa tasoa.

2.4.6 Imuventtiilin ylemmän jousilautasen murtumismekanismi

Tutkimuksessa todettiin, että lautasen murtuminen ei ole tapahtunut pitkäaikaisena väsymismurtumana, vaan kappaleeseen olisi pitänyt hetkellisesti kohdistua sellainen voima, joka on ylittänyt materiaalin lujuuden. Tämän voiman pitäisi olla moninkertainen verrattuna siihen voimaan, mikä normaalisti kohdistuu lautaseen. Tutkimuksissa ei kuitenkaan pystytty esittämään mitään sellaista tekijää, mikä olisi aiheuttanut kyseiset hetkelliset voimat moottorin käydessä matkalentoteholla. Maahantörmäyksen yhteydessä ulkoapäinkään vaikuttaneet voimat eivät ole päässeet vaikuttamaan venttiilikoneistoon. Näin ollen ainoaksi vaihtoehdoksi jäisi materiaalin heikkous, jota ei kuitenkaan myöskään voitu todeta murtumisen syyksi.

2.4.7 Moottorin valmistajan kannanotto tapahtumaan

Moottorin valmistajalta tiedusteltiin, että onko vastaavia tapauksia sattunut muualla. Tehdas vastasi, että "muitakin vastaavia ilmoituksia on tehty, mutta ei siinä määrin, että ne herättäisivät huolestuneisuutta ottaen huomioon, kuinka monessa moottorissa tätä osaa käytetään". Lautakunnan mielestä kannanotto vaikuttaa erikoiselta, kun vika todetaan sellaisessa osassa, mikä rikkoutuessaan aiheuttaa moottorivaurion ja sitä kautta koneen joutumisen pakkolaskuun. On ymmärrettävää, että kaikkia rikkimenneitä osia ei ole aina tarvetta suunnitella ja valmistaa uudelleen. Epävarmuutta aiheuttavan osan kunto tulisi kuitenkin saada järjestelmälliseen ja entistä tarkempaan seurantaan ja valvontaan tavalla tai toisella. Lentoturvallisuudesta vastaavien viranomaisten tulisikin pystyä määrittelemään, milloin sattuneiden tapausten johdosta on ryhdyttävä toimenpiteisiin asian korjaamiseksi, jos valmistaja hyväksyy laitteensa toiminnan kannalta tärkeän osan rikkoutumisen vedoten siihen, että tapauksia sattuu niin vähän verrattuna käyttömääriin.



3 JOHTOPÄÄTÖKSET

3.1 Toteamukset

1. Ohjaajalla oli voimassa oleva helikopteriansiolentäjän lupakirja.
2. Ilma-aluksella oli voimassa oleva rekisteröintitodistus ja lentokelpoisuustodistus.
3. Moottorin kolmossylinterin imuventtiilin ylempi jousilautanen halkesi lennolla, jolloin venttiilin lukitus aukesi.
4. Imuventtiili imeytyi sylinteriin ja murskaantui sinne. Pääosa palasista imeytyi imuputkiston kautta myös kolmeen muuhun sylinteriin.
5. Moottori menetti tehonsa lähes täydellisesti käyden kuitenkin edelleen.
6. Tapahtumahetkellä lentokorkeus oli noin 100-150 metriä.
7. Ohjaaja aloitti lähes välittömästi häiriön tapahduttua autorotaatiolaskeutumisen.
8. Ohjaaja valitsi pakkolaskupaikaksi etuoikealla jokiuoman suunnassa olleen hakkuuaukean.
9. Kovahko myötätuli vei pakkolaskun pitkäksi, joten ohjaaja päätti yrittää laskua jokiuomaan.
10. Autorotaatiolasku päättyi hakkuuaukean ja jokiuoman väliseen metsikköön.
11. Ennen puihin törmäämistä ohjaaja pienensi eteenpäin menevää nopeutta ja osin tämän ansiosta hän selvisi lievin vammoin.
12. Kone vaurioitui korjauskelvottomaksi.
13. Moottorin valmistajalta saadun tiedon mukaan imuventtiilin ylemmän jousilautasen vaurioitumisia on tapahtunut aiemminkin.
14. Imuventtiilin ylemmän jousilautasen murtumisen syytä ei saatu varmuudella selville.
15. Pelastustoimet sujuivat hyvin.

3.2 Onnettomuuden syy

Moottorin kolmossylinterin imuventtiilin ylempi jousilautanen halkesi lennolla, jolloin venttiilin lukitus aukesi. Imuventtiili pääsi imeytymään sylinterin palotilaan, jossa se murskaantui ja palaset imeytyivät imuputkiston kautta muihin sylintereihin aiheuttaen myös niihin vaurioita. Vaurioiden seurauksena moottori menetti tehonsa heti lähes täydellisesti. Vauriota seuranneessa pakkolaskussa ohjaaja yritti laskeutua etuoikealla olevalle hakkuuaukealle, johon lasku ei onnistunut kovahkon myötätuulen johdosta, vaan helikopteri päättyi hakkuuaukean ja jokiuoman väliseen metsään tuhoutuen täydellisesti.

Tutkimuksissa ei saatu varmuudella selville imuventtiilin ylemmän jousilautasen murtumisen syytä.



4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

Ei suosituksia.

Rovaniemellä 29. päivänä heinäkuuta 2001


Pekka Alaraudanjoki


Sippo Nevalainen


Juhani Mäkelä

LIITELUETTELO

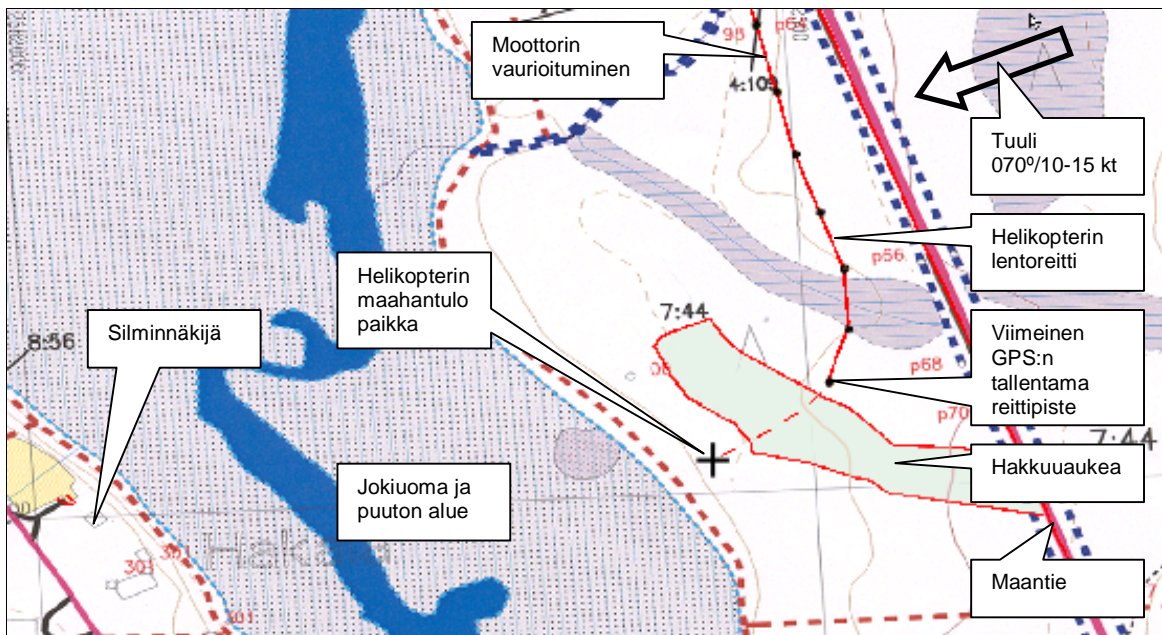
1. Helikopterin lentoreitti ja nopeuskäyrä

LÄHDEAINEISTOLUETTELO

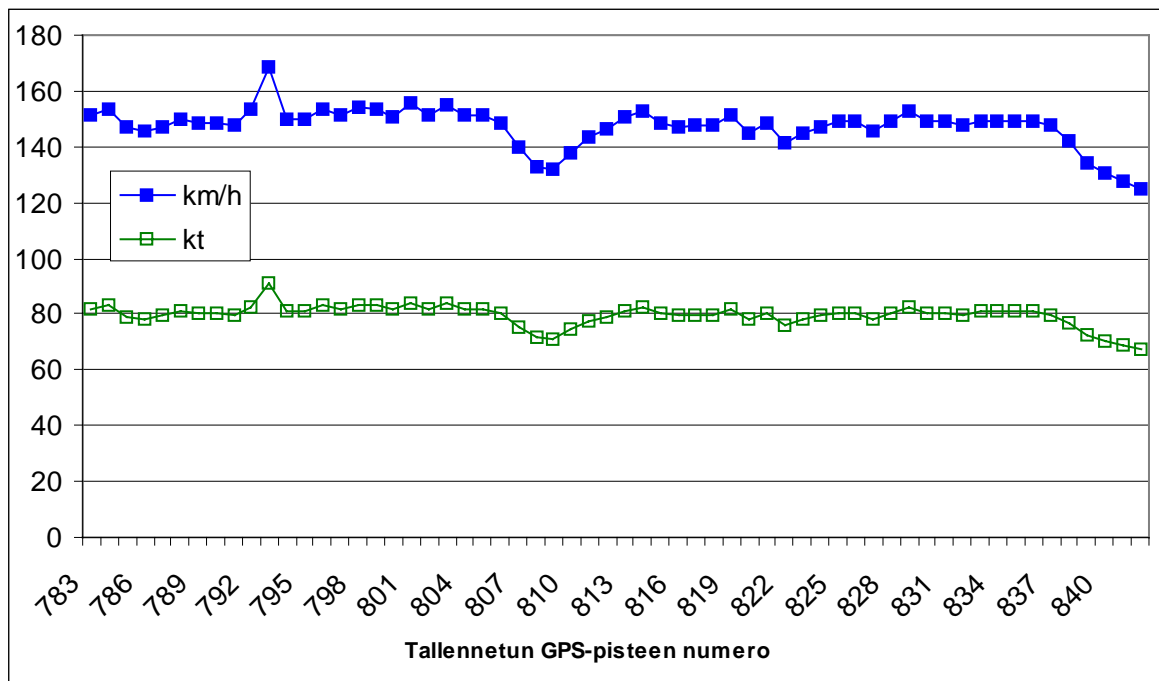
Seuraava lähdemateriaali on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa:

1. Teknillinen selvitys helikopterin vaurioista
2. VTT valmistustekniikan tutkimusselostus N:o VAL24-012294
3. Ohjaajan lentokoulutus- ja lupakirjatiedot sekä tarkastuslentopöytäkirja
4. Asianosaisten ja silminnäkijöiden kuulemispöytäkirjat
5. Lääkärinlausunto
6. Poliisin onnettomuuspaikkatutkintapöytäkirja 6670/S/30360/01/TEK ja valokuvat
7. Lentoon liittyvät lennonvarmistusasiakirjat
8. Lentoa koskevat säätiedot
9. Lentoreitin ja – nopeuden selvittämiseen käytetyt tiedot
10. Rovaniemen mlk:n palolaitoksen onnettomuusseloste
11. Konekorhonen Oy:n ansiolentolupa
12. Käyty kirjeenvaihto
13. Valokuvia

Helikopterin lentoreitti ja nopeuskäyrä



Yllä olevassa kuvassa näkyy helikopterin lentoreitti punaisella viivalla, jossa on noin kahden sekunnin välein pisteinä tallentuneet paikkatiedot.



Yllä olevassa taulukossa näkyy helikopterin maanopeus. Pisteet kuvaavat kahden sekunnin välein vastaanotettua paikkatietoa ja siitä laskettua nopeutta viimeisen kahden minuutin ajalta.