



## Tutkintaselostus

L2012-07

# Helikopterin lento-onnettomuus sahauslennolla Juuassa 16.5.2012

OH-HZH

Robinson R44 Astro



Kansainvälisen siviili-ilmailun yleissopimuksen liitteen 13 (Annex 13) kohdan 3.1 mukaan ilmailuonnettomuuden ja sen vaaratilanteen tutkinnan tarkoituksena on onnettomuuksien ehkäiseminen. Ilmailuonnettomuuden ja tutkintaselostuksen tarkoituksena ei ole käsitellä onnettomuudesta mahdollisesti johtuvaa vastuuta tai vahingonkorvausvelvollisuutta. Tämä perussääntö on ilmaistu myös turvallisuustutkintalaissa (525/2011) sekä Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EU) N:o 996/2010. Tutkintaselostuksen käyttämistä muuhun tarkoitukseen kuin turvallisuuden parantamiseen on vältettävä.

**Onnettomuustutkintakeskus  
Olycksutredningscentralen  
Safety Investigation Authority, Finland**

**Osoite / Address:** Ratapihantie 9  
FI-00520 HELSINKI

**Adress:** Bangårdsvägen 9  
00520 HELSINGFORS

**Puhelin / Telefon:  
Telephone:** 029 51 6001  
+358 29 51 6001

**Fax:** 09 876 4375  
+358 9 876 4375

**Sähköposti / E-post:  
Email:** turvallisuustutkinta@om.fi  
sia@om.fi

**Internet:** www.turvallisuustutkinta.fi  
www.sia.fi

---

Tutkintaselostus 12/2013  
ISBN 978-951-836-402-6 (PDF)  
ISSN 2341-5991

Helsinki 2013

## TIIVISTELMÄ

Sähkölinjakadun oksasahauslennolla ollut Robinson R44 Astro -helikopteri, OH-HZH, törmäsi 16.5.2012 noin kello 19.56 maahan Juuan Rasivaaran länsirinteen alapuolisella suoalueella.

Yksin sahauslennolla ollut ohjaaja lähti noin 20 minuutin sahauksen jälkeen siirtymään uudelle tukeutumispisteelle. Tarkoituksena oli selvittää seuraavaksi sahattavan linjaosuuden olosuhteet. Ohjaaja lensi noin 20 solmun nopeudella ja noin 200 jalan korkeudella maastosta seuraten sähkölinjaa. Rasivaaran länsirinteessä nopeus kiihtyi kunnes ohjaaja hidasti ohjaamalla helikopterin nokkaa ylöspäin, jolloin nopeus ja korkeus alkoivat pienentyä. Rinteessä sähkölinjasta haarautui kaksi syöttölinjaa. Lennon edettyä suoalueen reunaan ohjaajalle tuli tunne että helikopterin tehot eivät riitä. Ohjaaja ei havainnut helikopterissa mitään muuta poikkeavaa ja päätti sahan pakko-laukaisun sijaan laskea sen maahan. Sahan osuttua maahan helikopteri jatkoi vajoamista, törmäsi hallitsemattomasti maahan ja tuhoutui. Ohjaaja sai lieviä vammoja. Tulipaloa ei syttynyt.

Helikopterin teknisessä tutkinnassa ei todettu vauriota tai vikaa, joka olisi ollut yhteydessä onnettomuuden syntyyn. Ohjaajan kuulemisen perusteella mitään poikkeavia ääniä tai helikopterin heilahduksia ei ilmennyt. Myöskään helikopterin varoitusjärjestelmän varoitusääniä ei kuulunut.

Helikopteriin oli kiinnitettyä ilmailuviranomaiselle esitetystä yhtiön toimintakäsikirjasta poikkeava painavampi sahausvarustus, josta johtuen pituussuuntainen painopistetasema oli lähellä takarajaa. Helikopterin moottori oli kulunut ja suorituskyky oletettavasti alentunut. Toimintakäsikirjassa määritetty helikopterin tehovara ei todennäköisesti ollut toteutunut.

Ohjaajan sahauslentoihin samaa koulutus oli ollut pintapuolinen. Sahaustoimintaan yhtiön käsikirjassa ilmoittamat kokemusedellytykset ennen koulutusta ja sahauslentoja eivät olleet täyttyneet. Koulutus oli annettu kevyemmällä sahausvarustuksella.

Onnettomuuden todennäköisenä syynä oli ohjaajan huomion liiallinen kiinnittyminen seuraavaksi sahattavan sähkölinjan sahausolosuhteisiin ja helikopterin alla riippuvaan sahaan. Tämä on johtanut tilannetietoisuuden heikkenemiseen ja virhearvioon helikopterin vallinneesta lentotilasta, mikä johti tilanteeseen sopimattomaan ohjaustekniikkaan.

Myötävaikuttavina tekijöinä olivat:

- siirtymälle valitun suuren tehontarpeen lentoprofiilin sekä myötätuulen ja alaspäin suuntautuneiden ilmapirtausten yhteisvaikutus
- irti laukaistavana kuormana ollutta sahaa ei toimintakäsikirjan mukaisesti pudotettu
- pitkän työskentelyajan vaikutus ohjaajan vireystilaan
- sahaustoiminnassa omaksuttu ohjaustekniikka, jossa kollektiiviohjauksen (nousuvipu) käyttöä jouduttiin pienen tehovaran takia ajoittain rajoittamaan.

Turvallisuustutkinnan perusteella Liikenteen turvallisuusvirastolle annettiin kaksi turvallisuus-suositusta. Suositukset käsittelevät sahauslentoja lentävän ohjaajan koulutusvaatimuksia sekä sahauslentoihin käytettävän helikopterin lentoonlähtöpainon tai tehovaran määrittämistä ja toden-tamista.





## SAMMANDRAG

### HELIKOPTERFLYGOLYCKA UNDER SÅGNINGSFLYGNING I JUUKA 16 MAJ 2012

En helikopter av typen Robinson R44 Astro, OH-HZH, under ett grensågningsuppdrag i en kraftledningsgata, störtade i marken 16 maj 2012 ungefär kl 19:56 i Juuka, i ett kärrområde nedanför Rasivaara västra sluttning.

Piloten flög grensågningsuppdraget ensam och förflyttade sig till en ny baspunkt ungefär 20 minuter efter sågningen. Syftet var att klarlägga förhållandena för sågning av nästa kraftledningsdel. Piloten flög med en hastighet på ungefär 20 knop och på ungefär 200 fots höjd över terrängen utmed kraftledningen. Vid Rasivaara västra sluttning ökade hastigheten varför piloten saktade in genom att höja helikopterns nos, varvid hastigheten och höjden började minska. I sluttningen förgrenade sig kraftledningen till två matningsledningar. När flygningen pågick till kärrområdets kant fick piloten en känsla av att helikopterns effekt inte var tillräcklig. Piloten upptäckte inget annat avvikande i helikoptern och bestämde sig för att sänka sågen till marken i stället för att tvångsutlösa den. Efter att sågen nått marken fortsatte helikoptern att sjunka och kolliderade okontrollerat med marken och totalhavererade. Piloten fick lindriga skador. Det uppkom ingen brand.

Vid den tekniska undersökningen av helikoptern upptäcktes inga skador eller fel som skulle kunna orsaka olyckan. Grundat på pilotens berättelse förekom det inga ovanliga ljud eller rörelser i helikoptern. Det hördes heller inget ljud från helikopterns varningssystem.

Helikoptern var försedd med en tyngre sågutrustning, presenterad för luftfartsmyndigheterna, som avvek från företagets verksamhetshandbok, vilket medförde att tyngdpunktsläget i längsriktningen var nära den bakre gränsen. Helikopterns motor var sliten, och förmodligen hade effekten sjunkit. Helikoptern hade sannolikt inte den effektreserv som anges i verksamhetshandboken.

Pilotens utbildning på sågningsflygning hade varit ganska ytlig. Förutsättningarna om erfarenhet före utbildningen och sågningsflygningen som anges i företagets handbok var inte uppfyllda. Utbildningen genomfördes med en lättare sågutrustning.

Den troliga orsaken till olyckan var att pilotens uppmärksamhet för mycket var inriktad på sågförhållandena vid nästa kraftledningsdel och på sågen som hängde under helikoptern. Detta har lett till minskad medvetenhet om situationen och felbedömning av helikopterns flygläge, vilket har lett till en för situationen olämplig styrteknik.

Följande faktorer bidrog:

- val av en flygprofil som kräver stor effekt för förflyttningen samt den samverkande effekten av medvind och nedåtgående luftströmning
- sågen, som var en fällbar last, fälldes inte enligt instruktionerna i verksamhetshandboken
- den långa arbetstidens inverkan på pilotens uppmärksamhet

- en styrteknik som användes under sågningsflygning och som innebar att man tidvis begränsade användningen av kollektivstyrningen (stigspaken) beroende på liten effektreserv.

Baserat på utredningen utfärdade Trafiksäkerhetsverket två säkerhetsrekommendationer. Rekommendationerna behandlar utbildningskrav för piloter som utför sågningsflygning samt bestämning och verifiering av startvikten eller effektreserven för helikoptrar som används för sågningsflygning.



## SUMMARY

### HELICOPTER ACCIDENT ON A SAWING FLIGHT IN JUUKA ON 16 MAY 2012

A Robinson R44 Astro helicopter, registered OH-HZH, crashed into the ground on a branch sawing flight to clear a power line on 16 May 2012 at about 19:56 Finnish time. The accident occurred in a boggy area below the west side of Rasivaara hill near the village of Juuka.

After sawing for about 20 minutes, the pilot started to move to a new support base to examine the conditions along the next line section to be sawed. He was alone in the aircraft. The pilot flew at a speed of about 20 knots and at a height of approximately 200 feet above the ground, following the power line. On the western slope of Rasivaara hill the speed increased until the pilot slowed it down by pulling the helicopter nose up, and the speed and height started to decrease. There were two feeder lines that diverted from the main power line at the hillside. After the flight had progressed to the edge of the boggy area, the pilot got a feeling that the helicopter did not have enough power. He did not notice any other abnormalities in the helicopter, and instead of jettisoning the branch saw, decided to put it down on the ground. After the saw hit the ground, the helicopter continued to sink, impacted the ground uncontrollably and was completely destroyed. The pilot was slightly injured. There was no fire.

The technical investigation of the helicopter revealed no damage or malfunction that would have contributed to the accident. According to the pilot, there were no abnormal noises or vibrations. He did not hear any warning sounds from the helicopter warning systems either.

The sawing equipment attached to the helicopter was heavier than that described in the company Operations Manual as presented to the authority. For this reason, the aircraft's longitudinal center of gravity was close the aft limit. The helicopter engine was worn and its performance level presumably reduced. The power reserve determined in the Operations Manual was probably not available.

The pilot's training for sawing flights had been rather superficial. The experience requirements specified in the company manual had not been fulfilled before the training and sawing flights were commenced. The training had been given with lighter sawing equipment.

The probable cause of the accident was that the pilot focused too much attention on the sawing conditions along the next power line section and to the saw hanging under the helicopter. This reduced his situational awareness and led to an incorrect assessment of the prevailing flight conditions, as a result of which he used a control technique not suitable for the situation.

Contributing factors were:

- the combined effect of the high-power flight profile selected for the transition, downward air currents and downwind
- the sling load (saw) was not jettisoned as instructed in the Operations Manual
- the effect of long working hours on the pilot's alertness
- the control technique chosen for sawing operations due to low power reserves, in which the use of the collective pitch lever was occasionally diminished.



Based on the investigation, two safety recommendations were issued to the Finnish Transport Safety Agency. The recommendations concern training requirements for pilots who fly sawing flights, as well as the determination and verification of take-off mass or power reserve for helicopters used for sawing flights.





## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	III
SAMMANDRAG.....	V
SUMMARY .....	VII
KÄYTETYT LYHENTEET .....	XI
ALKUSANAT .....	XIII
<b>1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tapahtumien kulku.....	1
1.2 Henkilövahingot.....	4
1.3 Ilma-aluksen vahingot .....	4
1.4 Muut vahingot.....	5
1.5 Henkilöstö .....	5
1.6 Ilma-alus.....	6
1.7 Sää.....	8
1.8 Suunnistuslaitteet ja tutkat .....	9
1.9 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet .....	9
1.10 Lentopaikka.....	9
1.11 Lennonrekisteröintilaitteet .....	9
1.12 Onnettomuuspaikan ja ilma-aluksen jäännösten tarkastus .....	9
1.13 Lääketieteelliset tutkimukset .....	13
1.14 Tulipalo.....	13
1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat .....	13
1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset.....	13
1.17 Organisaatio.....	15
1.18 Muut tiedot .....	19
1.19 Käytetyt tutkintamenetelmät .....	20
<b>2 ANALYYSI .....</b>	<b>21</b>
<b>3 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>29</b>
3.1 Toteamukset .....	29
3.2 Tapahtuman välittömät syyt ja myötävaikuttaneet tekijät .....	30
<b>4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET.....</b>	<b>31</b>
4.1 Toteutetut toimenpiteet .....	31
4.2 Turvallisuuksuosituksen .....	31
4.3 Muita huomioita ja ehdotuksia.....	32



## LIITTEET

- Liite 1 Yhteenveto saaduista lausunnoista
- Liite 2 Helikopterin lentokäsikirjan eräitä turvallisuusohjeita
- Liite 3 Helikopterin painopistetaulukot

## KÄYTETYT LYHENTEET

Lyhenne	Englanniksi	Suomeksi
CG	Center of gravity	Massakeskiö
CPL(H)	Commercial Pilot Licence (Helicopter)	Ansiolentäjän lupakirja (helikopteri)
GPS	Global Positioning System	Satelliittipaikannusjärjestelmä
EASA	European Aviation Safety Agency	Euroopan lentoturvallisuusvirasto
ELT	Emergency Locator Transmitter	Hätäpaikannuslähetin
FCI	Flight Crew Information	Lentomiehistöilmoitus
FCR	Flight Crew Regulation	Lentomiehistömääräys
fh	Flight hour	Lentotunti
ft	Feet	Jalkaa (0,3048 m)
IGE	In Ground Effect	Maanvaikutuksen piirissä
in. Hg	Inches of Mercury	Paine-ero elohopeapatsaan korkeudella mitattuna, tuumaa (2,54 cm); 1 in. Hg = 3,39 kPa lämpötilassa 0 °C
JAR	Joint Aviation Requirements	Yhteiseurooppalaiset ilmailuvaatimukset
MTOW	Maximum Take-Off Mass	Suurin sallittu lentoonlähtömassa
OGE	Out of Ground Effect	Maanvaikutuksen ulkopuolella
PLB	Personal Locator Beacon	Henkilökohtainen hätäpaikanninlähetin
POH	Pilot Operational Handbook	Ohjaajan lentokäsikirja
SEP	Single Engine Piston	Yksimoottorinen mäntämoottorikone
TOW	Take-Off Mass	Lentoonlähtömassa
VMC	Visual Meteorological Conditions	Näkösääolosuhteet
V/S	Vertical speed	Pystynopeus
UTC	Coordinated Universal Time	Koordinoitu yleisaika



## ALKUSANAT

Procopter Oy:n omistama ja Helipro Oy:n operoima Robinson Helicopter Co:n valmistama R44 Astro -tyyppinen helikopteri, OH-HZH oli 16.5.2012 sähkölinjakadun oksasahauslennolla Juuan Rasivaaran alueella. Lennon edettyä 21 minuuttia Rasivaaran länsirinteen puoleisen sualueen reunaan klo 19.56 paikallista aikaa (UTC+3) helikopteri törmäsi maahan ja tuhoutui.

Paikkatutkinnan suoritti Pohjois-Karjalan poliisilaitos sekä Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntija Hans Tefke. Helikopterin teknisen tutkinnan suorittivat Onnettomuustutkintakeskuksen asiantuntijat Esko Lähteenmäki, Hans Tefke ja Ari Anttila. Onnettomuustutkintakeskus päätti käynnistää 15.8.2013 turvallisuustutkinnan. Tutkinnan johtajana toimi Onnettomuustutkintakeskuksen ilmailuonnettomuuksien johtava tutkija Ismo Aaltonen. Tutkintaryhmän johtajana oli asiantuntija Ari Anttila ja jäsenenä asiantuntija Timo Lindholm. Tutkintaryhmää täydennettiin 1.2.2013, jolloin jäseneksi nimettiin asiantuntija Jari Hjerppe. Tutkintaryhmä pyysi helikopterin asiakirjoihin perustuvan lentokelpoisuuslausunnon asiantuntija Markku Roschierilta. Pelastustoiminnan tarkastelun suoritti asiantuntija Kari Ylönen.

Onnettomuusalueen säätilasta saatiin lausunto Ilmatieteenlaitokselta.

Tutkintaselosteessa ilmoitetut aika, paikka, nopeus ja korkeustiedot perustuvat helikopterissa olleen GPS-laitteen viiden sekunnin välein tallentamiin tietoihin. Tietoja voidaan pitää suuntaa antavina.

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

Tutkintaselostuksen luonnoksesta pyydettiin lausunnot Liikenteen turvallisuusvirastolta, Finavia Oyj:ltä, Hätäkeskuslaitokselta, Pohjois-Karjalan poliisilaitokselta, Pohjois-Karjalan pelastuslaitokselta, Yhdysvaltain onnettomuustutkintaviranomaiselta (NTSB) ja Euroopan lentoturvallisuusvirastolta (EASA) sekä asianosaisilta. Saadut lausunnot on huomioitu tutkintaselostuksen lopullisessa versiossa.

Tutkintaselostuksen lähdeaineisto on taltioituna Onnettomuustutkintakeskuksessa.

Tutkinta valmistui 15.10.2013.



## 1 TAPAHTUMAT JA TUTKIMUKSET

### 1.1 Tapahtumien kulku

Helipro Oy:n operoima Robinson R44 Astro -helikopteri OH-HZH oli 16.5.2012 tekemässä sähkölinjakatujen reunojen oksasahauslentoja Rasivaaran alueella Juuassa. Työn tilaaja oli Pohjois-Karjalan Sähkö Oy. Helikopterin ohjaajan lisäksi toimintaa osallistui kaksi maassa toiminutta henkilöä (maahenkilöstö). Näistä toisen tehtäviin kuului sahaus-toiminnan seuraaminen maastossa ja toisen tehtävänä oli helikopterin tukeutumispisteessä tehtävät huoltotyöt.

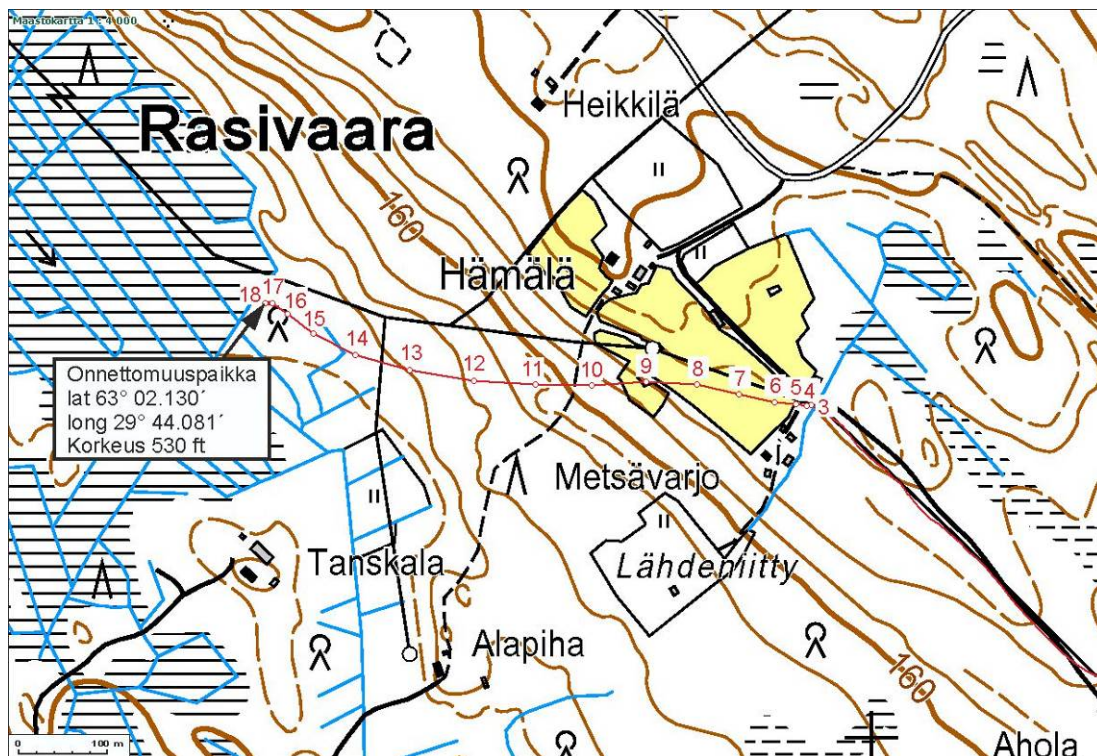
Helikopterin ohjaaja aloitti onnettomuuspäivänä lentopäivän noin kello 7.05. Tätä ennen hän selvitti internetistä alueen sekä Joensuun lentoaseman säätilan ja teki päivätarkastuksen helikopterille. Lentopäivä alkoi kolmella sähkölinjakadun oksasahauslennolla. Kello 10.40 ohjaaja lensi puolen tunnin pituisen linjatarkastuslennon, jossa mukana oli sähköyhtiön kolme työntekijää. Aamupäivän päätteeksi ohjaaja lensi vielä yhden sahauslennon.

Tuulen voimistuttua ohjaaja päätti aloittaa kello 12.00 tauon, jonka tarkoitus oli odottaa sahaamista haitanneen tuulen tyyntymistä. Tauko kesti noin kello 15.40 asti. Ohjaajan kertoman mukaan tuuli vaikeuttaa usein sahaustyötä, vaikka se olisi alle toimintakäsikirjan rajoitusten. Ohjaaja selvitti säätilan ennen toiminnan uudelleen aloittamista.

Onnettomuuslento oli päivän yhdeksäs lento, ja se oli suunniteltu päivän viimeiseksi lennoksi. Lennon päätteeksi oli tarkoitus siirtyä uuteen tukeutumispisteeseen. Lento alkoi kello 19.35. Ohjaaja kertoi kuulemisessa, että helikopterin kaasuttimen imuilmän esilämmitys oli osittain päällä ja imusarjapaineen olleen sahausta aloitettaessa noin 24 tuumaa<sup>1</sup>. Ohjaaja oli helikopterissa yksin. Lennon aluksi ohjaaja kävi sahaamassa loppuun aiemmin kesken jääneen osion ja lähti sitten sähkölinjaa seuraten siirtymään kohti uutta lasku- ja tukeutumispaiikkaa. Aikomuksena oli selvittää uuden laskupaikan sijainti ja yksityiskohdat ennen sahauslennon jatkamista. Ohjaaja ilmoitti siirtymisestään mukana seuranneelle maahenkilölle, joka lähti autolla siirtymään uuteen tukeutumispisteeseen.

---

<sup>1</sup> Moottorista otettava teho ilmaistaan imusarjapainetuuminä (in. Hg). Teho on riippuvainen ilman lämpötilasta ja painekorkeudesta. 1 in. Hg = 3,39 kPa lämpötilassa 0 °C.



Kuva 1. Kartta lennon lopun vaiheista. Lentoreitillä olevat numerot ovat GPS-laitteen tallennuspisteitä. (Kartta: KTJ/Oikeusministeriö/MML.)

Ohjaaja lensi siirtolennon kohti uutta tukeutumispaiikkaa maastoa noudattaen korkeuden ollessa 200 jalkaa<sup>2</sup> (feet) ja lentonopeuden 20–25 solmua<sup>3</sup> (knot). Saha kulki 50–100 ft esteiden yläpuolella. Tarkoituksena oli ennakkoon selvittää seuraavaksi sahattavan osuuden olosuhteet. Ohjaaja lensi metsän päällä sähkölinjakadun vasemmalla puolella. Ohjaaja katsoi alas oikealle seuraten koneen alla olevaa maastoa ja sähkölinjan yksityiskohtia sekä sahan kulkua maastoon nähden, eikä siten aktiivisesti tarkkailut helikopterin mittaristoa ja varoitusvaloja.

Noin minuutti ennen onnettomuutta lento saavutti Rasivaaran laen kaakkoisreunan. Helikopterin lentosuunta oli 280 astetta. Säätila oli selkeä (VMC) eikä sadetta ollut. Tuulen voimakkuus oli 2–4 m/s ja suunta 130 astetta eli lentosuuntaan nähden takaa vasemmalta. Lento seurasi sähkölinjaa ja laskevaa rinnettä kohti vaaran länsipuolella olevaa suoaluetta. Noin 35 sekuntia ennen onnettomuutta 270 ft korkeudella maanpinnasta helikopterin lentorata kääntyi vaakalennosta loivasti laskevaksi ja nopeus kiihtyi hetkellisesti hieman yli 31 knot nopeudelle.

Rinteen keskiosalla nopeus hidastui ja lentokorkeuden aleneminen jatkui. Ohjaajan tarkkailemasta sähkölinjasta eroaa risteäviä sähkölinjoja (kuva 1). Noin 20 sekuntia ennen onnettomuutta 278 ft korkeudella maanpinnasta helikopteri lensi 23 knot nopeudella liu'ussa pystynopeuden<sup>4</sup> oltua -300 ft/min. Helikopterin nopeus hidastui edelleen ja liuku jatkui kiihtyvällä pystynopeudella. Suoalueen reunassa helikopterin nopeus oli 15 knot ja

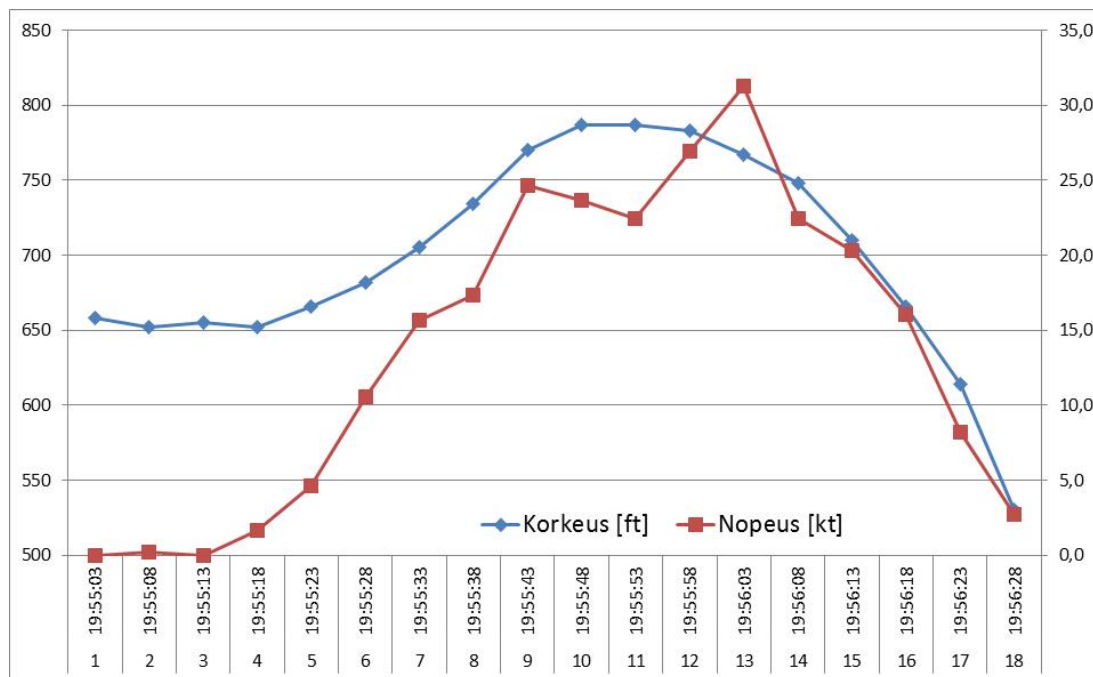
<sup>2</sup> Kaikki esitetyt lentokorkeus- ja lentonopeustiedot perustuvat helikopterissa olleen GPS-laitteen tallenteeseen.

<sup>3</sup> Solmu (knot) = mailia/h = 1,852 km/h.

<sup>4</sup> Pystynopeus on saatu laskemalla GPS:n antamista korkeustiedoista.



se vajosi pystynopeuden ollessa yli -600 ft/min. Sahan osuessa maahan helikopteri vajosi lähes pystysuoraan nopeudella -1000 ft/min ja jatkoi vajoamista hallitsemattomasti maahan asti.



Kuva 2. GPS-tallenteen mukainen helikopterin korkeus ja nopeus lennon loppuvaiheessa. Tallennepisteiden väli on viisi sekuntia.

Mitään poikkeavaa ääntä tai helikopterin heilahdusta ei ohjaaja havainnut. Pääroottorin alhaisen kierrosluvun ilmaisevan järjestelmän varoitusääntä ei lennon aikana kuulunut. Ohjaajan kertoman mukaan kaikki tuntui olevan kunnossa, mutta tuntui että teho ei riitä. Pyörrevirtaustilaan joutumisen välttämiseksi ohjaaja pyrki säilyttämään nousuvivun aseman ja ohjaamaan helikopteria ohjaussauvalla. Ohjaaja päätti pakkolaukaisun sijaan laskea sahan maahan. Sahan osuttua maahan ohjaaja menetti helikopterin hallinnan. Helikopteri törmäsi maahan ja tuhoutui täysin.



Kuva 3. Helikopteri tuhoutui korjauskelvottomaksi. Kuva on otettu helikopterin tulo-suunnasta.

Ohjaaja sulki polttoainehanan ja päävirtakytkimen sekä siirtyi ulos hylystä. Ohjaaja ei löytänyt matkapuhelintaan, joten hän ei voinut ilmoittaa tapahtuneesta maahenkilöstölle eikä hätäkeskukselle.

Varmistuksena toiminut maahenkilö ei saanut usean yrityksen jälkeenkään yhteyttä ohjaajaan. Arvioituna polttoaineen loppumisen ajankohtana hän aloitti etsinnät seuraten sähkölinjaa ja kuulostellen. Ohjaaja löytyi huutohavainnon perusteella. Maahenkilön paikalle saapumisen jälkeen ohjaaja soitti Pohjois-Karjalan hätäkeskukseen kello 20.58. Ensimmäinen pelastusyksikkö oli paikalla kello 21.47.

## 1.2 Henkilövahingot

Helikopterin ohjaaja sai lieviä ruhjevammoja.

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

## 1.3 Ilma-aluksen vahingot

Helikopteri tuhoutui.

#### 1.4 Muut vahingot

Nuoren metsän puustolle tuli vähäisiä puustovaurioita. Helikopterin polttoainesäiliöissä ollut polttoaine (noin 50 litraa lentobensiiniä) valui maastoon säiliöihin tulleista repeytymistä. Suuri osa moottoriöljystä valui maastoon.

#### 1.5 Henkilöstö

Ohjaajan ikä 35 vuotta.

##### Lupakirjatiedot

JAR CPL(H) myönnetty 29.6.2010, voimassa 12.12.2016

JAR yölentokelpuus

JAR radiopuhelimenhoitajan kelpoisuus suomi/englanti voimassa 30.11.2014

JAR tyyppikelpuus Robinson R44 voimassa 30.6.2012

SEP luokkakelpuus land ja sea voimassa 31.7.2013

JAR lääketieteellinen kelpoisuus 1 voimassa 14.6.2012.

Lentokokemus	Viimeisen 24 h aikana	Viimeisen 30 vrk aikana	Viimeisen 90 vrk aikana	Yhteensä tuntia
Kaikilla kone-tyypeillä	7 h 07 min	89 h	208 h	1 298 h, josta 831 h helikopterilla
Ko. ilma-alustyypillä	7 h 07 min	89 h	208 h	797 h, josta sahaustunnit 401 h

##### Operaattorin antama koulutus

Ulkopuolisen kuorman koulutus 17.–18.9.2010

Ilmailumääräyksen OPS M4-2 mukaista riippuvan kuorman tarkastuslentoa ei ollut suoritettu.

Sahauskoulutus 21.10.2010–8.1.2011

Kokemus helikopterin päällikkönä ennen sahauskoulutusta 213 h.

##### Ohjaajan työaika

Ohjaajan edellinen työpäivä oli lyhyt sisältäen siirtolennon Helsingistä Pohjois-Karjalaan. Ohjaaja kertoi nukkuneensa edellisen yön hyvin.

Ohjaaja oli aloittanut työpäivän tarkastamalla alueen lentosään. Tukeutumispisteelle siirtymisen jälkeen ohjaaja aamutarkasti helikopterin ja teki muut lennonvalmistelut. Ensimmäinen lento alkoi kello 7.05. Toimintakäsikirjan kohdan 7.2.1. mukaisesti työaika alkaa tuntia ennen lentoa eli kello 6.05. Työaika päättyy 30 minuuttia lennon jälkeen. Työajan katkaisevan tauon pituus lentojen välillä tulee olla vähintään 4,5 tuntia vaaditun 3 tunnin lepoajan saavuttamiseksi. Mikäli tauko on lyhyempi, ei se katkaise työaika. Aamupäivän viimeinen lento päättyi kello 12.00. GPS-tallenteen mukaan lennot jatkuivat kello 15.40 alkaen aina onnettomuuteen saakka.

Laskennallinen työaika:

6.05–12.30

tauko 2 tuntia 10 minuuttia (minimivaatimus 3 tuntia) ei katkaise työaikaa

14.40–onnettomuusajankohta 19.56

yhteensä 13 tuntia 51 minuuttia.

Toimintakäsikirjan kohdan 7.2.4 mukaan vuorokauden työaika on rajoitettu 10 tuntiin.

## 1.6 Ilma-alus

Robinson R44 Astro on nelipaikkainen, kaasutinmäntämoottorilla varustettu, FAR Part 27 -luokan pieni helikopteri.

Helikopterissa on puolijäykällä niin sanotulla keinulautanaparakenteella (*teetering*) toteutettu kaksilapainen pääroottori. Puolijäykän naparakenteen etuna on yksinkertaisuus ja pienehkö vastus. Haittoina on muun muassa ohjaintehon riippuvuus vain työntövoimavektorin kallistuksesta. Napamomenttia ei muodostu, jonka seurauksena on erityisesti vajaa-G lentotiloissa ilmenevä muita naparakenteita heikempi ohjainteho<sup>5</sup>.

Helikopteri on varustettu *governor*-säädinjärjestelmällä, joka moottoritehoa sääten suhteessa lentotilan vaatimaan tehontarpeeseen pyrkii säilyttämään pääroottorin kierrosluvun vakiona välillä 101–102 %. Pääroottorin kierrosluvun laskiessa alle 97 % varoittaa helikopterissa oleva varoitusjärjestelmä alhaisesta kierrosluvusta. Varoitus ilmaistaan varoitusvalolla, sekä ohjaamoon sijoitetulla äänitorvella.

Helikopterin lentokäsikirjaan (POH) on liitetty muun muassa seuraavia turvallisuusohjeita (*Safety Notice*):

- SN-11 ohjausliikkeistä (*Low-G pushovers*)
- SN-22 vajotus/lentonopeussuhteesta
  - ...lentonopeus ei saa laskea alle 30 knot ennen kuin vajoitus on pienempi kuin 300 feet/min
- SN 24 pääroottorin matalan kierrosluvun vaikutuksesta
- SN-29 lentokoneiden ja helikopterien lentämisen eroista
- SN-34 erityislentotoiminnan, kuten valokuvauslentojen, kokemus- ja koulutusvaatimuksista ohjaajalle
  - ...*should only be conducted by well trained and experienced pilots who*
    - *Have at least 500 hours pilot in command in helicopters and over 100 hours in the model flown;*
    - *Have extensive training in both low RPM and settling-with-power recovery techniques;*
    - *.....only fly the aircraft at speeds, altitudes and wind angles that are safe and allow good escape routes.*
- SN-40 Törmäyksen jälkeen syttyneistä tulipaloista ja ohjaajan suojarusteista.

Kyseiset ohjeet ovat kokonaisina liitteessä 2.

---

<sup>5</sup> Raunio, J. (1989). *Helikopteriteoria*.

### Moottoriteho

Mäntämoottorisissa helikoptereissa moottorin tehoa säädetään imusarjapaineen avulla. Suurin sallittu moottoriteho tulee varmistaa aina ennen lentoonlähtöä kuvana 4 olevasta taulukosta. Sallittu moottoriteho on riippuvainen lämpötilasta ja korkeudesta.

LIMIT MANIFOLD PRESSURE - IN. HG								
MAXIMUM CONTINUOUS POWER								
PRESS	OAT - °C							
ALT-FT	-20	-10	0	10	20	30	40	
SL	22.9	23.2	23.5	23.8	24.1	24.4	24.7	
2000	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.2	
4000	22.2	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	23.9	
6000	21.8	22.1	FULL THROTTLE					
FOR MAX TAKEOFF POWER (5 MIN), ADD 1.6 IN. HG								

Kuva 4. Helikopterin lentoonlähtö- ja suurimman jatkuvan tehon taulukko. Taulukko on kiinnitettyä helikopterin ohjaamossa olevaan kilpeen. (Lähde: Robinson R44 lentokäsikirja.)

### Helikopteri

Rekisteritunnus	OH-HZH
Omistaja	Procopter Oy
Käyttäjä	HeliPro Oy
Tyyppi	R44 Astro
Valmistaja	Robinson Helicopter Company
Valmistusnumero	0254
Valmistusvuosi	1996
Kokonaislentoaika	3638.42

### Voimalaite

Valmistaja	Textron-Lycoming
Tyyppi	O-540 -F1B5
Valmistusnumero	L-24950-40A
Käyntiaika	1659.02 (TBO)

### Lentokelpoisuus

Rekisterinumero	1889, rekisteröity 14.7.2004
Lentokelpoisuustodistus	voimassa 15.8.2012 saakka

**Massa ja massakeskiö**

Helikopteri punnittu 14.7.2008

Perusmassa	1462,95 lb
Massakeskiö	107,5 in pitkittäin
	0.1 in poikittain

Laskelmallinen korjaus 12.11.2009

Ulkopuolisenkuorman koukku	1474,45 lb
Suurin lentoonlähtömassa (MTOW)	2 400 lb (1 089kg)
TOW onnettomuuslennolle (arvioitu)	2 210 lb

Massakeskiö (CG) onnettomuuslennolle lähtiessä  
noin 100.3 in (pitkittäinen) (rajat 92.2 ... 100,2)  
noin 0.44 in (poikittainen) (rajat -3 ... 3)

**Viimeiset huollot****Helikopteri**

24.4.2012	100 h:n huolto kokonaislentoajalla 3 579 h
29.2.2012	100/300/500 h:n huolto kokonaislentoajalla 3 485 h

**Voimalaite**

15.5.2012	50 h:n huolto käyntiajalla 1 649 h
24.4.2012	100 h:n huolto käyntiajalla 1 599 h
	Moottorin vuotomittausarvot <sup>6</sup> sylinterittäin
	1. 85/100
	2. 85/100
	3. 88/100
	4. 78/100
	5. 91/100
	6. 82/100
23.3.2012	50 h:n huolto käyntiajalla 1 550 h
29.2.2012	100/300/500 h:n huolto käyntiajalla 1 505 h

Moottoriin oli aiemmin tehty toimenpiteitä muun muassa seuraavasti:

2.11.2011	sylinteri nro 5 vaihdettu käyntiajalla 1 363 h
12.7.2011	sylinterin nro 1 pakoventtiilin ohjaimet korjattu käyntiajalla 1 298 h
14.12.2010	sylinterin nro 2 pakoventtiilin ohjaimet korjattu käyntiajalla 901 h.

**1.7 Sää**

Onnettomuuspäivänä Juuan alueella vallitsi hyvä lentosää. Näkyvyys oli 10 km tai yli (*Cavok*), eikä alueella esiintynyt merkittäviä sääilmiöitä. Lämpötila oli viimeisen lennon aikana noin +16 °C ja nollarajan korkeus oli yli 2 000 metriä. Lähimmät sääasemat ovat Juuan Niemelässä, Lieksan Lampelassa ja Joensuun lentoasemalla, joista ohjaajan käytettävissä olivat Joensuun lentoaseman tiedot.

<sup>6</sup> Korjaustoimenpideraja on 25 %:n vuotoraja.

Iltapäivän aikana tuuli kääntyi idän ja kaakon välille sekä yltyi hieman. Onnettomuuspaikkaa lähinnä olevan hilapisteen pintatuuli oli suunnasta 115–130 astetta ja tuulen nopeus oli 2–4 m/s lähimpien havaintojen perusteella. Turbulenttisuus alueella oli enintään heikkoa.

*Harmonie*-mallin<sup>7</sup> perusteella on arvioitu keskimääräiseksi vertikaalivirtaukseksi alueella noin 3–10 cm/s alaspäin.

### 1.8 Suunnistuslaitteet ja tutkat

Helikopterissa oli käytössä Garmin GPS 489 -laite, jonka tietojen tallennusväli oli asetettu viiden sekunnin jaksotukselle. Laitteen muistitietoa käytettiin loppulennon lentotilojen sekä parametrien arviointiin. Tiedot käsiteltiin OziExplorer-ohjelmalla.

Suunnistuslaitteilla ei ollut vaikutusta onnettomuuden syntyyn.

### 1.9 Radiopuhelin- ja puhelinyhteydet

Ohjaajalla oli helikopterista ilmailuradiopuhelinyhteys mukana seuranneeseen maamiehistöön, joka toimi muun muassa lennon varmistajana. Tapahtuman äkillisyydestä johtuen ohjaaja ei antanut ilmoitusta pakkolaskusta.

Minimilentokorkeuden alituslupa (OM 8.1.1.) liittyvää ilmoitusta asianomaiseen lennonjohtoelimeen ei ollut tehty.

### 1.10 Lentopaikka

Lennot suoritettiin paikallisista työn etenemisen mukaan vaihtuneista tilapäisistä tukemispisteistä.

### 1.11 Lennonrekisteröintilaitteet

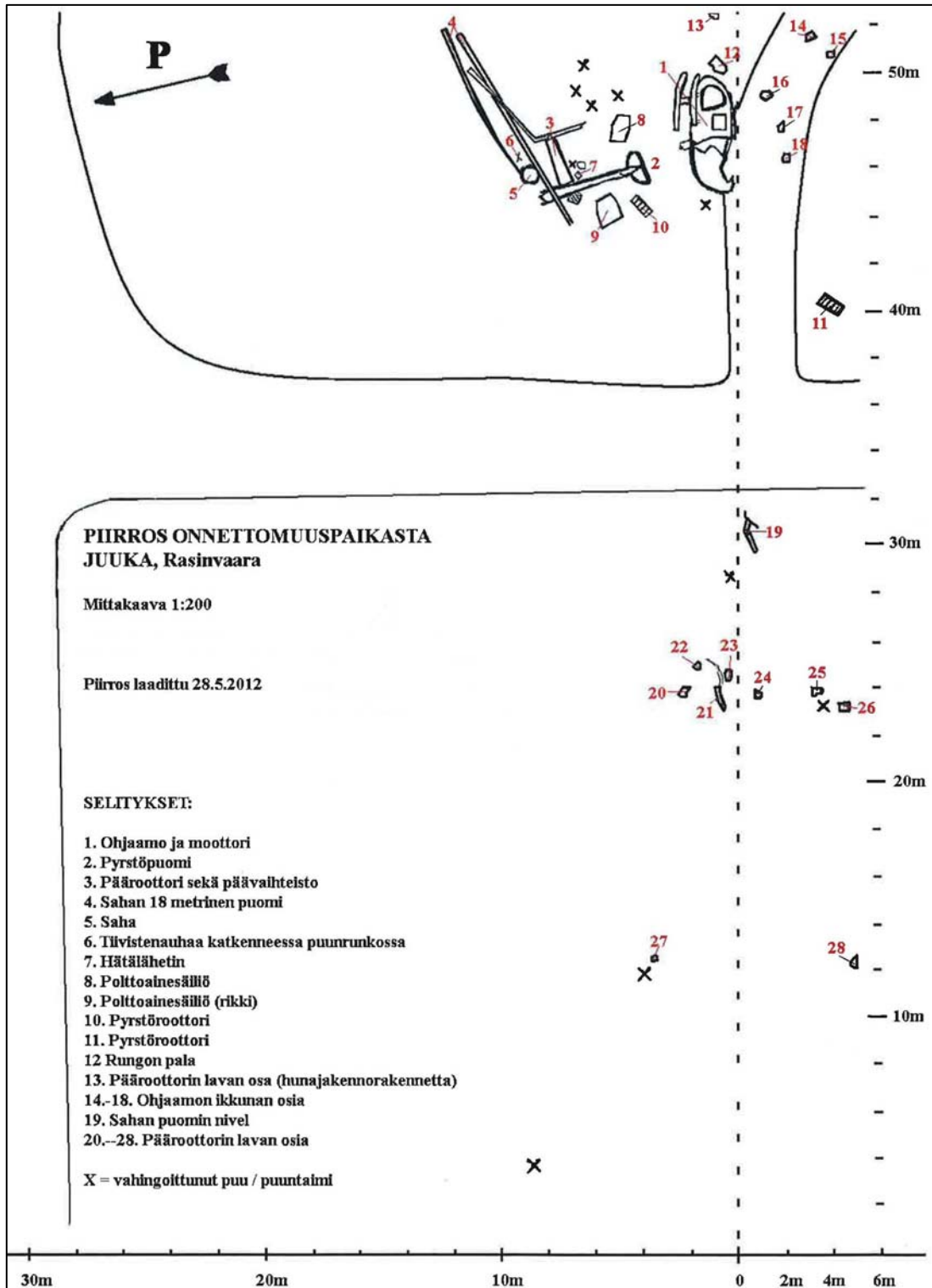
Lennonrekisteröintilaitteelle ei tämän kokoluokan helikoptereille ole vaatimusta, eikä sitä ollut asennettu.

### 1.12 Onnettomuuspaikan ja ilma-alueen jäännösten tarkastus

Onnettomuuspaikka oli Juuan Rasivaarassa. Paikan koordinaatit ovat N 63°02,130 ja E 029°44,081 ja korkeus 145 metriä.

---

<sup>7</sup> *Harmonie* on Ilmatieteenlaitoksen käyttämä laskentamalli, josta saadaan muun muassa keskimääräiset tuulennopeudet vaaka- ja pystysuunnassa.



Kuva 5. Onnettomuuspaikkapiirros. Maastossa olleiden metsäkoneen ajourien reunat on merkitty piirrokseen yhtenäisellä viivalla. (Lähde: poliisi.)

Sahan osuttua maahan helikopteri oli kallistunut taaksepäin tulosuuntaansa ja kaatunut oikealle kyljelleen.

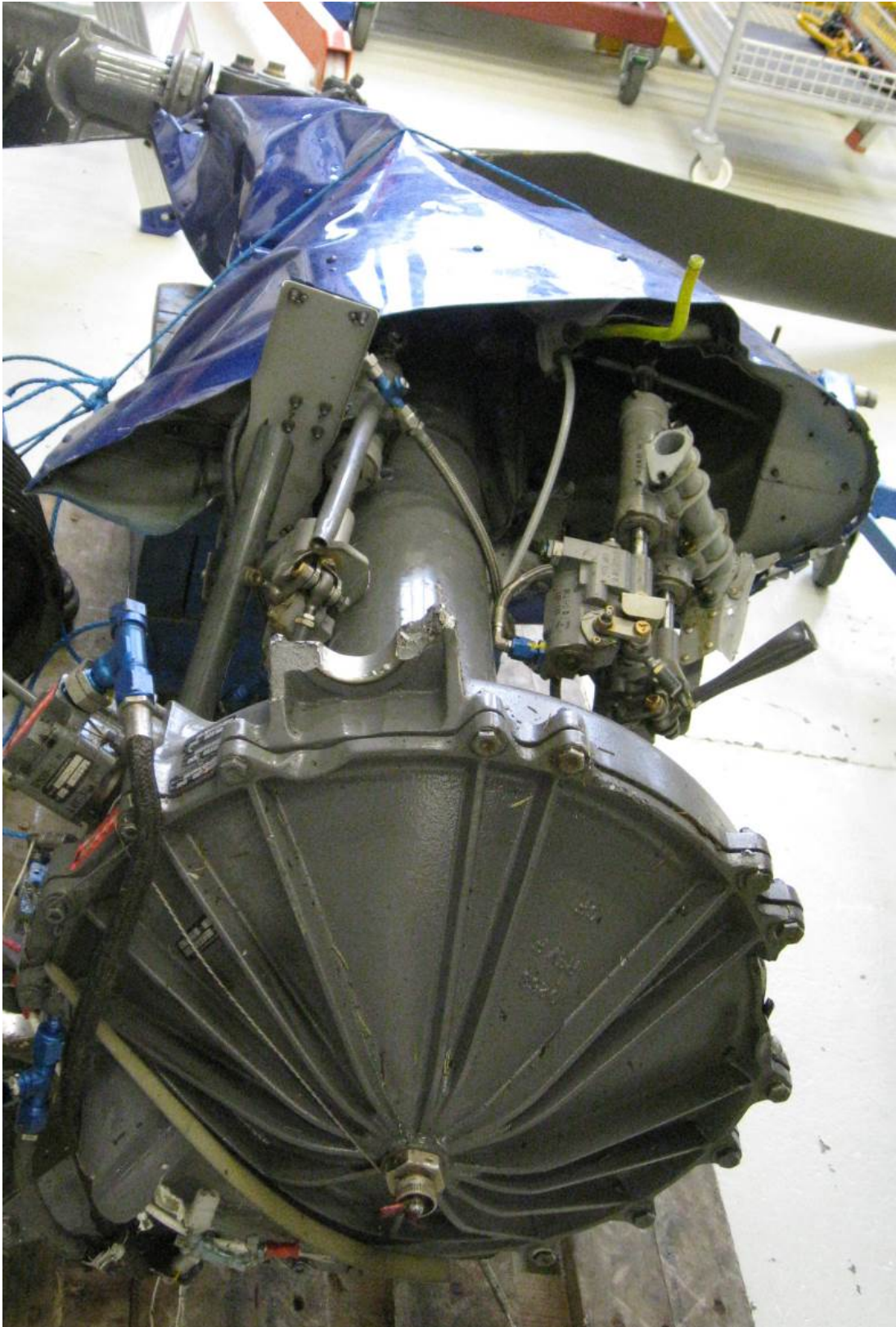




Kuva 6. Helikopterin pyrstörunko irtosi kokonaan helikopterin rungosta.

Pyrstörunko oli irronnut kokonaisuutena. Helikopterin runkokaari oli murtunut oikealta puolelta ohjaajan istuimen takaa.

Pääroottorin vaihteiston kiinnityspukki oli murtunut (kansikuva). Pääroottorin vaihteisto, masto ja roottorinnapa olivat irronneet yhtenä kokonaisuutena (kuva 7). Toisessa lavassa oli sirkelinterän leikkaamat vauriot. Toinen lapa oli katkennut ja rikkoutunut moneen osaan.



Kuva 7. Pääroottorin vaihteisto.

Molemmat polttoainesäiliöt olivat irronneet koneesta ja revenneet.

### **1.13 Lääketieteelliset tutkimukset**

Ohjaajalle tehtiin alkometripuhalluskoe klo 22.15. Tulos oli 0 promillea.

### **1.14 Tulipalo**

Tulipaloa ei syttynyt.

### **1.15 Pelastustoiminta ja pelastumisnäkökohdat**

#### **Pelastustoiminta**

Hätäpuhelun aikana ohjaaja ei pystynyt sanomaan tarkkaa paikkaa. Hälytysselesteeseen on kirjattu paikaksi Rasivaarantie, joka kulkee vaaran päällä.

Hätäkeskus teki ensimmäisen hälytyksen kello 21.07 tehtävänkäsittelyajan oltua yli 7 minuuttia.

Toinen maahenkilöistä siirtyi opastamaan pelastusyksiköitä lähimmän talon pihaan joltavaan tienhaaraan ja toinen siirtyi talon pihaan autotien päähän.

Pelastusyksiköillä ja poliisilla oli vaikeuksia löytää onnettomuuspaikka. Alueelle saavutetaan poliisi soitti takaisin hätäilmoituksen tehneelle saadakseen tiedon tarkemmasta paikasta, jolloin selvisi, että onnettomuuspaikka oli Rasivaaran lounaispuolella. Samalla poliisi sai tarkemmat ohjeet lähimmän talon pihaan ajamiseksi. Ensimmäisenä paikalle saapui ambulanssi kello 21.49.

#### **Pelastautumisnäkökohdat**

Ohjaaja käytti kypärää. Turvavyöt olivat kiinni. Ohjaaja ei ollut pukeutunut palolta suojaavaan lentovarustukseen.

Ohjaajan istuimen alapuolinen kotelorakenne jousti suunnitellusti. Helikopterin ohjaajan puoleinen (oikeanpuoleinen) ovi oli irrotettu. Helikopterin oikea kylki oli maata vasten, ja ohjaaja poistui helikopterista vasemmanpuoleisesta ovesta. Ovi toimi normaalisti.

Helikopterin ELT-hätälähetin Pointer Model 3000-10 oli aktivoitunut, mutta se oli irronnut rungosta ja sen antennijohto oli katkennut. Signaalia ei havaittu.

### **1.16 Yksityiskohtaiset tutkimukset**

#### **Lentokelpoisuus**

Helikopterin lentokelpoisuus tarkastettiin asiakirjojen ja huoltodokumenttien tutkinnalla. Vaadittavat lentokelpoisuusmääräykset sekä määräaikaishuollot olivat tehdyt. Helikopteri oli lentokelpoinen.

## Moottori

Moottorin suojukset olivat rikkoutuneet. Moottorin pakoputken pää oli ruhjoutunut umpeen. Moottori oli muilta osin ehyen näköinen.

Magneettojen sytytysennakko oli oikea.

Öljynsuodatin irrotettiin ja avattiin. Suodattimessa ei ollut öljyä. Suodattimessa ei myöskään ollut epäpuhtauksia. Moottorissa oli öljyä noin kolme litraa. Loput moottoriöljystä oli valunut pois, koska helikopteri oli ollut kyljellään. Öljypohjassa oleva öljyn imusuodatin oli puhdas.

Polttoainesuodatin ja vedenerottaja olivat puhtaat ja niissä oli polttoainetta.

Kaasutin irrotettiin moottorista ja purettiin sekä tarkastettiin. Kaasuttimen suodatin oli puhdas. Kohokammiossa oli vähän polttoainetta ja kohokammio oli puhdas. Neulaventtiili oli hyväkuntoinen. Seosputki irrotettiin. Pääsuutin ja seoksensäätimen kammio olivat puhtaat. Seoksensäädin ja sen palautusjousi olivat kunnossa.

Ilmansuodatin oli puhdas.

Sylinterien alemmat sytytystulpat irrotettiin ja tarkastettiin silmämääräisesti. Vasemman puolen sylinterien (1, 3 ja 5) tulpat olivat kuivat ja normaalin väriset. Tulpat olivat kulu-neet, mutta kärkivälit olivat oikean suuruiset. Oikean puolen (sylinterit 2, 4 ja 6) tulpat olivat öljyiset ja öljyä tippui tulppien rei'istä. Tulpat olivat kunnoltaan samankaltaiset kuin vasemman puolen tulpat.

Sylinterien tiiviys mitattiin. Vuotoarvot olivat seuraavat: 1 = 90/100, 3 = 60/100, 5 = 38/100, 2 = 60/100, 4 = 60/100, 6 = 28/100. Sylintereissä 2, 4 ja 6 oli öljyä.

Kaikki sylinterit irrotettiin. Sylintereissä ei ollut kiinnileikkautumisjälkiä, mutta muutamassa sylinterissä oli onnettomuuden jälkeen muodostunutta korroosiota. Paltilojen karstan määrä ja väri olivat normaalit. Venttiilien tiiviys tarkastettiin bensiinillä. Kolmen sylinterin venttiileissä oli havaittavissa vuotoa. Venttiilit irrotettiin ja tarkastettiin. Kaikkien venttiilien tiivistyspintoihin oli syöpynyt kuoppautumaa. Venttiilien varsissa ei ollut merkkejä kiinnileikkautumisesta, eikä venttiilinvarsien liukupinnoissa ollut karstaa.

Kaikki männät tarkastettiin ja neljä niistä irrotettiin. Männissä ei ollut kiinnileikkautumisjälkiä. Mäntien yläpinnoissa oli harmaata lyijykarstaa normaali määrä, mutta mustaa öljykarstaa oli kertynyt puristusrenkaiden yläpuolelle ja myös kahden ylimmän männänrenkaan väliselle alueelle. Männäntapit ja tapin tulpat olivat hyväkuntoiset.

Yksi kiertokanki irrotettiin kampiakselista ja sen laakerit tarkastettiin. Laakerit ja akselin kaula olivat virheettömät. Kampiakseli pyöri kevyesti. Nokka-akseli tarkastettiin sylinteriaukkojen kautta. Akselin nokat olivat hyväkuntoiset.

Pakoputkien sisäpinnan karsta oli väriltään vaalean harmaa. Äänenvaimennin tarkastettiin sisäpuolelta. Vaimentimessa ei ollut irto-osia.

Moottorin tarkastuksessa ei todettu merkkejä äkillisestä vauriosta.

### **Voimansiirto**

Pääroottorin vaihteiston kuori oli murtunut ja öljyt olivat valuneet pois. Öljytilan magneettitulppa oli puhdas. Lämpötilailmaisimessa ei ollut merkkiä ylikuumenemisesta.

Moottorin kampiakseliin kiinnitetty hihnapyörä oli hyväkuntoinen. Vaihteiston hihnapyörä oli myös hyväkuntoinen.

Hihnojen kireydensäädin oli murtunut irti vaihteiston akselista. Kaikki neljä kaksoisura-hihnaa olivat katkenneet vedosta. Hihnojen katkeamista edeltänyt kunto oli hyvä.

Pyrstöroottorin käyttöakseli oli katkennut heti hihnapyörän/vapaakytkimen vierestä. Pyrstöroottorin lavat olivat paikoillaan.

Pyrstövaihteiston öljytilan magneettitulppa oli puhdas. Lämpötilailmaisimessa ei ollut merkkiä ylikuumenemisesta.

### **Säätö- ja varoitusjärjestelmät**

*Governor*-säädinjärjestelmää sekä pääroottorin alhaisen kierrosluvun varoitusjärjestelmää ei kokonaisuudessaan voitu tutkia helikopterin vaurioista johtuen. Irrotettu säädinmoottori sekä siihen liittyvä kitkajärjestelmä todettiin toimintakuntoisiksi. Säädin saa moottorin kierroslukutiedon magneeton kierroslukukärjiltä. Magneeton kärkiväli tarkastettiin ja kärjet olivat toimintakuntoisia. Varoitusjärjestelmään liittyvä mekaaninen äänitorvi tarkastettiin irrallisena ja todettiin toimintakuntoiseksi. Ohjaajan kuulemisen perusteella järjestelmän toiminta oli tarkastettu lennolle lähdettäessä.

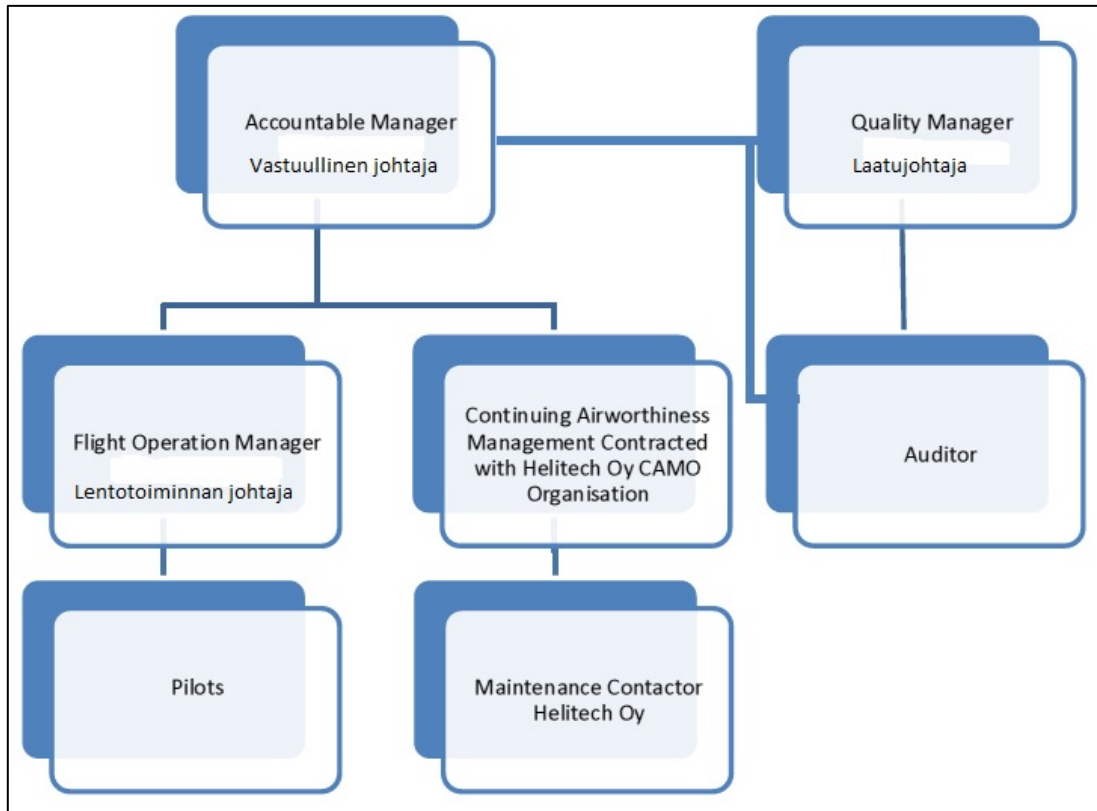
## **1.17 Organisaatio**

### **Yleistä**

Operaattorin kotipaikka on Kannus. Yhtiöllä oli voimassa ollut lentotyölupa, joka salli muun muassa sahauslennot alle 3 175 kg:n helikoptereilla. Yhtiön toimintäkäsikirjan mukaan lentotoimintaa harjoitetaan yksimoottorisilla helikoptereilla toiminta-alueena Suomi, Ruotsi ja Baltian maat.

Operaattori on tehnyt jatkuvan lentokelpoisuuden hallinnasta (EASA PART-M) ja huolto-toiminnasta (EASA PART-145) sopimuksen Helitech Oy:n (FI.MG.0023 ja FI.145.0009) kanssa.

Operaattorin vastuullinen johtaja toimi myös laatujohtajana.



Kuva 8. Operaattorin organisaatio. (OM 1.)

### Sahauslentokoulutus

Sahauslentoja tekevän ohjaajan on saatava ennen kyseisten lentojen aloittamista yhtiön toimintakäsikirjan mukainen koulutus, johon sisältyy sekä teoria- että lentokoulutusta.

Koulutusjärjestelmässä ulkopuolisen kuorman kuljetus-, lumenpudotus- ja sahauslentoja varten annettava kahdeksan tuntia kestävä teoriakoulutus jakautuu kahteen osaan. Ensimmäinen kolme oppituntia käsittävä osa on osin kertauskoulutusta ja yhteinen kaikille ennen mainituille tehtäville. Kolmen oppitunnin aikana käsitellään:

1. Lentosäännöt
  - Minimikorkeudet
  - Sääminimit
  - Ohjaajakohtainen sääminimi
  - Työaikarajoitukset
  - Lentosääntöjen mukaiset käsi- ja valomerkit
  - Helikopterin asiapaperit
  - Vakuutukset
  - Massa ja painopiste

## 2. Aerodynamiikka ja lentomekaniikka

- Pyörrevirtaustila
- Nopeus-korkeuskäyrä, toiminta harmaalla alueella
- Toiminta maksimilento-ohjelmalla OGE/IGE
- Leijunta OGE/IGE erilaisilla tuulensuunnilla
- Maasto ja sen vaikutukset matalalento-ohjelmassa
- Jäätäminen ja sen vaikutus
- *Whiteout*-ilmiö laskeutumisen aikana
- Ilmankosteus ja sen vaikutus helikopterin suorituskykyyn

## 3. Helikopterioperointi maastossa ja talviolosuhteet

- Huoltotoimet maastossa
- Tukijoneuvo ja sen varusteet
- Yhteysvälineet
- Poltto- ja voiteluaineet, tyyppi ja laatu
- Polttoaineen varastointi
- Polttoainetäydennykset ja laitteet
- Jäätämisen riskit helikopterin ulko- ja sisäpuolella
- Jäänpoistomenetelmät
- Helikopterin turvaaminen
- Helikopterin peittäminen, suojaaminen ja lämmitysmenetelmät

Lentokoulutuksesta suoritetaan valinnaisesti toinen tai molemmat koulutuspaketit.

Ulkoisen kuormankuljetus- sekä lumenpudotuslentoja varten käydään 3 yhteistä teoriaopetustuntia sekä 5 teoriaoppituntia *toiminta ulkoisenkuormankuljetus- sekä lumenpudotuslennolla* eli yhteensä 8 teoriaoppituntia. Lentokoulutuksena suoritetaan 3 + 5 lentotuntia *ulkoisenkuorman- sekä lumenpudotuslennot* -paketti.

Oksasahauslento-ohjelmia varten käydään 3 yhteistä teoriaoppituntia sekä 5 teoriaoppituntia *toiminta oksasahauslennolla* -paketti. Lentokoulutuksena suoritetaan 5 + 10 lentotuntia *oksasahauslennot*-paketti.

Kouluttajan on oltava kokenut lentäjä, jolla on ulkopuolisen kuorman koulutus sekä operaattorin lentotoiminnan johtajan hyväksymä kokemus ulkopuolisen kuorman kuljetuksesta ja käsittelystä.

Koulutuksesta on pidettävä koulutuskirjanpitoa, jota operaattori säilyttää arkistoituna vähintään 3 vuotta koulutuksen päättymisestä lukien.

Lentotoiminnanjohtaja valvoo, että kyseinen koulutus suoritetaan ennen työlentoja sekä valvoo, että asianmukainen kertauskoulutus järjestetään kerran kahdessa vuodessa<sup>8</sup>. Lentotoiminnanjohtaja määrittelee tapauskohtaisesti kertauskoulutuksen sisällön ja määrän.

---

<sup>8</sup> Operaattorin 24.4.2013 uusiman toimintakäsikirjan mukaan kertauskoulutus annetaan kerran vuodessa.

Ulkoisen kuorman koulutus voidaan antaa, kun ohjaajalla on

- 300 fh:n kokemus päällikkönä
- 20 fh:n kokemus ulkopuolisen kuorman kanssa lentämisestä sekä
- 30 fh:n kokemus matalalla lentämisestä.

Sahauskoulutus voidaan antaa, kun ohjaajalla on

- 500 fh:n kokemus päällikkönä
- 20 fh:n kokemus ulkopuolisen kuorman kanssa lentämisestä sekä
- 30 fh:n kokemus matalalla lentämisestä.

Operaattorin toimintakäsikirjan liite 4. kohta 1 mukaan ulkopuolisen kuorman kuljetuslennolla tulee noudattaa voimassa olevia ilmailumääräyksiä, käytettävän helikopterin käsikirjan rajoituksia sekä yhtiön toimintakäsikirjan sekä sen liitteiden koulutus- sekä työlento-ohjeistuksia.

Ilmailumääräyksen OPS M4-2 mukaan riippuvan kuorman koulutuksen jälkeen on lennettävä tarkastuslento. Toimintakäsikirjassa ei ollut mainintaa tarkastuslennosta.

### **Ilmailuviranomaisen tarkastukset**

Liikenteen turvallisuusvirasto suoritti ennen onnettomuutta 25.4.2012 lentotoiminnan tarkastuksen<sup>9</sup> yrityksen tiloissa Helsinki-Malmin lentoasemalla. Tarkastuksessa todettiin 6 lievää poikkeamaa ja 7 kommenttia.

Lieviä poikkeamia kirjattiin seuraavista aiheista:

- kertauskoulutuksesta (tulee järjestää vuosittain)
- koulutuskirjanpidon tarkkuudesta (annetun koulutuksen sisältö ja määrä)
- operaattorin toiminnan ohjeistuksenmukaisuudesta (toiminta ei vastannut ohjeita)
- laatutarkastuksista
- yhtiön johdon ja henkilöstön koulutuksesta laatujärjestelmän käyttöön.

Lievien poikkeamien osalta korjaavien toimenpiteiden esittämisen takarajaksi annettiin 30.9.2012

Kommentteja kirjattiin

- henkilöstön työohjeiden jakamisenmenettelystä
- FCR/FCI-tiedotejärjestelmän käyttämättömyydestä
- toiminnassa mukana olevien muiden henkilöiden koulutuksesta (maahenkilöstö)
- *Accident Prevention and Flight Safety Program* -ohjelman toimimattomuudesta (ei ole toiminut käytännön tasolla)
- laatujärjestelmän puutteista.

Liikenteen turvallisuusvirasto antoi yhtiölle selvityspyynnön 30.7.2012, koska yhtiön toinen helikopteri joutui onnettomuuteen 12.7.2012. Selvityspyynnössä pyydettiin kattavaa toiminnan turvallisuusarviointia.

---

<sup>9</sup> Dnro TRAFI 6803/06.00.00/2012



## 1.18 Muut tiedot

### Sahauslentotoiminta

Suomessa sähkölinjakatujen sahauslentoja tehdään kevyillä yksimoottorisilla helikoptereilla. Sahauslennoilla helikoptereilla toimitaan lähes koko ajan niiden suorituskyvyn ääriarajoilla. Sahalaitteistojen tehokkuutta ja samalla kokoa pyritään jatkuvasti kasvattamaan. Helikopterilla tehtävä sähkölinjoja reunustavan puuston raivaussahaus on helikopterityypistä riippumatta vaativaa ja yleensä aina riskialttiimpaa kuin muut lennot, joilla kuljetetaan helikopterin alla riippuvaa ulkopuolista kuormaa. Sahaustoiminnassa helikopterin ohjaussuunta on harvoin optimaalinen vallitsevaan tuulen nähden, joka oleellisesti vaikuttaa tarvittavaan kokonaistehoon.

Helikopterin pyrstöroottorin tehtävänä on kumota pääroottorin mastosta runkoon aiheutuva vääntömomentti, kompensoida pääroottorin runkoon ja sivuvakaajiin aiheuttama ilmavirtaus sekä toimia suuntaohjaimena hitaassa lennossa ja leijunnassa. Pyrstöroottorin lapakulman säätö on kytketty ohjaajan jalkapolkimiin. Hitaassa lennossa ja leijunnassa pyrstöroottori toimii pääroottorin aiheuttamassa pyörteisessä ilmavirtauksessa, jonka voimakkuuteen vaikuttaa muun muassa helikopterin lentotila ja tuulen suunta. Leijunnassa pyrstöroottorin tehontarpeen voidaan arvioida olevan 8–12 % pääroottorin tehontarpeesta.

Sahausten aikana helikopterilla lennetään koko ajan nopeuden ja korkeuden suhteen alueella, joka sijoittuu nopeus-korkeuskäyrällä (niin sanotulla kuolleen miehen käyrällä)<sup>10</sup> epäedulliselle ja vältettävälle alueelle. Kyseiseltä alueelta tehtävä autorotaatiolaskentuminen tapahtuu lähes pystysuoraan suurella vajoamisnopeudella ja onnistunut laskeutuminen on epätodennäköistä. Seurauksena on yleensä aina kalustovaurioita ja todennäköisesti henkilövahinkoja. Koska sahaus tapahtuu metsän reunan ja jännitteellisen sähkölinjan välittömässä läheisyydessä linjakadun päällä, on helikopterin alla oleva alue yleensä epäedullinen ja sopimaton autorotaatio- tai muun pakkolaskun tekemiselle.

Operaattori oli toimintakäsikirjassaan kohdassa 8.5.4.3 esittänyt, että käytetyllä helikopterityypillä sahausta suoritetaan 80 kg painavalla sahauslaitteistolla. Sahausta onnettomuusajankohtana suoritettiin sahalla, jonka paino oli painolaskelmien mukaan 165 kg.

Operaattorin toimintakäsikirjassa kappaleessa *ATTACHMENT 9 STANDARD MASS AND BALANCE CALCULATIONS* esitetystä taulukossa *R44 ASTRO Cargo Hook Weight and Balance, Standard Sawing* on käytetty R44 II helikopterin taulukkoa. Tehokkaamman R44 II helikopterin suurin sallittu lentoonlähtömassa on 100 lb suurempi ja sen painopisterajat ovat laajemmat. R44 ASTRO varustettuna onnettomuuslennolla käytetyllä sahalla ja normaalisti käytetyllä polttoainemäärällä ylittää lentokäsikirjan mukaisen, *SECTION 2* kaavion 2-4, pituussuuntaisen painopisteen takarajan. Taulukot ovat liitteinä 3.

Toimintakäsikirjan kohdan 8.5.4.5 mukaan helikopterin lentoonlähtöpainon tulee olla sellainen, että se pystyy leijumaan maanvaikutuksen ulkopuolella minimissään 3 tuuman

---

<sup>10</sup> Height-Velocity Diagram [www.robsonsheli.com/manuals/r44\\_1\\_poh/r44\\_1\\_poh\\_5.pdf](http://www.robsonsheli.com/manuals/r44_1_poh/r44_1_poh_5.pdf)

(in. Hg) imusarjapaineen tehovaralla. Helikopterin kulloinenkin suurin sallittu lentomassa (*Gross Weight*) leijunassa maanvaikutuksen ulkopuolella määräytyy lentokäsikirjan taulukon perusteella.<sup>11</sup>

### **Helikopterityypille aikaisemmissa onnettomuuksissa tapahtuneet tulipalot**

Robinson R44 helikoptereille maailmalla aiemmin sattuneissa pienissä onnettomuuksissa (*low-impact crashes*) on usein (39 tapausta 18.4.2013 mennessä<sup>12</sup>) polttoainesäiliöiden vaurioituttua syttynyt tulipalo. Helikopterin valmistaja on suunnitellut polttoainesäiliöihin muutoksen tilanteen parantamiseksi. Asiaa koskeva huoltotiedote R44 Service Bulletin SB-78 on annettu joulukuussa 2010, jolloin muutoksen takarajaksi määrättiin 31.12.2014. Huoltotiedote päivitettiin helmikuussa 2012, jolloin takarajaa aikaistettiin vuodella. Onnettomuuden jälkeen syyskuussa 2012 huoltotiedote päivitettiin toisen kerran, jolloin takaraja aikaistettiin huhtikuun 2013 loppuun.

Onnettomuushelikopteriin ei polttoainesäiliöiden muutostyötä ollut toteutettu.

#### **1.19 Käytetyt tutkintamenetelmät**

Onnettomuutta edeltävää tilannetta sekä toimintaan liittyviä vaaratekijöitä ja riskien hallintaa kuten myös tapahtuman jälkeisiä toimenpiteitä tarkasteltiin Bow Tie -analyysin avulla.

---

<sup>11</sup> OGE hover ceiling vs. Gross Weight [www.robinsonheli.com/manuals/r44\\_1\\_poh/r44\\_1\\_poh\\_5.pdf](http://www.robinsonheli.com/manuals/r44_1_poh/r44_1_poh_5.pdf)

<sup>12</sup> Baum, Hedlund, Aristei & Goldman, P.C.: Robinson R44 Low-Impact Crashes Resulting in Post-Crash Fire.

## 2 ANALYYSI

### Yleistä

Ohjaajan lupakirja ja lääketieteellinen kelpoisuustodistus sekä yhtiön määrittämät tehtäväkelpoisuudet olivat voimassa.

Suoritetun asiakirjatutkimuksen perusteella helikopteri oli lentokelpoinen. Helikopterin lentomassa ja painopiste olivat onnettomuushetkellä sallituissa rajoissa. Pituussuuntainen painopiste oli lähellä takarajaa. Painopisteen asemalla oli vaikutusta helikopterin lentoasentoon ja ohjattavuuteen. Ohjaaja oli kuitenkin lentänyt vastaavalla painopisteasemalla satoja tunteja.

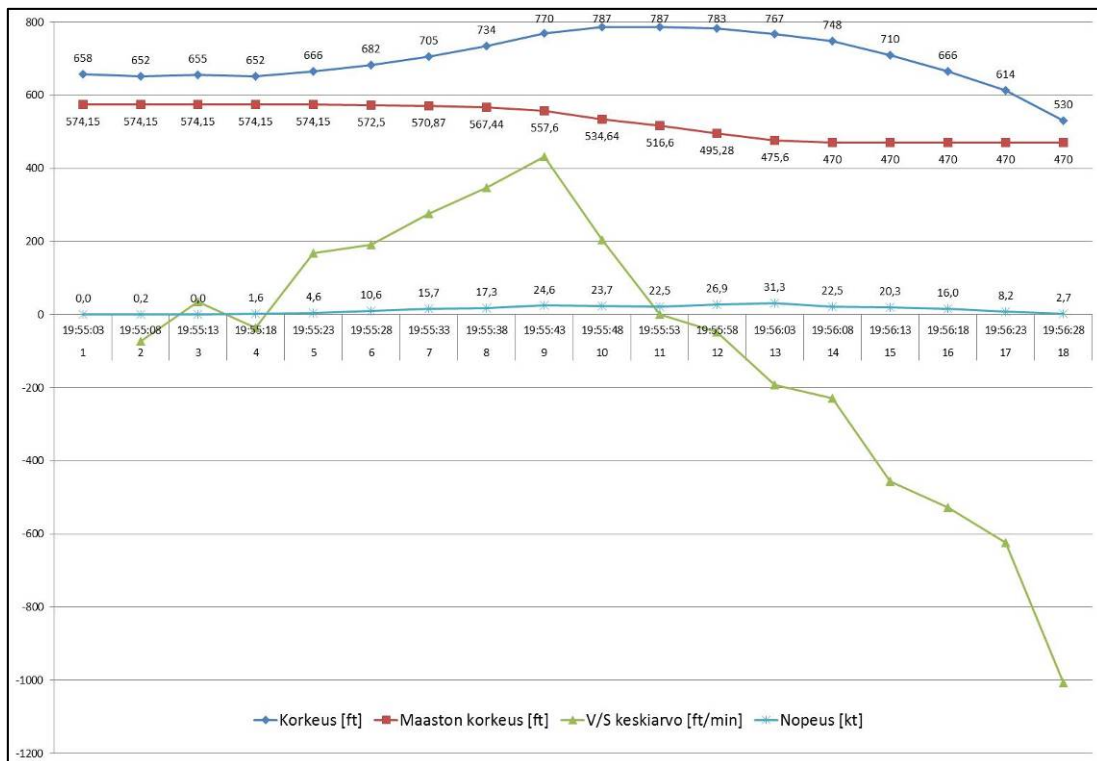
Helikopteriin oli kiinnitettyä ilmailuviranomaiselle esitetystä yhtiön toimintakäsikirjasta poikkeava painavampi sahausvarustus. Helikopterin moottori oli kulunut ja suorituskyky oletettavasti alentunut. Ohjaajan ilmoittaman imusarjapaineen perusteella helikopterin tehovara sahausta aloitettaessa oli noin 1,6 tuumaa. Toimintakäsikirjassa määritetty helikopterin tehovara ei todennäköisesti toteutunut.

Ohjaajan kuulemisen perusteella nousuvivun käyttöä joutuu sahaustoiminnassa ajoittain rajoittamaan helikopterin pienen tehovaran vuoksi. Sahauslennoilla pieniä korkeudenmuutoksia tehtiin nousuvivun lisäksi tarvittaessa pituusohjauksen ohjausliikkeillä. Tällä menettelyllä on todennäköisesti pyritty varaamaan tehoa sahauskannalta välttämättömän suuntaohjauksen käyttöön. Helikopterin lentokäsikirjan mukaan korkeusmuutoksissa tulee käyttää nousuvipua, jolloin roottorin lapakulmamuuтокset säätyvät kollektiivisesti.

### Onnettomuuslento

Onnettomuuslento oli suunniteltu päivän viimeiseksi lennoksi. Ohjaaja lensi pitkän ja suurta keskittymistä vaatineen työpäivän jälkeen siirtymäosuutta. Huomio suuntautui myöhemmin sahattavan osuuden tarkkailuun. Sahattuaan edellisellä lennolla kesken jääneen linjakadun ohjaaja pysäytti helikopterin leijuntaan pellon reunaan (kuva 1, piste 4) ja asetti sahan tyhjäkäynnille. Ohjaajan aikomuksena oli siirtyä Rasivaaran länsirinteellä kulkevaa ja myöhemmin sahattavaa sähkölinjaa seuraten uudelle tukeutumispaikalle. Ohjaajan tarkoituksena ei vielä tässä vaiheessa ollut laskeutua uudelle tukeutumispaikalle, vaan ainoastaan varmistaa paikan sijainti ja jatkaa sen jälkeen sahaamista. Ohjaajan lentäessä siirtymää nousuvivun asetus oli pienempi kuin sahauskessa leijunnan aikana tarvittava.

Ohjaaja aloitti siirtymisen kiihdyttämällä hitaasti helikopterin nopeutta ja lisäämällä samalla lentokorkeutta pellon yläpuolella (pisteet 4–9). Korkeuden ja nopeuden kasvattamiseksi ohjaaja lisäsi tehoa nostamalla hieman nousuvipua ja laski samanaikaisesti ohjaussauvalla helikopterin nokkaa alaspäin. Helikopterin nokan lasku (pituuskallistuksen muutos) oli melko pieni, koska nopeus kasvoi hitaasti.

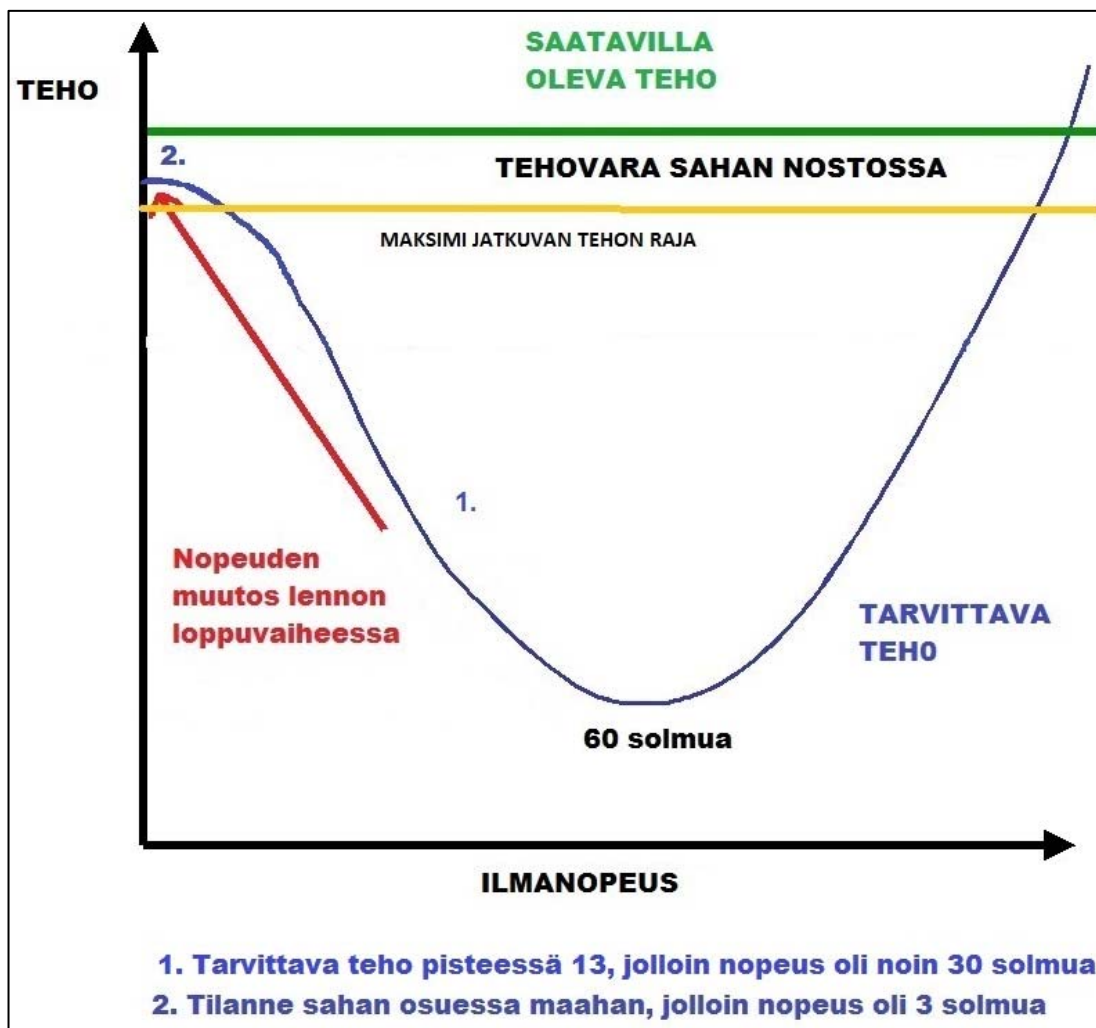


Kuva 9. Helikopterin nopeus, korkeus ja laskennallinen pystynopeus (V/S) viimeisen 90 sekunnin aikana.

Peltoalueen reunalla (pisteet 9–10) helikopterin nopeus oli 24 knot ja korkeus 230 ft maanpinnan yläpuolella. Pellon reunan jälkeen ohjaaja ilmeisesti totesi korkeuden riittävän ja vähensi hieman tehoa laskemalla nousuvivua. Helikopterin pituus kallistus pysyi likimain muuttumattomana, koska nopeus vaakalennon aikana (pisteet 10–11) hidastui hieman.

Alla olevan maaston laskeuduttua ohjaaja aloitti liu'un. Liu'un aloitus tehtiin nokkaa laskemalla, koska helikopterin nopeus kasvoi hieman (pisteet 11–13). Nousuvivun asema (tehoasetus) pysyi tuolloin todennäköisesti muuttumattomana.

Hidastaakseen liukua tai asettaakseen helikopterin jälleen vaakalentoon ohjaaja ohjasi ohjaussauvalla helikopterin nokkaa ylöspäin (pisteet 13–14). Tehoasetus pysyi todennäköisesti edelleen muuttumattomana. Nokan nostaminen pienensi hetkellisesti helikopterin vajoamista, mutta samanaikaisesti helikopterin nopeus hidastui ja lentotilan säilyttämiseen vaadittava tehontarve kasvoi. Helikopteri jatkoi vajoamista kiihtyvällä nopeudella. Tässä vaiheessa (piste 15) sahan pakkopudotus olisi helikopterin kevetessä todennäköisesti mahdollistanut ohjausteknisesti oikeaoppisen ylösvedon suorittamisen.



Kuva 10. Periaatekuva helikopterin tehontarpeesta ilmanopeuden funktiona.

Ohjaaja seurasi suurimman osan ajasta helikopterin alla riippuvaa sahaa sekä vieressä kulkevaa sähkölinjaa eikä tämän vuoksi havainnut ajoissa helikopterin kiihtyvää vajoamista. Rinteen alaosassa maaston tasaantuessa ohjaaja todennäköisesti havaitsi helikopterin vajoavan. Ohjaaja joutui hämmentävään tilanteeseen ja tulkitsti vajoamisen johtuvan tehonmenetyksestä tai omaan virtaukseen (pyörrevirtaustila) joutumisesta. Todettuaan helikopterin vajoavan ohjaaja siirsi katseensa hetkeksi ohjaamoon ja mittaritauluun, mutta ei havainnut mitään normaalista poikkeavaa. Helikopteri oli tuolloin jo niin matalalla, ettei ohjaaja maastoesteistä johtuen kyennyt lisäämään nopeutta laskemalla nokkaa eikä pyörrevirtaustilan pelossa nostanut nousuvipua lisätäkseen tehoa.

Sahan pudottamisen sijaan ohjaaja päätti laskea sahan maahan. Katsoessaan jälleen ulos helikopterin alle ohjaaja havaitsi sahan ulottuvan jo alla olevien puiden väliin. Suuren vajoamisnopeuden vuoksi ohjaaja ei kyennyt hallitsemaan tilannetta sahan osuessa maahan. Helikopteri vajosi hallitsemattomasti maahan asti.

Päätös sahan maahanlaskusta perustui todennäköisesti ohjaajan aiemmin sahaustoiminnassa kokemaan tilanteeseen, jossa vajoaminen oli pysähtynyt lentopainon kevenyttyä sahan osuessa maahan.



Kuva 11. Saha upposi maahan pystysuoraan kolmen terän halkaisijan mitan eli noin yhden metrin.

Lennon loppuvaiheessa helikopterin pystynopeus ylitti lentokäsikirjan ohjeen käyttää enintään -300 ft/min pystynopeutta liu'uttaessa alle 30 knot ilmanopeudella. Viimeisen kymmenen sekunnin aikana helikopteri oli lentotilassa, jossa pyörrevirtaustilan muodostuminen oli mahdollista.

Loppulennon aikana vallitsi kevyt myötätuuli. Tuulen suunta sekä maaston muodot aiheuttivat todennäköisesti myös alaspäin suuntautuvaa virtausta alueella. Tuulen ja alavirtauksen yhteisvaikutus saattoi lisätä lentotilan säilyttämiseen tarvittavaa tehontarvetta.

### Helikopteri

Teknisen tutkinnan yhteydessä todettiin, että pääroottorin matalakierrosvaroitin ja moottorin *governor*-säädinjärjestelmä olivat todennäköisesti toimintakuntoisia. Moottorin sytytysjärjestelmät olivat toimintakuntoisia ja helikopterissa oli ollut polttoainetta. Moottorin purun yhteydessä tehdyssä tutkinnassa havaittiin osassa sylintereissä huomattavaa kulumaa. Yksi sylintereistä oli aiemmin vaihdettu. Melkein kaikissa venttiileissä oli jonkinasteista vuotoa. Myös mäntien sivuissa oli havaittavissa ohipuhallusjälkiä (palanutta öljykarstaa). Mikään näistä ei aiheuta nopeaa tehonmenetystä. Sitä, kuinka paljon moottori oli menettänyt huipputehostaan, ei voitu tarkasti määrittää. On kuitenkin selvää, että suorituskyky oli kulumisten vuoksi alentunut.

Kaasuttimen jäätyminen mahdollisuutta ei voida sulkea pois, mutta sitä ei pidetä todennäköisenä. Mikäli moottori teho olisi lennolla selvästi alentunut, olisi se aiheuttanut pääroottorin alhaisen kierrosluvun varoituksen. Ohjaaja ei missään vaiheessa kuullut varoitimen ääntä tai nähnyt varoitusvaloa. Tämä pois sulkee myös vapaakytkimen tai kytki-

men mahdolliset ongelmat. Ohjaaja ilmoitti tarkastaneensa pääroottorin alhaisen kierros-  
luvun varoittimen toiminnan jokaisen käynnistyksen yhteydessä.

### **Pitkä työpäivä**

Helikopterilla tehtävä oksasahaaminen kuormittaa ohjaajaa huomattavasti enemmän  
kuin normaali matkalentäminen. Ohjaajan vireystila ei pitkän työpäivän viimeisillä len-  
noilla ole enää parhaimmillaan. Alentunut vireystila heikentää havaintokykyä ja lisää vir-  
heiden mahdollisuutta.

### **Sahauskoulutus**

Operaattorin sahauskelpoisuus muodostuu vaadittavasta peruslentokokemuksesta sekä  
annetusta erityislentokoulutuksesta. Ohjaajalla ei ollut vaadittua helikopterilentokoke-  
musta koulutusten alkaessa. Ohjaajalla oli yhtiön järjestämä ja antama koulutus ulko-  
puolisen kuorman kuljetus- ja sahaustoimintaan. Sahaustoiminnan opettajalla ei ollut  
lennonopettajan kelpuutusta. Tämä on operaattorin toimintakäsikirjassa hyväksytty,  
vaikka kyse on vaativasta koulutustehtävästä. Teoriakoulutuksen ensimmäinen osa on  
osin kertauskoulutusta. Oppitunnit sisältävät Onnettomuustutkintakeskuksen näkemyk-  
sen mukaan liian paljon opetettavia asioita yhtä oppituntia kohden. Lentokoulutusohjel-  
ma ei sisällä esimerkiksi pyörrevirtaustilan ja pääroottorin matalakierrotilanteen hallinta-  
toimenpiteitä. Myöskään pakkolaskun (autorotaatio) harjoitukset eivät kuulu ohjelmaan.  
Tämän vuoksi on todennäköistä, että oppilaalle jää käsitellyistä asioista ainoastaan pin-  
tapuolinen kuva eikä koulutuksen tavoitetta saavuteta.

Helikopterin valmistajan lentokäsikirjan mukaan tämän tyyppinen lentotoiminta vaatii oh-  
jaajalta pitkän kokemuksen ja laajan koulutuksen.

Ulkopuolisen kuorman lentokoulutus annettiin yhden päivän aikana, eikä vaadittava len-  
tokoulutusaika täytynyt. Päivän aikana lennettiin yhdeksän koululentoa ilman pidempiä  
taukoja. Annettu koulutus ei antanut ohjaajalle riittäviä valmiuksia itsenäiselle ja turvalli-  
selle toiminnalle, eikä näin olleen luonut hyvää pohjaa sahauskoulutukselle.

Ilmailumääräyksen OPS M4-2 mukaista riippuvan kuorman tarkastuslentoa ei ollut len-  
netty.

Sahauslentokoulutuksessa käytettiin onnettomuuslennolla käytettyä sahaa lyhyempää ja  
kevyempää sahaa.

Koulutuskirjanpidosta ei selviä, miten koulutus on onnistunut tai onko sen aikana ollut  
ongelmia.

Koulutusohjelmassa lueteltua opintomateriaalia ei ollut jaettu oppilaalle, jolloin asioihin  
palaaminen ja niiden myöhempi tarkastelu ei ole ollut mahdollista.

Kertaavaa koulutusta ja suuremman/painavamman sahan eroavaisuuskoulutusta ei ollut  
annettu.

## **Operaattori**

Operaattorilla oli tyypillinen pieni, muutamalla helikopterilla toimivan yrityksen organisaatio. Operaattorin organisaatio ja toiminta täyttivät toimintakäsikirjan hyväksynnän perusteella Liikenteen turvallisuusviraston asettamat vaatimukset. Ennen onnettomuutta suoritettussa lentotoiminnan tarkastuksessa oli käynyt ilmi, ettei aiemmin esitettyä toimintakäsikirjan ohjeistusta noudatettu kaikilta osin.

Toimintaa johtavalla ja tehtävän antavalla lentotoiminnanjohtajalla ei ollut omaa kokemusta sahauslennoista. Hän kuitenkin paljolti yksin johti käytännön toimintaa sekä henkilöstön koulutusta.

## **Helikopterin tehovara**

Helikopterin tehon käyttöä tai siihen liittyvää lentokäsikirjan mukaista rajoitusta lentoonlähtötehon osalta ei voida faktojen puuttumisen takia tarkastella. Toiminnan keskeytyminen tuulien lisääntyessä ilmaisee kasvavan jalkaohjaimien käytön ja siten lisääntyneen pyrstöroottorin vaatiman tehon todennäköisesti ylittäneen moottorin tehovaran. Tämän ja aiemmin todetun painavamman saharvarustuksen sekä kuluneen moottorin johdosta voidaan arvioida sahaustoimintaa suoritettuna todennäköisesti käsikirjassa todettua rajoitusta pienemmällä tehovaralla.

## **Pelastautumisnäkökohdat ja pelastustoimi**

Helikopterin tuhoutumisesta huolimatta ohjaajalle tuli vain lieviä vammoja. Ohjaaja käytti lentokypärää ja turvavöitä, mikä edesauttoi hänen selviytymistään.

Polttoainesäiliöt vaurioituivat onnettomuudessa. Rungon asennosta johtuen polttoaine valui maahan eikä esimerkiksi moottorin kuumien osien päälle. Onnettomuuden jälkeinen nopea tulipalo oli mahdollinen, mutta siltä vältyttiin.

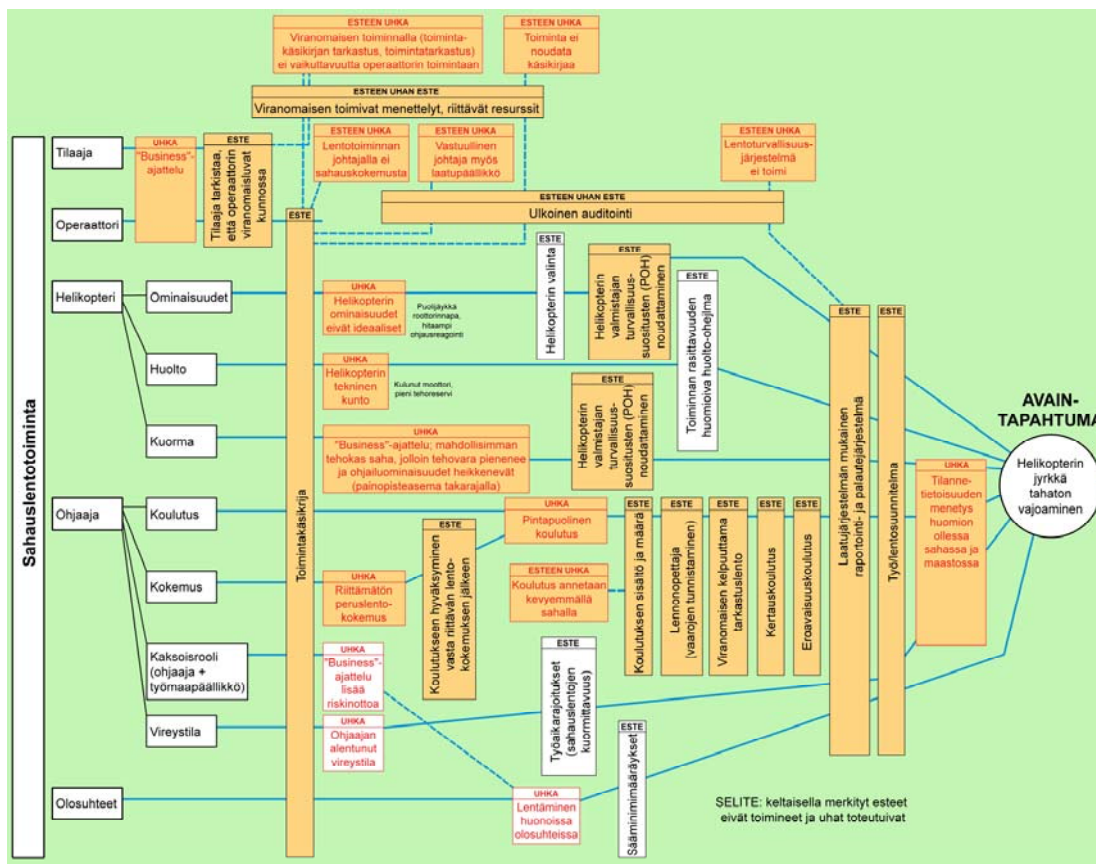
Hätäilmoitus tehtiin puhelimitse vasta tunti onnettomuuden jälkeen kun toimintaan osallistunut maahenkilö alkoi etsiä helikopteria ja löysi onnettomuushelikopterin sekä ohjaajan sähkölinjan varrelta. Maasto alueella oli peitteistä ja vaikeakulkuista. Hätäkeskukselle annetut tapahtumapaikan paikkatiedot olivat epätarkkoja ja niitä tarkennettiin puhelimitse pelastusyksiköiden etsiessä onnettomuuspaikkaa. Pelastusyksiköiden perille pääsy viivästyi paikantamisongelmien vuoksi.

Hätäilmoituksen viivästymisellä ja paikantamisongelmilla ei ollut merkitystä ohjaajan vammojen ollessa lieviä.

Helikopteriin asennettuna olleen ELT-hätälähettimen antennijohto katkesi eikä signaali tämän vuoksi kuulunut.

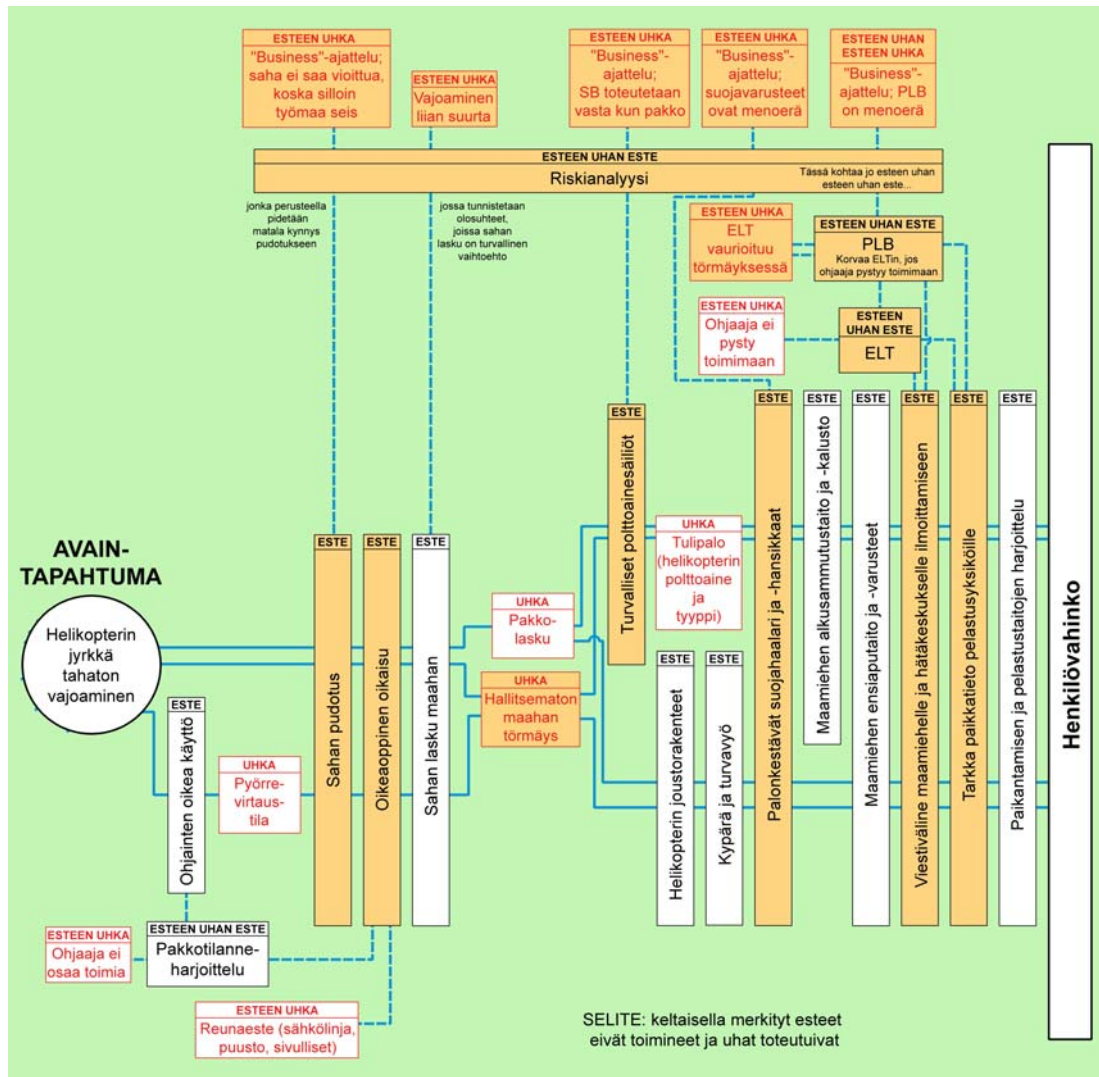


### Bow Tie -analyysi<sup>13</sup>



Kuva 12. Bow Tie -kuvion vasen puolisko.

13 Bow Tie -kaaviossa vasemmalla on energialähde, keskellä epätoivottu tapahtuma (avaintapahtuma) ja oikealla epätoivottu vahinko. Energialähteestä epätoivottuun tapahtumaan kulkee vaihtoehtoisia tapahtumapolkuja. Polulla olevat tapahtumat ovat uhkia vahingon kannalta. Analyysissa on tarkoitus löytää tapahtumapoluille esteitä, joilla polun mukainen tapahtumaketju estyy.



Kuva 13. Bow Tie -kuvion oikea puolisko.



### 3 JOHTOPÄÄTÖKSET

#### 3.1 Toteamukset

1. Ohjaajan lentolupakirja ja vaaditut kelpoisuudet olivat voimassa.
2. Helikopteri oli lentokelpoinen. Helikopterissa oli riittävä määrä polttoainetta.
3. Helikopterin lentomassa oli sallituissa rajoissa. Helikopterin pituussuuntainen massakeskiö oli onnettomuushetkellä lähellä takarajaa.
4. Helikopteri oli oksasahauslennolla. Sahausvarustus oli painavampi kuin toimintakäsikirjassa esitetty.
5. Helikopterin tehovara oli pieni.
6. Sahauksessa käytetty ohjaustekniikka poikkesi pienen tehovaran vuoksi ajoittain normaalista helikopterin ohjaustekniikasta.
7. Onnettomuus tapahtui päivän viimeiseksi suunnitellulla lennolla. Ohjaajan työpäivä oli pitkä ylittäen säädetyn työajan. Vireystila oli todennäköisesti alentunut.
8. Onnettomuuden tapahtuessa helikopteri oli siirtymässä uuteen tukeutumispisteeseen, jolloin maayksikkö ei seurannut lentoa.
9. Siirtymisen aikana ohjaaja tarkkaili sähkölinjaa ja sahan kulkua maastoon nähden. Lentonopeus oli pieni ja lentokorkeus matala. Loppulennon aikana vallitsi kevyt myötätuuli.
10. Rasivaaran rinteessä tehdyt ohjausliikkeet johtivat tahattomaan nopeuden hidastumiseen ja kiihtyvään vajoamiseen. Ohjaaja havaitsi vajoamisen rinteeseen juurella.
11. Lennon loppuvaiheessa helikopterin pystynopeus ylitti lentokäsikirjan ohjeen käyttöä enintään -300 ft/min pystynopeutta liu'uttaessa alle 30 knot ilmanopeudella.
12. Pyörrevirtaustilaan joutumista välttääkseen ohjaaja nousuvivun nostamisen sijaan päätti laskea sahan maahan. Suuren vajoamisnopeuden vuoksi helikopteri vajosi hallitsemattomasti maahan asti tuhoutuen täysin.
13. Ohjaaja käytti lentokypärää ja turvavöitä. Ohjaaja loukkaantui lievästi. Ohjaaja poistui omatoimisesti ohjaamosta. Tulipaloa ei syttynyt.
14. Helikopterin hätälähettimen signaalia ei kuultu, koska antennijohto oli katkennut. Hätäilmoitus tehtiin tunti onnettomuuden jälkeen maahenkilön löydettyä onnettomuuspaikan. Pelastusyksiköille annettu paikkatieto oli epätarkka.
15. Tutkinnassa helikopterista ja sen moottorista ei todettu teknistä vikaa. Moottori oli kulunut.

16. Ohjaajan kokemusvaatimukset ennen operaattorin antamaa sahauskoulutusta ei ollut täyttynyt. Sahauskoulutus oli pintapuolinen. Kouluttaja ei ollut lennonopettaja.
17. Ilmailumääräyksen mukaista riippuvan kuorman tarkastuslentoa ei ollut lennety.
18. Operaattorilla oli voimassa oleva lentotyölupa. Operaattori ei ollut toiminnassaan noudattanut toimintakäsikirjaansa kaikilta osin. Operaattorin toimintaa ja koulutusta johtavalla lentotoiminnanjohtajalla ei ollut omaa kokemusta sahauslennosta.
19. Liikenteen turvallisuusvirasto oli todennut puutteita yhtiön toiminnassa kolme viikkoa ennen onnettomuutta tekemässään lentotoiminnan tarkastuksessa.

### **3.2 Tapahtuman välittömät syyt ja myötävaikuttaneet tekijät**

Onnettomuuden todennäköisenä syynä oli ohjaajan huomion liiallinen kiinnittyminen seuraavaksi sahattavan sähkölinjan sahausolosuhteisiin ja helikopterin alla riippuvaan sahaan. Tämä on johtanut tilannetietoisuuden heikkenemiseen ja virhearvioon helikopterin vallinneesta lentotilasta, mikä johti tilanteeseen sopimattomaan ohjaustekniikkaan.

Myötävaikuttavina tekijöinä olivat:

- siirtymälle valitun suuren tehontarpeen lentoprofiilin sekä myötätuulen ja alapäin suuntautuneiden ilmavirtausten yhteisvaikutus
- irti laukaistavana kuormana ollutta sahaa ei toimintakäsikirjan mukaisesti pudotettu
- pitkän työskentelyajan vaikutus ohjaajan vireystilaan
- sahaustoiminnassa omaksuttu ohjaustekniikka, jossa kollektiiviohjauksen (nousuvipu) käyttöä jouduttiin pienen tehovaran takia ajoittain rajoittamaan.

## 4 TURVALLISUUSSUOSITUKSET

### 4.1 Toteutetut toimenpiteet

Operaattori on laatinut uuden version toimintakäsikirjasta. Asian käsittely Liikenteen turvallisuusvirastossa on kesken.

### 4.2 Turvallisuussuosituksen

1. Helikopterilla suoritettavat sahauslennot lennetään turvallisuuden kannalta vaikeassa toimintaympäristössä ja helikopterin autorotaatiolaskeutumisen kannalta epäedullisimmalla nopeus-korkeusalueella. Kyseiseen onnettomuuteen joutuneen helikopterin lentokäsikirjassa on valmistaja korostanut erityislennoilla tarvittavan kokeneellekin ohjaajan lisäkoulutusta ja harjoittelua. Harjoitteluun tulisi sisältyä muun muassa pyörrevirtaustilanteiden tunnistaminen, niistä poistuminen sekä pääroottorin matalakierrostilanteista selviäminen. Operaattorin käyttämässä ja liikenteen turvallisuusviraston hyväksymässä koulutusohjelmassa nämä käsitellään yhden teoriatunnin aikana. Koulutuksen tulisi sisältää osio, jossa käydään läpi pakkolaskuun liittyvät toimet. Opettajalta ei vaadita lennonopettajan kelpuutusta. Ilmailumääräyksen mukaisista riippuvan kuorman tarkastuslentoa ei ole vaadittu eikä suoritettu.

*Onnettomuustutkintakeskus suosittaa Liikenteen turvallisuusvirastoa tarkentamaan helikopterisahaoksen koulutus- ja harjoitusvaatimuksia määrällisesti ja laadullisesti siten että niissä huomioidaan lennon erityisolosuhteet ja ne antaisivat ohjaajalle valmiuden toimintaan poikkeustilanteissa. Kouluttajan tulisi olla lennonopettaja. Koulutuksessa tulisi huomioida helikopterityypin erityisominaisuudet. Riippuvan kuorman tarkastuslento ja sopivaksi arvioitu määrä kokemusta kuorman kanssa lentämisestä tulisi olla lennetty ennen sahauslentojen aloittamista.*

2. Sahauslennoilla helikopterit lentävät suuren tehontarpeen alueella pääasiassa leijuen maanvaikutuksen ulkopuolella (OGE). Sahauslaitteistojen rakenteesta johtuen on helikopterin nokka pidettävä sahattavan linjan suuntaisena, eikä helikopteria voida kääntää vastatuuleen. Tämä vaikeuttaa tilannetta entisestään. Ilmenevää tehonpuutetta on ajoittain jouduttu kompensoimaan rajoittamalla nousuvivun käyttöä. Tällainen toiminta saattaa automatisoitua ohjaajan motoriikkaan ja johtaa helikopterin tahattomasti vaikeasti hallittavaan lentotilaan. Helikopterin moottorin mahdollinen pidentäjäikäinen käyttö rajoitetulla lento-ohjelmalla voi johtaa moottorin tai voimansiirron myöhempään vaurioihin tai niille määritetyn turvallisen käyttöajan lyhenemiseen.

*Onnettomuustutkintakeskus suosittaa Liikenteen turvallisuusvirastoa lentotyöluhia myöntäessään arvioimaan helikopterityypille sahauslento-ohjelmalle sopivan lento-ohjelmallaan esimerkiksi 90 % MTOW / GW OGE hover standardiolosuhteissa tai muulla tavoin määritetyn tehovaran, joka olosuhteet huomioiden takaa helikopterille riittävän ja ohjausteknisesti oikean ohjailuvaran. Tehovaran ja mahdollisten tehon ylitysten todentamiseksi tulisi sahaustoiminnassa käytetty*

*helikopteri varustaa laitteistolla, joka tallentaa tarvittavat mittariparametrit tai niiden näytöt.*

#### **4.3 Muita huomioita ja ehdotuksia**

##### **Henkilökohtainen hätäpaikannuslähetin**

Helikopterisahauselnoilla on Suomessa tapahtunut useita onnettomuuksia. Lennot tapahtuvat yleensä operaattorin omien varmistuksien varassa ilman lentosuunnitelmaa. Tässä onnettomuudessa pelastushenkilöstö oli paikalla noin 2 tuntia tapahtuman jälkeen. Ongelmia oli muun muassa tapahtumapaikan tarkassa paikantamisessa sekä varmistus- ja hälytysyhteyksissä. Helikopteriin asennettuna olleen ELT-hätälähtetimen antennijohto katkesi eikä signaali tämän vuoksi kuulunut.

PLB-tyyppinen henkilökohtainen hätäpaikannuslähetin mahdollistaisi nopean paikantamisen ja pelastustoimien aloittamisen.

##### **Robinson R44 -helikopterin paloherkkyys**

Helikopterin polttoainesäiliöt vaurioituivat ja säiliöissä ollut lentobensiini valui maastoon. Onnettomuuden jälkeinen nopea tulipalo oli mahdollinen. Ohjaajan tulipalolta suojaava lentovarustus antaisi hänelle aikaa pelastautumiseen onnettomuustilanteessa. Maastossa työskentelevien työryhmien määräaikaisilla harjoituksilla mahdollistettaisiin pelastusvalmiuden ylläpito.

##### **Indikaattoreiden kaksoisnäyttö sahaustoiminnassa**

Sahauselntotoiminnassa ohjaajan päähuomio kiinnittyy itse sahaussuoritukseen ja helikopterin mittariston ja varoitusvalojen seuranta jää vähemmäksi. Tärkeimpien indikaattorien kaksoisnäyttö sijoitettuna ohjaajan sahausajan aikaiseen näkökenttään lisäisi lennonaikaista tarkkailua ja siten parantaisi turvallisuutta.

Helsingissä 15.10.2013

Ismo Aaltonen

Ari Anttila

Timo Lindholm

Jari Hjerppe

## YHTEENVETO SAADUISTA LAUSUNNOISTA

### HELITECH OY

Yhtiö esitti havainnot jotka liittyivät helikopterin varoitusjärjestelmään sekä laskennallisesti korjattuun massalaskelmaan. Onnettomuustutkintakeskus on huomionnut havainnot muuttamalla tutkintaselostuksen sisältöä.

### FINAVIA OYJ

Finavialla ei ollut huomautettavaa tutkintaselostukseen.

### LIIKENTEENTURVALLISUUSVIRASTO (Trafi)

Trafi toteaa lausunnossaan

Turvallisuussuositus 1: Trafi lausui että vaikka lentotyön säätely on siirtynyt EU:n toimivaltaan ja tarkemmat säännökset ollaan antamassa komission asetuksella, ollaan jäsenvaltioille jättämässä mahdollisuus määrittää erityisehtoja vaaralliseksi määritellyissä operaatioissa, mihin myös tässä tarkoitettu toiminta kuuluisi. Liikenteen turvallisuusvirastolla ei ollut huomautettavaa turvallisuussuosituksesta.

Turvallisuussuositus 2: Trafilla ei ollut lausuttavaa.

Trafi totesi myös että mahdollisista Liikenteen turvallisuusviraston lisätoimenpiteistä koskien turvallisuussuosituksia päätetään erikseen.

### EASA

*After an internal circulation, we have determined that we have no technical comments. It appears that several operational aspects played a contributing role to the accident, that have been addressed by the two safety recommendations addressed to TraFi.*

Dr. Matthew Hilscher  
Accident Investigation Support Officer  
Safety Analysis & Research Dept.  
European Aviation Safety Agency

### HÄTÄKESKUSLAITOS

Hätäkeskuslaitoksen lausunnossa selvitetään pitkän hätäpuhelun käsittelyajan johtuneen paikannustiedon puuttumisesta. Puhelun soittanut ohjaaja ei tiennyt tarkkaa putoamispaikkaa jota puhelun aikana selviteltiin. Onnettomuustutkintakeskus on huomionnut tarkennukset ja muuttanut tutkintaselostuksen sisältöä.

Hätäkeskuslaitos piti kannatettavana ja hyödyllisenä PLB-tyyppisen paikantimen käyttöä ja toi esille Oulun hätäkeskuksessa tehdyn testauksen joka perustui älypuhelimien (smart locator) paikantamiseen.

Helikopterin lentokäsikirjan eräitä turvallisuusohjeita

## **Safety Notice SN-11**

Issued: Oct 82 Rev: Nov 00

### **LOW-G PUSHOVERS - EXTREMELY DANGEROUS**

Pushing the cyclic forward following a pull-up or rapid climb, or even from level flight, produces a low-G (weightless) flight condition. If the helicopter is still pitching forward when the pilot applies aft cyclic to reload the rotor, the rotor disc may tilt aft relative to the fuselage before it is reloaded. The main rotor torque reaction will then combine with tail rotor thrust to produce a powerful right rolling moment on the fuselage. With no lift from the rotor, there is no lateral control to stop the rapid right roll and mast bumping can occur. Severe in-flight mast bumping usually results in main rotor shaft separation and/or rotor blade contact with the fuselage.

The rotor must be reloaded before lateral cyclic can stop the right roll. To reload the rotor, apply an immediate gentle aft cyclic, but avoid any large aft cyclic inputs. (The low-G which occurs during a rapid autorotation entry is not a problem because lowering collective reduces both rotor lift and rotor torque at the same time.)

Never attempt to demonstrate or experiment with low-G maneuvers, regardless of your skill or experience level. Even highly experienced test pilots have been killed investigating the low-G flight condition. Always use great care to avoid any maneuver which could result in a low-G condition. Low-G mast bumping accidents are almost always fatal.

**NEVER PERFORM A LOW-G PUSHOVER!!**



## Safety Notice SN-24

Issued: Sep 86 Rev: Jun 94

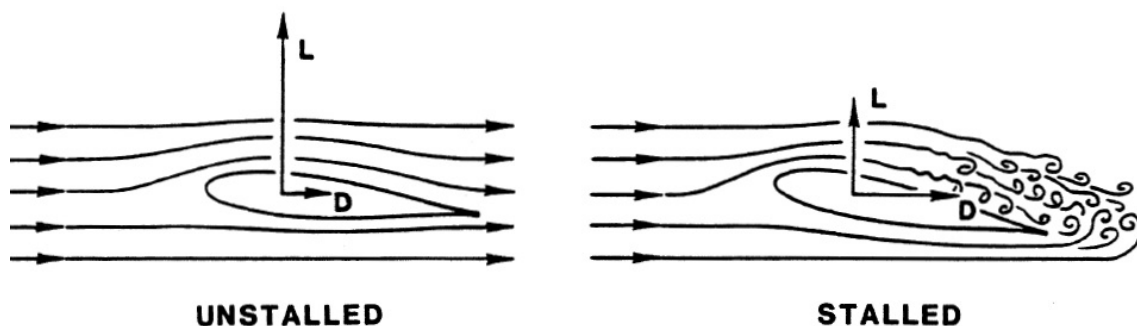
### LOW RPM ROTOR STALL CAN BE FATAL

Rotor stall due to low RPM causes a very high percentage of helicopter accidents, both fatal and non-fatal. Frequently misunderstood, rotor stall is not to be confused with retreating tip stall which occurs only at high forward speeds when stall occurs over a small portion of the retreating blade tip. Retreating tip stall causes vibration and control problems, but the rotor is still very capable of providing sufficient lift to support the weight of the helicopter.

Rotor stall, on the other hand, can occur at any airspeed and when it does, the rotor stops producing the lift required to support the helicopter and the aircraft literally falls out of the sky. Fortunately, rotor stall accidents most often occur close to the ground during takeoff or landing and the helicopter falls only four or five feet. The helicopter is wrecked but the occupants survive. However, rotor stall also occurs at higher altitudes and when it happens at heights above 40 or 50 feet AGL it is most likely to be fatal.

Rotor stall is very similar to the stall of an airplane wing at low airspeeds. As the airspeed of an airplane gets lower, the nose-up angle, or angle-of-attack, of the wing must be higher for the wing to produce the lift required to support the weight of the airplane. At a critical angle (about 15 degrees), the airflow over the wing will separate and stall, causing a sudden loss of lift and a very large increase in drag. The airplane pilot recovers by lowering the nose of the airplane to reduce the wing angle-of-attack below stall and adds power to recover the lost airspeed.

The same thing happens during rotor stall with a helicopter except it occurs due to low rotor RPM instead of low airspeed. As the RPM of the rotor gets lower, the angle-of-attack of the rotor blades must be higher to generate the lift required to support the weight of the helicopter. Even if the collective is not raised by the pilot to provide the higher blade angle, the helicopter will start to descend until the



Wing or rotor blade unstalled and stalled.

upward movement of air to the rotor provides the necessary increase in blade angle-of-attack. As with the airplane wing, the blade airfoil will stall at a critical angle, resulting in a sudden loss of lift and a large increase in drag. The increased drag on the blades acts like a huge rotor brake causing the rotor RPM to rapidly decrease, further increasing the rotor stall. As the helicopter begins to fall, the upward rushing air continues to increase the angle-of-attack on the slowly rotating blades, making recovery virtually impossible, even with full down collective.

When the rotor stalls, it does not do so symmetrically because any forward airspeed of the helicopter will produce a higher airflow on the advancing blade than on the retreating blade. This causes the retreating blade to stall first, allowing it to dive as it goes aft while the advancing blade is still climbing as it goes forward. The resulting low aft blade and high forward blade become a rapid aft tilting of the rotor disc sometimes referred to as "rotor blow-back". Also, as the helicopter begins to fall, the upward flow of air under the tail surfaces tends to pitch the aircraft nose-down. These two effects, combined with aft cyclic by the pilot attempting to keep the nose from dropping, will frequently allow the rotor blades to blow back and chop off the tailboom as the stalled helicopter falls. Due to the magnitude of the forces involved and the flexibility of rotor blades, rotor teeter stops will not prevent the boom chop. The resulting boom chop, however, is academic, as the aircraft and its occupants are already doomed by the stalled rotor before the chop occurs.

## **Safety Notice SN-29**

Issued: Mar 93 Rev: Jun 94

### **AIRPLANE PILOTS HIGH RISK WHEN FLYING HELICOPTERS**

There have been a number of fatal accidents involving experienced pilots who have many hours in airplanes but with only limited experience flying helicopters.

The ingrained reactions of an experienced airplane pilot can be deadly when flying a helicopter. The airplane pilot may fly the helicopter well when doing normal maneuvers under ordinary conditions when there is time to think about the proper control response. But when required to react suddenly under unexpected circumstances, he may revert to his airplane reactions and commit a fatal error. Under those conditions, his hands and feet move purely by reaction without conscious thought. Those reactions may well be based on his greater experience, i.e., the reactions developed flying airplanes.

For example, in an airplane his reaction to a warning horn (stall) would be to immediately go forward with the stick and add power. In a helicopter, application of forward stick when the pilot hears a horn (low RPM) would drive the RPM even lower and could result in rotor stall, especially if he also "adds power" (up collective). In less than one second the pilot could stall his rotor, causing the helicopter to fall out of the sky.

## Liite 2/4 (5)

Another example is the reaction necessary to make the aircraft go down. If the helicopter pilot must suddenly descend to avoid a bird or another aircraft, he rapidly lowers the collective with very little movement of the cyclic stick. In the same situation, the airplane pilot would push the stick forward to dive. A rapid forward movement of the helicopter cyclic stick under these conditions would result in a low "G" condition which could cause mast bumping, resulting in separation of the rotor shaft or one blade striking the fuselage. A similar situation exists when terminating a climb after a pull-up. The airplane pilot does it with forward stick. The helicopter pilot must use his collective or a very gradual, gentle application of forward cyclic.

To stay alive in the helicopter, the experienced airplane pilot must devote considerable time and effort to developing safe helicopter reactions. The helicopter reactions must be stronger and take precedence over the pilot's airplane reactions because everything happens faster in a helicopter. The pilot does not have time to realize he made the wrong move, think about it, and then correct it. It's too late; the rotor has already stalled or a blade has already struck the airframe and there is no chance of recovery. To develop safe helicopter reactions, the airplane pilot must practice each procedure over and over again with a competent instructor until his hands and feet will always make the right move without requiring conscious thought. **AND, ABOVE ALL, HE MUST NEVER ABRUPTLY PUSH THE CYCLIC STICK FORWARD.**

Also see Safety Notices SN-11 and SN-24.

### **Safety Notice SN-34**

Issued: Mar 99 Rev: Apr 2009

#### AERIAL SURVEY AND PHOTO FLIGHTS - VERY HIGH RISK

There is a misconception that aerial survey and photo flights can be flown safely by low time pilots. Not true. There have been numerous fatal accidents during aerial survey and photo flights, including several involving Robinson helicopters.

Often, to please the observer or photographer, an inexperienced pilot will slow the helicopter to less than 30 KIAS and then attempt to maneuver for the best viewing angle. While maneuvering, the pilot may lose track of airspeed and wind conditions. The helicopter can rapidly lose translational lift and begin to settle. An inexperienced pilot may raise the collective to stop the descent. This can reduce RPM thereby reducing power available and causing an even greater descent rate and further loss of RPM. Rolling on throttle will increase rotor torque but not power available due to the low RPM. Because tail rotor thrust is proportional to the square of RPM, if the RPM drops below 80% nearly one-half of the tail rotor thrust is lost and the helicopter will rotate nose right. Suddenly the decreasing RPM also causes the main rotor to stall and the helicopter falls rapidly while continuing to rotate. The resulting impact is usually fatal.

Aerial survey and photo flights should only be conducted by well trained, experienced pilots who:

- 1) Have at least 500 hours pilot-in-command in helicopters and over 100 hours in the model flown;
- 2) Have extensive training in both low RPM and settling-with-power recovery techniques;
- 3) Are willing to say no to the observer or photographer and only fly the aircraft at speeds, altitudes, and wind angles that are safe and allow good escape routes.

**Also see Safety Notice SN-24.**

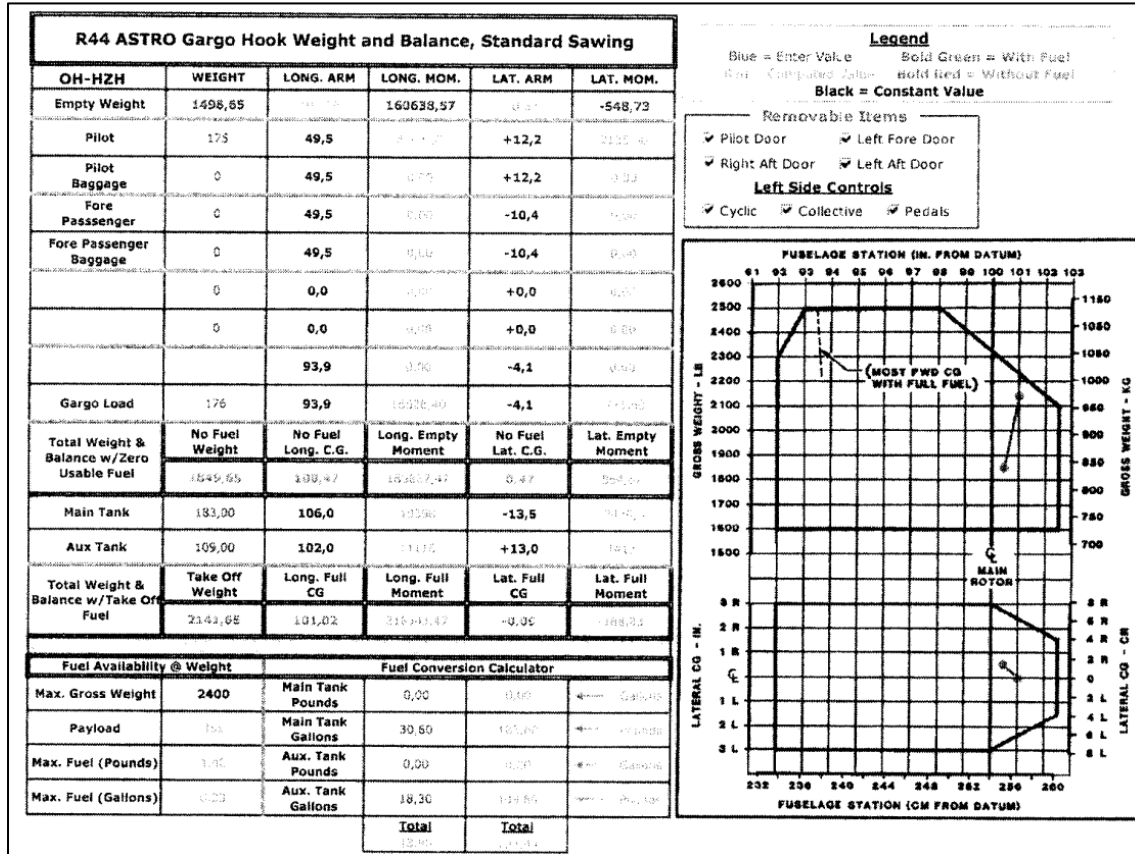
## **Safety Notice SN-40**

Issued: July 2006    Rev: May 2013

### POST-CRASH FIRES

There have been a number of cases where helicopter or light plane occupants were severely burned by fire following an accident. Fire-retardant Nomex flight apparel reduces the likelihood of severe burns. Military, law-enforcement, medical, and other organizations often require Nomex apparel for every flight. Pilots should consider the benefits of fire-retardant clothing and brief or equip all occupants accordingly.

## Helikopterin painopistekuvio

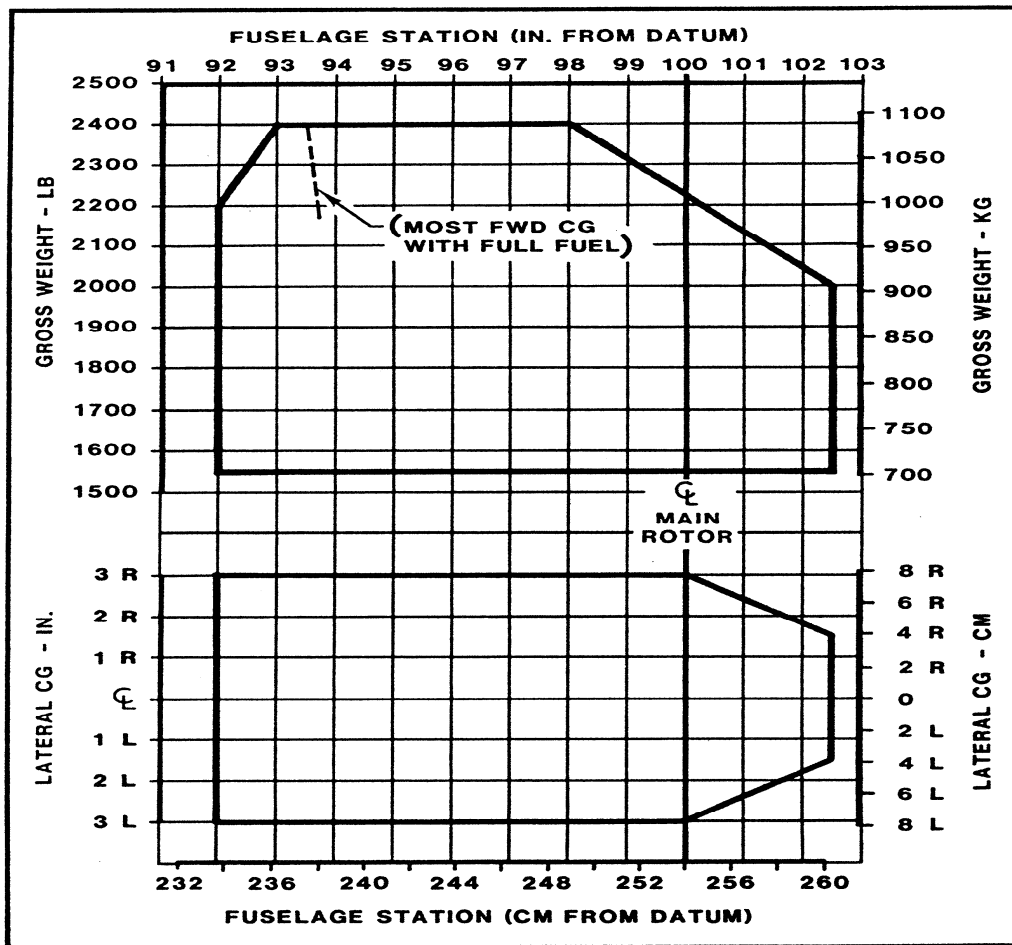


Kuva 1. Toimintakäsikirjan liitteessä 9 ollut painopistelaskelma ja painopistekuvio. Toimintakäsikirjassa käytetty kuvio on onnettomuushelikopteria tehokkaamman Robinson R44 II -version, jolla on 100 lb suurempi suurin sallittu lentoonlähtöpaino (2500 lb) ja siten laajemmat painopisterajat helikopterin suuremmilla lentopainoilla.

Arvioidun lentoonlähtöpainon (painavampi saha) 2210 lb mukainen painopistealueen takaraja noin 101,00. Oikean taulukon mukainen (kuva 2 seuraavalla sivulla) takaraja on noin 100,00.

**ROBINSON  
MODEL R44**

**SECTION 2  
LIMITATIONS**



**CENTER OF GRAVITY LIMITS**

**FAA APPROVED: 16 APR 2003**

**2-4**

Kuva 2. Onnettomuushelikopterin Robinson R44 Astro:n painopistekuviio.  
(Lähde: lentokäsikirja (POH).)