

AVIATION ENGINEERING AS

**LUFTFARTSULYKKE
10. oktober 2006
STORD LUFTHAVN
Sørstokken (ENSO).**

BAe 146-200

OY-CRG

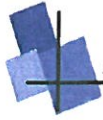
Serie nr. 2075

operated by

Atlantic Airways AS.

0500-01-270-01

Dated: 10.05.2011



INNHOLDS FORTEGNELSE

- 1.0 Innledning**
- 2.0 Hensikt**
- 3.0 Forutsetninger**
- 4.0 Hendelsesforløpet**
- 5.0 Typer av Spoiler System**
 - 5.1 Beskrivelse av Lift Spoiler System generelt**
 - 5.2 Detaljert beskrivelse av Lift Spoiler System**
 - 5.3 Generell beskrivelse av luftfartøyets varslings system**
 - 5.4 Beskrivelse av Lift Spoilers varslings system**
 - 5.5 Feil Analyse**
 - 5.5.1 Enkeltfeil som kan hindre utfelling av spoilerene**
 - 5.5.2 Skjulte feil som kan hindre utfelling av spoilerene hvis en ny feil oppstår.**
- 6.0 Sertifiserings kriterier**
- 7.0 Sikkerhetsanalyser**
 - 7.1 Sikkerhetsanalyser "Green and Yellow" spoiler system felles ikke ut etter landing.**
- 8.0 Tidligere lignende feil funnet på luftfartøystypen**
 - 8.1 Feil som er funnet på PCB kort og Mikrobrytere**
 - 8.2 Siste utførte inspeksjoner på skjulte feil til PCB og Mikrobrytere**
- 9.0 Konklusjon**
- 10.0 Litteraturliste / Referanseliste**



1.0 INNLEDNING

Aviation Engineering AS har fått i oppdrag fra Statens Havarikommisjon for transport (SHT), til å utarbeide en rapport for å belyse følgende tema i forbindelse med flyulykken med Bae 146-200, OY-CRG, Stord Lufthavn – Sørstokken - (ENSO) den 10.10 2006. Luftfartøyet ble operert av Atlantic Airways AS.

- 1.1 Beskrivelse av Spoiler system og varslings system.
- 1.2 Konstruksjonskrav og sikkerhetsanalyser fra myndigheter og flyfabrikant.
- 1.3 Konklusjon og eventuelle anbefalinger om forbedringer.

2.0 HENSIKT

Denne rapporten har til hensikt å være et supplement under granskningen i forbindelse med etterforskningen av denne flyulykken.

3.0 FORUTSETNINGER

Denne rapporten vil ikke ta stilling til noen årsaksforhold i forbindelse med flyulykken, men vil vise sannsynligheten for at en teknisk svikt i forbindelse med en skjult feil ikke kan utelukkes som en mulig årsak.

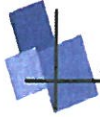
Rapporten er bygd på fakta informasjon hentet fra Statens Havarikommisjon, Luftfartsfabrikant, luftfartsmyndigheter og operatør. All litteratur og dokumentasjon som er benyttet i denne rapporten er beskrevet i egen litteratur liste.

4.0 HENDELSESFORLØPET

Flymaskinen BAe 146-200 med registrering OY-CRG var klarert til å lande på bane 33 på Stord, Sørstokken den 10.10.2006

Pilotene hadde lagt til grunn at de hadde 3 kts medvind på dette banevalget og at banen var tørr ettersom de ikke hadde fått opplyst annet.

Under intervjuet har pilotene opplyst at de følte det var en myk landing, men at de landet noe lenger inn på banen enn det som var vanlig. Ved valg av "spoiler's", kom ikke disse ut. Styrmannen har forklart at han verifiserte at hydraulisk trykk og øvrige instrumenter viste normale verdier og at aktuelle brytere stod i korrekte posisjoner. Fartøysjefen mente at bremsene fungerte frem til ca. halvveis på rullebanen, men derfra så uteble retardasjon selv om full kraft ble brukt på bremsepedaler. "Brake Selector Handle" ble endret til "Yellow Hydraulic System" uten effekt, og deretter til "Emergency Brake System".



AFIS fullmektig mente at flyet kom høyere og noe raskere inn for landing enn det som var normalt. Han antyder at flyet satte seg på den første tredjedel av rullebanen. I tillegg observerte han at det kom veldig mye vanddamp, fuktighet og røyk opp og bak hovedhjulene. Sprayen var vesentlig høyere enn tidligere, i høyde med flyets balanseror. Sprayen stod som en trekant ut bak hovedhjulene og den vedvarte langs hele rullebanen.

Både AFIS fullmektig og vaktledere observerte at flyet fortsatte å produsere vingevirvler.

5.0 TYPER AV SPOILER SYSTEM

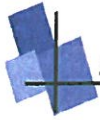
(a) Denne flymaskinen har totalt 8 Spoilere fordelt på begge vingene. (4 stykker på hver vinge) Den ytterste Spoileren på hver vinge kalles for "Roll Spoilers" og har i oppgave å assistere roll bevegelsene under flygning.

(b) De neste to spoilerne innenfor "Roll Spoilers" på hver vinge, kalles for "Outer Green Lift Spoilers". Disse Spoilerne opereres av Hydrauliske Aktuatorer som er montert på oversiden av vingene og får hydraulisk trykk fra "Green Hydraulic System" som igjen styres av et eget elektronisk regulerings system kun for disse spoilerne. Dette Spoiler systemet har i oppgave å bryte løftet på vingene etter at flymaskinen har landet for blant annet å øke nedbremsings-effekten.

(c) Den neste spoileren innenfor de to "Outer Green Lift Spoilers" på hver vinge, kalles for "Inner Yellow Lift Spoilers". Disse spoilerne opereres også av egne Hydrauliske Aktuatorer som er montert på oversiden av vingene og får hydraulisk trykk fra "Yellow Hydraulic System" som igjen styres av et eget elektronisk regulerings system kun for disse spoilerne. Denne spoileren har i oppgave å hjelpe flymaskinen til å stabilisere seg i landingsfasen ved å bryte løftet på vingens indre overflate før "Outer Green Lift Spoilers" utløses 1.5 sekunder etter og bryter løftet på hele vingen.

Disse to spoiler systemene som beskrevet i 5.0 (b) og 5.0 (c) er helt uavhengige system og brukes bare under landing, etter at hjulene er i kontakt med bakken. Systemet blir derfor også omtalt som "Ground spoilers". Det finnes i tillegg innretninger og rutiner som skal hindre en utilsiktet utfelling av spoilerene mens flyet er i luften.

I denne rapporten vil vi kun å beskrive "Outer Green Lift Spoilers", ref punkt 5.0 (b) og "Inner Yellow Lift Spoilers" ref punkt 5.0 (c) ovenfor, fordi det er disse to systemene som påvirker nedbremsnings-effekten etter landing.



5.1 BESKRIVELSE AV LIFT SPOILER SYSTEM GENERELT

Begge Lift spoilerere er tilkoplede separate hydrauliske systemer. Hvorav motor nr. 2 driver "Yellow system's" hydraulikkpumpe, mens motor nr. 3 driver "Green system's" hydraulikkpumpe.

Strøm til begge systemene fordeles fra "Emergency DC Bus", "Essential DC Bus", "DC 2 Bus" og "DC 2B Bus".

Utførelse av "Spoilers" kontrolleres manuelt av piloter ved hjelp av "Airbrake/Lift Spoiler Lever" som er montert i "Pedestal". "Airbrake/Lift Spoiler Lever" har to funksjoner fordi denne kontrollerer både "Speedbrakes" og "Spoilers".

"Airbrake/lift spoiler lever" har derfor 3 posisjoner, hvorav første posisjon (når "Airbrake/Lift Spoiler Lever" er i fremre posisjon) er "Speedbrakes OFF" og "Spoiler off", andre posisjon er "Speed brake ON & Spoiler OFF" ("speedbrakes deployed"). I den bakerste posisjon er spoilerene utført ("spoilers deployed"). I denne posisjonen er både "Speedbrake" og "Spoilere" utført.

"Speed Brake" eller luftbrems, brukes normalt til å bremse ned farten under siste del av innflyvning mot rullebanen.

Før spoilerene kan felles må minst 3 av 4 "Thrust Levers" være i "Flight Idle" posisjon. "Flight Idle" er den bakerste posisjon motorenes "Thrust Levers" kan ha under flygning.

Disse to sistnevnte, "Spoiler Lever & Thrust Levers", er manuelle kontroller som må være satt i riktig posisjon av pilotene for få "Spoilere" til å utfelle seg.

På understellet finnes det sensorer som detekterer når understellsleggene blir presset sammen etter at hjulene er i kontakt med bakken og flyets vekt blir overført til hjulene.

Det finnes to slike sensorer på hvert av de tre understellsleggene. Når kontaktene til disse sensorene skifter, betyr det at flyet er landet og alle seks "Lift spoilers" kan utfelles. Om dette signalet uteblir fra ett system, vil allikevel det andre systemet kunne felle ut spoilerene ettersom systemene er uavhengige av hverandre.

Spoiler systemene har i tillegg flere overvåknings lys som forteller pilotene om systemets status eller at eventuelle feilfunksjoner har oppstått.

Hvis det oppstår feil i ett av systemene, skal systemet koples ut. Det finnes derfor egne deaktiverings brytere og alarmlys som indikerer at aktuelt system er utkoplede.

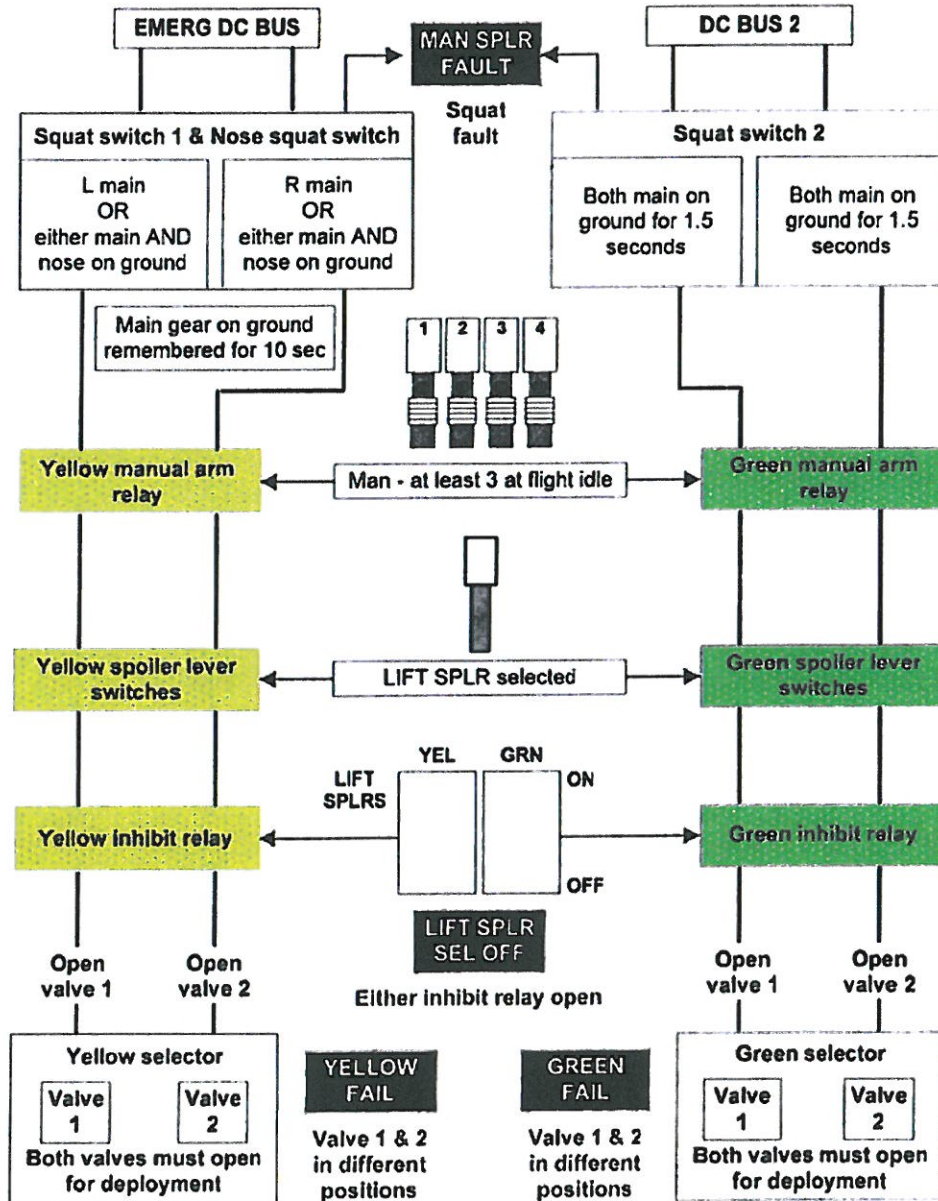
Det finnes to typer spoiler kontroll system på BAe146-200 series; "Manual Spoiler Control" og "Automatic Spoiler Control".

Vi skal i denne sammenheng kun beskrive "Manual Spoiler Control" systemet, ettersom OY-CRG hadde et slikt system.



5.2 DETALJERT BESKRIVELSE AV LIFT SPOILER SYSTEM

Figure 9.8 – Manual Spoiler Control



Figur 5.2

Forenklet oversikt over "Yellow Spoiler System" og "Green Spoiler System".



Vi skal i denne rapporten konsentrere oss om systemene som overvåker om flyet er på bakken eller i luften, samt om hvordan signalene genereres og kontrolleres for "Yellow & Green System".

Det finnes seks følere ("sensors") som er fordelt i par på hvert av de tre understellsleggene. Fire av disse detektorer brukes til "Yellow Spoiler System". Her brukes begge nesehjulslegg sensorene, pluss en sensor fra hvert av hovedhjulsleggene. De to gjenværende sensorer som er montert på hver av hovedhjulsleggene, brukes av "Green Spoiler System".

Disse sensorene, også kalt "Squat Switch", er av typen "proximity switch", som føler nærhet til et objekt og åpner eller lukker en kontakt når nærhet detekteres. Slike typer sensorer regnes som meget solide og brukes på luftfartøy hvor miljøpåvirkninger er meget krevende. Alle seks "proximity switcher" krever tilleggs-elektronikk som bestemmer når åpne eller lukke signal skal genereres. Denne tilleggs-elektronikken legger en kontakt til jord når den detekterer/føler at aktuell "understells legg" er komprimert/sammentrykket.

Som tidligere nevnt så finnes det 4 sensorer som tilhører "Yellow Spoiler System Squat Switches". En "sensor" på hver av hovedhjulsleggene og to "sensor's" på nesehjulsleggen. Til "Green Spoiler System" brukes det kun to sensorer. En på hvert av hovedhjul understellsleggene.

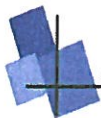
Det finnes to separate "squat switch" systemer. System 1 og system 2, som styres av samme "proximity switch" signaler som spoiler systemene bruker fra begge hovedhjulslegger. Signaler fra nesehjulsleggen (2 sensorer) brukes ikke her. De er kun tilkopleet "Yellow Spoiler System".

Ettersom disse to "squat switch" system også gir signal til mange forskjellige andre system (om flyet er i luften eller på bakken), så må dette styres av hjelpeleer som formidler disse signalene til de forskjellige systemene. Derfor finnes det to "relee banker" for hvert av systemene. En bank som inneholder releer som gir "på bakken" signal, og en relee bank som gir "i luften" signal. Totalt blir dette fire relee banker som sender ut informasjon om flyet er i luften eller på bakken.

Ettersom signalene fra "proximity switcher" er helt avgjørende for å få felt ut spoilerene, er det nødvendig å vite hvordan de forskjellige kombinasjoner av signaler fra disse påvirker spoilerene. Det er forskjell på hvordan signalene "genereres" til hvert av systemene.

"Yellow Spoiler System" kan felles ut under forutsetning av at de enkelte hjullegger komprimeres til "proximity switcher" gir signal om at flyet har landet, hvis:

- (a) To hovedhjul har kontakt med bakken.
- (b) Nesehjul og venstre hovedhjul har kontakt med bakken.
- (c) Nesehjul og høyre hovedhjul har kontakt med bakken.



- (d) Ett av hovedhjulene har vært i kontakt med bakken, og det innen 10 sekunder deretter detekteres at nesehjul får bakkekontakt.

Hvis releene GA47 og GA46 (system 1 squat relays, ref wiring drawing HC276H7652-006, Sheet 2, Issue 4) aktiveres, så sendes det "28VDC" fra "EMERG DC Bus". Disse to signalene sendes videre gjennom systemet og vil til slutt aktivere "Selector Valve" som styrer trykk til "Yellow Spoiler System" aktuatorer.

"Green Spoiler System" kan felles ut under forutsetning av at de enkelte hjullegger komprimeres til "proximity switcher" gir signal om at flyet har landet, hvis:

- * To hovedhjul har kontakt med bakken i minimum 1,5 sekunder.

Hvis releene GA18 og GA19 (system 2 squat relays, ref wiring drawing HC276H7652-006, Sheet 2, Issue 4) aktiveres, så sendes det "28VDC" fra "DC 2 Bus". Disse to signalene sendes videre gjennom systemet og vil til slutt aktivere "Selector Valve" som styrer trykk til "Green Spoiler system" aktuatorer.

Forsinkelsen på 1,5 sekunder før "Green Spoiler System" aktiveres, er lagt inn for å unngå for stor belastning på understell og struktur ved harde landinger, ettersom løftet reduseres med ca. 80 % når alle spoilerflater er utfelt.

De to signalene, 2 X (28VDC) fra hvert av "squat releene", som betyr at flyet er på bakken, går videre til to armerings releer. Et rele for hvert system. Disse releer aktiveres når "Thrust Levers" trekkes tilbake til "Idle" posisjon. Det er en logisk krets til hvert armerings relé. Logikkretsen har til oppgave å hindre armering hvis ikke minst tre (3) av fire (4) "Thrust Levers" er trukket tilbake til "Flight idle" posisjon.

Etter at disse signaler har passert armeringskretsene, går de videre til de 4 mikrobryterne som opereres av spoiler handtakes kam. Det er to mikrobrytere for hvert av spoiler systemene. Det finnes en femte mikrobryter som har til oppgave og hindre at "Spoiler Unlocked Warning" kommer på når spoilere utfelles med hensikt, samt at dette også brukes til "Lift Spoiler Not Deployed Warning System", som omtales i Paragraf 5.3 nedenfor.

De fire "Deploy" (28VDC) signalene går så til hvert sitt "Inhibit" relé. Inhibit releer har til oppgave å isolere system hvor det har oppstått feil. Om det oppstår en feil som indikeres på "Master Warning" panelet, må pilotene slå av systemet manuelt med egen bryter, som tenner en varslings lampe i "Master Warning" panel med teksten: "LIFT SPLR SEL OFF".

"Deploy" signalene går så videre direkte til begge "Selector Valves", som åpner for hydraulisk trykk til de forskjellige "Spoiler" aktuatorer som så utfeller "Spoilere".



5.3 GENERELL BESKRIVELSE LUFTFARTØYETS VARSLINGS SYSTEM

Det finnes flere alarm og varsels lys som er tilknyttet mot flyets "Master Warning" panel som er plassert midt i instrument panelet. I tillegg er det plassert andre varslings lys på hensiktsmessige plasser i cockpit.

Master warning panel har lys med forskjellige symboler og farge, som har spesiell betydning og prioritet.

I forbindelse med "Ground Spoilers" finnes det to lys.

Det første er ett oransje lys med teksten "SPLR". Det finnes også en avkuttet trekant til venstre for teksten "SPLR", til høyre for denne tekst finnes en pil som peker oppover. Den oransje trekanten betyr at vi skal høre ett "ping" (Lydsignal) om dette lys tennes. Pilen betyr at det finnes tilleggs lys i "Overhead Panel" (Tak panel).

Det andre lyset som finnes, er oransje med teksten "LIFT SPLR SEL OFF", som vil lyse for å påminne pilotene om at et av spoiler systemene er utkoplet. (Brytere i "overhead" panel).

Bilde av "Master Warning" panel, ref figur 5.3 nedenfor, viser alle lysene som er tent når det utføres en lys test.

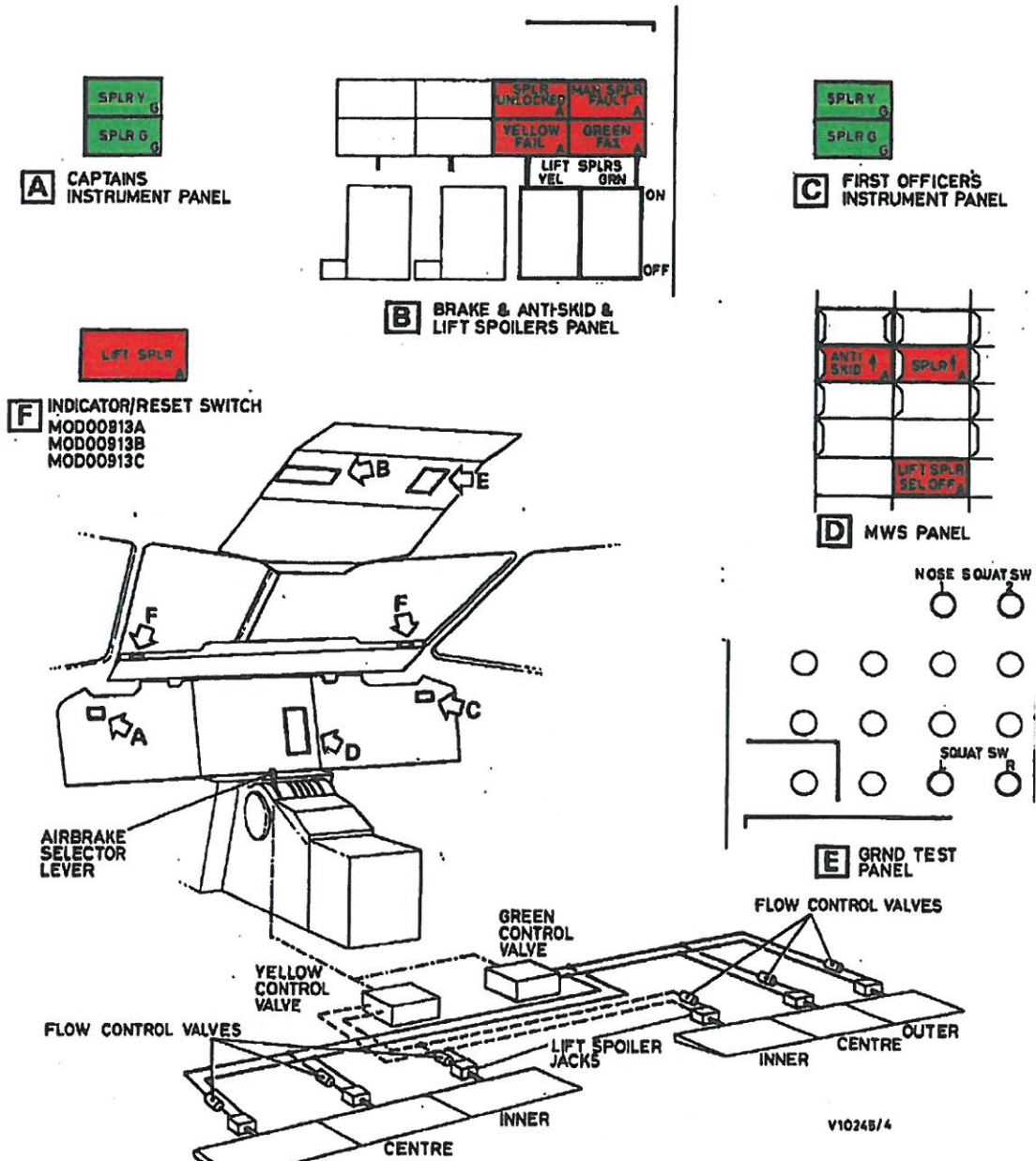


Figur 5.3, Master Warning Panel. (Light Test)



5.4 BESKRIVELSE AV LIFT SPOILERS VARSLINGS SYSTEM

I dette kapitlet beskrives varlings systemet for spoiler systemene i detalj. Figuren 5.4 under viser plassering av komponenter i "ground spoiler systemes". Figuren er hentet fra AMM 27-61-001 figur 1. Skjemaet viser i tillegg ytterligere informasjon om feilens art.



Figur 5.4

Spoiler Warning System



Jfr figur 5.4 (B), finner vi varslings lysene "Yellow Fail" & "Green Fail" "warning light", samt bryterne som brukes til å kople ut spoiler system med feil. Dette er en feil som indikerer at det har oppstått funksjonsfeil i "solenoid valve" som styrer trykk til "spoiler aktuatorer". Pilotene skal da kople ut aktuelt system. Det er lagt inn en tidsforsinkelse på 5 sekunder på disse lysene. Dette skal hindre utilsiktet tenning av varselys på grunn av normal treghet som kan oppstå i slike systemer.

"MAN SPLR FAULT", ref Figur 5.4 (B), er ett varsel lys som indikerer at ett av de to "Squat Switch" signalene mangler. Det er i tillegg lagt inn en 20 sekunders forsinkelse før dette "warning" lyset tenner. Denne forsinkelse er lagt inn for å forhindre "warning", når flyet for eksempel lander i sidevind eller under turbulente forhold.

"SPLR UNLOCKED" ref Figur 5.4.(B), er varsel om at en av spoiler flatene ikke er "inne og låst".

Det finnes også to enkeltstående informasjons lys på instrumentpanelet, ref. Figur 5.4 (A) og Figur 5.4 (C). Et par "Warning" lys for hver av pilotene. Dette er informasjon som viser at spoilerene er utfelt. Lysene har teksten "SPLR Y" og "SPLR G". Begge har grønn farge. Indikator lysene er plassert ovenfor hverandre, "Yellow Spoiler" over "Green Spoiler".

Under landing tennes disse når spoilerene utfelles. Lys for "Yellow Spoiler System" tennes først og 1,5 sekunder senere tennes lys for "Green Spoiler System". Dette er pilotenes indikasjon på at spoilerene felles ut. I tillegg vil pilotene tydelig merke at bremse effekten øker når spoilerene blir utfelt. Begge lysene blir tent når det hydrauliske trykket i "Spoiler Out Line" som går til aktuatorene, når riktig verdi. Det er ingen indikasjon som viser at de enkelte spoilerflater blir helt utfelt.

I tillegg til dette systemet finnes det et ekstra varslings system som heter "Lift Spoiler Not Deployed Warning System", ref figure 5.4 (F). Systemet består av to orange lys med teksten "LIFT SPLR". Lysene er montert på "Glare Shield", rett foran hver av pilotene.

Lysene skal påminne pilotene om å aktivere spoilerene. I tillegg forteller lysene at spoilerene ikke er utfelt selv om handtaket er satt i riktig posisjon, om disse ikke felles ut. Varselyset ble innført etter en enkeltstående hendelse i 1987. Modifikasjonen ble i 1995 gjort "MANDATORY".

Dette er et helt uavhengig system som ikke er tilkoplek flyets "Master Warning Panel".

Varslings system har følgende tidsintervaller.

- (1) Hvis "Lift Spoiler Lever" settes til "Deploy" stilling, så skal lys tennes etter 3 sekunder dersom spoilerene ikke "Deployer" eller felles ut når "Squat Switcher" indikerer at flyet har landet.
- (2) Hvis "Lift Spoiler Lever" ikke settes til "Deploy" stilling, vil lys tennes etter 6 sekunder, etterat "Squat Switcher" indikerer at flyet har landet.

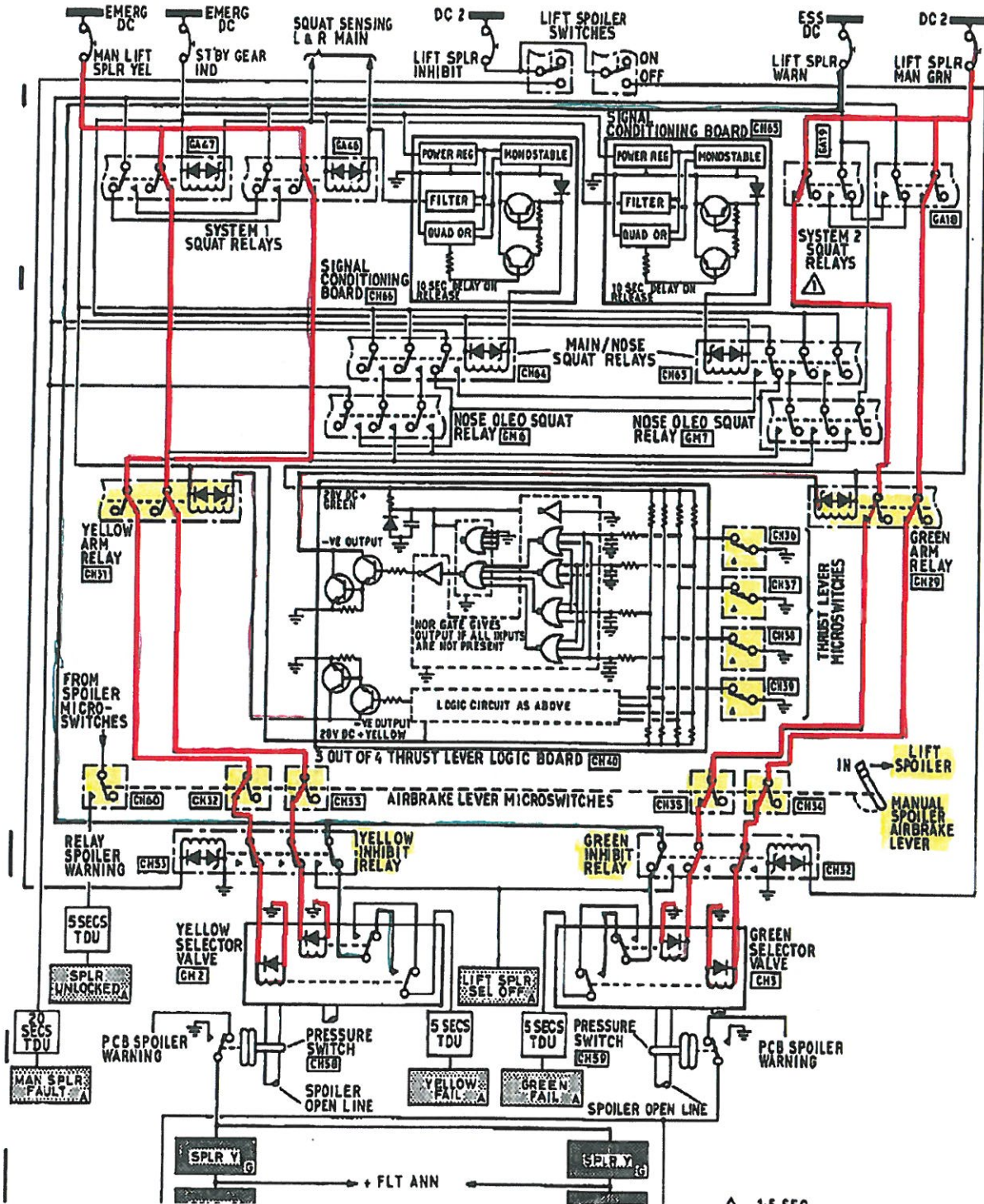


I begge tilfeller vil lyset være på i maksimum 14 sekunder før det slukkes. Ved å trykke på lyset (kombinert lys og bryter) kan kretsen resettes og lyset slukker.

"Spoiler Not Deployed" lys, styres av eget "Spoiler Warning PCB" som er montert i PCB rack. Systemet får signaler fra alle 6 "Proximity Switch Cards", fra alle fire (to for hvert hovedhjul) "Downlock Card" (som betyr at hovedhjul er ute og låst i denne posisjon) og fra "Lift Spoiler Lever" (posisjon). Systemet er også tilkopleet "Light Test" og "Dimming System".



5.5 FEIL ANALYSE.



Figur 5.5



5.5.1 ENKELT FEIL SOM KAN HINDRE UTFELLING AV SPOILERENE

Enkeltfeil kan oppstå hvis en av forbindelsene som vist i i figur 5.5, som er merket med rødt, brytes. Dette gjelder både for Yellow Spoiler System" og "Green Spoiler System".

Dette kan også skje hvis en av jordings "signalene" forsvinner eller at det oppstår brudd til en av de fire "Squat Relays" (GA47,GA48,GA18 og GA19, ref figur 5.5). Imidlertid vil alltid ett system fungere ved EN enkelt feil som angitt ovenfor.

Ved en enkelt feil på ett av systemene, vil alltid det andre systemet fungere som normalt hvis betingelser som er nevnt ovenfor er tilstedet.

Dobbelt enkeltfeil *kan* oppstå, men sannsynligheten for dette er meget liten.

5.5.2 SKJULTE FEIL SOM KAN HINDRE UTFELLING AV BEGGE SPOILER SYSTEM OM EN NY FEIL OPPSTÅR.

Skjulte feil eller "dormant failures" er en feil som ikke kan oppdages før feil nr to oppstår. Med dette menes at systemene fungerer selv om det finnes en feil!

Etter nøye studie av systemene, så finnes det en mulighet for at denne type feil kan oppstå i systemene:

"Arm" releer for begge "spoiler systems", styres av to stk. "3 Out Of Four Thrust Logic Board". Disse to logiske kretser styres av mikrobrytere som skal føle at minst tre (3) stk "Thrust Levers" er tilbakeført til posisjonen "Idle Stop". Det finnes bare ett sett mikrobrytere som styrer begge disse systemene, altså totalt fire mikrobrytere.

Hvis en av disse mikrobrytere feiler, eller at kretsløpet til mikrobryteren brytes i forbindelse med brudd på ledninger/kontakter, eller dårlig kontakt i kontaktflatene på "Printed Circuit Board" (PCB) oppstår, da har vi fått en skjult feil. Dette vil være signal til begge "3 Out Of Four Thrust Logic Board" om at en "Thrust Lever" ikke er tilbaketrukket til "Idle Stop". Vi har nå fått en "dormant failure".

Om så en ny feil oppstår på en annen av disse fire mikrosbrytere, vil denne ene feilen føre til at begge spoiler system ikke fungerer. Denne type feil kan kun oppdages i forbindelse med vedlikehold.

Det vil være vanskelig å verifisere kontinuerlig luftdyktighet for funksjonen av disse mikrobrytere med tilhørende kretsløp, fordi et tilfeldig brudd kan oppstå ("intermittent") for så å være i orden igjen. I tillegg finnes det også mulighet for at mikrobrytere ikke blir operert som følge av mekanisk feil, med samme resultat som ovenfor. Man kan faktisk få samme resultat om en mekanisk feil pluss en elektrisk feil oppstår, eller ved kombinasjoner av disse.



6.0 SERTIFISERINGS KRITERIER

Bae 146-200 er konstruert i henhold til FAR/JAR 25, Amd 5 og er godkjent i henhold til Typersertifikat BA16 og EASA A.182

Sertifiserings koder som er tatt hensyn til i denne rapporten er:

- (a) ACJ No 1 til JAR 25.1309 og FAR 25.1309
- (b) FAR / JAR 25.671(c)
- (c) FAR / JAR 25.672(a)

7.0 SIKKERHETS ANALYSER

Sikkerhets analyser som er belyst og vurdert i denne rapporten er begrenset til BAE No HTD/F/460-27/RL.0327-6, Issue 4, datert April 1983, Para 4.3

7.1 "GREEN AND YELLOW LIFT SPOILER" FELLES IKKE UT UNDER LANDING

7.1.1 Siden begge spoilerne uteble ved landing, vil det være mest naturlig å se på enkeltfeil som påvirker begge systemer. Dette er drøftet i Para 4.3.3, i BAE No: HTD/F/460-27/RL.0327-6, Issue 4, datert April 1983

Feil Modes: Ingen utfelling av begge spoiler systemene kan oppstå enten av individuelle feil eller kombinerte feil i begge systemer. Sannsynlighetsberegningene for feil frekvensen i disse systemene viser større sannsynlighet for individuelle feil enn for kombinerte feil i begge systemene.

Følgende individuelle feil ("Single Failures") må oppstå for at ingen av liftspoiler - systemene blir utfelt ved landing:

- (a) "Airbrake Levers Mechanism" mister sin mekaniske tilkopling.
- (b) "Air Brake Levers" kiler seg før den når stillingen den skal ha for å kunne aktivere mikroswitchene.
- (c) At "Throttle Logic Card" PCB kort mister elektrisk kontakt i kontaktflatene i forbindelse med installasjon eller under drift.
- (d) Mister begge sensorer på neshjulet.

NOTE: Aviation Engineering AS har funnet ut at på denne flytypen så vil dette kun forårsake at "Yellow System" forsvinner. "Green System vil fortsatt være aktiv. Dette punktet kan ha relasjon til tidligere konfigurasjon av luftfartøyet.

Følgende kombinerte feil:

- (a) Mister trykk til begge hydraulikk systemer.
- (b) Mister kontakt til sikring i "Green System" gir ingen indikasjon om feil.



7.1.2 Flyfabrikanten "TC-Holder" har definert følgende risiko klassifisering i de tilfeller der luftfartøyet mister begge spoiler - system under landing:

- (a) "Major" for ubegrenset rullebane. Det vil si at luftfartøyet er konstruert på en slik måte at sannsynligheten for svikt i disse systemene tilfredsstillert sertifiseringskravene.
- (b) "Hazardous" - Hvis rullebanen er begrenset eller "limitert", at den er våt og at det kan oppstå en fare for at luftfartøyet vil rulle utenfor rullebanen i en uønsket høy fart. Det er også gjort en vurdering på at det i verste fall kan oppstå en situasjon som kan komme inn under klassifiseringen "Chatastrophic" hvis det er en hindring i enden av rullebanen.
- (c) Hvis pilotene er klar over at spoiler systemene ikke virker før de skal lande, så har flyfabrikanten ut fra analyser sannsynliggjort at sannsynligheten for at dette kan skje kommer innenfor klassifiseringen "Major".
- (d) Hvis pilotene ikke får noen indikasjon på at det er feil med spoilerne før de skal lande på en begrenset eller limitert våt rullebane med hindring, så har flyfabrikanten ut fra analyser sannsynliggjort at sannsynligheten for at dette kan skje er innenfor sertifiserings - klassifiseringen "Hazardous/Catastrophic"

Ut fra denne vurderingen så har flyfabrikanten utført detaljerte analyser som belyser risiko momentene i konstruksjonen og at luftfartøyet er konstruert i henhold til kravene i JAR/FAR 25.1309

(e) For å oppfylle sertifiseringskravene, så har flyfabrikanten i tillegg implementert inspeksjon av alle "dormant failures" eller skjulte feil innenfor gitte intervall. Disse inspeksjonene ble opprinnelig utført på hver 2000 flygning og på hver 5000 flygning. I etterkant er intervallene for noen av disse inspeksjonene betydelig redusert.

Inspeksjonsintervaller som skal overvåke "dormant failures" eller skjulte feil er listet nedenfor, ref brev fra flyfabrikant datert 12 desember 2007.

- (1) Liftspoiler system annunciator circuits - Operational Check - Each 5000 flights
- (2) Liftspoiler Inhibit and fault - Operational Check - Each 12500 flights
- (3) Liftspoiler system - Functional check
- NOTE: All Thrust Levers are moved together and would therefore not be able to show a fault in only one microswitch.
- (4) Liftspoiler Syst Config Warn MicSwitches - Operational Check - Each 7500 flights
- (5) Liftspoiler flow control valves - Functional Check
NOTE: Three thrust Levers are moved and the choise of which ones is at the operator's discretion.
- (6) Liftspoiler not deployed - Functional Test



- (7) Liftspoilers not deployed - Operational Test
- (8) Liftspoiler, selection, thrust lever - Inhibition Test
- NOTE: MPD Task 27-100A with a check every 625 flights (PreMod 01195A/B) and MPD Task 27-100C with a check every 2500 flights (PostMod 01195A/B)

De inspeksjonene som relateres mot "dormant failures" som beskrevet i para 7.1.1 (a), (b) og (c) som vil være av betydning å se på er: para 7.1.2 (3)

I para 7.1.2 (3) sier flyfabrikken at etter at denne inspeksjonen er utført, så kan en av microswitchene fremdeles ha en skjult feil, fordi alle "Thrust Levers" er ført tilbake under sjekken. Hvis man skal kunne være sikker på å finne eventuelle feil med alle microswitchene, så må sjekken gjøres med et antall kombinasjoner av "Thrust Lever" settinger.

7.1.3 Analysene som er beskrevet i BAE No HTD/F/460-27/RL.0327-6, Issue 4, datert April 1983, Para 4, viser at flyfabrikanten har lagt veldig stor vekt på i konstruksjonen at spoiler systemene ikke skal felles ut utilsiktet i lufta, under landinger og ved avgang.

Sikkerhetsmarginene for at spoilerene ikke felles ut på bakken når de skal, har derfor hatt noe mindre prioritet med hensyn til "fail-safe". Dette er sammenfallende med kommentarene i brev fra flyfabrikanten, Pkt 1 siste linjer i femte avsnitt, datert 12 desember 2007.

Sitat: *"..The design of this particular part of the system places more emphasis on preventing inadvertent deployment of spoilers in the air rather than the considered less serious situation of spoiler non-deployment on the ground.."*

8.0 TIDLIGERE LIGNENDE FEIL FUNNET PÅ LUFTFARTØYSTYPEN

8.1 Feil funnet på PCB kort og Microbrytere

I henhold til den dokumentasjon som Aviation Engineering AS har fått tilgang til, WO og aircraft journey & technical log (blue pages) fra Atlantic Airways fra 17.01.2005 til 06.10.2006, har vi avdekket 4 mulige feil på PCB mellom 23.08.05 og 14.05.06.

- (a) 23.08.05 - FAE 01 12:51 "SPLR" indication on MWS but no indication on overhead panel.FAE 01 13:15 ON GROUND, NO "SPLR↑" ON MWS THIS TIME. HOWEVER FOR TROUBLE SHOOTING PCB BOARD WQ4 AND WQ5 INTERCHANGED. INDICATION STILL NORMAL ON GROUND. S/N WQ4 > 1369. S/N WQ5 > 1106
- (b) 30.12.2005 - 11370 FAE 02 19:30 I/C SQUAT PCB'S WITH OY-RCA FOR T/S OF PROBLEM WITH OY-RCA. FAE 02 PCB'S I/C, REF. OY-RCA W/C # 10015
- (c) 05.01.06. 11376 FAE 04 11:22 SPLR MAN FAULT ON IN THE APP.FAE 05 11:22 Q FEEL HTR FAIL DURING APP. FAE 04 PCB GA41 REPLACED REF W/C # 10092 C/O SATIS 14:00 05.01.06.FAE 05 SEE PREV ITEM REF W/C # 10092



- (d) 14.05.06. 11535 CPH 04 19:00 NGL RED "TRANSIT" LIGHT DID NOT ILLUMINATE DURING GEAR TRANSIT – LAMP TEST OK – AS REPORTED BY CREW. CPH 04 NOSE LANDING GEAR INDICATION PCB GJ19 CROSS CHANGED WITH MGL LEFT PCB GJ17 SYST TESTED OK ON GND PLS REPORT NEXT FLIGHT. CPH 14.05.06 20:00

Det er også i henhold til samme dokumentasjon rapportert 7 feil på diverse microswitcher – ikke bare direkte mot spoiler systemet, men også på landing gear micro-switcher som kan ha innvirkning på spoiler systemet.

- (a) 18.02.06. 11432 FAE 2 20:24 SPL↑ MAN SPLR, Q FEEL HTR FAIL DURING EVERY APPROACH. FAE 02 PCB GA41 REPL REF W/C # 10477, PLS REPORT FURTHER. 12:00 18.02.06.PCB er tatt fra OY-RCA. Denne "squat switch logic" feil har sannsynligvis vært på maskinen i over ett år, men den har gitt gnd. Signal. Derfor har det ikke vært indikert spoiler feil. Imidlertid har det vært gnd./air logikk feil under approach - når hjul har vært ute.
- (b) 15.05.06. 11536 FAE 03 0010 NLG XSIT-LIGHT INTERM. U/S AND COMING ON IN FLIGHT. FAE 03 W/C # 11191 PERF. (I/C W. OY-RCC)
- (c) 18.05.06. 11540 FAE 4 16:10 NOSE GEAR INDICATING UNSAFE (RED LIGHT) OCCASIONALLY DURING FLIGHT. WHEN GEAR IS IN TRANSIT THERE IS NO RED LIGHT. FAE 4 W/C # 11236 PERF (I/C RLY GF3 W RCC)
Note: Dette er samme snag som rapportert den 25.05.06.
- (d) 21.05.06. 11543 FAE 02 1510 RED NOSE WHEEL LIGHT ON DURING FLIGHT FAE 02 NLG UPLOCK PROX-SENSOR FOUND VERY DIRTY. SENSOR CLEANED
- (e) 25.05.06 11547 FAE 02 0910 NOSE GEAR: SAME INDICATION AS NOTED ON PAGE 11540. FAE 02 X-FERED TO W/C # 11249.
Note: Dette er samme snag som er rapportert 18.05.06
- (f) 29.05.06. 11554 FAE 03 08:00 NOSE LANDING GEAR LIGHT IN TRANSIT TEMP U/S PLS. C/O W/C # 11249. FAE 03 W/C # 11249 C/O SATIS ON GROUND, PLS REPORT FURTHER.
Note: Systemet ok etter at "proximity switch " ble skiftet på NLG, ingen spoiler feil meldt her.
- (g) 23.07.06 11640 CPH 01 YELLOW LIFT SPOILER IND STAYS ON ALL TIMES. CPH 01 YELLOW LIFT SPOILER PRESSURE SWITCH P/N HE15258-1 S/N 0731 REMOVED P/N HE15258-1 S/N 2479 INSTALLED IAW AMM 27-61-00 AND TESTED GOOD. TAG #005972

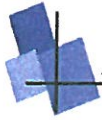


8.2 Siste utførte inspeksjoner på spoilersystem.

Siste inspeksjoner som ble utført på spoiler - systems på OY-CRG var i henhold til dokumentasjon Aviation Engineering AS har fått utlevert, WO 4844 avsluttet 29.08.2006 og WO No 011851 hvor de siste respektive tasker på spoiler system var kvittert ut 25. september 2006.

Det er ingen anmerkninger relatert til PCB kort og microbrytere på denne inspeksjonen. Anmerkning på disse systemene i denne forbindelse er på WO 011851 WC 011851 T/X nbr 035 – "Detailed inspection of lift spoiler yellow and green selector valves. NRT nr 9101 ble opprettet hvor man antok lekkasje fra green selector valve. Seal ble byttet og kvittert ut 24.09.06.

I tillegg er det på NRT 009096 anmerket lekkasje på outer lift spoiler actuator R/H wing hvor "fitting on jack assembly" ble byttet.



9.0 VURDERING / KONKLUSJON

Sikkerhets Analysene fra flyfabrikanten beviser blant annet at konsekvensene av at ingen av spoiler systemene feller seg ut under landing på en begrenset våt flystripe eller "limited wet runway", kan føre til en alvorlig hendelse.

Rullebanen på Stord kommer klart innenfor kategorien "begrenset" eller "limitert" rullebane og ut fra rapporter, så kan det ikke utelukkes at rullebanen var fuktig. Det faktum at det ble observert "spray" fra hovedhjulene som var vide og høye, gjør at man heller ikke kan utelukke at rullebanen var fuktig eller at deler av rullebanen var fuktig.

I følge rapporter fra pilotene, så kom aldri spoilere ut., ref Para 4.0

Denne rapporten viser at det ikke kan utelukkes at svikt i spoiler systemene på denne luftfartøystypen under landing på begrensede fuktige eller delvis fuktige rullebaner kan ha vært en medvirkende årsak til denne ulykken.

En annen medvirkende årsak kan ha vært at pilotene ikke fikk noen indikeringer på at det var feil med noen av spoiler systemene før landing.

En anmerkning som også kan legges merke til er at flyfabrikanten bekrefter at det finnes en risiko for at ikke alle feil med "Throttle Lever Micro Switches" blir oppdaget, etter at inspeksjonen er utført. Det vil si at det hele tiden kan ligge en skjult feil i en av bryterne. Hvis det da oppstår en feil til under normal drift, så vil begge spoiler - systemene svikte. Dette er sammenfallende med Aviation Engineering AS sin analyse som beskrevet i kapittel 5.5.

For å øke påliteligheten til spoiler - systemene, så kan dette gjøres ved å utføre en enkel modifikasjon:

Et enkelt test system bestående av en "4 input" "AND-KRETS" med "utgangs buffer". Input til denne kan tilkoples til mikrobrytternes utganger som går til de to "3 out of four thrust logic board". En lampe med "test bryter" kan koples til buffer utgang. Denne vil lyse når testbryter aktiveres, hvis alle fire mikrobrytere fungerer. En forutsetning er at alle "Thrust Levers" må være satt i "Flight Idle" posisjon. Hvis en av bryterne feiler, så vil ikke lampen lyse. Hvis lampen ikke lyser ved test, vil dette være et "NoGo Item" og flyet er "groundet" inntil det er reparert. Hvis alle mikrobrytere er i orden, kan man også teste hver enkelt av brytternes skiftepunkt (av/på) ved å bevege hver enkelt av "thrust levers" fram og tilbake fra "idle stop" mens testknappen holdes inne.

Funksjons test kan etter denne modifiseringen lett utføres før hver flyvning - "pre-flight check"



10.0 LITTERATURLISTE

1. SHT sin foreløpige rapport datert 10 feb. 2011.
2. Figur 9.8 Vol 3 part 1 i BAe's "BAe 146 FCOM" chapter 10 topic 9, page 29. Draft: 10 April 2006.
3. HTD/F/460-27/RL.0327-6, Issue 4, datert April 1983
4. FAR 25 Amendment 5
5. SAE ARP 4761, issued 1996-12
6. BAE 146-series/Avro 146-RJ Series wiring manual ATA 276101/HC276H7652-006, Sheet 2, Issue 4.
7. WO order nr 4844 og WO No 011851
8. Aircraft Journey & Technical log – (blue page) from 17.01.2005 – 06.10.2006

Deltagere fra Aviation Engineering AS

Torgeir Mortensen

Steinar Antonsen

Bjarnar Fagervik

Langhus 10.04.2011


Bjarnar Fagervik
Prosjektleder