



ISSN 1400-5727

Rapport ML 1995:1

**Haveri med en JA 37
ur F 16 (F 16/Se M)
den 24 januari 1991**

ÄRENDE JA 37 L-5/91

Juli 1995

INNEHÅLL		Sid
	MISSIV	3
	KOMMISSIONEN	4
	SAMMANFATTNING	4
1	FAKTAREDOVISNING	6
1.1	Föraren	6
1.2	Övningen	6
1.3	Flygplanet	6
1.4	Motor	6
1.5	Personskador	7
1.6	Skador på flygplanet	7
1.7	Övriga skador	7
1.8	Väder	7
1.9	Utsagor av hörda personer	7
1.10	Flygmedicinsk utredning	7
1.11	Teknisk utredning	7
1.12	Händelseförloppet	8
1.13	Räddningsinsatsen	8
1.14	Bärgningsarbetet	8
1.15	Den tekniska undersökningen	9
1.15.1	Allmänt	9
1.15.2	Flygplanets motor	10
1.15.3	Räddningssystemets funktion	11
1.16	Övriga undersökningar	12
2	ANALYS	12
2.1	Föraren	12
2.2	Flygplanet	13
2.3	Säkerhetsmaterielens funktion	15
3	OLYCKSORSAK	15
4	REKOMMENDATIONER	15

BILAGA

Teknisk utredningsrapport (SHK aktbilaga 32)

Bilagan har framtagits i 12 ex och fogas endast till rapporter som lämnas till Försvarmakten, FMV:FML och F 16.

1995-07-11

JA 37 L-5/91

Försvarmakten

107 85 Stockholm

Utredningsrapport ML 1995:1

Statens haverikommission (SHK) har undersökt en olycka som inträffade den 24 januari 1991 vid Bastmora, 9 km SSO om Fagersta, U-län, med ett flygplan JA 37 ur Upplands flygflottilj, F 16 (dåvarande F 16 Se/M).

SHK överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen. Syftet med SHK:s undersökningar är uteslutande att förebygga olyckor och tillbud.

Olle Lundström

Rune Lundin

KOMMISSIONEN

Kommissionen – f.d. rådman Olle Lundström, ordförande från den 1 oktober 1993, hovrättsråd Hans Gullberg ordförande t.o.m. den 30 september 1993 och därefter förordnad som sakkunnig samt överstelöjtnant Rune Lundin, utredningschef – har som experter till utredningen knutit överstelöjtnant Göran Persson, flygoperativ expert, överstelöjtnant Jan Linder, flygmedicinsk expert, psykolog Kristina Pollack, flygpsykologisk expert, samt f.d. flygdirektör Tomas Krave, teknisk expert.

Till kommissionens förfogande har ställts flygläkare Matts Aldman, flygingenjör Per Nilsson, ingenjör Olle Selander, byrådirektör Björn Karlsson och byrådirektör Bengt Landervik.

Som skyddsombud vid F 16 har deltagit kaptenerna Mats Gustafsson och Ola Thuresson.

Som intressenter från tillverkarna har deltagit ingenjör Lars Mebius, Saab MA och för Volvo Aero Corporation AB ingenjörerna Hans Hoffman och Mats Håkansson.

SAMMANFATTNING

Under en luftstridsövning på låg höjd söder om Fagersta hörde föraren av en JA 37 ur F 16 en skarp smäll i sitt flygplan, följd av kraftiga vibrationer. Han konstaterade att ett totalt motorstopp inträffat och att motorn fått mekaniska skador, varför han lämnade flygplanet genom att utlösa räddningssystemet. Han undkom med smärre blessyrer och undsattes efter drygt en halvtimme av en räddningshelikopter.

Flygplanet sönderdelades kraftigt vid nedslaget som skedde i brant dykvinkel och hög fart. Huvuddelen av motorn återfanns kraftigt deformerad och vid den inledande undersökningen konstaterades mekaniska skador i motorns turbindel som inte härrörde från nedslaget. Olyckan medförde ett sju veckor långt utbildningsstopp på flygplanstypen, varunder stora ansträngningar gjordes för att ringa in det område i motorn där primärskadan inträffat. Något entydigt resultat av undersökningen framkom inte då utan det förblev alltjämt obekant var i motorn primärskadan skett. Efterhand tvingades SHK att bredda undersökningen till att omfatta jämförelser med skador i andra motorer samt kvalitetsundersökning av det översynsarbete som gjorts endast 62 gångtimmar före haveriet.

Ett stort antal motordelar hade kastats ut ur motorn vid initialsmällen varför en i SHK:s historia unik skallgångsoperation genomfördes under två efterföljande somrar. Totalt återfanns då ca 300 motordelar som ingav utredarna nytt hopp om att kunna fastställa haveriorsaken. Trots ingående analyser kunde SHK:s expertis efterhand endast avgöra att den okända primärskadan inträffat i LT-turbinen och att de skador som fanns i andra delar av motorn var sekundära.

Utredningen har visat att kunskaperna om oxidationstillväxt på sprick- och brottytor och dessas utseende inte är tillräckliga, vilket omöjliggjort en entydig tolkning av sådana ytors ålder.

Det har trots företagna motorundersökningar, analyser och jämförelser med andra motorhändelser inte gått att fastställa primärorsaken till att flygplanet havererade. Utredningen visar på tre alternativa och likvärdiga primärorsaker som, med sin början i LT-turbinen, kan ha förorsakat motorns nedbrytning.

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Föraren

Grad: Fänrik
Ålder: 26 år
Utbildning: FFSU
Total flygtid: 625 tim, varav 310 tim på flygplan 37.

1.2 Övningen

Övningen omfattade målgång på låg höjd för anfall med en rote JA 37 från spärribana (AJU JA 37 övn 140:501F). Målgången genomfördes med fyra SK 60 och två JA 37 i en på förhand fastställd målgruppering med JA 37-roten sist i målgruppen. Övningen var planerad att ske VMC med en målfart av ca 600 km/tim.

1.3 Flygplanet

Flygplan JA 37 nr 37.314 tillhörde F 16.

Flygplanets totala drifttid vid haveriet var 784 tim. Drifttid efter senaste E-tillsyn var 141 tim.

Flygplanet hade extratank och var avlämnat till föraren utan kvarstående anmärkningar.

1.4 Motor

Motor RM 8B nr 9467, tillverkad av VAC på licens utifrån Pratt & Whitneys grundkonstruktion JT8D.

Motorns totala gångtid var 661 tim, varav 62 tim efter stor översyn (SÖ) som slutfördes den 4 september 1990. Denna var utförd av Volvo Aero Support AB i Arboga (dåvarande FFV Aerotech).

Senaste motorkörning utfördes 1990-09-11 i samband med inmontering i flygplanet efter SÖ. Motoroljeanalys (SOAP), trendanalys av registrerade motorparametrar (RUF) samt oljeförbrukning för motorn har inte indikerat onormala förhållanden under tiden efter SÖ.

Kontroll av turbulatorer i motorns flamrör och av kompressorsteg nr 13 utfördes 1991-01-11 vid motordrifttid 652 tim.

Efter montering i flygplanet finns inga tekniska anmärkningar (TRAB) på motorfunktionen noterade.

1.5 Personskador

Föraren ådrog sig endast smärre blessyrer i form av ömhet i rygg/nacke, höger vad, vänster vrist, vänster armbåge och höger pekfinger.

1.6 Skador på flygplanet

Totalhaveri.

1.7 Övriga skador

Vid flygplanets nedslagsplats och i nedslagsriktningen uppstod begränsade skador på skogsmark. En luftkabel till en närliggande högspänningsledning skadades av omringkastade vrakdelar vid nedslaget.

1.8 Väder

I övningsområdet rådde nordvästlig vind, omkring 20 km/tim. Sikten var 50 km i alla nivåer och endast cirrusmoln förekom på ca 8 000 m höjd. Lufttemperaturen var -3°C . Lufttrycket QNH var 1029 hPa. Ingen isbildning eller nederbörd fanns rapporterad från området.

Marken i haveriområdet var tjälad och täckt med ett snötäcke på ca 20 cm.

1.9 Utsagor av hörda personer

Utsagor av hörda personer har upptagits fonetiskt.

Föraren har dels muntligen inför SHK och dels skriftligen redogjort för händelsen samt överväganden och åtgärder (aktbilagorna 10 och 11).

1.10 Flygmedicinsk utredning

Härom hänvisas till SHK aktbilaga 29.

1.11 Teknisk utredning

Den tekniska utredningen framgår av SHK aktbilaga 32.

Sammanfattande resultat av den tekniska undersökningen framgår av 1.15 nedan.

1.12 Händelseförloppet

Ett flygplan JA 37 ur dåvarande F 16/Se M startade den 24 januari 1991 kl. 08.57 från F 16/Uppsala som rotetvåa till ett annat flygplan JA 37 för att tillsammans med fyra SK 60 ur flottiljen genomföra målgång i en luftstridsövning. Anfallande jaktflygplan utgjordes av en annan rote JA 37 ur F 16/Se M. Övningen bedrevs på låg höjd i övningssektor P 2, belägen norr om Västerås.

Målförbandet anflög i den på förhand fastställda grupperingen på kurs 300° med en fart av omkring 600 km/t. Vid stridskontakt med de anfallande jaktflygplanen ökade JA 37-rotens farten till 800–850 km/t genom pådrag till fullgas (MS). Målhöjden var då ca 400 m. Några sekunder efter pådrag till MS hörde föraren i rotetvåan en skarp, markerad smäll i flygplanet, följd av kraftiga vibrationer. Varvtalet på motorn sjönk snabbt och ett flertal varningslampor tändes. Föraren konstaterade att ett totalt motorstopp inträffat och att den hårda smällen indikerade att motorn fått mekaniska skador. Han ökade höjden och meddelade på radion att han fått motorstopp och avsåg att genomföra uthopp. Han initierade räddningssystemet på ca 650 m höjd och med fart omkring 700 km/t. Räddningssystemet fungerade som avsett och föraren landade i fallskärm på Hyttebosjöns is, 12 km SSO om Fagersta kl. 09.10. Flygplanet slog ned i ett skogsparti med moränmark vid Bastmora, 3,5 km VNV om föraren.

1.13 Räddningsinsatsen

Haveriförloppet iakttogs av flera av förarna i målförbandet. Genom kontakt med stridsledningscentralen skedde larmning till ARCC/Cefyl om haveriet och räddningshelikoptrar startades från F 16/Uppsala och F 15/Söderhamn. Flera av målförbandets medlemmar låg kvar över haveriplatsen för att dirigera räddningsinsatsen. De kunde konstatera att föraren från marken gav tecken att han var välbehållen. Kl. 09.46 undsattes föraren av en Hkp 3 ur F 16/Se M. Den samtidigt anlända Hkp 4:an ur F 15 gick mot flygplanets nedslagsplats.

Föraren fördes till Akademiska sjukhuset i Uppsala, där landning skedde kl. 10.10.

1.14 Bärgningsarbetet

Arbetet med att eftersöka och bärga resterna efter det totalt sönderslagna flygplanet blev mycket omfattande och tidsödande. I nedslagsområdet omfattade det 16 arbetsdagar och avslutades 18 veckor efter haveriet, då en sista genomsökning samt markåterställning genomfördes. Därefter fortsatte sökning efter utkastade motordelar under flygbanan fram till i september 1992.

Flygplanets nedslagsområde, vilket som nämnts inledningsvis var täckt av snö, indelades i mindre sektorer som genomsöktes. Mindre delar plockades för hand, medan större bärgades med hjälp av lastbil med lyftanordning. En större, kraftigt demolerad, sammanhängande del av motorn påträffades och transporterades, liksom övriga anträffade motordelar, till VAC i Trollhättan för ingående undersökning. Delar av magnetbanden från flygplanets båda registrerbandspe-

lare återfanns löst liggande i terrängen och hängande i träd. Delarna sändes till FMV:QFlygU i Arboga för utvärdering. Efterhand som snötäcket smälte undan återfanns ytterligare flygplansdelar.

Efter ungefär 6 veckors undersökning av motordelarna vid VAC konstaterades att ett stort antal motordetaljer alltså saknades. Efter noggranna beräkningar av flygplanets position vid den av föraren noterade smällen i flygplanet igångsattes en skallgångsoperation för att söka efter utkastade motordelar inom ett område av ca 1,4 x 2,4 km utefter den beräknade flygbanan. I sökandet deltog, utöver befäl och värnpliktiga ur F 16, ett stort antal civila frivilliga samt skolorungdom under befäl av instruktörer ur Akademiska reservofficerssällskapet i Uppsala. En första storskalig sökoperation genomfördes tre månader efter haveriet och redan första dagen återfanns motordelar inom ett område på 400 x 1 000 m. Det stod snart dock klart att ytterligare delar borde finnas. Förnyade genomsökningar gav varje gång nya fynd. Vid dessa sökningar användes även metalldetektorer. Utöver det bestämda sökområdet undersöktes dessutom ett 400–600 m brett och omkring 5 km långt område under flygbanan för att fastställa om ytterligare koncentrationer av motordelar fanns. I detta område återfanns endast en del av en LT-turbinskovel.

Sökandet i skallgångsområdet pågick under sammanlagt 29 dagar. Totalt återfanns ca 300 motordetaljer till en vikt av 30 kg.

De bärgade flygplansdelarna (exklusive motordetaljerna) vägde sammanlagt 8,9 ton, vilket motsvarar 92% av flygplanets tomvikt utan motor.

1.15 Den tekniska undersökningen

1.15.1 Allmänt

Vid den inledande undersökningen av flygplanets nedslagsplats konstaterades att nedslaget skett med $> 40^\circ$ dykvinkel och i hög fart. Flygplanet var kraftigt sönderdelat och vrakdelar fanns utspridda över ett område 300 x 600 m. Huvuddelen av flygplanets motor återfanns kraftigt deformerad och sönderdelad i fläkt-, kärnmotor-, och EBK-del ca 150 m efter flygplanets första nedslagsplats.

En grovsortering och upplägg av representativa detaljer visade att delar från hela flygplanet återfunnits runt nedslagsplatsen. Inga delar visade tecken på att fågelkollision eller brand/explosion inträffat före nedslaget.

Vid den första undersökningen av motorn framkom tecken på mekaniska skador i turbindelen. Några bandregistreringar med motorparametrar från tidpunkten för motorstoppet kunde inte återfinnas. De bandrester som återfanns var till största delen från de oinspelade bandrullarna i registrerbands spelarna. En sekvens med motorregistreringar under ett 45 sekunder långt intervall har identifierats till tidpunkten 6–7 min före haveriet. Några onormala motorparametrar fanns inte i det materialet.

1.15.2 Flygplanets motor

Redan vid undersökningens inledning kallade SHK på assistans av representanter från motortillverkaren VAC och metallurgisk expertis från Celsius Materialteknik AB. Första fasen av motorundersökning på haveriplatsen och vid VAC bedrevs intensivt och med avsikt att nå ett genombrott i undersökningen under helguppehållet inför påföljande måndag, då JA 37-divisionerna avsåg att återuppta flygverksamheten. Om möjlighet fanns att snabbt inringa ett område i motorn för primärskadan skulle beslut om vidare flygtjänst eller behov av flygrestriktioner underlättas.

Något genombrott skedde dock inte och det förblev oklart var i motorn sönderdelningsförloppet hade startat. Ingående jämförelser med tidigare driftstörningar i motortypen gjordes och bl.a. studerades skadebilden mot de s.k. ”A 5-haverierna”, som inträffade i juli 1988 (37.430 / RM 8 B 9424 ur F 16) respektive i februari 1990 (37.381 / RM 8 B nr 9429 ur F 4). I den uppkomna situationen beslutade flygvapenchefen efter samråd med FMV och VAC om ett utbildningsstopp för JA 37. SHK kunde vid detta tillfälle inte lämna något förslag till åtgärd eftersom inga iakttagelser rörande sannolik felfunktion förelåg.

I en fortsatt andra fas av undersökningen inriktade SHK alltjämt arbetet enbart på att finna primärorsaken, medan FMV och VAC även hade att söka relevanta fakta för att kunna häva utbildningsstoppet.

Efter sju veckor hävde flygvapenchefen utbildningsstoppet. Som grund härför angavs att undersökningarna inte visade på något sannolikt samband med tidigare RM 8 A/B- haverier. VAC ansåg heller inte att primärorsaken kunde vara systematisk. Vid hävandet av stoppet genomfördes en engångskontroll av slagskador på HT-turbinskovlar för motorer med en drifttid mindre än 100 tim efter SÖ.

Representanter från den amerikanska motortillverkaren Pratt & Whitney tog del av utredningsarbetet under de första månaderna. Företaget kunde emellertid inte lämna några synpunkter som förde utredningen vidare.

Utredningsarbetet gick därvid in i en tredje fas med inriktning att:

- Kartlägga skadebilden i hela motorn.
- Med säkerhet särskilja motorns initialskador från skador uppkomna vid nedslaget.
- Avgöra initialskadornas tillkomst på en tidsaxel i avsikt att extrahera startpunkten.
- Genomföra en speciell kvalitetsundersökning och kvalitetsuppföljning på haverimotorn och RM8 A/B allmänt mot bakgrund av att motorn endast gått 62 tim efter stor översyn.
- Kontinuerligt följa upp nya inrapporterade skador på förbands- och underhållsmotorer.

Arbetet bedrevs under lång tid utan att något egentligt genombrott skedde i undersökningen. Som en bouseffekt av det systematiska utredningsarbetet framkom dock bl.a. uppgifter som ledde till att ett tidigare olöst turbinhaveri i

en RM 8 A motor (9160) kunde härledas till för litet axiellt spel i LT-turbinens stator i kombination med stor variation av spelet i omkretsled.

När utredningen pågått under ca tre år och möjligheterna att finna primärorsaken avklingat gjordes en hopsummering av samtliga fakta om haverimotorn tillsammans med referensmaterial från andra turbinskador, som inträffat såväl före som efter haveriet.

I en fjärde och sista fas av utredningen försökte SHK att klarlägga händelseförloppet med hjälp av ett flödesschema. De händelser och motorskador som under utredningens gång bedömdes som huvudhändelser eller viktiga iakttagelser inordnades i en logisk följd i schemat. Undersökningarna av haverimotorn tillsammans med analysen av hypoteserna och flödesschemat gav efterhand ökad förståelse av skadorna i motorn och händelseförloppet under haveriet.

Förhållandet att den aktuella motorn endast hade 62 tim drifttid efter SÖ påkallade en särskild kvalitetsundersökning av material och utfört översynsarbete. Kontrollen visade att motorn efter översyn var i stort sett klar för leveransprov när verkstadens semesterperiod inträffade. Efter semesteruppehållet hade nya direktiv för omläggning av den s.k. A 5-arean utkommit varför motorn återgick till verkstaden för sådan omläggning. I dokumentationen från översyn och returåtgärd finns ingen avvikelse som kan sättas i samband med motorhaveriet. SHK kan dock konstatera att översynsverkstaden FFV Aerotech vid tiden för åtgärderna drogs med en ogynnsam arbetssituation. Förhandlingar pågick om vem av VAC eller FFV Aerotech som skulle kontrakteras för det framtida motorunderhållet av RM 8. Situationen medförde en minskad kommunikation mellan de båda verkstäderna och en ökad personalomsättning vid FFV Aerotech. SHK har funnit tecken på att situationen kan ha inverkat menligt på kvalitetsnivån i det aktuella översynsarbetet. Undersökningen visar att en turbintätning i LT-turbinen blivit omvänt (180°) monterad i förhållande till vad monteringsanvisningen föreskriver. Förhållandet har ingen som helst funktionell betydelse i sammanhanget men utgör i sig ett avsteg från monteringsanvisningen.

Sammanfattningsvis måste således konstateras att den mycket omfattande och tidsödande undersökningen av flygplanets motor fått avslutas utan att för resultatet väsentliga detaljer kunnat återfinnas. Iakttagelser av skadebilden i LT-turbinen har emellertid vid jämförelse med fyra andra turbinhaverier visat många likheter med ett tidigare klarlagt LT-turbinhaveri. Tolkningen av och förklaringen till uppkomsten av sprickor och brott, som iakttagits inom ledskenepaket nr 2 i den aktuella LT-turbinen, har dock experterna varit oense om. Denna oenighet och övriga bedömningar redovisas under avsnitt 2.2.

1.15.3 Räddningssystemets funktion

Genom förarens redogörelse framkom att utskjutningen skedde under kraftiga vibrationer i flygplanet och under fartretardation på en höjd av ca 650 m och med en fart av ca 700 km/t. Den tekniska undersökningen visade att räddningssystemet hade fungerat som avsett.

Vid granskning av fallskärmsselen konstaterades att tre krysspårskruvar i greppplattan till höger benrems karbinhake delvis var urgängade, vilket dock

inte inverkade menligt på räddningsförloppet. Iakttagelsen har emellertid föranlett en modifiering i form av förbättrad låsning av sådana krysspårskruvar.

I likhet med flera av SHK:s tidigare undersökningar visade även denna att föraren inte utlöste det manuella fallskärmsutlösningshandtaget trots att förarinstruktionen föreskriver att så skall ske.

Undersökning av förarens isolerdräkt, flygkängor, flytväst och flyghjälm visade på normal funktion. På grund av luftkrafterna vid uthoppet skadades det yttre färgade hjälmvisiret och flertalet kardborrebandfästa detaljer på flygdräkten lossnade.

Förarens nödsändare visade sig ha fungerat typenligt. Nödsändaren uppfattades dels av en i övningen deltagande Sk 60 och dels mottogs nödsignaler ombord på den undsättande räddningshelikoptern på ett avstånd av 5–10 km från föraren.

1.16 Övriga undersökningar

SHK har även granskat huruvida något förekommit som skulle kunna tyda på att motorhavariet orsakats av sabotage eller annan yttre påverkan, såsom t.ex. en förlupen kula från fågeljakt. Varken polismyndighetens uppgifter eller vad i övrigt förekommit har givit något tecken på en sådan haveriorsak.

2 ANALYS

2.1 Föraren

Inget tyder på annat än att föraren var i god fysisk och psykisk kondition vid haveritillfället.

Förarens mycket detaljerade redogörelser för sina upplevelser under haveriförloppet har ådagalagt en hög sinnesnärvaro och god iakttagelseförmåga. Ingenting antyder att han på något sätt medverkat till att haveriet inträffade eller att han genom någon åtgärd kunde ha undvikit att flygplanet havererade.

SHK konstaterar dock att föraren, liksom förarna vid flera tidigare inträffade fallskärmsuthopp, underlät att manuellt utlösa fallskärmshandtaget efter uthoppet. Han har uppgivit att han genom att häva sig upp i bärremmarna och luta sig bakåt säkert kunde konstatera att huvudfallskärmskalotten var bärande och att manuell utlösning av handtaget därför inte framstod som en naturlig åtgärd.

Förhållandet tyder på att, trots genomförd nödträning och teoretiskt goda kunskaper om nödinstruktionen, det är svårt att inpränta hos en förare att den optiska upplevelsen av en fallskärmskalott i realiteten kan härröra från stolstabiliseringskärm, utlösningsskärm eller hjälpskärm och att han/hon oavsett egna observationer därför ändå manuellt skall utlösa fallskärmshandtaget.

SHK har i tidigare rapporter påpekat underlåtenheten som ett fel i förarfunktionen men då efterlevnadsgraden inte synes ha höjts bör räddningssystemet kanske utrustas med någon form av akustisk påminnelse-signal.

2.2 Flygplanet

SHK utesluter sabotage eller annan yttre påverkan som orsak till motorhaveriet.

Undersökningen visar att flygplanets tekniska dokumentation, kalendertids- och gångtidsunderhåll, tillsyner och serviceåtgärder utförts enligt gällande bestämmelser. Laboratorieprov på olja (SOAP) och trendanalyser av tidigare registrerade motordata (RUF) visar inte på några onormala förhållanden. En anmärkningsvärd iakttagelse är dock att händelsen inträffade så kort tid som 62 tim efter SÖ. Några samband mellan kvalitetsfel vid denna översyn och iakttagelser på återfunna motordelar har dock inte gått att finna.

Vid tidigare inträffade motorhaverier har konstateras att en bristfällig konstruktion eller materialdefekt ofta ger repeterbara felutfall. Så var t.ex. fallet med de s.k. "A 5 -haverierna". Under utredningen har ett antal åtgärder vidtagits som kan ha haft direkt inverkan på att händelsen under efterföljande dryga fyra år inte återkommit. I så fall har haveriets upprepning således eliminerats utan att primärorsaken kommit fram.

De redan vidtagna motoråtgärderna i LT- och HT-turbinerna är:

- Besiktning av HT-turbinskovlar med avseende på slagskador.
- Kontroll av HT-turbinskovlarnas godstjocklek med avseende på eventuell förskjutning av dess kylkanaler.
- Ändrad utformning av HT-turbinens tätsegment.
- Kontroll av LT-turbinens yttre tätringar i steg 2 och 3 samt stödringar i steg 3 och 4.
- Utökning av det axiella spelet i LT-turbinens statordel.
- Nya metoder och verktyg för inmätning av axiellt spel i LT-turbinen.
- Minskad gräns för tillåtet slitage på LT-turbinens ledskenefot.
- Förlängning av främre yttre plattformen på LT-turbinens ledskenor steg 3 och 4 samt förlängning av motgående yta på stödringarna.
- Förbättrad mätning av dämpytorna på LT-turbinskovlarnas takplattformar.
- Införande av hårdhetskontroll av LT-turbinens yttre tätringar.

Den expertis som SHK anlitat har förutom i ett fall varit helt enig om skadebild samt utseende och bedömningar av sönderdelningsförloppet. I fråga om utmattningssprickor och utmattningsbrott inom ledskenepaket nr 2 i LT-turbinen föreligger oenighet mellan VAC och Celsius MT huruvida dessa uppstått som en sekundärskada vid sönderdelningen eller om detaljerna utmattats p.g.a. av högfrekvent svängning under ett längre tidsförlopp, s.k. HCF (High Cycle Fatigue). Celsius MT anser, med hänsyn till sprickornas utseende, grad av oxidation och det korta sönderdelningsförloppet, att utmattningssprickorna startat väl före initialsmällen i motorn. VAC å sin sida anser att det antal jämna lastväxlingar,

som krävs för att ge upphov till HCF-sprickor, mycket väl hunnit genereras av obalansen efter det att motorn börjat sönderdelas, ävensom som att oxideringen kunnat ske under samma korta tidsintervall. VAC:s slutsats är därför att nämnda skador utgör s.k. sekundärskador under haveriförloppet.

Vid jämförelser med tidigare motorhaverier har liknande utmattningssprickor funnits i ledskenepaket 3 och 4 (RM 8 B nr 9424). Enligt dokumentationen från ett stort antal SÖ har emellertid liknande sprickförekomster inte upptäckts. Svårigheterna att analysera iakttagelserna i haverimotorn och motor nr 9424 visar på en viss brist på kunskap rörande framförallt oxidationstillväxten på sprick- och brottytor i kombination med ytornas utseende och att utifrån dessa förhållanden göra en korrekt tolkning av en sådan ytas ålder.

Den tekniska utredarens slutsatser om motorns sannolika sönderdelningsförlopp är att en hittills okänd primärskada i LT-turbinen medfört en osymmetrisk skovelförlust i LT-rotorn. Den påföljande obalansen har medfört snedbelastningar som resulterat i lagerhaveri i motorns bakre lagerupphängning. Bakre lagerhuset och stödrören som bär upp lagerhuset har därefter vridits sönder så att motorn förlorat sitt bakre radiella stöd. Obalansen och avsaknaden av radiellt stöd har lett till att LT-rotorn börjat svänga ut med efterföljande sönderslagning av LT-turbinen och utkast av turbindelar. LT-rotorns utsvängning har överförs till HT-turbinaxeln varvid turbinskovlarna tagit i tätsegmenten, vilket medfört sönderslagning av HT-turbinskovlarnas bladtoppar. Efterhand har HT- och LT-rotorernas varvtal bromsats upp totalt under det att motorn brutits ned fullständigt och slutat ge dragkraft.

Vad gäller den primära orsaken till motorhaveriet råder enighet om att turbinens nedbrytningsförlopp startat i LT-turbinen. VAC har i sin slutrapport presenterat tre alternativa primärorsaker:

- Ett ogynnsamt axiellt spel i LT-turbinens statordel kan ha medfört en cyklisk tangentiell matning av stödringssegmenten och en axiell klämning av yttre tätningen i steg 2 eller 3.
- En materialdefekt och mekanisk skada på någon LT-turbinskovel har förorsakat ett skovelbrott, eller också har en bortbrusten läpp på tätsegment i HT-turbinen skadat en LT-turbinskovel.
- Ett brott i bladprofilen på en LT-turbinledskena orsakad av materialdefekt i ledskenan i kombination med en mekanisk skada på skenan.

Inget av ovanstående tre alternativ kan förordas med ledning av hårdvaruiakttagelser som gjorts i haverimotorn. Alternativerna är skapade genom ett logiskt konsekvensresonemang av rimliga tänkbara orsaker som inte med säkerhet kunnat uteslutas.

SHK framhåller därför den tekniske utredarens och VAC:s sannolika slutsatser att var för sig utgöra en likvärdig möjlig orsak till att ha startat sönderdelningsförloppet i motorns LT-turbindel.

SHK konstaterar att det trots ett mycket omfattande utredningsarbete inte gått att fastställa primärorsaken till motorhaveriet. Det är sannolikt möjligt att med nya erfarenheter och iakttagelser i andra motorer samt kunskapsuppbyggnad

rörande korrekt tolkning av sprick- och brottytors ålder i framtiden fastställa vad som orsakat haveriet. SHK har dock inte ansett sig böra av det skälet ytterligare avvakta med att avge slutrapport.

Avslutningsvis konstaterar SHK att den långa utredningstiden till stor del berott på att VAC fortlöpande fått utföra andra mer angelägna motorundersökningar som ianspråktagit det fåtal kunniga personer som företaget disponerar för dylika undersökningar. SHK har viss förståelse för förhållandet men anser att produktansvarsåtagandet borde kräva en snabbare handläggning.

2.3 Säkerhetsmaterielens funktion

Förarens uthopp skedde på betryggande höjd. Den relativt höga farten kan dock ha förorsakat flera av de smärre blessyrer som föraren ådrog sig liksom de skador som konstaterats på flygutrustningen. Flygplanets retardation vid uthoppet bedöms ha utgjort en försvårande faktor eftersom föraren var framåtlutad och därmed i en ogynnsam kroppsställning. Undersökningen av föraren visar dock att han klarade uthoppet i stort sett oskadd. Den tekniska undersökningen av räddningssystem och övrig säkerhetsmateriel visar på avsedd funktion. De lossnade krysskruvarna till fallskärmens benrem har inte inverkat på räddningsförloppet. Iakttagelsen har dock föranlett en modifiering i form av förbättrad låsning av skruvarna.

3 OLYCKSORSAK

Det har genom företagna motorundersökningar, analyser och jämförelser med andra motorhändelser inte gått att fastställa primärorsaken till att flygplanets motor havererade.

Utredningen visar på tre alternativa och likvärdiga primärorsaker som, med sin början i LT-turbinen kan ha förorsakat motorns nedbrytning.

4 REKOMMENDATIONER

- 4.1 Haveriundersökningen har visat att kunskaperna om oxidationstillväxt på sprick- och brottytor samt ytornas utseende inte är tillräckliga, vilket omöjliggör en korrekt tolkning av sådana ytors ålder. CFVL bör verka för att forskning inom ämnesområdet initieras liksom att fortsatt bevakning av relevanta motorhändelser sker.
- 4.2 Denna utredning skulle sannolikt ha underlättats avsevärt om motorparametrar från flygplanets databandspelare kunnat utnyttjas. CFVL bör påskynda åtgärder så att bandspelarna kraschskyddas.
- 4.3 Förares flerfaldigt konstaterade underlåtenhet att vid fallskärmsuthopp använda den manuella utlösningmekanismen bör bli föremål för CFVL:s överväganden och åtgärder.