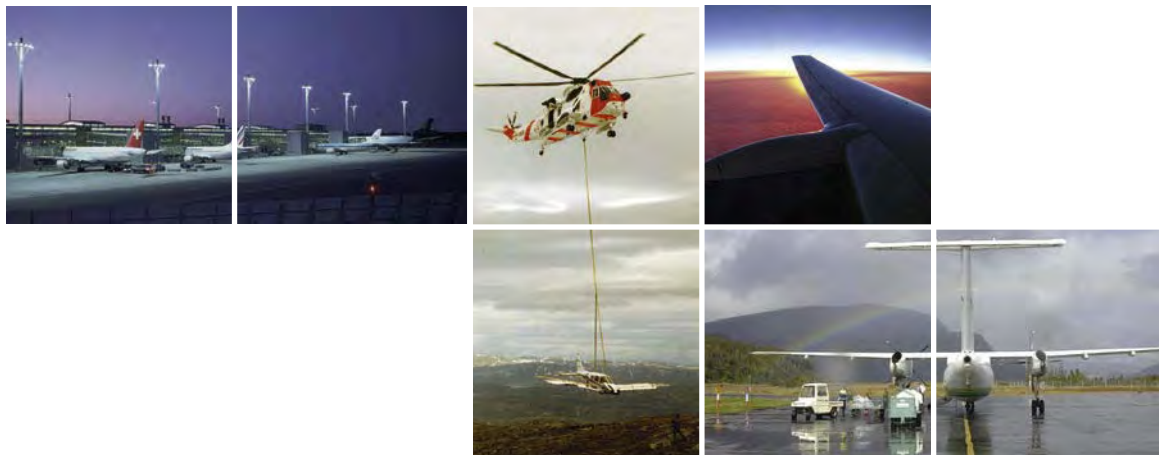


# RAPPORT

SL 2011/09



RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE  
PÅ OSLO LUFTHAVN GARDERMOEN 31. JANUAR  
2008 MED BOMBARDIER CL-600-2B19, OY-RJC,  
OPERERT AV CIMBER AIR DENMARK

 This report is also available in English

*Statens havarikommisjon for transport (SHT) har utarbeidet denne rapporten utelukkende i den hensikt å forbedre flysikkerheten. Formålet med undersøkelsene er å identifisere feil og mangler som kan svekke flysikkerheten, enten de er årsaksfaktorer eller ikke, og fremme tilrådinger. Det er ikke havarikommisjonens oppgave å ta stilling til sivilrettslig eller strafferettslig skyld og ansvar. Bruk av denne rapporten til annet enn forebyggende sikkerhetsarbeid bør unngås.*

**INNHOLDSFORTEGNELSE**

MELDING OM HAVARIET .....	3
SAMMENDRAG .....	3
1. FAKTISKE OPPLYSNINGER.....	4
1.1 Hendelsesforløp.....	4
1.2 Personskader.....	8
1.3 Skader på luftfartøy .....	9
1.4 Andre skader .....	9
1.5 Personellinformasjon.....	9
1.6 Luftfartøy .....	10
1.7 Været .....	17
1.8 Navigasjonshjelpemidler .....	23
1.9 Samband .....	23
1.10 Flyplass og hjelpemidler .....	23
1.11 Flygeregistratorer .....	26
1.12 Havaristedet og flyvraket .....	27
1.13 Medisinske og patologiske forhold .....	27
1.14 Brann .....	27
1.15 Overlevelsesaspekter .....	27
1.16 Spesielle undersøkelser .....	27
1.17 Organisasjon og ledelse.....	31
1.18 Andre opplysninger .....	31
1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder .....	37
2. ANALYSE .....	37
2.1 Innledning.....	37
2.2 Endrede typesertifiseringskrav .....	37
2.3 Situasjonen før avgang .....	38
2.4 Take-off roll og rotasjon .....	40
2.5 Håndteringen av kontrolltapet.....	40
2.6 Kilder til vingeforurensning .....	41
2.7 Faktorer av betydning for at vingen steilet.....	42
2.8 Vurdering av behov for ytterligere sikkerhetstiltak .....	43
2.9 Områder hvor sikkerhetstiltak synes å være påkrevd.....	44
3. KONKLUSJON .....	46
3.1 Undersøkelsesresultater.....	46
4. SIKKERHETSTILRÅDINGER.....	47
REFERANSER .....	49
VEDLEGG .....	50

## RAPPORT OM ALVORLIG LUFTFARTSHENDELSE

Luftfartøy:	Bombardier Inc. – Canadair CL-600-2B19 (CRJ200)
Nasjonalitet og registrering:	Dansk, OY-RJC
Eier:	NAC Nordic Aviation Contractor A/S, Billund, Danmark
Bruker:	Cimber Air, Sønderborg, Danmark
Besetning:	2 flygere og 2 kabinbesetningsmedlemmer
Passasjerer:	Ingen
Hendelsessted:	Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM) (60°11'N 011°07'Ø)
Hendelsestidspunkt:	Torsdag 31. januar 2008 kl. 1721

Alle tidsangivelser i denne rapport er lokal tid (UTC + 1 time) hvis ikke annet er angitt.

## MELDING OM HAVARIET

31. januar 2008 kl. 2005 ringte Air Safety Manager i Cimber Air og varslet beredskapsvakten hos Statens havarikommisjon for transport (SHT) om at et av selskapets fly av typen CRJ200 samme ettermiddag hadde hatt en alvorlig hendelse under avgang fra Gardermoen. Selskapet hadde også varslet havarikommisjonen i Danmark om hendelsen.

I henhold til ICAO Annex 13, Aircraft Accident and Incident Investigation underrettet SHT myndigheten i produsentlandet Canada om hendelsen. Den canadiske havarikommisjonen Transportation Safety Board (TSB) utnevnte en akkreditert representant som bistod ved undersøkelsen. Han hadde støtte fra rådgivere fra flyfabrikanten Bombardier og Transport Canada (TC), som er typesertifiserende myndighet. Også den danske Havarikommisjonen for Civil Luftfart og Jernbane (HCLJ) utpekte akkreditert representant som bistod ved undersøkelsen.

## SAMMENDRAG

31. januar 2008 kl. 1721 skjedde det en alvorlig luftfartshendelse under avgang fra rullebane 19L på Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM). Et fly av typen Bombardier CL-600-2B19 (CRJ200) med to flygere og to kabinbesetningsmedlemmer om bord mistet brått løftet på høyre vinge, slik at vingen droppet og flyet rollet ukontrollert til 40 graders krenkning umiddelbart etter at det hadde lettet. Steilebeskyttelsessystemet aktiverte, og besetningen gjenvant kontrollen i lav høyde og fløy som planlagt til København.

Undersøkelsen har vist at forskriftsmessig avising ble foretatt 15 minutter før avgang, og at vingene ikke var nedkjølt på forhånd. Det var nullføre, 15 kt vind og kontinuerlig nedbør i form av store, våte snøfller. Rullebanen var dekket av slaps og våt snø som hadde lagt seg etter at banen var blitt brøytet og strødd en halv time tidligere. Ved en forglemmelse som følge av distraksjon, ble systemet for oppvarming av vingeforkanten ikke slått på før avgang. Nesehjulet ble løftet fra bakken ved korrekt flyhastighet, men med en hurtigere rotasjonsrate enn anbefalt.

Denne hendelsen føyer seg inn i rekken av lignende tilfeller. I perioden 2002-2008 havarerte seks fly i CL-600-serien under avgang i vinterforhold. Flytypens vinge har vist seg å være spesielt ømfintlig for forurensning av forkanten. I kjølvannet av havariene er det fortløpende blitt iverksatt en rekke tiltak for å sikre at vingen er ”ren” under avgang, og for å sikre at flygerne benytter korrekt avgangsteknikk.

Det er havarikommisjonens oppfatning at de iverksatte sikkerhetstiltakene ikke har ført til en definitiv løsning av det grunnleggende problemet. Når avisingsvæsken renner av under avgang, er det avgjørende at vingeforkanten er oppvarmet. Ved avgang fra kontaminerte rullebaner vil spray fra nesehjulet omslutte vingeroten på flyet. Denne forurensningskilden treffer et aerodynamisk kritisk område på vingen, og kommer i tillegg til den nedbøren som kan legge seg og forstyrre luftstrømmen. SHT mener det ikke er tilstrekkelig å basere seg på ”myke” sikkerhetsbarrierer som sjekklistebruk og hukommelse når en bryterinnstilling (Wing Anti-Ice ON) kan være kritisk for å unngå totalhavari i avgang. Tekniske eller fysiske sikkerhetsbarrierer i form av konstruksjonsendringer, automatiske systemer eller automatiske varslingsystemer er etter havarikommisjonens syn nødvendig for å få en tilstrekkelig reduksjon av sannsynligheten for havari. Alternativt må det innføres strengere restriksjoner for vinteroperasjoner med aktuell flytype/modell.

Havarikommisjonen fremmer fire sikkerhetstilrådinger i denne rapporten.

I henhold til ICAO Annex 13 har et utkast til denne rapporten vært på høring hos blant annet luftfartsmyndigheten i produsentlandet Canada. Høringskommentarene fra Transport Canada, som er typesertifiserende myndighet for den aktuelle flytypen, følger vedlagt<sup>1</sup>.

## 1. FAKTISKE OPPLYSNINGER

### 1.1 Hendelsesforløp

- 1.1.1 Cimber Air rute SAS9242 (wet-lease for SAS) fra København lufthavn Kastrup (EKCH) til Kristiansand lufthavn Kjevik (ENCN) endret bestemmelsessted til Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM) på grunn av sterk vind (vindskjær) og snøvær med dårlig sikt på Kjevik. Flyet landet på Gardermoen kl. 1554 og parkerte på fjernoppstillingsplass. Passasjerene ble fraktet med buss til terminalen. Etter hvert ble det bestemt at flyet, som var av typen CRJ200 med registrering OY-RJC, skulle posisjonsflys tilbake til København med kun fartøysjef (kaptein), styrmann og to kabinbesetningsmedlemmer om bord.
- 1.1.2 Fartøysjefen gikk inn i terminalen og planla turen til Kastrup. Han foretok selv utvendig inspeksjon av flyet da han kom tilbake. Det var intet å bemerke, bortsett fra at det la seg snø på vingene og at det var snø også på vingenes underside. Han trykket på alle spoilerflatene og verifiserte at de var inne og låst. Fartøysjefen har i høringsrunden i forbindelse med utarbeidelse av denne rapporten utdypet hva han observerte: *–Det var riktig meget is/sne/slud på undersiden av spesielt høyre sides vinge og flaps.”*
- 1.1.3 Drivstoff ble fylt fra tankbil. Registreringer hos oljeselskapet viser at tanking ble påbegynt kl. 1640, og at 2 762 liter drivstoff med en temperatur på 3,5 °C ble fylt. Drivstoffmengde etter fylling var 3 000 kg (3 750 liter), jevnt fordelt i vingetankene.

---

<sup>1</sup> Ref. ICAO Annex 13 pkt. 6.3, Note 2: *Comments to be appended to the Final Report are restricted to non-editorial-specific technical aspects of the Final Report upon which no agreement could be reached*

- 1.1.4 Nedbøren var ifølge værobservasjonene på flyplassen en blanding av snø og regn av moderat intensitet, som ga siktverdier omkring 1 500 m. Det var kontinuerlig nedbør under bakkeoppholdet til OY-RJC. Lufttemperaturen var 0 °C og vinden var fra syd-sydøst, 15-18 kt med enkelte vindkast (ref. pkt. 1.7 for utfyllende opplysninger om været). Bremsseffekten var oppgitt å være ”medium” basert på friksjonsmålinger utført kl. 1648. På ATIS (Automatic Terminal Information Service) ble det videre opplyst at det var 3 mm slaps på rullebanen, og at banen var sandstrødd (ref. pkt. 1.10.2 for utfyllende opplysninger om banestatus).
- 1.1.5 OY-RJC var utstyrt med Nokia Communicator Take Off Data Computer (TODC), men denne ga feilmelding på gjentatte forsøk slik at besetningen til slutt måtte foreta manuell avgangsberegning. Avgangsmassen ble beregnet til 17 330 kg, som ga rotasjonshastighet ( $V_R$ ) 115 kt med 20° flaps når man tok hensyn til ”wing and cowl anti-ice ON”. 20° er flapssettingen som skal benyttes ved avgang på kontaminerte rullebaner. Øvrige avgangshastigheter, take-off decision speed ( $V_1$ ) og take-off safety speed ( $V_2$ ), ble beregnet til henholdsvis 109 og 125 kt.
- 1.1.6 Da besetningen kalte opp lufttrafikkjentesten over radio og anmodet om å få starte motorene, informerte de samtidig om at de trengte avising. Kl. 1703 takset OY-RJC inn på avisingsplattformen i nordøst (B-North), like ved terskelen på bane 19L der avgangen skulle starte (ref. vedlegg B). Fartøysjefen på OY-RJC etablerte radiokontakt med avisingslederen, ”Final Release Person” (FRP). Fartøysjefen sa seg enig i at det ikke var behov for avising av skroget da han fikk vite at avisingspersonalet fra sine høye spesialkjøretøy kunne se at det ikke lå snø der. Han så selv at skroget på flyet som parkerte ved siden av dem var snøfritt.
- 1.1.7 Vinger og haleparti ble behandlet i to steg (ref. pkt. 1.10.3 for detaljert beskrivelse av avisingen). Steg 2, påføring av væske for å forhindre ising mens flyet er på bakken, startet kl. 1706. Fartøysjefen sjekket tabellen med retningslinjer for ”Hold-Over Time” (HOT) og konstaterte at behandlingen de hadde fått ville gi beskyttelse i minst 20 minutter under de rapporterte værforhold<sup>2</sup>.
- 1.1.8 OY-RJC forlot avisingsplattformen, gjorde ”engine runup” og fikk klarering til vente-posisjon for avgang. Mens de ventet, landet et fly av typen MD81. Besetningen på dette flyet rapporterte at bremsseffekten var dårlig (poor) i hele banens lengde. Denne opplysningen fikk fartøysjefen på OY-RJC til å foreta en ny vurdering av hvorvidt kombinasjonen av sidevind og bremsseffekt fortsatt var innenfor det tillatte. Avgangsklareringen til OY-RJC inneholdt informasjon om at bremsseffekten ifølge landende luftfartøy var ”poor”, og at vinden var fra 150 grader, 15 kt. Fartøysjefen anslo sidevindskomponenten til 11 kt og fant dette akseptabelt. Styrmannen hadde ikke innvendinger til fartøysjefens resonnement og var enig i at de kunne foreta avgang. Styrmannen husket at snøflakene falt tilnærmet rett ned mot bakken. Fartøysjefen har beskrevet at sikten var slik at han kunne se nesten hele rullebanen. Han beskrev at toppsjiktet på nedbøren som hadde lagt seg på banen var hvitt, mens det under var grått. Sjiktet var gjennomskinnelig, ikke kompakt – han kunne skimte banedekket under.
- 1.1.9 Styrmannen skulle føre flyet (Pilot Flying, PF). Han var i ferd med å fullføre de siste sjekklistepunktene mens de posisjonerte seg på senterlinjen før avgang. Blant annet skulle ”Wing Anti-Ice” (WAI) slås på i denne fasen. Styrmannen satt klar med hånden på bryteren, men dette punktet ble uteglemt da den nevnte rådslagningen om hvorvidt

---

<sup>2</sup> Denne verdien gjaldt en annen Type II væske. Retningslinjer for aktuell væske tilsa HOT 1:00 – 1:35

avgang kunne foretas kom opp. Flaps 20° var satt, og ”continuous ignition” og ”cowl anti-ice” var på da avgang ble påbegynt kl. 1720. Fartøysjefen instruerte styrmannen om å nøye seg med å kjøre motorene opp til ca. 70 % N1 før han slapp bremsene, siden det var glatt. Motorene ble satt til ”Thrust reference indicator” i ”N1 window” (full thrust, ikke flex) mens de rullet, og alle indikasjoner var normale.

- 1.1.10 Akselerasjonen forløp som den skulle. Styrmannen har forklart at sidevinden var merkbar, men ikke problematisk. Da hastigheten kom opp i 80-90 kt, registrerte han at det var glatt og at flykroppen hadde en tendens til å bevege seg sideveis, men han kompenserte med rorbruk og holdt flyet på senterlinjen. Styrmannen har videre forklart at han så frem til å få flyet opp i luften. Ved oppnådd rotasjonshastighet ( $V_R$ ) gjorde han en ”firm” rotasjon opp mot den nesestillingen som ”flight director” viste.
- 1.1.11 Fartøysjefen har forklart at han reagerte på at rotasjonen var i overkant rask. Han var i ferd med å løfte hånden for å gripe inn, men fant det ikke nødvendig siden alt normaliserte seg i samme øyeblikk. Rotasjonen var fullført og avsluttet i korrekt nesestilling i forhold til ”flight director”. Han senket derfor hånden og fokuserte på høyde- og stigefartsmåler som forberedelser til heving av understellet.
- 1.1.12 Plutselig, og fullstendig uten forvarsel, droppet høyre ving markant. Styrmannen har forklart at han oppfattet at nesene droppet i samme øyeblikk, og at ”stick shaker” kom på. Kapteinen la en hånd på ”thrust levers” og verifiserte at de hadde ”take-off power”. Begge så at de var i svært lav høyde og på vei ned mot den snødekte bakken. Styrmannen lyktes med å gjenopprette horisontale vinger og hevet nesepartiet på flyet i løpet av noen sekunder.
- 1.1.13 Kapteinen har forklart at han registrerte at det kom på et varsel, ”EFIS comparator monitor” idet kontrollen gikk tapt, og han fryktet først at de kunne hatt feilindikasjon på en hastighetsmåler slik at de hadde rotert for tidlig. Men han kunne se at både de to primære og den sekundære fartsmåleren viste over 130 kt. Straks de hadde ”wings level” og han følte at flyet var noenlunde under kontroll, oppdaget han at ”Wing Anti-Ice” ikke var slått på. Han korrigerer dette umiddelbart. For øvrig kunne han ikke se noe unormalt. Stigningen fortsatte uten ytterligere problemer.
- 1.1.14 Da de var sikre på at de hadde gjenvunnet kontrollen, sjekket fartøysjefen masse- og balanseberegningen. Tyngdepunktet lå omtrent i midten av det godkjente området, og trimsettingen var korrekt; 7 EICAS (Engine Instrumentation and Crew Alerting System) units (-5 grader). Rorkontrollene fungerte normalt, og de hadde ingen unormale indikasjoner. Fartøysjefen bestemte seg for å fortsette til Kastrup som planlagt. Det var ingen kommunikasjon mellom lufttrafikkjentesten og besetningen om det intrufne. Trolig var det ingen vitner til hendelsen. De to kabinansatte som satt på rad 2 og 3 i kabinen hadde ikke oppfattet at noe unormalt hadde skjedd. Ingen av dem hadde sett ut av vinduet under avgang, og for dem følte bevegelsene i flyet som turbulens.
- 1.1.15 OY-RJC landet på Kastrup kl. 1815. Etter landing kontaktet fartøysjefen selskapet, og hendelsen ble straks varslet til både den danske og den norske havarikommisjonen. Vinger og vingeforkanter ble inspisert med tanke på skade eller forurensning. Det var intet unormalt å bemerke om tilstanden (ref. pkt. 1.6.2.5). Flygeregistratoren ble utmontert for analyse.
- 1.1.16 Data fra flygeregistratoren ble lastet ned hos den britiske havarikommisjonen Air Accident Investigation Branch (AAIB). Dataene ble deretter oversendt til den canadiske

havarikommisjonen TSB for analyse. Følgende beskrivelse av hendelsesforløpet basert på flygeregistratordata er hentet fra rapporten som TSBs ingeniøravdeling har utarbeidet:

*”The take-off roll commenced at approximately 16:20:43 UTC, with the flaps and the stabilizer trim set to 20 degrees and -5.0 degrees, respectively. The take-off thrust was set with engine low pressure compressor speeds (N1 's) stabilizing at approximately 85%. Left roll aileron inputs (up to ~15 degrees deflection) were applied during the take-off roll consistent with the left crosswind (wind from 150 degrees).*

*The take-off continued normally and at 16:21:05, the elevators moved trailing edge (TE) up to a maximum of 19.3 degrees consistent with rotation. The airspeed was approximately 119 knots indicated airspeed (KIAS) and the heading was 192 degrees magnetic (runway heading is 195 degrees magnetic). The aircraft pitched nose-up at a rate of approximately 6.1 degrees per second (deg/sec).*

*The aircraft lifted off at approximately 16:21:06 (left main gear squat switch changed to Air) through a pitch angle of 5.1 degrees nose-up, heading 194 degrees magnetic. Within 1.8 seconds, the aircraft began an uncommanded roll to the right. Left roll aileron inputs were increased (up to the maximum deflection of ~25 degrees) and rudder was deflected to the left to 12 degrees. The roll continued to the right subsequently reaching a maximum bank angle of 39.7 degrees about 1.5 seconds later, through a radio height of 30 feet above ground level (AGL); roll rate was approximately 23 degrees per second. At the time of the roll excursion, as the pitch attitude was increasing through 13.8 degrees nose-up, the elevators moved rapidly in the TE down direction. The airspeed was approximately 127 KIAS, heading was 197 degrees, and left and right fuselage angles of attack (AOA) were 11.0 degrees and 11.7 degrees, respectively.*

*The pitch attitude reached a maximum angle of 14.9 degrees nose-up (target pitch was 15 degrees) at 16:21:08.5 with corresponding left and right fuselage AOA 's at 11.3 degrees and 12.8 degrees, respectively. With the TE down elevator input, the pitch attitude decreased to approximately 8 degrees nose-up, reached at the same time as the maximum bank angle of 39.7 degrees. The roll then reversed direction, 23 degrees of TE up elevator was applied, and the pitch attitude increased to 11 degrees nose-up. The aircraft recovered from the roll excursion, rolling through wings level at 16:21:11. The airspeed was 135 KIAS, heading was 195 degrees, and the left and right fuselage AOA 's were 8.1 degrees and 8.2 degrees, respectively. The remainder of the climb-out was uneventful and the flight continued to destination.”*

- 1.1.17 Flygeregistratoren registrerer ingen parametere knyttet til aktivering av steilebeskyttelses-systemet, SPS (systembeskrivelse i pkt. 1.6.2.4). Beregninger basert på registrerte angrepsvinkler, korrigert for sidevind, har imidlertid gitt grunnlag for å konkludere med at ”stick pusher” aktiviserte og ga det hurtige høyderorutslaget som brøt steilingen:

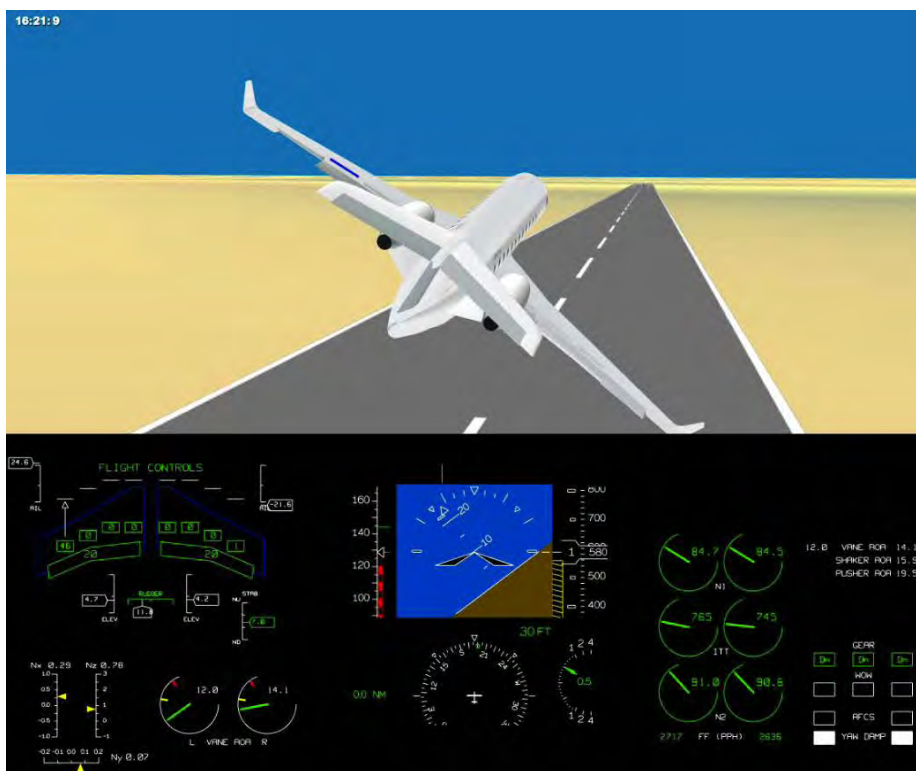
*”The derived vane AOAs [...] exceeded both stick shaker and stick pusher thresholds, suggesting shaker activation followed by pusher during the roll excursion. The rapid TE down elevator movement occurred at the time the derived vane AOAs (both left and right, with phase advance applied) exceeded the stick pusher threshold; the rapid elevator movement was consistent with pusher activation.”*



1.1.18 Bombardier utarbeidet en animasjon av avgangen basert på data fra flygeregistratoren. En forenklet, “anonymisert” versjon er gjort tilgjengelig på Bombardiers nettsider som en del av treningsprogrammet for flygebesetninger.



Figur 1 a) Påbegynnelse av avgang



Figur 1b) Like før ”Stick pusher” aktiverer

Figur 1: Animasjon av avgangen med OY-RJC. Animasjonen er tilgjengelig på <http://www.aibn.no/luffart/rapporter/2011-09>. Merk: Animasjonen er basert på data fra DFDR. Omgivelser og værforhold er ikke representative for den aktuelle hendelsen.

## 1.2 Personskader

Tabell 1: Personskader

Skader	Besetning	Passasjerer	Andre
Omkommet			
Alvorlig			
Lett/ingen	4		

**1.3 Skader på luftfartøy**

Ingen

**1.4 Andre skader**

Ingen

**1.5 Personellinformasjon****1.5.1 Fartøysjef**

- 1.5.1.1 Fartøysjefen, mann 42 år, utdannet seg til trafikkflyger i USA og opparbeidet variert flygererfaring på begynnelsen av 90-tallet. Han ble ansatt i SAS i 1997, og fløy som styrmann på DC-9 og MD80 frem til februar 2007. Da ble han utlånt til Cimber Air for å fly CRJ200. Sensommeren 2007 tok han JAR-FCL trafikkflygersertifikat ATPL (A) med rettighet på CRJ200, og fløy siden som kaptein. Han hadde gyldig legeattest klasse 1 uten begrensninger.

*Tabell 2: Flygetid fartøysjef*

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	3	3
Siste 3 dager	3	3
Siste 30 dager	50	50
Siste 90 dager	150	150
Totalt	6 500	450

- 1.5.1.2 Fartøysjefen hadde en ti dager lang friperiode bak seg før denne arbeidsdagen. Han har opplyst at han følte seg opplagt og hadde spist et par timer før hendelsen.

**1.5.2 Styrmann**

- 1.5.2.1 Styrmannen, mann 30 år, utdannet seg til trafikkflyger i USA og Sverige på slutten av 90-tallet. Han ble ansatt i Cimber Air i 2005, og hadde to års erfaring som styrmann på CRJ200. Han var innehaver av gyldig JAR-FCL trafikkflygersertifikat CPL (A) med legeattest klasse 1 uten begrensninger. Siste periodiske flygetrening i selskapet (Operator Proficiency Check, OPC) var gjennomført høsten 2007.

*Tabell 3: Flygetid styrmann*

Flygetid	Alle typer	Aktuell type
Siste 24 timer	2	2
Siste 3 dager	2	2
Siste 30 dager	52	52
Siste 90 dager	153	153
Totalt	2 588	1 400

- 1.5.3 Styrmannen hadde en fem dager lang friperiode bak seg, og har opplyst at han hadde sovnet godt. Han hadde spist et par timer før hendelsen.

## 1.6 Luftfartøy

### 1.6.1 Generell informasjon

Fabrikant: Bombardier Aerospace

Type: Canadair CL-600-2B19 (Series 100) Regional Jet, CRJ200

Serienr.: 7015

Produksjonsår: 1993

Luftdyktighetsbevis: Airworthiness Review Certificate (ARC) gyldig til 11. mai 2008

Motorer: 2 stk. General Electric CF34-3B1 turbofan-motorer

Flyets gangtid: 31 358 timer / 25 655 landinger

Maksimal tillatt avgangsmasse: 23 995 kg

Aktuell avgangsmasse: Ca. 17 300 kg

Tyngdepunktplassering: Ca. 19 % MAC. (Tillatt område for avgang: 9 % - 35 %)

Avgangshastigheter for aktuell masse:

$V_1 = 109$  kt

$V_R = 115$  kt

Korrigert for kontaminert rullebane:

$V_1 = 102$  kt

$V_R = 117$  kt

Det er ikke gjort funn som tyder på tekniske feil med OY-RJC som hadde innvirkning på den aktuelle alvorlige luftfartshendelsen.

### 1.6.2 Beskrivelse av flytypen og utvalgte systemer

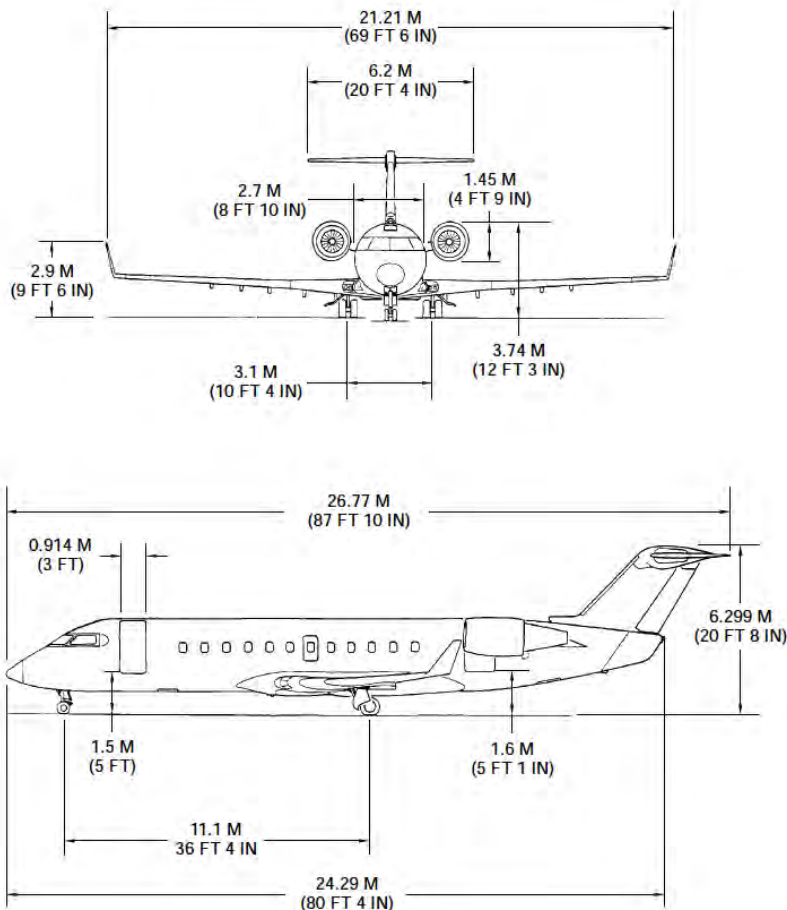
#### 1.6.2.1 *Generelt*

Flytypen Bombardier Inc. Modell CL-600-2B19 er en "Regional jet airliner", også kjent under navnene CRJ200 og Challenger 800/850. Første leveranse av flytypen var i 1992. Totalt ble det levert 1 021 individer av denne typen inntil produksjonen av passasjer-utgaven, som kan ta opp til 50 passasjerer, opphørte i 2006 (kilde: Jane's All the World's Aircraft 2009-2010). "Corporate/business"-utgaven Challenger 850 produseres fortsatt.

CL-600-2B19 (Regional Jet Series 100) ble typesertifisert etter de amerikanske konstruksjonsbestemmelsene FAR-25 (inklusive Amendments 25-1 til og med 25-62), og fikk på denne bakgrunn canadisk typesertifikat 31. juli 1992 (ref. Transport Canada Type Certificate Data Sheet (TCDS) nr. A-131). Parallelt med den canadiske sertifiseringen, ble flytypen også sertifisert etter de felleseuropeiske konstruksjonsbestemmelsene JAR-

25 (inklusive Change 13), og fikk europeisk typesertifikat 15. januar 1993 (ref. EASA TCDS IM.A.023).

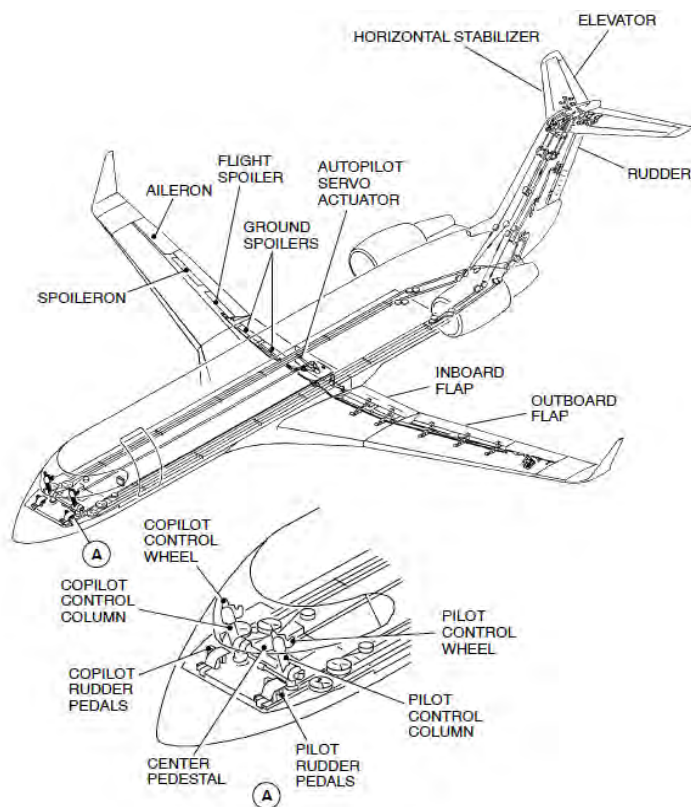
I sertifiseringsgrunnlaget for den europeiske sertifiseringen fremgår det at flytypen oppfyller kravene i JAR 25.1419 "Ice Protection".



Figur 2: Dimensjoner.

### 1.6.2.2 Rorkontroller

Flyet har konvensjonelle rorkontroller med mekaniske overføringer fra styreorganene i cockpit til henholdsvis hydraulisk og/eller elektrisk drevne kontrollflater.



Figur 3: Rorkontroller.

### 1.6.2.3 Vingens aerodynamiske design

Vingen har konvensjonelle flaps i bakkant og ”hel forkant” (hard leading edge) – hvilket betyr at den ikke har forkantflaps (slats), spalter (slots) eller andre hjelpemidler for å forbedre flyegegenskapene ved høye angrepsvinkler.

Bombardier omtaler vingeprofilet som ”Thin, high-speed aerofoil”. Profilets naturlige steilegenskaper når angrepsvinkelen når kritisk verdi, er at luftstrømmen over vingen brått og uten forvarsel i form av ”buffeting” eller vibrasjoner, løsner fra vingeforkanten og brer seg bakover slik at løftekraften forsvinner (såkalt *leading edge stall*, se figur 4).

Måten steilingen brer seg ut over vingens planform må kunne sies å være noe ukonvensjonell (både sett i forhold til andre pilformede vinger og rette vinger). På CRJ200 vil steilingen typisk initieres i ”knekken” som markerer overgangen mellom senterseksjonen og de ytre vingepanelene. Løft-tapet brer seg deretter raskt utover det ytre vingepanelet. Selv den minste ruhet som påføres i dette området har ifølge fabrikanten vist seg å redusere steilevinkelen betydelig.

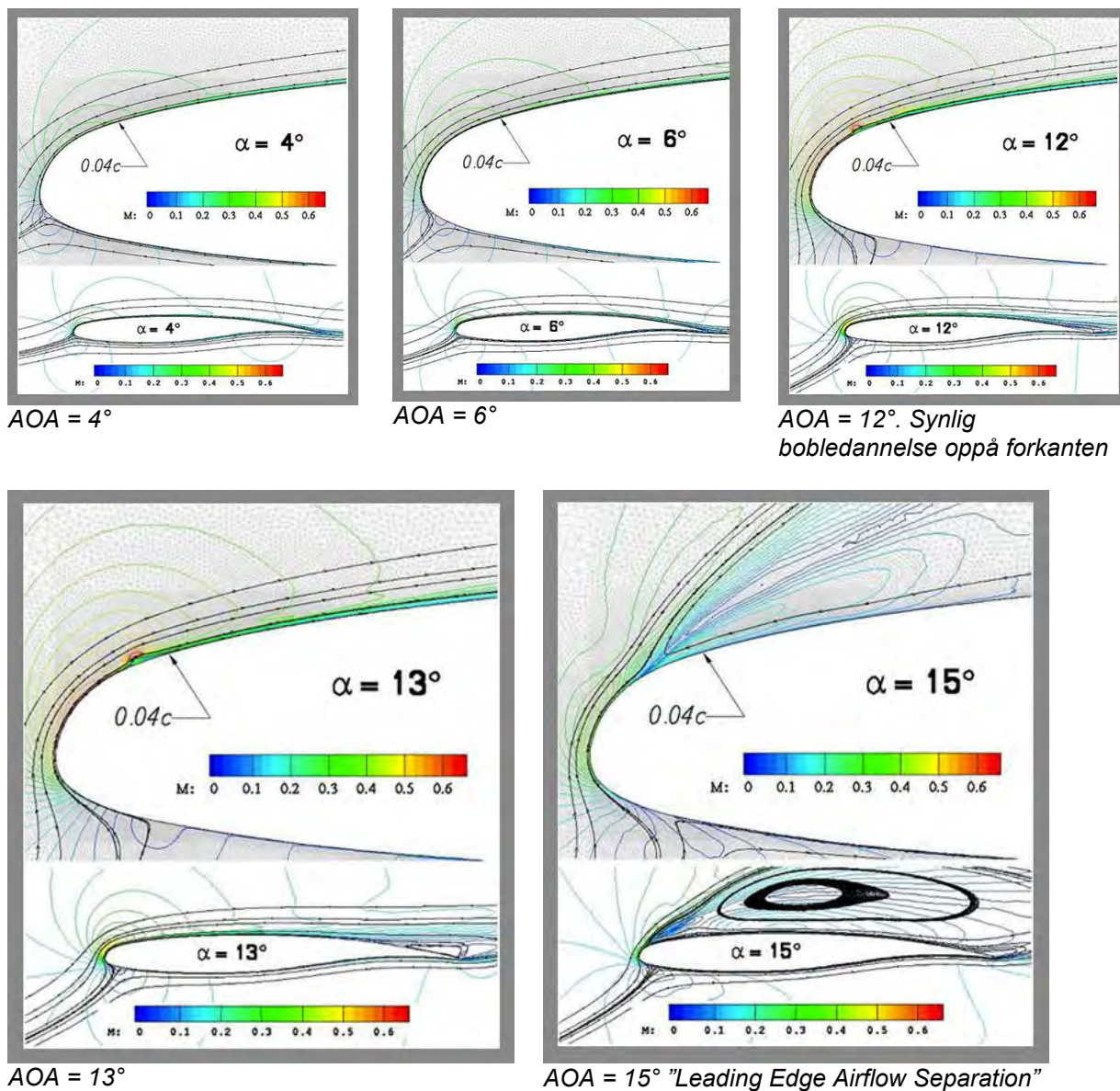
Vingens steilekarakteristikk har gjort det nødvendig å utstyre flyet med et steilebeskyttelsessystem for å kunne tilfredsstille sertifiseringskravene, ref. pkt. 1.6.2.4. Under normale operasjoner vil steilebeskyttelsessystemet aktiviseres i god tid før steiling inntreffer.

Om steiling skulle inntreffe, vil vanligvis den ene vingen steile før den andre slik at flyet ruller om lengdeaksen. Samtidig vil det kunne oppstå et moment som hever flyets nese som følge av løfttapet på ytre ving. I og med at angrepsvinkelen øker på vingen som går ned (forverrer steilingen) og reduseres på vingen som går opp, vil rolltendensen ved asymmetrisk steiling være økende (autorotasjon). Resterende balanserorvirkning kan ikke



stoppe rotasjonen, og bruk av sideror vil gi begrenset sekundærvirkning i form av ”dihedral” effekt siden den lave vingen er utsteilet. For å gjenvinne kontroll, må angrepsvinkelen reduseres betydelig slik at luftstrømmen igjen følger vingeprofilet og rorene får effekt. Dette betinger høyderorutslag som senker flyets nese, en manøver som mest sannsynlig vil medføre et høydetap.

Følgende illustrasjoner av hvordan luftstrømmen og trykkfordelingen over vingeprofilet endrer seg og steiling oppstår når angrepsvinkelen (Angle of Attack, AOA) blir kritisk, er hentet fra Bombardiers treningsmateriell:



Figur 4: Luftstrøm og trykkfordeling ved økende angrepsvinkel inntil steiling oppstår.

#### 1.6.2.4 Steilebeskyttelse

Steilekarakteristikken for vingen er slik at den brått og uten forvarsel vil miste løftet dersom angrepsvinkelen blir for stor (ref. figur 4). Flyet er derfor utstyrt med system for steilebeskyttelse som vil varsle besetningen både visuelt, med lyd og ved at det genereres ristebevegelser i stikka (stick shaker) når angrepsvinkelen nærmer seg den teoretiske steilevinkelen. Autopiloten kobles ut dersom ”stick shaker” aktiveres. Hvis

besetningen ikke korrigerer flygestillingen, skyves stikka automatisk forover (stick pusher) for å unngå at flyet steiler.

Følere foran på hver side av flykroppen måler flyets stilling i forhold til luftstrømmen omkring (angrepsvinkel, AOA). Informasjonen sammenholdes med hastigheten, og vinklene der beskyttelsesmekanismene skal trigge beregnes i ”Stall protection computer”. Dersom angrepsvinkelen øker med mer enn 1 grad per sekund, utløses mekanismene ved en lavere vinkel for å forhindre at flyet steiler før sekvensen av beskyttelsesmekanismer rekker å slå inn. ”Stick pusher” vil aktiviseres 3 grader tidligere dersom AOA øker med mer enn 4 grader per sekund (phase advance). For ”stick shaker” forsinkes ”phase advance” i 3 sekunder etter at hjulene har forlatt bakken.

Begge flygerne har en knapp på stikka (AP/SP DISC) som de kan trykke på og holde inne for å stoppe ”stick pusher”. Pusheren vil koble seg ut automatisk når angrepsvinkelen er tilstrekkelig redusert.

Steilebeskyttelsessystemet syntes å fungere som det skulle ved den alvorlige luftfartshendelsen med OY-RJC. Knapp for å koble ut ”stick pusher” ble ikke benyttet.

#### 1.6.2.5 *Aerodynamisk effekt av ytre faktorer og forurensning*

Forurensning på vingeforkanten og vingens overside, bakkeeffekt og sidevind er kjente faktorer av betydning for vingens evne til å produsere løftekraft ved avgang. Effekten av disse faktorene omtales nærmere i pkt. 1.16. Vingene på OY-RJC ble inspisert etter den aktuelle hendelsen for å utelukke ujevnheter i form av eksempelvis ”sealant protrusion”. Dette kan ha vært en medvirkende faktor i en tidligere ulykke i Moskva (ref. pkt. 1.18.1). Vingene på OY-RJC var uten bulker og ujevnheter som kunne forstyrre luftstrømmen (figur 5).



Figur 5: Høyre vingeforkant OY-RJC.

#### 1.6.2.6 *Vingens anti-isingsystem og isdetektering*

Blødeluft fra motorens 14. kompressortrinn kan ved behov ledes gjennom vingeforkantene for å varme disse og forhindre isoppbygging både når flyet er på bakken og i lufta. Overflatetemperaturen på forkantene ligger i overkant av 100 °C, og systemet er hurtigvirkende. Ifølge fabrikanten er Wing Anti-Ice (WAI)-systemet ”fully evaporative”, og i stand til å forhindre all forurensning fra å feste seg til vingeforkantene.

WAI-systemet må aktiveres manuelt. Når det er slått på, gir temperatursensorer i vingeforkantene signaler til en kontrollenhet som automatisk justerer blødeluftventilene etter behov.

Behov for "Wing Anti-Ice" skal vurderes etter oppstart (punkt på After Start Checklist). Bryteren er plassert i taket. Dersom det er behov for av-ising, må man vente til like før avgang med å slå på systemet. Anti-isingsvæsken kan ellers bli ødelagt av den høye temperaturen på vingeforkanten. Punktet "Wing Anti-Ice" kommer derfor opp igjen på siste sjekkliste før avgang (Before take-off checklist). Dersom dette punktet uteglemmes, genereres det intet varsel i cockpit.

Flyet har system for å detektere is under flyging, men dette systemet er ikke konstruert eller egnet for å oppdage is mens flyet er på bakken.

#### 1.6.2.7 *Endrede sertifiseringsregler for beskyttelse mot ising (25.1419 Ice Protection)*

Bestemmelsene som gjaldt da CRJ200 ble typesertifisert er nå blitt endret. Både dagens EASA CS-25 (som erstattet JAR-25) og FAR 25 er utvidet med et listepunkt (e) i paragraf 25.1419 "Ice Protection" hvor det fremgår at hovedregelen er at avisingssystemet enten skal aktiveres automatisk, eller at flygerne skal få et varsel om at de må aktivere systemet. Imidlertid kan fortsatt operative prosedyrer som har samme formål benyttes. Ytterligere ett listepunkt (f) slår fast at krav i pkt. (e) skal gjelde for alle flygefaser dersom ikke den som søker typesertifisering kan godtgjøre at bruk av anti-isingssystem ikke er påkrevet i spesifikke flygefaser. De nye reglene er ikke gitt tilbakevirkende kraft.

EASA har i mai 2010 tilkjennegitt at de vil utrede nye krav på området. Det nye er at den som søker typesertifisering skal måtte analysere hvilken betydning eventuell uoppdaget vingeforurensning kan ha ved avgang og sikre at dette ivaretas på betryggende vis, ref. pkt. 1.18.2.12.

#### 1.6.2.8 *Relevante generiske krav til systemsikkerhet*

CRJ200 ble sertifisert etter konstruksjonsbestemmelser som hadde generiske krav til systemsikkerhet. Bestemmelsene i FAR-25 og JAR-25 hadde stort sett likelydende krav til utstyr, systemer og installasjoner. Disse kravene gjaldt også anti-isingssystemer. Følgende utdrag fra JAR 25.1309 illustrerer noen av kravene:

*—(a) The equipment, systems, and installations whose functioning is required by the JAR and national operating regulations must be designed to ensure that they perform their intended functions under any foreseeable operating conditions. ...*

*(c) Warning information must be provided to alert the crew to unsafe system operating conditions, and to enable them to take appropriate corrective action. Systems, controls, and associated monitoring and warning means must be designed to minimise crew errors which could create additional hazards. ...*

*(d) Compliance with the requirements of sub-paragraph (b) of this paragraph must be shown by analysis, and where necessary, by appropriate ground, flight, or simulator tests. The analysis must consider (see ACJ No. 1 to JAR 25.1309) –*

...



*(4) The crew warning cues, corrective action required, and the capability of detecting faults.”*

Bestemmelsene inneholdt med andre ord krav om at det skulle gjennomføres analyser og, der det var nødvendig, bakketester, prøveflyginger og simulortester for å vise at sannsynligheten for systemsvikt var tilstrekkelig lav.

Ved typesertifisering av komplekse luftfartøyer som CRJ200 kan analysene for å vise overensstemmelse med 25.1309 bli svært omfattende. For å avgrense denne undersøkelsen har ikke havarikommisjonen gjennomgått disse analysene.

#### 1.6.2.9 *Eksempel på at “myke” barrierer har blitt ansett som utilstrekkelige som følge av læring etter ulykker*

“Takeoff configuration warning system” er et eksempel på hvordan luftfarten har innført sikkerhetsforbedringer som følge av lærdom etter ulykker. Opprinnelig baserte man seg på sjekklister og hukommelse for at besetninger ikke påbegynte avgang uten at flyet var konfigurert for sikker avgang (eksempelvis relatert til flaps, slats, trim, spoilers, park brake m.m.). Etter flere større ulykker ble det innsett at slike “myke” sikkerhetsbarrierer ikke var tilstrekkelig for et så sikkerhetskritisk forhold. Spesielt siden det har vist seg at besetninger lett kan bli distraheret av andre ting rett før avgang, og glemme denne sjekken. Derfor ble det innført krav om “Takeoff configuration warning system” (FAR 25.703, CS 25.703). Dette systemet skal automatisk varsle besetningen med lydvarsel dersom avgang påbegynnes uten at flyet er riktig konfigurert. Hensikten er at systemet skal virke som “back-up” for sjekklisten, siden det kan oppstå situasjoner der sjekklisteutførelsen avbrytes eller avgangen forsinkes (ref. forord til Amendment 25-42).

#### 1.6.2.10 *Retningslinjer og prosedyrer for operasjon på våte og kontaminerte rullebaner*

Fabrikantens godkjente flygehåndbok, ”Airplane Flight Manual” (AFM) har et eget supplement som omhandler operasjon på våte og kontaminerte rullebaner (Chapter 07 Section 03). Følgende gjelder med hensyn til når en rullebane anses å være kontaminert:

*”A runway is considered to be contaminated, when more than 25% of the runway surface area (whether in isolated areas or not), within the required length and width being used, is covered by more than 3 millimeters (1/8 inch) of standing water or slush, or by loose snow, equivalent to more than 3 millimeters (1/8 inch) of water.”*

Et utvalg av gjeldende begrensninger er som følger:

- For avgang er maksimal tillatt dybde på slapsforurensning 12,7 mm (1/2 inch), mens det tillates 25,4 mm (1 inch) våt snø.
- Maksimum tillatt sidevindskomponent for avgang og landing på kontaminert rullebane er 10 kt.
- Maksimum tillatt sidevindskomponent for avgang og landing på våt rullebane med inntil 3 mm rapportert vanddybde er 15 kt. Samme begrensning gjelder ved ”medium” friksjonskoeffisient.
- Bruk av 8° flaps for avgang fra kontaminerte rullebaner er ikke tillatt.

- Reversering skal unngås ved taksing på kontaminert underlag, unntatt når det er nødvendig av sikkerhetshensyn.

Sistnevnte begrensning begrunnes med at vingen kan bli forurenset (Operation Limitations page 02-04-3):

*—To prevent wing contamination from reverse jet blast, operating the thrust reversers during taxi operations on wet and contaminated surfaces should be avoided.”*

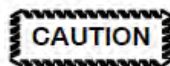
Håndboken Flight Crew Operating Manual (FCOM) har egne supplementer med prosedyrer for både kaldvørsoperasjoner og operasjon på kontaminerte rullebaner.

I kaldvørsprosedyrene kapittel D, *Taxi out*, finnes følgende advarsel:



1. When the depth of contaminants on the runway surface exceeds the published runway contaminant depths in the Performance section of the Airplane Flight Manual (refer to the Airplane Flight Manual, CSP A-012, Chapter 6 - PERFORMANCE).
2. During extreme weather conditions (i.e. freezing rain).
3. When braking action is reported to be poor.
4. When crosswind component exceeds 15 knots and the runway is slippery.

Kapittel E, *Take-off*, innledes med en advarsel der det nevnes at spray fra nesehjulet kan være en kilde til at vingen forurenses:



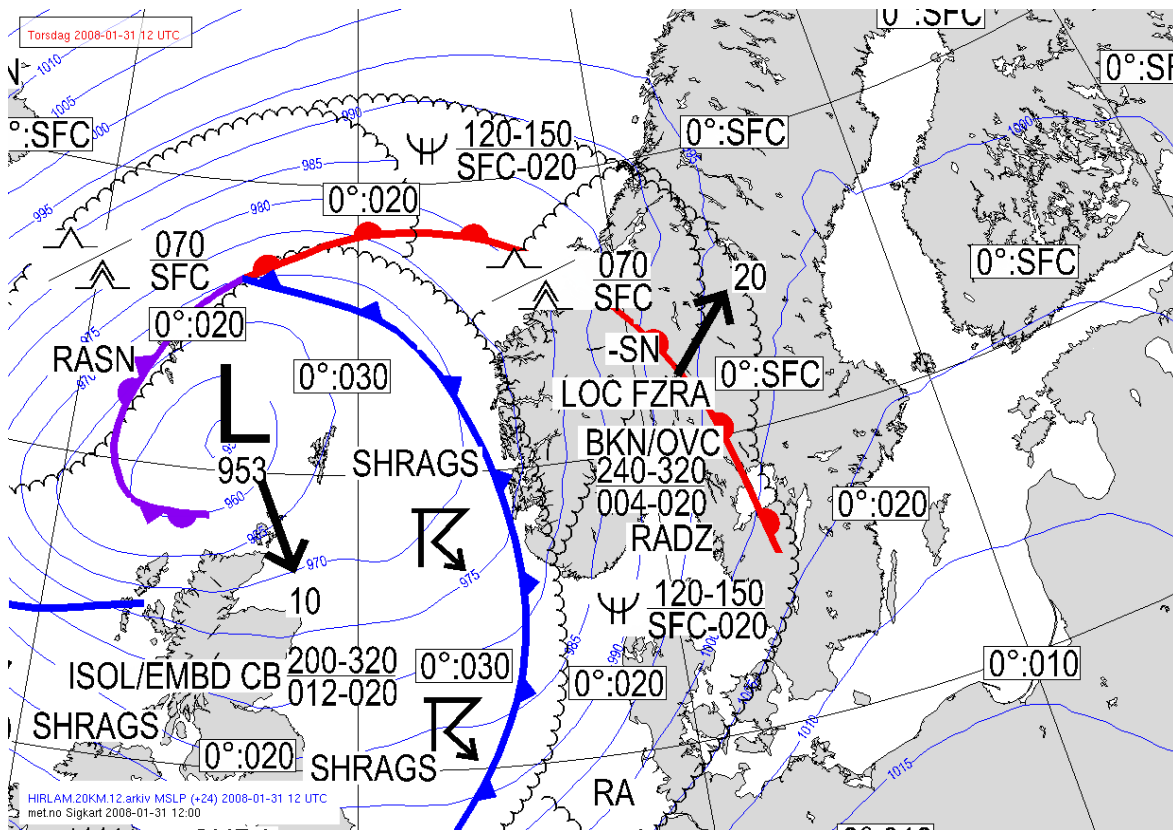
1. Operating on ramps or taxiways which are contaminated with surface snow, slush or standing water when the OAT is 5°C (41°F) or below, can cause the wing leading edge to become contaminated with ice, e.g., from nose wheel splashing or jet blast spray. Just prior to take-off, select the wing anti-ice system ON and advance the thrust levers, as required, until the L WING A/ICE and R WING A/ICE caution messages are extinguished, to remove any leading edge ice contamination that may have accumulated during taxi.
2. The same procedure should be performed whenever the PIC has any doubt of the cleanliness of the wing leading edge prior to take-off.

## 1.7 Været

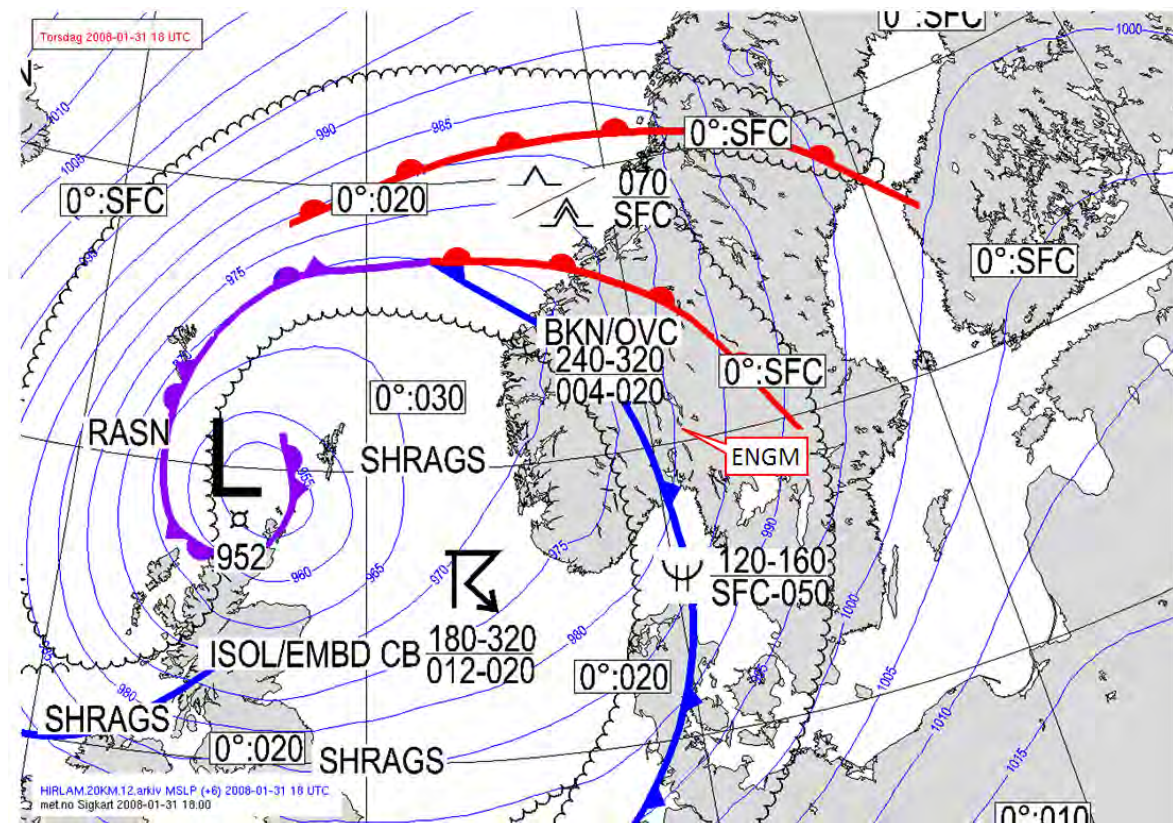
### 1.7.1 Generelt

Meteorologisk institutt utarbeidet en rapport om vær-situasjonen på Oslo lufthavn den aktuelle ettermiddagen. Et kraftig lavtrykk nord for Skottland beveget seg sørøstover inn i sørlige Nordsjøen. Fronter med tilhørende værssystem kom inn over Østlandet fra sørvest.

Dette ga kraftig vind fra sør, med storm styrke langs kysten og kuling flere steder i innlandet. Gardermoen hadde ikke frontpassasje, og lå som kartene under viser i lavtrykkets varmsone i hele den aktuelle perioden:



Figur 6: Signifikant værkart gyldig 31-1-2008 12UTC (hendelsen inntraff kl. 1621UTC).



Figur 7: Signifikant værkart gyldig 31-1-2008 18UTC (hendelsen inntraff kl. 1621UTC).

## 1.7.2 Observert og varslet vær

1.7.2.1 Følgende METAR med TREND (rutinemessige værobservasjoner med varsel for luftfartsformål uttrykt i meteorologisk kode) var utstedt for Gardermoen (ENGM):

1443UTC 15015G25KT 1400 1200NE R19R/P1500N R01R/P1500N RASN FEW005  
BKN007 OVC011 00/00 Q0985 TEMPO 16020G30KT 1800 SNRA BKN004=

1521UTC 15018KT 1600 RASN FEW004 SCT007 BKN009 00/00 Q0983 TEMPO  
16020G30KT 1200 SNRA BKN004=

1540UTC 15017KT 1300 R19R/P1500N R01R/P1500D RASN FEW004 SCT007  
BKN009 00/00 Q0982 TEMPO 16020G30KT 1600 RASN BKN004=

1610UTC 15015KT 1700 SNRA SCT003 BKN006 OVC009 00/00 Q0981 TEMPO  
16015G25KT 1200 RASN BKN004=

1640UTC 15015KT 1700 SNRA FEW004 SCT006 BKN008 00/00 Q0980 TEMPO  
16015G25KT 1200 RASN BKN004=

1.7.2.2 Følgende værvarsel (TAF, Terminal Aerodrome Forecast) var utstedt:

ENGM 311100UTC 311221 17015KT 5000 -RASN SCT005 BKN010 TEMPO 1215  
17020G30KT 2500 SNRA BKN005 TEMPO 1521 17020G35KT 1200 SN BR VV004=

ENGM 311400UTC 311524 17020KT 4000 -RASN SCT005 BKN010 TEMPO 1521  
17025G35KT 1200 SN BR VV004=

1.7.2.3 Den perioden OY-RJC befant seg i området, ble det altså i hovedsak observert og varslet sør-sørøstlig vind, styrke 15-20 kt med enkelte vindkast opptil 25-35 kt. Det var nedbør i form av sludd med moderat intensitet. Temperatur og duggpunkt var begge 0 °C. Det var ikke varslet eller observert frysende nedbør den aktuelle ettermiddagen. Meteorologisk institutt har levert følgende oversikt over observasjoner:

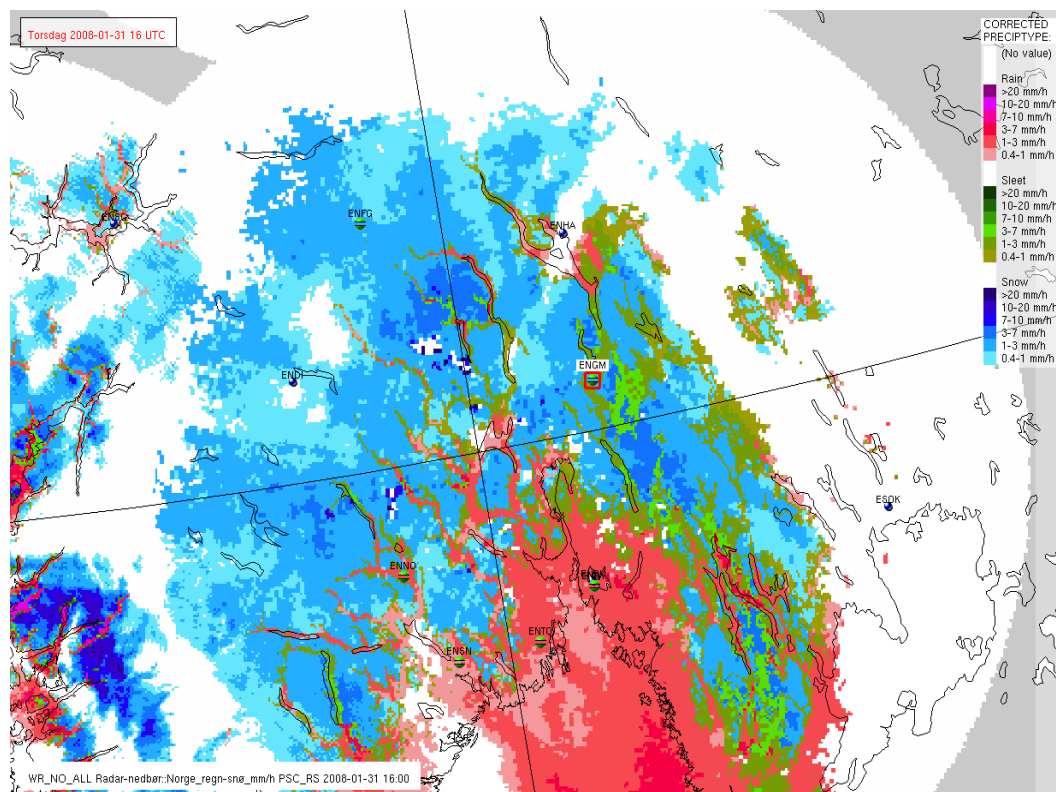
Tabell 4: Et utvalg av værobservasjoner

Tid (UTC)	Sikt (m)	Nedbør	Skybase (ft)
1350	1900	RASN	700
1420	1700	RASN	900
1450	1400	RASN	700
1520	1600	RASN	900
1550	1300	RASN	900
1620	1700	SNRA	600
1650	1700	SNRA	800
1720	1600	SNRA	800
1750	1800	SNRA	800
1820	1200	SNRA	800
1850	1900	SNRA	600

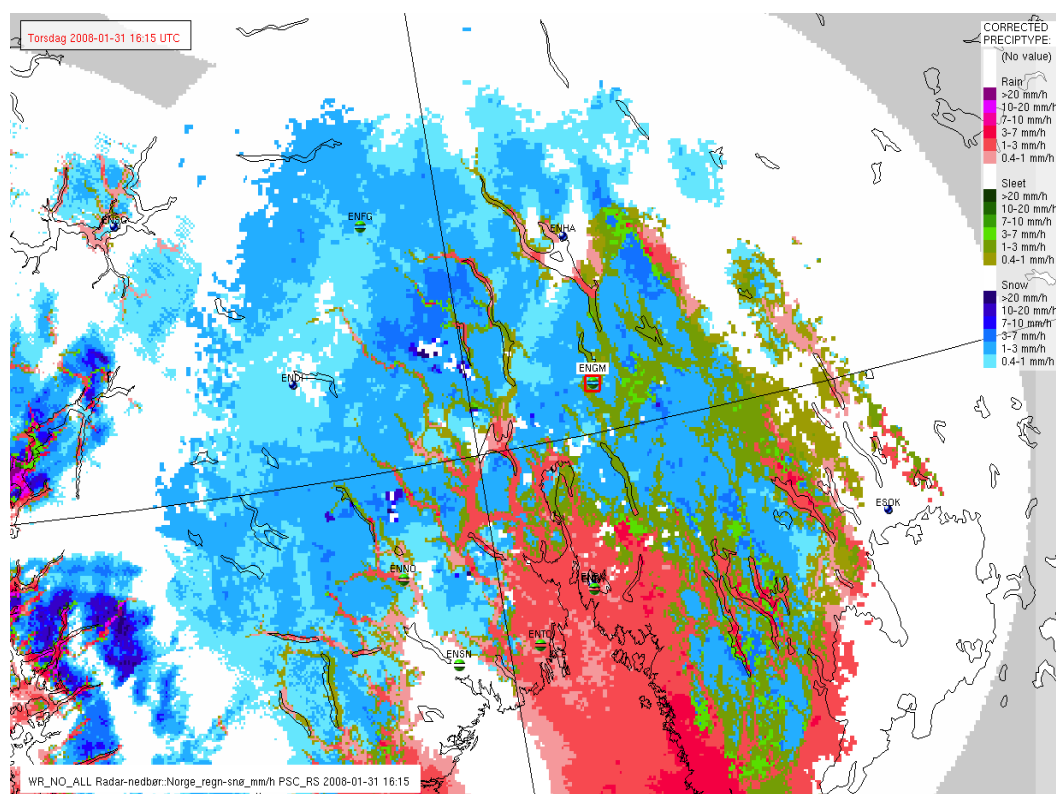


### 1.7.3 Radarbilder av nedbør

#### 1.7.3.1 Nedenfor gjengis radarbilder med angivelse av nedbørtype og intensitet kl. 1600UTC og 1615UTC. Blått er snø, rødt er regn og grønt er sludd.



Figur 8: Radarbilde med angivelse av nedbørtype og intensitet kl. 1600UTC.



Figur 9: Radarbilde med angivelse av nedbørtype og intensitet kl. 1615UTC.

### 1.7.3.2 Rapporten fra Meteorologisk institutt sier følgende om nedbøren:

*”På norske værstasjoner måles nedbør 2 ganger i døgnet, kl. 06Z og 18Z. Målingene fra Gardermoen viser at det mellom 06Z og 18Z den 31. januar kom 12 mm nedbør. En tommelfingerregel sier at 1 mm nedbør tilsvarer 1 cm tørr snø. I dette tilfellet var nedbøren våt, og forholdstallet blir lavere. Det er rimelig å anta at det falt 8-10 cm våt snø i løpet av dagen. Ut ifra observasjonsmaterialet er det sannsynlig at det meste av denne nedbøren kom i tidsrommet 14Z-18Z, hvor nedbøren var kraftigst. Det kan heller ikke utelukkes at det i et kort tidsrom (noen minutter) kan ha kommet mer enn moderat nedbør, som ikke har blitt fanget opp av observasjonene.”*

### 1.7.4 Øvrige observasjoner

1.7.4.1 Både lufthavnpersonell som var ute og jobbet med avising og andre som var ute den aktuelle ettermiddagen, var av den oppfatning at det var usedvanlig dårlig vær. Store, våte snøfiller blåste gjennom luften og klistret seg fast til objekter de traff før de etter hvert smeltet. Ingen av vitnene havarikommisjonen har vært i kontakt med har rapportert om frysende nedbør.

### 1.7.5 Retningslinjer for observasjon av sikt i nedbør

1.7.5.1 Værobservasjoner på Gardermoen utføres av personell fra Oslo lufthavns tekniske driftssentral. Det er de samme personene som administrerer flyparkering. Personellet går egne MetObs vakter i turnusprogrammet. Et automatisk observasjonssystem (Vaisala) lager forslag til METAR basert på de verdier som registreres. Personellens oppgave er å korrigere feil og videreformidle METAR'en til Meteorologisk institutt på Blindern i Oslo, slik at de kan legge til et varsel (TREND) i tillegg til observasjonene. Kriteriene for vurdering av nedbørintensitet er knyttet til sikt, og følgende retningslinjer er gitt: (+ brukes om sterk, tett eller velutviklet, mens - brukes om svak eller lett)

Tabell 5: Norske retningslinjer for vurdering av nedbørintensitet basert på sikt

<u>VEILEDENDE RETNINGSLINJER</u>	
<b>SAMMENHENG MELLOM NEDBØRINTENSITET OG SIKT VERDIER TIL BRUK I FORHOLD TIL METAR OG TAF</b>	
<u>VÆR</u>	<u>SIKT</u>
-RA	VVVV > 20 KM
RA	4 KM < VVVV ≤ 20 KM
+RA	VVVV ≤ 4 KM
-DZ	VVVV > 4000 M
DZ	1000 M < VVVV ≤ 4000 M
+DZ	VVVV < 1000 M
-SN	VVVV > 2000 M
SN	500 M < VVVV ≤ 2000 M
+SN	VVVV ≤ 500 M
<p>For sludd, andre blandinger av nedbørsformer eller f.eks. snøfall og tåkedis, er det vanskelig å sette noen entydige sammenhenger mellom intensitet og sikt. For sludd som inneholder mest snø bør en la reglene som gjelder for snø være et utgangspunkt.</p> <p>For tåke og dis skal ikke + eller - nyttes.</p>	

- 1.7.5.2 Havarikommisjonen ble i løpet av undersøkelsen oppmerksom på en rapport fra det amerikanske National Center for Atmospheric Research (NCAR) - "[How Snow Can Fool Pilots](#)". Rapporten tar opp problemet med at de etablerte intensitetsgradene for nedbør baserer seg på siktverdier, mens det som er av betydning for "Hold-Over Time" er vanninnhold. I mørke kan unøyaktigheten bli enda større enn i dagslys.
- 1.7.5.3 SHT forela de aktuelle værobservasjonene fra Gardermoen for en av forfatterne av NCAR-rapporten, Roy Rasmussen. Han konkluderte med at nedbørintensiteten kan ha vært om lag  $30 \text{ g/dm}^2/\text{time}$ , altså "heavy", til tross for at sikten var så god som 1 300 - 1 700 m. Dette skyldes stor tetthet per snøflak (våte, sammenlimte krystaller) og at hvert flak får høy terminalhastighet. Rasmussen viste for øvrig til artikkelen "*The Estimation of Snowfall Rate Using Visibility*" publisert i "Journal of Applied Meteorology" i 1998. Et sammendrag av denne artikkelen følger i vedlegg G.
- 1.7.5.4 I USA og Canada ble det i 2002/2003 gjennomført en studie av "Hold-Over Times" (HOT, ref. pkt. 1.10.3.3). Landene hadde ulike tabeller for vurdering av siktverdier, hvilket ga ulik HOT. Harmoniserte retningslinjer ble utarbeidet. De nye, nordamerikanske retningslinjene for bedømmelse av nedbørintensitet i snøvær er gjengitt i tabell 6. En fotnote til tabellen viser at blant annet ovennevnte forskningsrapport ble lagt til grunn:

Tabell 6: Nordamerikanske retningslinjer for bedømmelse av nedbørintensitet basert på sikt

VISIBILITY IN SNOW VS. SNOWFALL INTENSITY CHART<sup>1</sup>

Lighting	Temperature Range		Visibility in Snow (Statute Miles)			
	°C	°F	Heavy	Moderate	Light	Very Light
Darkness	-1 and above	30 and above	≤1	>1 to 2½	>2½ to 4	>4
	Below -1	Below 30	≤¾	>¾ to 1½	>1½ to 3	>3
Daylight	-1 and above	30 and above	≤½	>½ to 1½	>1½ to 3	>3
	Below -1	Below 30	≤¾	>¾ to 7/8	>7/8 to 2	>2

<sup>1</sup> Based on: *Relationship between Visibility and Snowfall Intensity* (TP 14151E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 2003; and *Theoretical Considerations in the Estimation of Snowfall Rate Using Visibility* (TP 12893E), Transportation Development Centre, Transport Canada, November 1998.

- 1.7.5.5 Fra Meteorologisk institutt har havarikommisjonen fått opplyst at verdiene i tabell 5 er ment å være veiledende, og at sikten ved nedbør ofte blir redusert av selve nedbøren og av tåkedis eller tåke. Dette skal observatøren ta hensyn til ved bestemmelse av nedbørintensitet. Dersom man skulle brukt sikten som eneste parameter ved fastsettelse av nedbørintensitet, ville man ifølge Meteorologisk institutt som regel ha oppgitt for sterk nedbørintensitet.

## 1.8 Navigasjonshjelpemidler

Ikke relevant.

## 1.9 Samband

Intet unormalt rapportert.

## 1.10 Flyplass og hjelpemidler

### 1.10.1 Generelt

- 1.10.1.1 Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM) er Norges hovedflyplass og har to parallelle rullebaner. Lufthavnen ligger 19 NM nord-nordøst for Oslo sentrum, 681 ft over havets nivå. Kart over lufthavnen følger som vedlegg B.

Fysiske karakteristika rullebane 19L:

Magnetisk retning:	195°
Dimensjoner:	2 950 m × 45 m
Banedekke:	Asfalt/betong (300 m segment innenfor hver av tersklene)
TORA/ASDA:	2 950 m

### 1.10.2 Rullebanestatus

- 1.10.2.1 Vaktjournal fra plasstjenesten ved Oslo lufthavn viser at den aktuelle rullebanen (østre bane) var stengt for brøyting og sandstrøing fra kl. 1637 til kl. 1648 og mellom kl. 1730 og 1743. Det foregikk kontinuerlig brøyting, vekselvis på de to rullebanene. OY-RJC tok av kl. 1720, altså ca. en halv time etter at banen var blitt brøytet. Etter avgangen der hendelsen inntraff og før neste brøyting kl. 1730, landet det to rutefly.
- 1.10.2.2 Banerapporten etter brøyting kl. 1648 viste at det var noe slaps (slush) på banen. Gjennomsnittsdypde var oppgitt som 3 mm, hvilket er minimum dybde (første rapporteringsnivå) som må rapporteres hvis det er spor av slaps på banen. Friksjonsmålinger langs hver tredjedel av rullebanen viste henholdsvis 0.42, 0.38 og 0.36, hvilket tilsvarte ”medium”.
- 1.10.2.3 Banerapporten etter brøyting kl. 1743 viste at det var våt snø/is på banen. Ansvarlig personell har opplyst at is kun forekom i hjulspor der snøen var blitt komprimert. Gjennomsnittsdypde var oppgitt som 6 mm, hvilket er minimum dybde (første rapporteringsnivå) som må rapporteres når det er våt snø på banen. Friksjonsmålinger langs hver tredjedel av rullebanen viste henholdsvis 0.43, 0.39 og 0.36 (medium).
- 1.10.2.4 Lufthavnen skal stenge banen for trafikk når slapsdybden overstiger 13 mm (stengekriterier i henhold til OSL håndbok for LHT/Plasstjeneste). For våt snø er stengekriteriet



25 mm. Disse dybdene samsvarer med det som maksimalt er tillatt for avgang med CRJ200 (½ inch slush, 1 inch wet snow).

- 1.10.2.5 Ansvarlig personell ved lufthavnen har opplyst at dybden ikke overskred stengekriteriene da brøyting ble iverksatt etter at OY-RJC hadde tatt av. Meteorologisk institutt har anslått dybden til å være 1-2 cm slaps/våt snø basert på at den registrerte nedbørintensiteten på radarbildene var 3 - 7 mm/time i den drøye halvtimen som gikk fra brøyting til avgang.
- 1.10.2.6 Det er tre temperatursensorer på rullebanen. I nordenden av rullebanen, der avgangen startet, ble en overflatetemperatur på -1,2 °C registrert på det tidspunkt OY-RJC tok av. Midt på banen ble overflatetemperaturen på samme tidspunkt registrert å være -0,3 °C, mens den i sydenden var -1,2 °C. Temperaturen registreres også 10 cm under bakkenivå. Der lå verdiene mellom -1,4 og -1,9 °C.
- 1.10.2.7 Det var benyttet kjemikalier for å forhindre isdannelse på østre banesystem om morgenen den aktuelle dagen og dagen i forveien<sup>3</sup>. Lufthavnen benytter Aviform L50 til dette formålet. Loggført utlegg på rullebanen var henholdsvis 2 492 l og 4 056 l. Taksebaner var også behandlet, mens sentralområdet ikke var påført kjemikalier siden 29. januar.
- 1.10.2.8 Den påfølgende dagen snødde det også kraftig på Gardermoen, og et rutefly kjørte utfor banen under inntaksing etter landing. Hovedflyplassen holdt deretter stengt i flere timer siden man fikk driftsproblemer på viktig snøryddingsmateriell og brøytekapasiteten ikke strakk til.
- 1.10.3 Avising
- 1.10.3.1 Oslo lufthavn har etablert avisingsområde i nærheten av banetersklene. Den aktuelle ettermiddagen var rullebane 19L i bruk for avgang, og avisingen foregikk på plattform B-Nord. Lufthavnen har egen kommunikasjonsfrekvens for avisingskoordinering, og trafikken overvåkes med bakkeradar. Avisingsplattformen er i tillegg kameraovervåket (se figur 10).
- 1.10.3.2 Lufthavnen har to operatører som driver med avising. SAS Ground Services Norway AS (SGS) er størst, og var de som leverte tjenesten til Cimber Air. Avisingskjøretøyene som benyttes er moderne og har blant annet datastyrt overvåking av væsketemperatur, væskeforbruk og tidsbruk. Avising og anti-ising foregår i henhold til den til enhver tid gjeldende utgave av "[Recommendations for De-icing / Anti-icing of Aircraft on the Ground](#)", utgitt av Association of European Airlines (AEA). Enkelte flyselskap har i tillegg spesifisert særskilte krav. Cimber Air hadde ingen særkrav utover de generelle da hendelsen inntraff.
- 1.10.3.3 SGS benyttet Type II anti-isingvæske (Clariant Safewing MP II, ref. vedlegg C). Anti-isingvæsker er underlagt rigide krav, og den aktuelle væsketypen var testet og godkjent i henhold til gjeldende spesifikasjoner. Spesielt viktig er estimatet for hvor lenge væsken beskytter vingeoverflaten mot isdannelse i nedbør, såkalt "Hold-Over Time" (HOT), og hvordan væsken renner av vingen under akselerasjon for avgang (flow-off performance during take-off run). Viskositeten i væsken endres slik at den begynner å renne av vingen når lufthastigheten når ca. 30 kt. Over 80 kt vil det meste av væsken ha rent av. Sertifiseringskravene for fly tillater forekomst av et tynt sjikt med rester av avisingsvæske.

---

<sup>3</sup> I den senere tid har det vært antydning at kjemikalier som benyttes på bakken kan ha ugunstig innvirkning på effekten av anti-isingvæske som benyttes på luftfartøy, ref. [EASA Service Information Bulletin SIB No. 2010-26R1](#).

- 1.10.3.4 På Gardermoen ble den aktuelle væsketypen tatt i bruk vintersesongen 2007/2008. SGS hadde kun fått positive tilbakemeldinger i den forbindelse. Den nye væsketypen hadde lengre HOT enn type II-væsken som ble benyttet tidligere.
- 1.10.3.5 Havarikommisjonen kontaktet også Clariant, som er produsent og leverandør av væsken. De kjente godt til avisingsmiljøet på Oslo lufthavn, og mente både fasiliteter, utstyr, personell og alle ledd i prosessen holdt høy standard. Også besetningen på OY-RJC og andre flygere som havarikommisjonen har vært i kontakt med, har opplyst at avisings-tjenestene ved Oslo lufthavn fremstår som svært profesjonelle.
- 1.10.3.6 Havarikommisjonen intervjuet avisingspersonellet hos SAS Ground Services som utførte avising på OY-RJC. De fortalte at 31. januar var en hektisk arbeidsdag med dårlig vær og mye vind, men at avviklingen gikk greit til tross for at trafikkretningen på B-Nord var snudd. Vanligvis tilsvarer trafikkretningen på avisingsområdet takseretningen slik at avviklingen blir smidigst mulig. I sterk vind må imidlertid flyene takses inn i motsatt ende og stille opp med nesen i motvind for at behandlingen skal la seg gjennomføre.
- 1.10.3.7 Registreringer viste at totalt 234 fly var til avising denne dagen, og at 13 avisingskjøretøy var i bruk. Behandling pågikk i fire parallelle spor, etter fastlagte prosedyrer. Flytypen CRJ200 betraktes som et ukomplisert objekt i avisingsammenheng. Den er liten og lavvinget og har motorene plassert bak på kroppen, i god avstand fra vinger og haleflater som skal behandles.



Figur 10: Videobilde fra avisingsplattformen idet OY-RJC takser inn for behandling.

- 1.10.3.8 OY-RJC takset inn for avising kl. 1703. Vingene og halepartiet ble behandlet i to steg parallelt fra to kjøretøy, ett på hver side av flyet. Første steg var avising med varm vannspray. Flyets flaps-setting var da 45°. Behandlingen startet kl. 1704. Registreringer

viste at det ble benyttet totalt 708 liter vann. ”Final Release Person” (FRP) har forklart at han som vanlig gikk langs forkanten på vingene fra spiss til rot og med bar hånd kjente at oversiden av vingen og forkanten var isfri før neste steg ble påbegynt. Operatørene i spesialkjøretøyene sjekket visuelt på nært hold at haleflatene var rene.

- 1.10.3.9 FRP informerte fartøysjefen om at første steg var avsluttet. Flapsen ble da tatt opp til 20° før påføring av anti-isingsvæske ble påbegynt. De ulike flapssettingene er i henhold til fabrikantens anbefalinger. Registreringer viser at ”final treatment” med påføring av 100 % type II anti-isingsvæske startet kl. 1706, og at totalt 104 liter væske ble brukt. Vingene ble behandlet før halen. Hele prosessen var avsluttet kl. 1711.
- 1.10.3.10 Retningslinjer for HOT ved ulike værforhold og temperaturer, ”*Guidelines for Holdover times Clariant Safewing MP II FLIGHT type II Fluid Mixtures as a Function of Weather Conditions and OAT*”, er gjengitt i vedlegg C. 100 % væskekonsentrasjon, utetemperatur høyere enn -3 °C og snøvær tilsier HOT mellom 1:00-1:35. Korteste angitte tid er ved moderat snøfall, mens lengste tid er ved lett snø. Det oppgis ingen retningslinjer for sterkt snøfall, frysende regn, hagl eller snø- og is-”pellets”. Vanlig praksis er at flyselskapene har prosedyrer som ikke tillater flyging i slike forhold. Tabellen inneholder en advarsel om at tiden beskyttelsen varer vil reduseres i ”heavy weather conditions”:

*”[...] Heavy precipitation rates or high moisture content, high wind velocity, or jet blast may reduce holdover time below the lowest time stated in the range...”*

- 1.10.3.11 Clariant har opplyst at mer enn 25g/dm<sup>2</sup>/time (tilsvarer 2,5 mm vann/time) regnes som ”heavy snow”. Det oppgis ikke spesifikt hva som er ”high wind velocity”, men vindforholdene den aktuelle perioden (15-20 kt) er under kritisk verdi. Bombardiers egen ekspert fikk se videoopptaket av avisingen og vurderte også de foreliggende opplysninger fra den aktuelle prosessen. Han konkluderte med at vingen høyst sannsynlig var forskriftsmessig beskyttet av anti-isingsvæske da avgangen ble påbegynt kun 15 minutter etter påføring.

## 1.11 Flygeregistratorer

- 1.11.1 OY-RJC var utstyrt med tale og flygeregistrator i henhold til gjeldende bestemmelser. Aktuelle taleopptak var overspilt under flyging, siden varigheten på dette opptaket er 30 minutter. Flygeregistratoren, en L3 modell F1000 ”solid state” digital ferdskriver, ble brakt til UK Air Accidents Investigation Branch (AAIB) på Farnborough i England for nedlasting. 62 timer data av god kvalitet var registrert og ble lastet ned. Datafilen ble sendt til Transportation Safety Board i Canada for videre analyse. Resultatene er omtalt i rapportens pkt. 1.1.16, og et utvalg parametere er vist i vedlegg D.
- 1.11.2 De 62 timene med data var fra 41 flyginger. I tillegg til den aktuelle hendelsen, viste det seg at ”stick shaker” hadde aktivisert ved ytterligere fire avganger fordi høyderoret ble nøytralisert for sent. Rotasjonsraten var ikke kritisk ved noen av disse avgangene. Problemet syntes ifølge Bombardier å være ”[...] *that in each event the pilot held the take-off rotation in an attempt to obtain the target pitch attitude immediately on take-off rotation, rather than rotating towards it and maintaining the all-engine take-off safety speed V2 +10 knots as stated in the Flight Crew Operating Manual (FCOM)*”.
- 1.11.3 Bombardier anså funnene for å være alarmerende, og det ble umiddelbart opprettet kontakt mellom fabrikanten og ledelsen i Cimber Air. Cimber Air sørget deretter for å

briefe flygerkorpset om den alvorlige hendelsen på Gardermoen og poengtere viktigheten av riktig avgangsteknikk. Bombardier sendte ut informasjon om hendelsen til samtlige operatører i form av "All Operators Message" Nr. 1099, datert 13. februar 2008.

- 1.11.4 For å ha sammenligningsgrunnlag, ble data fra ferdskriversen på et annet av selskapets fly av samme type med registrering OY-RJA lastet ned og analysert av TSB. Denne DFDR inneholdt 64 timer data fra 48 flyginger. Registreringene var gjort i slutten av februar, altså etter at den alvorlige hendelsen med OY-RJC var kjent for flygerkorpset. Maksimal observert rotasjonsrate var 3,0 °/sek. Gjennomsnittlig rotasjonsrate for de 48 avgangene var 2,05 °/sek.

## **1.12 Havaristedet og flyvraket**

Ikke relevant.

## **1.13 Medisinske og patologiske forhold**

Ikke relevant.

## **1.14 Brann**

Ikke relevant.

## **1.15 Overlevelsesaspekter**

Ikke relevant.

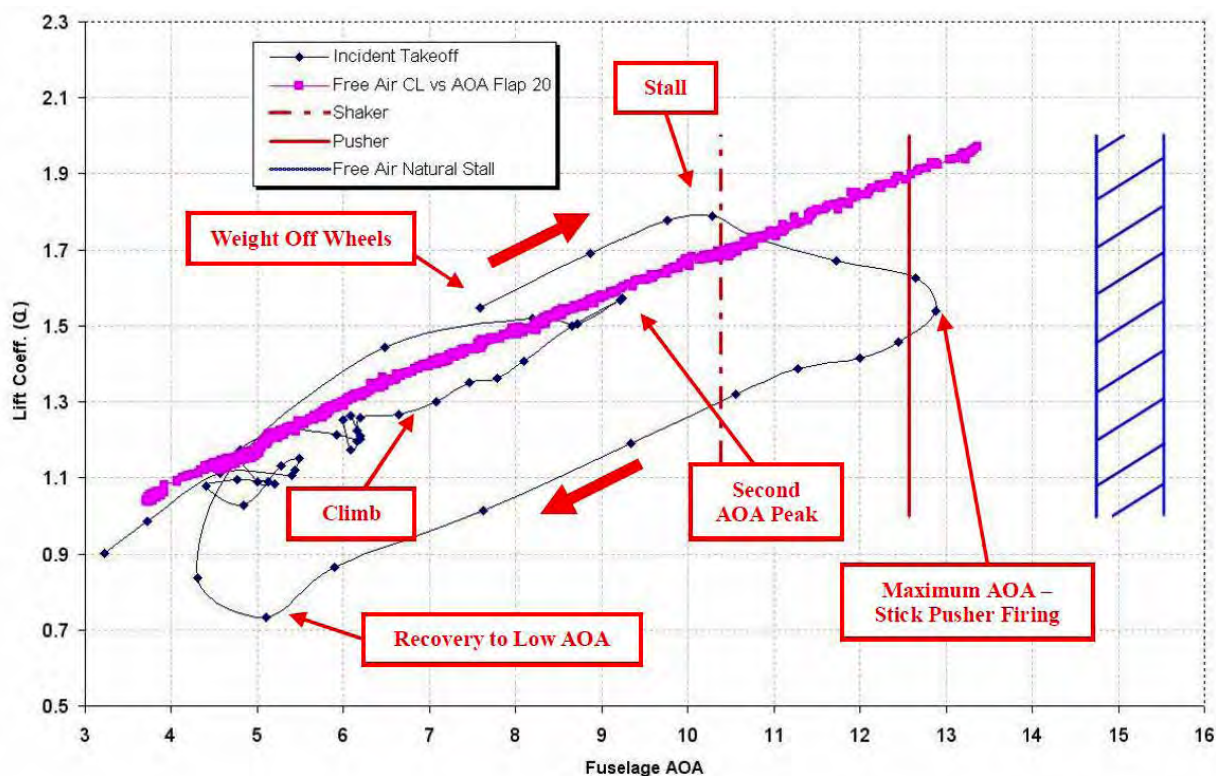
## **1.16 Spesielle undersøkelser**

- 1.16.1 Fabrikanten Bombardier analyserte flygeregistratordata fra hendelsen med OY-RJC og konkluderte med at steiling inntraff omtrent samtidig med at "stick shaker" utløste, ved en angrepsvinkel ca. 5 grader lavere enn forventet i upåvirket luftstrøm (free air). Bombardiens beregninger viste at den aerodynamiske effekten som følge av sidevind og bakkeeffekt ville resultere i at steiling ble fremskyndet ca. 2 grader. De resterende 3 grader tilskrev fabrikanten forurensning på vingeforkanten.

- 1.16.2 Havarikommisjonen ønsket videre å få klarhet i følgende spørsmål:

- 1. Hva var det som forurenset vingeforkanten, og hvordan kunne det ha seg at vingekanten/vingen ble forurenset?*
- 2. Kan andre faktorer enn flygerens bevegelse av stikka ha bidratt til at rotasjonsraten ble overdrevet?*

- 1.16.3 For å besvare havarikommisjonens spørsmål, gjennomførte Bombardier blant annet en simuleringsanalyse med de aktuelle DFDR-data. De utarbeidet følgende grafiske fremstilling av løftkoeffisient versus angrepsvinkel under den aktuelle avgangen med OY-RJC:



Figur 11: Løftkoeffisient versus angrepsvinkel under den aktuelle avgangen ( $C_L$ -alpha).

- 1.16.4 I forklaringen som følger  $C_L$ -alpha-figuren over, skriver Bombardier blant annet følgende:

*”The analysis and simulation matching also showed that there was a general lift loss that occurred through most of the rotation and initial climb. Inspection of the  $C_L$ alpha curve, [...], and the simulation analysis [...], shows that, compared with normal take-off data, the lift curve from the incident aircraft falls below the expected values immediately after WOW and also following recovery from the stall as the aircraft climbed out of ground effect (in the climb the  $C_L$ alpha curve did not fully revert to the certification standard –free air” curve). This may indicate that, not only did the aircraft stall at a lower than expected AOA, there was also a general (and more symmetrical) loss of lift at all AOA throughout the take-off phase of flight. This lift loss was essentially symmetrical; the wings remained essentially level during these phases of flight with little aileron control input.”*

- 1.16.5 Det viste seg altså at det i tillegg til uventet tidlig steiling ble avdekket at vingene produserte noe mindre løft enn forventet under hele avgangen, også etter at kontrollen var gjenvunnet. For at simuleringen skulle samsvare med de erfarte data, var det dessuten nødvendig å introdusere et *”nose down pitching moment”* på modellen like etter at flyet lettet. Ifølge Bombardier tyder dette på at det symmetriske løfttapet oppstod over innervingen:

*—The simulation match indicates that this symmetrical loss of lift was most likely confined to the inboard wing because this would cause an aerodynamic nose down moment as required by the model.”*

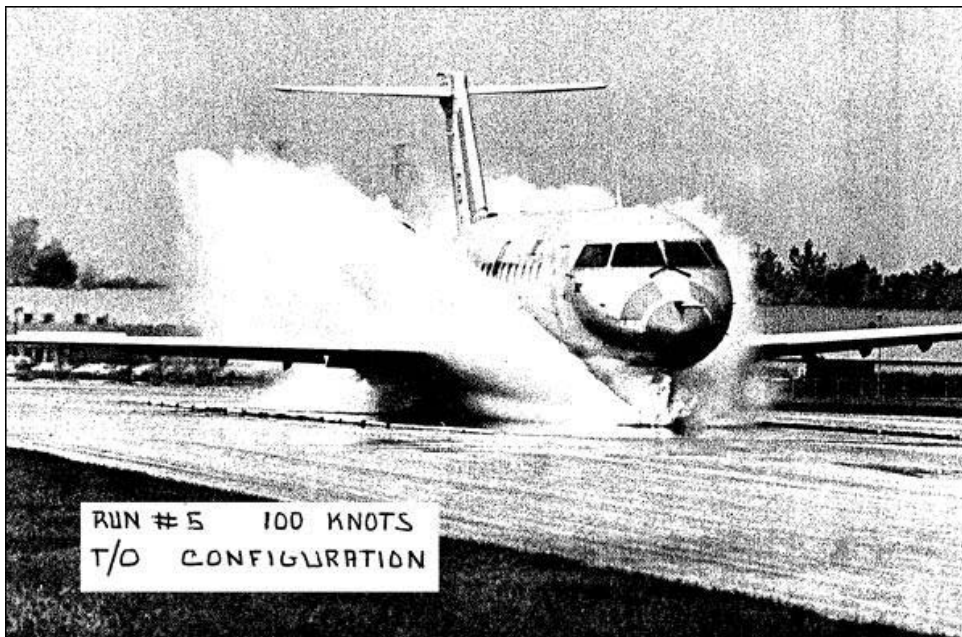


1.16.6 Bombardier minnet i sitt svar til SHT om at flytypen har vært operert fra kontaminerte rullebaner i mange år uten at det har skapt problemer:

*"The CRJ-200 has been in-service since 1992 and operations from contaminated runways have occurred many times. During this time Bombardier has not received any reports of unusual aircraft behaviour or loss of lift concerning take-off operations from contaminated runways.*

*Normally, take-off from contaminated runways is conducted with the wing anti-ice system ON. The wing leading edge anti-ice system operates at a high temperature and is a fully evaporative anti-icing system (surface temperatures in excess of 100° C). During take-off with the engines operating at high power there is adequate engine bleed air to keep the wing at high temperature to prevent any contamination from adhering."*

1.16.7 Med utgangspunkt i fabrikantens advarsler om at spray fra nesehjulet kan forurense vingen ved taksing på kontaminert underlag (ref. 1.6.2.7), anmodet SHT Bombardier om å fremskaffe bilder og kommentere den aerodynamiske effekten når avgang foretas fra kontaminert rullebane (figur 12). SHT mottok en rekke skannede fotografier fra "Water Ingestion Test"<sup>4</sup> på den aktuelle flytypen i 1991. Bildene viser at vannsprayen fra nesehjulet treffer vingeforkanten og oversiden av vingen fra vingeroten og så langt ut som til "knekken" på forkanten når flyet akselereres opp til avgangshastighet med ulike flapssettinger i et ca. ¾ tommer (1,9 cm) dypt vannbad. Spraymønsteret var slik ved alle målehastigheter (50-120 kt).



Figur 12: Foto fra "Water Ingestion Test". Merk at spray fra nesehjulet treffer vingeforkanten og vingens over- og underside i det området hvor stelling normalt initieres.

<sup>4</sup> Ett av luftdyktighetskravene for fly i transportkategorien er at flyene må konstrueres slik at man unngår at betydelige mengder vann- eller slapspray fra underlaget treffer motorenes luftinntak (FAR 25.1091 (d) (2), EASA CS 25.1091 (d) (2)). At kravet er oppfylt demonstreres og dokumenteres gjennom "Water Ingestion Tests". Testene innebærer blant annet å akselerere flyet opp til avgangshastighet med ulike flapssettinger i et ca. ¾ tommer (1,9 cm) dypt vannbad

1.16.8 Kommentarene fra Bombardier var følgende:

*”Water trough tests [...] have shown that spray from the nose wheel can envelop the inboard wing, as far outboard as the wing break (WS 148). Stall tests of the CRJ-200 with wool tufts applied to the wing upper surface showed that the stall initiates at the wing break and spreads outboard. Minor modifications made to the geometry of the wing leading edge at the wing break were shown to have a significant effect on the AOA for stall.”*

Fabrikanten bekrefter altså at spray fra nesehjulet treffer vingeroten, og at tester har vist at selv små endringer av geometrien på vingeforkanten i dette området vil ha betydelig effekt på steilevinkelen.

- 1.16.9 SHT ønsket også å få klarlagt hvorvidt slappsjiktet på rullebanen på noen måte kunne ha medvirket til at rotasjonsraten ble overdrevet høy. Dette med tanke på at sjiktet gir økt rullemotstand og dermed et moment som vil bidra til å holde nesepartiet nede inntil hjulet letter fra bakken – slik at det vil være nødvendig med et større høyderorutslag for å rotere flyet. Rotasjonsraten kan da innledningsvis bli høy, inntil flygeren rekker å reagere og justerer høyderorutslaget. Bombardiens simulering viste ingen målbar effekt i dette tilfellet, høyderorutslaget matchet forventet og reell pitchendring.
- 1.16.10 Havarikommisjonen har ved denne undersøkelsen tatt opp flere problemstillinger med fabrikanten, blant annet hvorvidt forurensning av flapsforkant eller vingens underside bak 7 % MAC (Mean Aerodynamic Chord) kan ha vært faktorer. Bombardier har underbygget hvorfor det kan utelukkes at forurensning av vingens underside kan ha hatt signifikant innvirkning på steilingen, men har i ettertid åpnet for at isforurensning av flapsforkanten muligens kan ha forstyrret luftstrømmen over flapsen og forårsaket tap av løft. Dette ses i sammenheng med bruk av varmt vann for avising. Flapsforkanten eksponeres for varmt vann når flapsen er helt nede, men tildekkes når flapsen settes til 20° før påføring av anti-isingvæske (ref. 1.10.3.8). Bombardier har opplyst at det ved utgangen av år 2010 er innledet diskusjon om hvorvidt den den godkjente prosedyren som ligger til grunn er ideell på dette punktet.
- 1.16.11 Bombardier har videre vist til tester som avkrefter at sand eller annen forurensning kan legge seg i anti-icingsvæsken og forstyrre luftstrømmen slik at væsken ikke kollapser og renner av som forutsatt. Fabrikanten avviste også at forurensning på vingen kan ha ført til uønsket ”pitch-up” som følge av redusert stabilitet, slik havarikommisjonen i Samveldet av uavhengige stater, Air Accident Investigation Commission, har antydnet i sin rapport om luftfartsulykke med CL-600-2B19 i Moskva 13. februar 2007 (IAC Final report datert 13. juli 2008, s. 47).
- 1.16.12 En observert forskjell mellom registrert posisjon for høyre og venstre høyderorsflate (elevator split) under rotasjon for avgang (vedlegg D) ble også tatt opp med fabrikanten. Selskapet hadde ikke registrert noe unormalt med høyderoret hverken før eller etter hendelsen, og det var ikke utført ikke-planlagt vedlikeholdsarbeid i det aktuelle området. Bombardier kunne forklare sprikende verdier ut fra systemets oppbygging og sampling-metoden som anvendes. Ved simuleringen ble gjennomsnittsverdier benyttet.

## 1.17 Organisasjon og ledelse

### 1.17.1 ”The Clean Aircraft Concept”

- 1.17.1.1 Løftekraften for enhver vinge vil påvirkes av eventuell forurensning på overflaten. Luftfartsbestemmelsene forbyr avgang med frost, is eller snø på luftfartøyets kritiske flater. Operatørene må ha prosedyrer for avising, anti-ising og kontroll, og fartøysjefen skal ikke ta av med mindre kravene er oppfylt, ref. EU OPS 1.345:

*—Ice and other contaminants — ground procedures*

*(a) An operator shall establish procedures to be followed when ground de-icing and anti-icing and related inspections of the aeroplane(s) are necessary.*

*(b) A commander shall not commence take-off unless the external surfaces are clear of any deposit which might adversely affect the performance and/or controllability of the aeroplane except as permitted in the Aeroplane Flight Manual.”*

- 1.17.1.2 Luftfartsmyndigheten i Canada har i [Airworthiness Notice – B017](#) beskrevet ”The Clean Aircraft Concept”. Her omtales blant annet effekten av forurensning på kritiske flater, ulike typer forurensning og metoder for å fjerne disse, problemet med nedkjølte vinger, ulike typer avisings og anti-isingvæsker, ”Hold-Over Time” m.m. Følgende tekstutdrag er hentet fra dette dokumentet:

*—Test data indicate that frost, ice or snow formations having a thickness and surface roughness similar to medium or coarse sandpaper, on the leading edge and upper surface of a wing, can reduce wing lift by as much as 30% and increase drag by 40%. Even small amounts of contamination such as this have caused and continue to cause aircraft accidents, which result in substantial damage and loss of life. A significant part of the loss of lift can be attributed to leading edge contamination. The changes in lift and drag significantly increase stall speed, reduce controllability and alter aircraft flight characteristics. Thicker or rougher frozen contaminants can have increasing effects on lift, drag, stall speed, stability and control.”*

### 1.17.2 Cimber Air

- 1.17.2.1 I januar 2008 opererte Cimber Air flytypene ATR 42, ATR 72 og CRJ200. Rutenettet var i hovedsak mellom ulike destinasjoner i Danmark og enkelte byer i Sverige, Norge og andre land i Nord-Europa. I forbindelse med at SAS valgte å avslutte sine flyginger med flytypen Bombardier DHC-8-400, fikk Cimber Air i en periode kontrakt på flyginger for SAS.
- 1.17.2.2 Cimber Air utvidet rutenettet ytterligere høsten 2008. Samme år kjøpte det opp deler av det konkursrammede Sterling som opererte Boeing 737. Selskapet endret navn til Cimber Sterling i 2009.

## 1.18 Andre opplysninger

### 1.18.1 Tidligere ulykker og hendelser

Statens havarikommisjon for transport (SHT) har registrert følgende ulykker og hendelser der fly i CL-600-serien har kommet ut av kontroll i forbindelse med avgang eller avbrutt landing i vinterforhold:



Tabell 7: Tidligere ulykker og hendelser

Dato & Referanse	Sted	Mode II	Flygefase	Værforhold, hendelsesforløp, skadeomfang
<b>1997</b>	Bombardier Testflight Canada	CL-600-2B19	Take-off	Avgang fra kontaminert rullebane, ingen nedbør, ingen aktiv frost. Temp. -3 °C. Wing Anti-Ice (WAI) OFF. Roterte 5 kt for tidlig, med pitch rate 6-7 °/sek. Steilet før stick shaker, kontroll gjenvunnet. Observerte isperler (globules) ved vingeroten og utover til "kink", antatt å stamme fra reverseringstest som ble foretatt under taksing eller spray fra nesehjul. Førte til endringer i AFM.
16. des <b>1997</b> TSB Rep. A97H0011	Fredericton Airport, New Brunswick, Canada	CL-600-2B19	Avbrutt landing	Isingsforhold. Steilet 4,5 ° under forventet steilevinkel i "low energy go-around" i lav høyde. WAI OFF. Vingetipp traff bakken. 42 personer om bord (p.o.b.), 9 alvorlig skadet.
4. jan <b>2002</b> AAIB Rep. 5/2004	Birmingham International Airport, UK	CL-600-2B16	Take-off	Frost. De-icet ikke. WAI OFF. Steilet til venstre, vingetipp i bakken, rullet over, brann, 5 p.o.b., alle omkom. SPS fungerte ikke som forutsatt.
21. nov <b>2004</b> CAAC-AS/AAR-2007001	Baotou airport, Indre Mongolia, Kina	CL-600-2B19	Take-off	Steilet like etter det roterte, gjenvant ikke kontrollen. Havarerte og kom i brann. Oppholdsvær, lett tåke, frost på vingene. WAI OFF. Alle 53 p.o.b. og 2 på bakken omkom.
28. nov <b>2004</b> NTSB AAB-06/ 03	Montrose, Colorado, USA	CL-600-2A12	Take-off	Lett snøvær, dis. De-icet ikke. WAI OFF. Ukontrollert roll først til venstre, så høyre og venstre igjen, vingetipp i bakken, brann. 6 p.o.b., 3 omkom, 3 alvorlig skadet.
7. mars <b>2005</b> Operator's Report IIR0305	Ljubljana, Slovenia	CL-600-2B19	Take-off	Klart vintervær, moderat frost. Vingene var trolig forurenset med "thickened" anti-icing væske som var påført kvelden før. Ukontrollert roll til venstre, gjenvant kontroll med knapt 1 m bakkeklaring for vingetipp.
13. feb <b>2007</b> IAC	Vnukovo Airport, Moskva, Russland	CL-600-2B19	Take-off	Kraftig snøvær. WAI OFF. Tidlig rotasjon. Ukontrollert roll venstre-høyre, vingetipp i bakken, rullet over, brann, 3 p.o.b., alle alvorlig skadet
26. des <b>2007</b> IAC	Almaty Airport, Republic of Kazakhstan	CL-600-2B16	Take-off	Vintervær. Tap av kontroll, kolliderte og brant. 4 p.o.b., 1 omkom. Rapport ennå ikke utgitt av IAC.
31. jan <b>2008</b>	Oslo lufthavn Gardermoen Norge	CL-600-2B19	Take-off	Snøvær, kontaminert rullebane, WAI OFF, rotasjonsrate 6,1 °/sek. Ukontrollert roll til høyre, stick shaker og stick pusher aktiverte, kontroll gjenvunnet, laveste bakkeklaring for vingetipp ca. 2,4 m. 4 p.o.b., ingen skader.
14. feb <b>2008</b> IAC	Zvartnots Airport, Yerevan, Armenia	CL-600-2B19	Take-off	Vintervær, fuktig luft, ingen nedbør, ikke observerte frost eller is. WAI OFF. Maksimal rotasjonsrate 4,5 °/sek. Ukontrollert roll, venstre vingetipp i bakken, rullet over, brann, 21 p.o.b., 7 alvorlig skadet.

- 1.18.1.1 I tillegg havarerte et fly av typen CL-600-2B16 under avgang på en testflyging ved Mid-Continent Airport, Wichita, Kansas, USA 10. oktober 2000. Her var været ingen faktor. Testen innebar at det skulle flys med tyngdepunktet for langt bak. "Pitch rate" ved avgang var 9,6 °/s. Flyet steilet brått, slo en vingetipp i bakken, rullet over og kom i brann. De tre som var om bord omkom. Følgende sitat fra NTSBs rapport belyser hva som kan kalles normal rotasjonsrate:

*—The maximum rate of rotation achieved during the take-off at Wichita was established, by the NTSB, to be 9.6 °/sec. Information held by the manufacturer indicated that this was very high compared with the maximum observed in normal operations, of between 3.4 and 6.1°/sec, and higher even than the 7.5°/sec maximum rate achieved during Certification performance take-off testing.”*  
(NTSB Aircraft Accident Brief CHI0 MA006, s. 57).

1.18.1.2 Av de nevnte tilfellene er det kun testflygingen i 1997 og hendelsen i Slovenia i 2005 som ikke har blitt undersøkt av den offisielle undersøkelsesmyndigheten i landet der ulykken eller hendelsen inntraff. For ulykken i Kazakhstan er rapport ennå ikke avgitt. Det foreligger dermed to rapporter fra den amerikanske havarikommisjonen NTSB, en fra den canadiske havarikommisjonen TSB, en fra den britiske havarikommisjonen AAIB, en fra den kinesiske havarikommisjonen og to fra den russiske havarikommisjonen IAC (se referanser). Undersøkelserapportene er relativt omfattende, og forhold som er relevante også for hendelsen i Norge er inngående belyst og drøftet. Eksempelvis gjelder dette følgende temaer:

- Vingekonstruksjon (design) og steileegenskaper
- Oppfyllelse av luftdyktighetskrav
- Steilebeskyttelse
- Anti-isingsystem og system for is-deteksjon og -varsling på bakken
- Effekt av forurensning på vinge/vingeforkant
- Effekt av forurensningens ruhet
- Rotasjonsrate ved avgang

#### 1.18.2 Flyfabrikantens og myndighetenes iverksatte og planlagte sikkerhetstiltak

1.18.2.1 Som følge av de tre tilfellene med tap av kontroll under avgang vinteren 2007/2008, ble det iverksatt en rekke tiltak for å øke sikkerhetsmarginene. Formålet med tiltakene var primært å sikre at avgang foretas med ”clean wing”, og at rotasjonsrate på 3 °/sek. ikke overstiges. Følgende to advarsler fra fabrikanten illustrerer risikofaktorene:

*—Even small amounts of frost, ice, snow or slush on the wing leading edges and forward upper wing surface may adversely change the stall speeds, stall characteristics and the protection provided by the stall protection system, which may result in loss of control on take-off.”*

*—Excessive rotation rates (exceeding 3 degrees per second) or over-rotations may lead to high pitch attitudes and angles of attack being attained while the aircraft is near the ground. This can reduce stall margins significantly resulting in stick shaker/pusher activation and potentially loss of control. Pilots must rotate smoothly towards the target pitch attitude then transition to speed control.”*

1.18.2.2 6. mars 2008 utga Bombardier en temporær revisjon til flygehåndboken (Aircraft Flight Manual (AFM)), Temporary Revision RJ/155-2. Behov for blant annet å opplyse flygebesetningene om følgende forhold var listet opp som begrunnelse for utstedelsen:

- Endrede retningslinjer og korrekt bruk av ”Wing Anti-Ice System”
- Viktigheten av ’clean wing’- konseptet for flytypen
- Endring av forhold som betinger berøringssjekk av vingens overside og forkant

- Krav om "Wing Anti-Ice ON" under taksing ved visse betingelser
- Krav om "Wing Anti-Ice ON" ved alle avganger i isingsforhold
- Endrede kriterier for hva som betraktes som isingsforhold på bakken
- Nye prosedyrer og begrensninger for å redusere tendensen til høy rotasjonsrate og overrotasjon.

- 1.18.2.3 7. mars 2008 utstedte typesertifiserende myndighet, Transport Canada (TC) luftdyktighetspåbud (Emergency Airworthiness Directive No. CF-2008-15) med tittelen "*Enhancement to Take-off Operational Safety Margins*" med virkning fra 10. mars 2008. Påbudet gikk ut på at flygebesetningsmedlemmer innen to uker skulle orienteres om de nye begrensningene og tilleggsprosedyrene for flytypen etter de omtalte kontrolltapene, og at endringene skulle innføres i flygehåndboken. Det skulle spesielt kontrolleres at flygernes sjekklistene reflekterte innholdet i AFM med hensyn til når "Wing Anti-Ice" skal slås på. Påbudet ble revidert 20. august 2008 (AD CF-2008-15R1 følger som vedlegg E). Endringen bestod i at det fra 1. november samme år ble krav om at flygebesetningsmedlemmer måtte ha spesiell opplæring i avgangsprosedyrer under vinteroperasjoner. Dette treningskravet er nærmere omtalt i pkt. 1.18.2.7.
- 1.18.2.4 Den amerikanske luftfartsmyndigheten (Federal Aviation Administration, FAA) utstedte et tilsvarende luftdyktighetspåbud med virkning fra 21. april 2008 (Airworthiness Directive (AD) 2008-08-06). Dette erstattet et eksisterende AD fra 2005 som omhandlet "Cold weather operations limitation".
- 1.18.2.5 19. mars 2008 utga Bombardier "Flight Operations Note" med tittelen "*Take-off Safety Enhancements*". Hele dette dokumentet følger vedlagt (Vedlegg F). Her forklares bakgrunnen for de nye begrensningene og tilleggsprosedyrene. I tillegg til å detaljere hvilke temperaturer og værforhold som tilsier fare for is-forurensning på vingen, nevnes et par iverksatte tiltak som skal forebygge for høy rotasjonsrate. Det første er at advarsler og beskrivelse av konsekvenser av aggressiv rotasjon er tatt inn i dokumentasjonen. Det andre er at "flight director's initial target" for rotasjon reduseres fra 15° til 12°. Nyeste versjon av "Flight Control Computers" har dette innebygd, og hele flyflåten oppgraderes fortløpende uten kostnad for operatørene. I påvente av oppgradering er prosedyren at "flight director" pitch før avgang manuelt settes til 10° (vha. TOGA- (*Take-off/Go-around*) button + pitch wheel).
- 1.18.2.6 Bombardier gjennomførte vintersesongen 2008/2009 et program der de holdt presentasjoner på til sammen mer enn 30 ulike steder i Nord-Amerika, Europa, Kina, Kazakhstan og Mexico. Temaene som ble tatt opp var spesielt vingens steile-karakteristikk, hva som kan forårsake steiling under avgang i vinterforhold og momenter som er viktige for å unngå dette. Det ble også vist en rekke animasjoner av flere ulykker og hendelser med tap av kontroll i avgang. Det meste av materiellet, inkludert animasjonene, er publisert på Bombardiers nettsider. Bombardier avsluttet sine presentasjoner med å minne om at det ikke har forekommet avgangssulykker i vinteroperasjoner med "Wing Anti-Ice system ON".
- 1.18.2.7 Det pålagte treningskravet i AD CF-2008-15R1 fra Transport Canada innebærer at fartøysjefen må ha gjennomgått kurs i vinteroperasjoner siste 12 måneder for å kunne foreta avgang når lufttemperaturen er 5 °C eller lavere. Samme kravet gjelder for styrmannen, dersom vedkommende skal føre flyet under avgang. Kravet vil være oppfylt

dersom flygerne har gjennomgått den nettbaserte treningspakken "[Bombardier Enhancement to Take-off Operational Safety Margins Training](#)". Dersom flygerne ikke har hatt slik trening de siste 12 måneder kan de likevel foreta avgang når temperaturen er 5 °C eller lavere, forutsatt at de slår på "Wing Anti-Ice" like før avgang:

*"If neither of the preceding requirements has been complied with [pilot annual training requirements not satisfied], the wing anti-ice system must be selected ON for take-off, just prior to thrust increase for take-off, if the OAT is 5 °C (41 °F) or below."*

- 1.18.2.8 Bombardier har også publisert en "Initial Training Presentation" og en litt kortere "Recurrent Training Presentation" med tittel "Winter Operations Awareness Take-Off Safety Enhancement (TOSE)" på sine nettsider. Materiellet er ment å danne basis for selskapenes egne vintertreningsprogram. (Linker til diverse nettsider er gitt i referanse-listen i kap. 6). I tillegg til kurs for flygende personell, finnes det kursmateriell for eksempelvis ledere og bakkemannskap.
- 1.18.2.9 Rapport nr. 5/2004 fra den britiske havarikommisjonen, Air Accidents Investigation Branch (AAIB), om luftfartsulykke med CL-600-2B16 Series 604, N90AG ved Birmingham International Airport 4. januar 2002, inneholdt blant annet følgende sikkerhetstilråding (2003-60):

*—It is recommended that the Federal Aviation Administration and Joint Airworthiness Authority<sup>5</sup> review the current procedural approach to the pre take-off detection and elimination of airframe ice contamination and consider requiring a system that would directly monitor aircraft aerodynamic surfaces for ice contamination and warn the crew of a potentially hazardous condition."*

- 1.18.2.10 FAA avslo i 2004 tilrådingen med følgende begrunnelse:

*—We do not concur. We have reviewed our current pre-takeoff contamination procedures and consulted with aviation deicing experts within the FAA, commercial airlines, and other members of the internationally recognized Society of Automotive Engineers G-12 Aircraft Ground Deicing Committees concerning the feasibility and availability of an airframe ice contamination monitor and warning system. These experts have concluded that currently available systems vary in their level of sophistication and capabilities, and none are presently capable of or reliable enough to mandate their use."*

- 1.18.2.11 Tilsvarende tilråding som den fra AAIB ble fremmet av Interstate Aviation Commission (IAC) i deres rapporter om ulykken i Moskva i 2007 og ulykken i Armenia i 2008.
- 1.18.2.12 EASA har vurdert AAIB tilråding 2003-60 og konkluderte 28. mai 2010 med at de vil se på regelverket på nytt (EASA Safety Recommendation Reply). EASA tilkjenner at de eksisterende sertifiseringskravene (CS-25) som forutsetter isfrie vingeprofilene ved påbegynnelse av avgang basert på operative prosedyrer, muligens ikke er tilstrekkelig. Som et eksempel nevnes isforurensning som er vanskelig å oppdage. For å forebygge at luftfartøy påbegynner avgang med forurensning på vingene, har EASA forberedt en "task" i "the rulemaking inventory list" (25.074). Arbeidet har foreløpig ikke startet og det foreligger ingen tidsplan, men følgende formål er nedfelt:

---

<sup>5</sup> Behandlet av FAA og EASA

*”...to propose new CS-25 provisions which will require applicants to perform an analysis of the on-ground wings contamination effect on takeoff performance degradation. ...”*

Dersom analyser viser at ‘a hazardous effect’ som følge av forurensning ikke kan utelukkes, må tiltak som reduserer risikoen iverksettes. Et system som overvåker flyets aerodynamiske flater er nevnt som ett mulig tiltak:

*—The applicant would have to demonstrate that the effect on Takeoff performance degradation is not hazardous. If a hazardous effect is possible, then measures shall be put in place to alleviate the risk, which may include a system that monitors the aircraft aerodynamic surfaces.”*

1.18.2.13 Som nevnt i pkt. 1.6.2.7 er sertifiseringskravene CS-25 knyttet til beskyttelse mot ising (25.1419 *Ice Protection*) blitt skjerpet i hvert fall en gang siden CRJ200 ble sertifisert.

1.18.2.14 Bombardier har tidligere tilkjennegitt at de har vurdert systemer for is-deteksjon og -varsling mens flyet er på bakken, men har funnet at teknologien ikke er tilstrekkelig utviklet til å bli brukt på CRJ200. Denne flytypen ville ha behov for å detektere is over hele vingeforkanten, og en av utfordringene er at denne tidvis er oppvarmet til over 100 °C. Detektorer ville også være utsatt for isoppbygging under flyging. I stedet har Bombardier igangsatt en studie for å undersøke om en teknisk løsning som automatisk eller ”semi-automatisk” kan aktivisere en moderat vingekantoppvarming mens flyet er på bakken er hensiktsmessig (lignende konsept som er utviklet for Fokker 70-serien).

### 1.18.3 Selskapets iverksatte og planlagte sikkerhetstiltak

1.18.3.1 Flyselskapet Cimber Air briefet hele sitt flygerkorps om denne alvorlige hendelsen og understreket viktigheten av korrekt avgangsteknikk og avising. For øvrig har selskapet opplyst at det har fulgt alle pålegg og anbefalinger som har kommet fra myndigheter og fabrikanten i kjølvannet av denne alvorlige luftfartshendelsen og de to avgangssulykkene med flytypen vinteren 2007/2008. Flysikkerhetsavdelingen foreslo at det burde være obligatorisk å verifisere “Wing Anti-Ice ON” ved å velge “EICAS anti ice page” som en del av sjekklisten før avgang. Det ble tatt inn i prosedyrene at begge flygerne må verifisere at systemet er korrekt satt.

1.18.3.2 Selskapet har gitt uttrykk for at hendelsen med OY-RJC var en vekker. At nedlastingen av data fra flygeregistratoren i tillegg avdekket flere tilfeller av ”stick shaker” under avgang (ref. 1.11.2), medvirket til at Cimber Air etter hendelsen vurderte å innføre rutinemessig overvåking av data fra flygeregistratorene (Flight Data Monitoring, FDM) på både CRJ200 og ATR42/72 (MTOM hhv. ca. 24 000 kg og ca. 18 500/21 500 kg)<sup>6</sup>. Ved årsskiftet 2010/2011 opplyste Cimber Sterling at de ikke hadde innført FDM på disse flytypene, og at de ikke hadde konkrete planer om å gjøre det all den tid det ikke er et myndighetskrav.

1.18.3.3 For å styrke erfaringsoverføring og læring av hendelsen med OY-RJC, har besetningen sagt seg villige til å stille opp i et videointervju som skal benyttes ved selskapets trening i effektiv utnyttelse av alle tilgjengelige ressurser ved teamarbeid (Crew Resource Management, CRM).

<sup>6</sup> FDM er obligatorisk kun for passasjertransport med luftfartøy over 27 000 kg MTOM.

## 1.19 Nyttige eller effektive undersøkelsesmetoder

Ved denne undersøkelsen ble det benyttet Sequential Time Events Plotting (STEP)-diagram og feiltre for kartlegging av hendelsesforløpet og identifikasjon av sikkerhetsproblemer. Videre ble det foretatt risikovurdering og barriereanalyse med utgangspunkt i U.S. Department of Energy (DOE) Worksheet. Et utvalg av metodene og resultatene er omtalt i analysedelen og tatt med som vedlegg til rapporten.

## 2. ANALYSE

### 2.1 Innledning

- 2.1.1 SHT vil hevde at det er uvanlig og bekymringsvekkende at det i moderne tid har forekommet et så høyt antall ulykker og hendelser med klare fellestrekk for en flytype som benyttes til rutetransport av passasjerer. De fleste aktuelle problemstillinger ved CL-600-ulykkene og -hendelsene er allerede grundig utredet av havarikommisjoner og fabrikanten, og det er iverksatt tiltak etter hvert som ny lærdom har kommet til. De tre siste tilfellene av steiling under avgang i isingsforhold inntraff i perioden 2007-2008. I kjølvannet av disse er det iverksatt ytterligere tiltak for å øke sikkerhetsmarginene med den aktuelle flytypen ved vinteroperasjoner (ref. pkt. 1.18).
- 2.1.2 SHT legger i sin analyse til grunn at vingen på OY-RJC var forurenset under avgang, slik beregninger fra Bombardier har vist. Det er kjent at vingeforkantvarme utilsiktet var avslått. Hendelsesforløpet er vurdert til å være typisk for vingeforkantsteiling. I tillegg er det påvist symmetrisk tap av løftekraft på innervingene, etter at kontrollen var gjenvunnet (ref. 1.16.4).
- 2.1.3 Det synes klart at marginene ble for små med forurensning på vingen i kombinasjon med den overdrevne rotasjonsraten som ble benyttet ved den aktuelle avgangen. Steilebeskyttelses-systemet som normalt skal forhindre steiling, fungerte som det skulle. Da det aktiverte hadde imidlertid vingen allerede steilet ved en betydelig lavere vinkel enn forutsatt. Til alt hell lyktes besetningen med å gjenvinne kontrollen i dette tilfellet, men når steiling oppstår umiddelbart etter at flyet har lettet vil utfallet mest sannsynlig være katastrofalt.
- 2.1.4 Bombardier har bidratt med omfattende analyser av denne alvorlige hendelsen. Relevante forhold er også inngående belyst og drøftet i tidligere havarirapporter. På bakgrunn av dette har SHT kunnet begrense omfanget av analysen til følgende sentrale spørsmål:
- Hva besto forurensningen av, og hvordan og hvorfor ble vingen forurenset i dette tilfellet?
  - Er de gjennomførte sikkerhetstiltakene tilstrekkelige, eller er det behov for ytterligere tiltak?

Før de sentrale spørsmålene søkes besvart, presenteres enkelte kommentarer knyttet til sertifiseringen av flytypen samt hendelsesforløpet og omstendighetene rundt den aktuelle avgangen.

### 2.2 Endrede typesertifiseringskrav

- 2.2.1 De aktuelle konstruksjonsbestemmelsene for isingsbeskyttelse som gjaldt da CRJ200 ble typesertifisert (ref. 1.6.2.7 og 1.6.2.8), synes ikke å ha tatt høyde for situasjoner som den som

oppsto da OY-RJC tok av fra Gardermoen 31. januar 2008. FAR/JAR 25.1419 stilte først og fremst krav til systemets evne og kapasitet for å holde luftfartøyet tilstrekkelig fritt for snø og is – når det var aktivert. Kravene i FAR/JAR 25.1309 var i hovedsak fokusert på systemets pålitelighet, samt varsling av flygerne i tilfelle systemsvikt. Behovet for varsel dersom flygerne skulle komme i skade for å glemme å aktivere systemet, synes å ha blitt uteglemt.

2.2.2 Havarikommisjonen oppfatter de senere tilføyelsene i CS/FAR 25.1419 om automatisk aktivisering eller varsel til besetningen ved denne type feilmodus som en bekreftelse på at man har innsett den fysikkerhetsmessige betydningen av dette, og derfor har gått til skritt for å tette det identifiserte ”barrierehullet”. I og med at det fortsatt tillates prosedyrebaserte løsninger som et alternativ, er imidlertid hullet i realiteten ikke tettet (ref. 1.6.2.7). Med opptrappingen i EASAs nye ”Rule Making Task”, kan det tenkes at det for flytyper som typesertifiseres i fremtiden vil bli stilt krav om konstruksjonsmessige løsninger som forhindrer avgang med avslått anti-isingsystem under isingsforhold dersom dette er sikkerhetskritisk (ref. 1.18.2.12). Det vil i så fall være i tråd med tankegangen som ble lagt til grunn ved innføringen av kravet om “Takeoff configuration warning” (ref. 1.6.2.9). Den fremragende sikkerhetsutviklingen innenfor luftfarten kjennetegnes nettopp ved at luftfartssamfunnet har vært villig til å trekke lærdom av hver enkelt ulykke og fortløpende har innført forbedringer der man har sett et potensielt sikkerhetsproblem, fremfor å vente til antall ulykker blir stort nok til å “rettferdiggjøre” tiltak. Den anerkjente danske sikkerhetsforskeren Jens Rasmussen kaller den førstnevnte strategien *–Evolutionary Safety Control*”, mens sistnevnte kalles *–Empirical Safety Control*” og er mest utbredt innenfor veisektoren og sikkerhet på arbeidsplasser.

2.2.3 I og med at de endrede kravene ikke har tilbakevirkende kraft på luftfartøy som allerede er typesertifisert, vil de trolig ikke berøre CRJ200. Havarikommisjonen mener imidlertid det identifiserte sikkerhetsproblemet med denne flytypen ikke kan forbli uløst, og at det derfor er nødvendig å vurdere iverksettelse av tiltak for å bringe flytypen mer i overensstemmelse med gjeldende forskrifter og oppnå den sikkerhet som var intensjonen med den opprinnelige typesertifiseringen – selv om utviklingen har vist at daværende regelverk ikke var komplett på dette området. Denne problemstillingen drøftes videre i pkt. 2.9.8.

## 2.3 Situasjonen før avgang

### 2.3.1 Forberedelser til flyging

Forberedelsene til flyging synes å ha holdt den standard man normalt vil forvente ved operasjoner som denne. Besetningen var ikke i tvil om at avising var nødvendig, og de var klar over at forholdene tilsa at ”Wing Anti-Ice” skulle benyttes ved avgang. Foreliggende rapporter om vær- og baneforhold tilsa moderat nedbør og ikke over 3 mm slaps på rullebanen, hvilket skulle tillate normale operasjoner.

### 2.3.2 Av-/anti-isingen

Det er ikke avdekket forhold ved selve av-/anti-isingen som kan antas å ha vært av betydning for at vingen var forurenset ved avgang. Arbeidet ble utført i henhold til gjeldende retningslinjer. Væsketemperatur, kvalitet, mengde og symmetri i påføringen er dokumentert og funnet i orden (ref. 1.10.3.11). Muligheten for at anti-isingsvæsken ble degradert som følge av kjemikalier fra bakken eller sterk nedbør anses som liten, men kan ikke helt utelukkes.

### 2.3.3 Været

2.3.3.1 Det mest bemerkelsesverdige med været den aktuelle dagen, var de store, våte snøfillene. Mellom kl. 1650 og 1720 endret observasjonene seg fra "RASN" til "SNRA", altså et omslag der nedbøren i form av sludd gikk fra å være dominert av regn til å bli dominert av snø. Temperatur og duggpunkt lå stabilt på 0 °C i den aktuelle perioden, og det var ingen frysende nedbør som kunne skape problemer for flytrafikken. Vindretningen fra 150 grader med rapportert vindstyrke på 15 kt tilsier at flyets høyre ving etter avisingen var mer eksponert for vind og snødriv enn den venstre, tatt i betraktning takserute og venteposisjon for avgang.

2.3.3.2 De observerte siktverdiene og gyldige værrapporter tilsa at nedbøren ikke var mer enn moderat. Vitneuttalelser tyder på at vanninnholdet i nedbøren var høyt, og SHT mener i likhet med Meteorologisk institutt at det ikke kan utelukkes at det snøfallet i noen minutter var sterkt, målt i vanninnhold (1.7.3). Som nevnt i pkt. 1.10.3.10 oppgis det ikke retningslinjer for "Hold-Over Time" (HOT) i sterkt snøfall.

2.3.3.3 I motsetning til i Norge, skiller man i Nord-Amerika mellom mørke og dagslys og tar hensyn til temperatur når nedbørintensitet vurderes (ref. pkt. 1.7.5, tabell 5 og 6). Mens man i henhold til norske retningslinjer ikke skal rapportere "heavy snow" før sikten kommer ned i 500 m, ville man i USA og Canada ved de lys- og temperaturforhold man hadde på Gardermoen da hendelsen inntraff rapportert "heavy snow" allerede ved siktverdier på 1 600 m (1 Statute Mile).

2.3.3.4 Basert på ovenstående mener havarikommisjonen det er grunn til å anta at snøfallintensiteten ved norske flyplasser i visse tilfeller rapporteres som moderat, mens den målt i vanninnhold er sterk. Følgelig kan flygebesetninger villedes til å tro at vingene etter anti-ising er beskyttet – i dette tilfellet i minst en time – mens retningslinjene for HOT i realiteten ikke gjelder. METAR gir strengt tatt for dårlig grunnlag for å bestemme HOT, men er per i dag det eneste flygebesetningene har å basere seg på i tillegg til egne observasjoner.

2.3.3.5 SHT er kjent med at det ved flere lufthavner i Canada for tiden prøves ut systemer som detekterer intensitet basert på vanninnhold i nedbør for å kunne anslå riktigere HOT. Fortsatt vil det være usikkerhet, blant annet som følge av at flyenes vinger kan være kaldere enn omgivelsene. AWOS (Automatic Weather Observing System) som brukes på flyplasser i Norge i dag, har visstnok også funksjonalitet for å foreta måling av nedbørintensitet. I påvente av bedre systemer, mener SHT at Meteorologisk institutt bør revurdere de norske retningslinjene for nedbørintensitet basert på siktverdier. Det fremmes en tilråding på dette området.

### 2.3.4 Banestatus

2.3.4.1 Det er i ettertid ikke mulig å fastslå nøyaktig dybde på forurensningssjiktet idet OY-RJC tok av kl. 1720, men det er ikke tvil om at rullebanen var kontaminert av en blanding av slaps og våt snø. Grenseverdiene for når avgang tillates varierer med forurensningens beskaffenhet (25 mm våt snø, 13 mm slaps). SHT mener det ikke er grunnlag for å hevde at banen var mer forurenset enn det som tillates for avgang. Betydningen av at avgangen ble foretatt fra en kontaminert rullebane drøftes nærmere i pkt. 2.7.

2.3.4.2 Ruteflyet som landet like før OY-RJC tok av rapporterte at bremseeffekten var dårligere enn de offisielle målingene, opplevd som "poor" snarere enn "medium". Banen var til tross for dette



åpen ca. 10 minutter etter at OY-RJC tok av, og det landet to rutefly til før brøyting ble påbegynt. Trafikkavvikling på en snøværsdag som dette, når brøyting foregår kontinuerlig og en av banene er stengt, er utfordrende. SHT mener forventning om at hovedflyplassen skal være åpen og flyene i rute, kan skape press som fører til at sikkerhetsmarginene reduseres. Problemstillinger knyttet til vinterglatte rullebaner drøftes inngående i en egen temarapport som for tiden er under utarbeidelse i SHT.

### 2.3.5 Oppstilling for avgang

Da OY-RJC stilte opp på senterlinjen på rullebane 19L, hadde baneforholdene endret seg i forhold til de siste kunngjorte målingene. Banen var utvilsomt kontaminert, og opplysningen fra det landende flyet om at banen var glatt fikk fartøysjefen til å foreta en ny vurdering av om avgang var tilrådelig. Hans anslag for sidevindskomponent var korrekt, og havarikommisjonen mener det er grunn til å anta at flere flygere ville ha kommet frem til samme konklusjon som besetningen på OY-RJC. Forholdene var i grenseland for flytypen CL-600-2B19, muligens 1 kt for sterk sidevind, men det var ikke åpenbart uforsvarlig å foreta avgang – forutsatt at vingene ikke var forurenset. Ut fra de opplysningene besetningen hadde tilgang til, var de godt innenfor HOT. Det var således ingen grunn til å anta at vingeforurensning var et problem – forutsatt at ”Wing Anti-Ice” ble slått på.

### 2.3.6 Bruk av ”Wing Anti-Ice”

Selskapets prosedyrer for bruk av ”Wing Anti-Ice” var korrekte, og besetningen var klar over at de skulle sette på systemet like før de ga på motorkraft for avgang. Styrmannen har forklart at han satt klar med handa på bryteren, men at hans oppmerksomhet ble avledet som følge av kapteinens spørsmål angående revurdering av vind- og baneforhold slik at bryteren ble glemt. Forglemmelsen var altså forårsaket av at det ble foretatt en betimelig, faglig vurdering. Følgene ble at en særdeles viktig barriere som skal forhindre forurensning av vingeforkanten og forebygge prematur steiling feilet. Betydningen av dette drøftes nærmere i pkt. 2.7.

## 2.4 **Take-off roll og rotasjon**

Data fra DFDR viser at styrmannen opprettholdt god kontroll over flyet mens det akselererte nedover langs rullebanen. Rotasjonen ble ikke startet for tidlig, men bevegelsen var for rask. Med rotasjonsrate på 6,1°/sek. skilte den aktuelle avgangen seg ut som den raskeste blant de 89 avgangene som var registrert på de to flygeregistratorene som ble analysert. Det er imidlertid grunn til å merke seg at kapteinen har uttalt at det ikke var den mest ekstreme rotasjonen han hadde opplevd, og at fabrikanten har anført at rotasjonsrate på 6.1°/sek. ligger i det øvre sjiktet av det som observeres ved normale operasjoner (ref. 1.18.1.1). SHT mener i likhet med andre havarikommisjoner i andre undersøkelser at rotasjonsraten hadde vært uproblematisk dersom vingen hadde vært ”ren”. Marginene var imidlertid ikke til stede når rask rotasjonsrate inntraff i kombinasjon med andre faktorer. Også dette drøftes nærmere i pkt. 2.7.

## 2.5 **Håndteringen av kontrolltapet**

Styrmannens forklaring tyder på at han samarbeidet med ”stick pusher” og unnlot å trekke stikka bakover til tross for at bakken var faretruende nær. Hans reaksjon og rorbruk reddet mest sannsynlig denne hendelsen fra å ende som en ulykke. Animasjoner fra tidligere ulykker viser at nesepartiet i flere tilfeller har blitt hevet, med ny

asymmetrisk steiling som resultat. Hvorvidt det var av betydning at løftekraften ved vingeroten på OY-RJC var redusert (innvirker på pitchmomentet), er ikke analysert. At kapteinen raskt oppfattet at "Wing Anti-Ice" var OFF og fikk korrigert dette, var muligens av betydning i form av at det kan ha vært gunstig for å opprettholde kontroll over flyet i sekundene som fulgte.

## 2.6 Kilder til vingeforurensning

- 2.6.1 Opplysninger om drivstoffpåfyllingen som ble foretatt (temp. 3,5 °C) og den moderate restbeholdningen fra forrige flyging tilsier at vingene ikke var kaldere enn omgivelsene. Temperaturen på lufthavnen var vedvarende lik 0 °C, og det var god bevegelse i luften med 15 kt vind. Av- og anti-isingsvæsken som ble påført holdt betydelig høyere temperatur enn omgivelsene. SHT mener det er lite trolig at temperaturen på vingeforkanten på noe tidspunkt under avgangen var vesentlig under 0 °C.
- 2.6.2 Generelt gjelder at sjiktet med beskyttende væske (anti-icing fluid) blir tynnere på skråstilte enn på vannrette overflater etter påføring. På forkanten av en vinge vil sjiktet tynges ut som følge av avrenning mens flyet venter på avgang, og under akselerasjon for avgang forsvinner det tynnere sjiktet på forkanten først. Dersom anti-isingsvæsken kollapser av andre årsaker, eksempelvis som følge av sterk vind, kjemikalier fra bakken eller mye nedbør, kan det begynne å legge seg snø på vingene allerede før avgang påbegynnes. SHT mener imidlertid dette er lite sannsynlig i hendelsen med OY-RJC, noe som også underbygges av ekspertuttalelsene fra Bombardier (ref. 1.10.3.11).
- 2.6.3 Etter at anti-isingsvæsken rant av under akselerasjonen, var vingen på OY-RJC ubeskyttet siden forkantvarmen ikke var på. Samtidig ble vingeforkanten bombardert med nedbør i stadig raskere tempo. Det er sannsynlig at de store, våte snøfillene som vitner har beskrevet som klebrige, kan ha blitt liggende og forstyrre luftstrømmen over vingen før de rakk å smelte.
- 2.6.4 I tillegg kan avgang fra kontaminert rullebane gi opphav til betydelig vingeforurensning. Bildet av spraymønsteret ved "water trough test" i figur 12 illustrerer problemet. Havarikommisjonens inntrykk er at fabrikantens ekspertise innen aerodynamikk, inntil problemstillingen kom opp ved denne undersøkelsen, ikke har hatt tilstrekkelig fokus på den potensielle effekten av spray fra nesehjulet. Nesehjulspray omslutter vingeroten under avgang fra kontaminerte rullebaner og treffer det kritiske området – "knekken" på forkanten – der fabrikanten selv påpeker at steiling initieres (ref. 1.16.7 og 1.16.8).
- 2.6.5 SHT mener det er sannsynlig at kritiske områder av vingen på OY-RJC ble utsatt for en betydelig mengde forurensning som følge av spray fra nesehjulet under take-off. Spraymønsteret under avgangen med OY-RJC antas å ha tilsvart mønsteret i figur 12. Sjiktet av slaps og våt snø på rullebanen var ikke spesielt tykt (ref. 1.10.2.5). Hvis forurensningen består etter at nesehjulet er løftet fra bakken, vil dette kunne indusere forstyrrelser av luftstrømmen og resultere i forkantsteiling før beskyttelsessystemene rekker å slå inn. Fabrikanten har opplyst at WAI-systemet er i stand til å forhindre enhver forurensning fra å feste seg til vingeforkanten (1.6.2.6). Som kjent var WAI utilsiktet "OFF" under avgangen med OY-RJC.
- 2.6.6 Dersom flyet mister løftkraft nær vingetippene vil nesepartiet heve seg (pitch up). Dersom løftkraft går tapt inne ved vingeroten, vil kreftene tendere mot å holde nesepartiet nede, slik tilfellet var her. Beregningene fabrikanten har foretatt, tyder på et symmetrisk løfttap inne ved vingeroten etter at kontrollen var gjenvunnet (ref. 1.16.5).

SHT mener dette løftetapet mest sannsynlig skyldtes forurensning fra nesehjulspray som følge av slapssjiktet på rullebanen.

- 2.6.7 Advarsler i flygehåndboken om faremomenter forbundet med taksing på kontaminert underlag viser at man hadde tenkt på spray fra nesehjulet i andre sammenhenger enn take-off. Denne problemstillingen er imidlertid langt mindre vektlagt enn øvrige kilder til forurensning av vingen, som for eksempel rimfrost. SHT mener behovet og muligheten for å styre nesehjulspray unna kritiske områder på vingen bør utredes. En bør også vurdere om faremomentet bør belyses i flyets dokumentasjon, og det fremmes en tilråding i denne sammenheng. Problematikken kan hevdes å gjelde også andre lavvingede fly. SHT har imidlertid valgt å begrense tilrådingen til den aktuelle flytypen, som har vist seg å være spesielt ømfintlig for forurensning på vingeforkanten.

## 2.7 Faktorer av betydning for at vingen steilet

### 2.7.1 Innledning

- 2.7.1.1 En forenklet feiltreanalyse ble brukt som verktøy for å strukturere analysen og illustrere hvilke faktorer som var av betydning for at vingen steilet. Feiltreet og forklaring til symbolene som er brukt i diagrammet følger i vedlegg H.

- 2.7.1.2 Analysen tar utgangspunkt i at visse parametere allerede er gitt. Eksempelvis er det aktuelle vingeprofilet en gitt forutsetning, og det er lagt til grunn at flyet ikke har pålitelig system for isdeteksjon mens det er på bakken. Bakkeeffekt er alltid til stede, og sidevind innenfor gjeldende begrensning må forventes. Resultatet av analysen viste at to variabler utmerket seg som spesielt interessante i denne saken, nemlig vingeforurensningen og den overdrevne rotasjonsraten.

- 2.7.1.3 Feiltreet i Vedlegg H illustrerer også hva som kan ha forårsaket forurensning av vingen, samt kjente og mulige bakenforliggende faktorer til den overdrevne rotasjonen. De viktigste faktorene omtales i neste avsnitt.

### 2.7.2 Vurdering av faktorer

- 2.7.2.1 Effekten av forurenset vingeforkant er grundig forklart tidligere, blant annet i AAIB rapport 5/2004. Kort forklart bidrar forurensning til å fremskynde "*Leading Edge Airflow Separation*", ref. figur 4. Ifølge fabrikanten bidro vingeforurensningen i tilfellet med OY-RJC til å redusere steilevinkelen med om lag 3 grader.

- 2.7.2.2 Effekten av overdrevet rotasjonsrate bidrar til å redusere sikkerhetsmarginene i den kritiske fasen der marginene til steiling allerede er redusert som følge av bakkeeffekt. Ved avgang i sidevind er marginene ytterligere redusert for vingen på lesiden av flykroppen. Effekten av sidevind på fly med pilformede vinger tilsvarer sideglidning (sideslip). SHT har vurdert underlaget for fabrikantens beregninger som viste at sidevind og bakkeeffekt til sammen bidro til at steilevinkelen ble redusert med om lag 2 grader. Sidevindskomponenten som Bombardier benyttet i beregningen var 15 kt, mens den reelle verdien var i størrelsesorden 11 kt. SHT mener således at bidraget fra sidevind var i underkant av 1 grad, og at samlet effekt av disse to faktorene var mindre enn 2 grader. Den hurtige rotasjonen så nær bakken var uheldig, men marginene til steiling ville vært tilstrekkelig dersom vingene hadde vært "rene".

- 2.7.2.3 Også andre faktorer som kunne tenkes å bidra til prematur steiling er vurdert (ref. 1.16.10). Havarikommisjonen har ikke funnet det hensiktsmessig å gå mer i dybden på noen av disse faktorene ved denne undersøkelsen.

- 2.7.2.4 Kravet om at flygebesetningsmedlemmer siste året må ha gjennomført spesialtrening i vinteroperasjoner for å foreta avgang med flytypen når lufttemperaturen er 5 °C eller lavere, kan synes strengt. I praksis kan imidlertid dette kravet enkelt omgås. Det eneste man trenger å gjøre, er å velge "Wing Anti-Ice ON" (ref. 1.18.2.7). SHT mener dette viser at fabrikanten betrakter "Wing Anti-Ice ON" som kritisk for å forebygge forurenset vingeforkant under visse vinteroperasjoner, og at å sikre at systemet er aktivert er den enkeltfaktoren som har størst betydning for å forebygge havari under avgang. Treningskrav og opplysningskampanjer er i et sikkerhetsperspektiv tiltak som er kjent for å ha relativt liten effekt, siden de ofte behandler symptomer snarere enn årsaken til problemet.
- 2.7.2.5 Havarikommisjonen anser tiltaket Cimber har beskrevet – verifisering av "Wing Anti-Ice ON" før avgang og krav om at begge flygerne sjekker dette – som en forbedring. Tiltaket er ikke desto mindre nok et eksempel på en "myk" barriere. Avgang i vinterforhold uten "WAI ON" har vist seg å være så sikkerhetskritisk at det etter havarikommisjonens syn nå må angripes mer grunnleggende. Dette drøftes videre i neste avsnitt.

## 2.8 Vurdering av behov for ytterligere sikkerhetstiltak

- 2.8.1 Det høye antallet ulykker i forhold til det beskjedne antallet rapporterte hendelser illustrerer høy risiko. Når steiling inntreffer like etter "lift-off", vil utfallet mest sannsynlig bli katastrofalt. SHT vurderer at graden av underrapportering må antas å være relativt liten for hendelser som dette. Tap av kontroll i lav høyde med passasjerer om bord vil være mer synlig enn mange andre kategorier av alvorlige luftfartshendelser, og flygebesetninger vil ønske klarhet i hva som forårsaket kontrolltapet.
- 2.8.2 Vedlegg I viser barriereanalysen SHT foretok for å vurdere forsvarsverket mot prematur steiling i vinterforhold. Forsvarsverket knyttet til de to identifiserte variablene som utpekte seg i feiltreanalysen – vingeforurensning og overdrevet rotasjonsrate – ble vurdert hver for seg. Både eksisterende og manglende barrierer ble kartlagt, og disses funksjon og bidrag ved hendelsen ble analysert.
- 2.8.3 Tiltak som er iverksatt og planlagt etter at denne hendelsen inntraff er beskrevet i pkt. 1.18 og fremkommer i tabellen i Vedlegg I. Forsvarsverket som skal forhindre eller kan bidra til å forhindre avgang med vingeforurensning omfatter eksempelvis værtjeneste, banepreparering, avising, oppvarmet vingeforkant, spraydefleksjon og system for deteksjon av vingeforurensning mens flyet er på bakken. Barrierer som skal bidra til å forhindre for hurtig rotasjonsrate nær bakken omfatter prosedyrer som beskriver maksimal rotasjonsrate, trening, manuell (PNF) overvåking av rotasjonsrate, posisjon på "Flight director pitch bar" ved avgang og prosedyrer for å beregne og verifisere at flyets masse, balanse og trimsetting er tilfredsstillende. (Ref. Vedlegg I – Merk at oppstillingen av barrierer ikke nødvendigvis er komplett).
- 2.8.4 Det er tydelig at man har forsøkt å øke sikkerhetsmarginene primært ved hjelp av "myke barrierer" som prosedyrer, opplæring og trening. Tiltaket med å senke "Flight director pitch command bar" (pkt. 1.18.2.5) kan hevdes å være en sterkere barriere, siden det innebærer en fysisk endring av "pitch guidance" på et primærinstrument i cockpit. Tiltaket har trolig gunstig effekt med tanke på å forebygge overdrevet rotasjonsrate, men gir ikke automatisk korrekt rotasjon eller direkte "guidance" som flygeren kan følge inntil innledende utklatringshastighet ( $V_2 + 10$  kt) oppnås.
- 2.8.5 Cimber Sterling har opplyst at de ikke kommer til å innføre Flight Data Monitoring (FDM) på CRJ200 så lenge det ikke er et myndighetskrav (ref. 1.18.3.2). SHT mener en operatør med et velfungerende sikkerhetsledelsessystem (SMS) vil være bevisst på at vingen på flytypen er

spesielt sårbar for forurensning, og at overdrevet rotasjon i avgang utgjør en trussel. FDM kunne vært et egnet verktøy for å avdekke forekomst av feil avgangsteknikk og overvåke effekten av iverksatte tiltak. Uten dette verktøyet må operatøren finne andre måter å overvåke og korrigere avgangsteknikk på, eksempelvis gjennom simulatorentrening og "supervision".

- 2.8.6 Som det fremgår av vedlegg I, har SHT vurdert hvor ytterligere sikkerhetstiltak anses påkrevd og angitt innbyrdes prioriteringsrekkefølge. Hvorvidt tiltaket om automatisk registrering og varsling ved isoppbygging på vingen mens flyet er på bakken ville ha avverget den aktuelle hendelsen i Oslo, er vurdert (Tilråding UK AAIB 2003-60, ref. 1.18.2.12). Dersom vingen på OY-RJC var isfri inntil anti-isingsvæsken hadde rent av under take-off roll, ville trolig varselet ha kommet for sent. SHT mener det er positivt at EASA har tatt aksjon basert på sikkerhetsproblemet som ble påpekt fra AAIB (ref. 1.18.2.12). Ved avgivelse av denne rapporten fremmer SHT en tilråding som fokuserer på det samme sikkerhetsproblemet, uten å spesifisere en konkret løsning (ref. 2.9).
- 2.8.7 Fabrikanten understreker i sine presentasjoner at ingen fly har steilet under avgang med "Wing Anti-Ice ON", og gir inntrykk av at vingeforkantvarmen ville forhindre både denne alvorlige luftfartshendelsen og andre tilfeller med tap av kontroll i avgang (ref. 1.18.2.6). Dette momentet drøftes inngående i neste avsnitt.

## 2.9 Områder hvor sikkerhetstiltak synes å være påkrevd

- 2.9.1 Etter at iverksatte og planlagte tiltak er tatt hensyn til, mener SHT å ha grunnlag for å fremme tilrådinger på følgende områder:
- Oppvarming av vingeforkant
  - Vingeforurensning som følge av spray fra nesehjulet
  - Norske retningslinjer for vurdering av nedbørintensitet
- 2.9.2 Begrunnelsen for å fremme tilrådinger på de to områdene nesehjulspray og nedbørintensitet er gitt i henholdsvis pkt. 2.6 og 2.3.
- 2.9.3 Det aktuelle vingeprofilet, uten slats eller tilsvarende, har vist seg å være spesielt ømfintlig for forurensning. Systemet for forkantvarming betraktes som en uunnværlig sikkerhetsbarriere for å forhindre forurensning og således forebygge prematur steiling og havari under avgang i visse vinterforhold. Fabrikanten Bombardier fremholder at "WAI ON" løser det grunnleggende problemet med tap av kontroll under avgang, og SHT mener viktigheten av "Wing Anti-Ice"-systemet følgelig må gjenspeiles i forsvarsverket som skal forebygge feil og forglemmelser. Per i dag eksisterer det ikke varslingsystemer som vil oppdage det dersom besetningen glemmer å velge "Wing Anti-Ice ON" før de gir på motorkraft for avgang.
- 2.9.4 Anerkjent prioriteringsrekkefølge for produsenters sikkerhetstiltak er at barrierer innebygd i konstruksjonen som reduserer eller eliminerer faren er viktigst (Risk reduction by design). Deretter, hvis det ikke er konstruksjonsmessig mulig å eliminere eksponering, må risikoforholdet kontrolleres (Safe guarding). Tekniske/fysiske barrierer som beskytter foretrekkes fremfor "myke" barrierer som eksempelvis trening, informasjon og advarsler (Information for user). Behov for øvrige forebyggende sikkerhetstiltak (Additional precautions) skal også vurderes (Kilde: CEN, 1991. EN 292).
- 2.9.5 Erfaring med denne flytype har vist at "myke" prosedyrebaserte sikkerhetsbarrierer er for svake til å løse problemet med tap av kontroll under avgang i vinterforhold. Til tross for at prosedyre-

forbedringer er suksessivt innført etter hvert som syv fly har havarert i forbindelse med avgang eller avbrutt innflyging siden 1997, er det grunnleggende sikkerhetsproblemet ikke løst. Sårbarheten ble påvist nok en gang ved denne alvorlige hendelsen i Oslo.

- 2.9.6 Viktigheten av ”WAI ON” tilsier at det er behov for et pålitelig system for å forhindre at fly tar av med uoppvarmet vingeforkant når forkantvarme er nødvendig. En barriere som baserer seg på sjekklisterbruk og hukommelse for å tre i kraft, er ikke tilstrekkelig når konsekvensen av å glemme kan bli fatal. At man etter avising er nødt til å utsette brytervalget til det hektiske øyeblikket like før avgangen påbegynnes, er med på å øke sannsynligheten for forglemmelse.
- 2.9.7 En mulighet for å kompensere for det havarikommisjonen betrakter som uakseptabel risiko, er å sette strengere begrensninger for vinteroperasjoner med de aktuelle flytypene. For at slike operative begrensninger skal ha en tilstrekkelig sikkerhetseffekt, bør de i realiteten innebære at flyging bare tillates dersom forholdene er slik at det er trygt å gjennomføre en avgang uten at WAI-systemet er aktivert. Alternativt kan konstruksjonsendringer vurderes. Forutsatt at Bombardier har rett i at forkantvarme løser det grunnleggende problemet, synes konstruksjon av et pålitelig system for å sikre ivaretagelse av ”Wing Anti-Ice ON” å være en mulig utvei for å unngå særskilte restriksjoner som vil innskrenke flytypens bruksområde. Ytelse var ikke av betydning i hendelsen med OY-RJC, men bruk av WAI-systemet vil influere negativt og kan være et incentiv til å unngå unødvendig bruk av systemet. Også denne faktoren må tas hensyn til når man skal finne tilfredsstillende løsninger.
- 2.9.8 Havarikommisjonen mener at ulykkene og hendelsene (ref. Tabell 7) har skapt tvil om sikkerheten ved avgang og avbrutte landinger i vinterforhold med de aktuelle CL-600 – modellene. Det er havarikommisjonens oppfatning at de sikkerhetstiltakene som gradvis har blitt innført i kjølvannet av de enkelte kontrolltapene (ref. 1.18.2) hverken enkeltvis eller samlet har ført til en definitiv løsning på problemet. Det er derfor etter SHTs syn behov for en mer fundamental tilnærming til dette sikkerhetskritiske forholdet. Da de opprinnelige analysene av systemsikkerhet som var grunnlaget for typesertifiseringen ble gjennomført (ref. 1.6.2.8), var dagens erfaringer fra vinteroperasjoner ennå ikke gjort. Havarikommisjonen mener at det ikke ville kunne utføres tilsvarende analyser i dag uten at ulykkene og hendelsene ble tillagt svært stor vekt, i og med at hensikten med disse bestemmelsene i konstruksjonsforskriftene nettopp er å overbevise om at alle sikkerhetskritiske forhold er blitt tilstrekkelig ivarettatt.
- 2.9.9 Konstruksjon av et system som kan detektere parametere som tilsier behov for vingeforkantvarme og varsler besetningen hvis de glemmer å slå på systemet, kan være én mulighet. En annen mulighet kan være å konstruere systemet slik at ”Wing Anti-Ice” automatisk slås på ved avgang. Det første alternativet sammenfaller med filosofien bak ”Take-off configuration warning”, der besetningen blir gjort oppmerksom på situasjonen slik at de kan avbryte avgangen om nødvendig. Det andre alternativet, med automatisk avtapping av blødeluft fra motorene, kan eksempelvis aktiveres dersom temperaturen er under kritisk verdi, flaps er nede og N1 overstiger en viss verdi. Dersom man ikke har tatt hensyn til ”WAI ON” ved avgangsberegninger, vil imidlertid automatisk aktivisering kunne skape nye problemer med hensyn til flyets ytelse ved avgang.
- 2.9.10 SHT går ikke mer i dybden på muligheter og begrensninger når det gjelder systemdesign. Hvorvidt det planlagte systemet med forkantvarme med lavere temperatur mens flyet er på bakken endrer situasjonen (ref. 1.18.2.14), er ikke avklart. Det overlates til typesertifikatholderen (Bombardier) å utvikle løsninger som ivaretar det påpekte sikkerhetsproblemet. Både de alternativene som er lansert over og Bombardiens planer om et isforebyggende system mens flyet er på bakken vil trolig medføre omfattende ingeniørarbeid, godkjennelser og betydelige

kostnader. SHT ser ikke bort fra at det kan finnes også andre konstruksjonsendringer som kan løse problemet.

### 3. KONKLUSJON

Ved denne undersøkelsen mener SHT å ha bekreftet at kjente faktorer som vingeforurensning i kombinasjon med for høy rotasjonsrate bidro til at nok et fly i CL-600-serien steilet under avgang i vinterforhold. Til tross for at prosedyreforbedringer er suksessivt innført etter hvert som syv fly har mistet kontrollen og havarert i forbindelse med avgang eller avbrutt innflyging siden 1997, er det grunnleggende sikkerhetsproblemet ikke løst. En faktor som ved tidligere ulykker i liten grad har vært drøftet, er betydningen av at vingen forurenses av spray fra nesehjulet når avgang foretas fra kontaminerte rullebaner. At vingeforkantene er oppvarmet (Wing Anti-Ice ON), synes å være kritisk. Følgelig er det behov for pålitelige systemer som sikrer nettopp dette.

#### 3.1 Undersøkelseresultater

- a) Luftfartøyet var forskriftsmessig registrert og hadde gyldig luftdyktighetsbevis.
- b) Luftfartøyet masse og tyngdepunkts plassering var innenfor tillatte begrensninger på hendelsestidspunktet.
- c) Det er ikke avdekket tekniske feil eller uregelmessigheter ved luftfartøyet som kan ha hatt innvirkning på hendelsesforløpet.
- d) Besetningsmedlemmene hadde gyldige sertifikater og rettigheter på flytypen.
- e) Det er ikke avdekket feil eller mangler ved av-/anti-isingen som kan antas å ha hatt betydning for at vingen var forurenset ved avgang.
- f) Vingene var ikke nedkjølte (cold soaked) etter forrige flyging.
- g) Avgang ble foretatt innen ”Hold-Over Time” utløp i henhold til gjeldende retningslinjer ved moderat snøfall.
- h) Det kan ikke utelukkes at nedbørintensiteten målt i vanninnhold var sterk i noen minutter etter avisingen, mens flyet stod og ventet på å foreta avgang. Det er likevel lite trolig at anti-isingsvæsken kollapset og at det begynte å legge seg snø på vingene allerede før avgangen ble påbegynt.
- i) Norske retningslinjer for å vurdere nedbørintensitet basert på siktverdier er mindre restriktive enn nyere, nordamerikanske retningslinjer.
- j) Værforholdene tilsa at det var behov for ”Wing Anti-Ice ON”, og besetningen var innforstått med dette.
- k) Flyets system for å forebygge is på vingeforkantene skulle ifølge sjekklisten slås på like før avgang, men dette ble uteglemt da et faglig spørsmål avledet oppmerksomheten. Det eksisterer ikke systemer som fanger opp slike forglemmelser.



- l) Rullebanen var dekket med et sjikt av slaps og våt snø, trolig med tilnærmet maksimal tillatt tykkelse.
- m) Spray fra nesehjulet omslutter vingeroten og et kritisk område av vingeforkanten ved avgang fra kontaminerte rullebaner. Dette faktum er tillagt liten vekt i flyets dokumentasjon og treningsmateriell.
- n) Rotasjon ble foretatt ved korrekt hastighet, men med høyere rotasjonsrate enn anbefalt (6,1°/s sammenlignet med 2,5-3,0°/s).
- o) Steilebeskyttelsessystemet fungerte som forutsatt. Steiling inntraff imidlertid ca. 5 grader under forventet steilevinkel, like før ”stick shaker” og ”-pusher” aktiverte.
- p) Beregninger basert på flygeregistratordata viser at vingeforkanten var forurenset da flyet lettet.
- q) Beregninger basert på flygeregistratordata og simuleringer viser at vingen produserte mindre løft enn forventet inne ved vingeroten også etter at kontrollen var gjenvunnet.
- r) Totalhavari ble forhindret av en kombinasjon av ”stick pusher” og besetningens håndtering av kontrolltapet.
- s) Det har skjedd syv alvorlige ulykker og minst to alvorlige luftfartshendelser med tap av kontroll som trolig er relatert til vingeforurensning på fly i CL-600-serien i perioden 1997-2008.

## 4. SIKKERHETSTILRÅDINGER

Undersøkelsen av denne alvorlige luftfartshendelsen har avdekket flere områder hvor havarikommisjonen ser behov for å fremme sikkerhetstilrådinger for å forbedre flysikkerheten.<sup>7</sup>

### **Sikkerhetstilråding SL nr. 2011/03T**

Erfaring har vist at forurenset vingeforkant på fly i CL-600-serien under avgang kan forårsake steiling med ukontrollerbar vingedropp og fare for katastrofalt utfall. Aktivisering av ”Wing Anti-Ice”-systemet betraktes som en uunnværlig barriere for å forhindre forurenset vingeforkant. For å øke sikkerhetsmarginene tilrår SHT at Transport Canada og EASA stiller krav om at typesertifikatnehaveren (Bombardier) må introdusere annet enn prosedyrebaserte sikkerhetsbarrierer (eksempelvis take-off warning eller automatisk aktivisering) som sikrer at fly i CL-600-serien har ”Wing Anti-Ice ON” under avgang i visse vinterforhold.

### **Sikkerhetstilråding SL nr. 2011/04T**

Inntil det er etablert tilfredsstillende fysiske/tekniske sikkerhetsbarrierer som sikrer at fly i CL-600-serien har ”Wing Anti-Ice ON” under avgang når dette er sikkerhetskritisk (ref. sikkerhetstilråding 2011/03T over), tilrår SHT at Transport Canada og EASA innfører

---

<sup>7</sup> Samferdselsdepartementet besørger at sikkerhetstilrådinger blir forelagt luftfartsmyndigheten og/eller andre berørte departementer til vurdering og oppfølging, jf. Forskrift om offentlige undersøkelser av luftfartsulykker og luftfartshendelser innen sivil luftfart, § 17.

strengere restriksjoner for vinteroperasjoner med de angjeldende flytypene. Restriksjonene bør i realiteten innebære at flyging bare tillates dersom forholdene er slik at det er trygt å gjennomføre en avgang uten at "Wing Anti-Ice" er aktivert.

**Sikkerhetstilråding SL nr. 2011/05T**

Ved avgang fra kontaminerte rullebaner vil vingeroten på fly i CL-600-serien omslutes av spray fra nesehjulet. Vingeforkanten forurenses i det kritiske området der luftstrømmen først separerer ved steiling. Hvis forurensningen ikke fordamper, kan det oppstå ruhet i dette området som vil redusere flyets steilevinkel. Havarikommisjonen mener dette forholdet hittil er tillagt for lite vekt, og tilrår fabrikanten Bombardier å vurdere behov for løsninger som kan bidra til å styre sprayen unna vingen. Det bør også vurderes om faremomentet bør belyses i flyets dokumentasjon.

**Sikkerhetstilråding SL nr. 2011/06T**

Undersøkelsen har avdekket at norske retningslinjer for å vurdere nedbørintensitet basert på siktverdier er mindre restriktive enn nyere, nordamerikanske retningslinjer. Retningslinjene har betydning for hvor lenge flybesetninger kan forvente at avisingsvæske forhindrer forurensning av flyenes aerodynamiske flater etter avising (Hold-Over Time). SHT tilrår at Meteorologisk institutt studerer forskningsresultatene som ligger til grunn for de nye retningslinjene i USA og Canada og eventuelt annen relevant dokumentasjon, og vurderer om også de norske retningslinjene bør endres for å forhindre at fly tar av med forurensning på vingene.

Statens havarikommisjon for transport

Lillestrøm, 11. april 2011

## REFERANSER

<http://www.batraining.com/blog/index.php/2009/08/24/winterops/>

<https://customer.aero.bombardier.com/racs/public/>

[https://customer.aero.bombardier.com/Ice\\_Awareness/IcingAwareness.html](https://customer.aero.bombardier.com/Ice_Awareness/IcingAwareness.html)

Rasmussen, R.M., J. Vivekanandan, J. Cole, B. Myers, and C. Masters, 1999: The Estimation of Snowfall Rate Using Visibility. *J. Appl. Meteor.*, 38, 1542–1563.

(<http://ams.allenpress.com/archive/1520-0450/38/10/pdf/i1520-0450-38-10-1542.pdf>)

“How Snow Can Fool Pilots” <http://www.rap.ucar.edu/projects/wsddm/SNOFOOL.pdf>

U.S. DOE Workbook Conducting Accident Investigations Revision 2 May 1, 1999

<http://www.hss.energy.gov/CSA/CSP/AIP/workbook/aitoc.pdf>

### Accident Investigation Reports:

1. TSB Report (A97H0011) on crash during low energy go-around in icing conditions CL-600-2B19, Fredericton, New Brunswick 16 December 1997
2. NTSB Aircraft Accident Brief (NTSB/AAB-04/01) on crash during initial climb in test flight Mid-Continent Airport, Wichita, Kansas October 10, 2000 – Stalled after excessive rotation, center of gravity shifted to behind aft limit
3. AAIB Report (5/2004) on the accident to Bombardier CL-600-2B16 Series 604, N90AG at Birmingham International Airport 4 January 2002 – Rapid roll immediately after takeoff, frost contamination of wings
4. General Administration of Civil Aviation on China Aircraft Accident Investigation Report (CAAC-AS/AAR-2007001) on crash during takeoff, CL-600-2B19, reg. B-3072, Baotou airport, Inner Mongolia November 21, 2004 – Stall without warning immediately after takeoff, contaminated wings
5. NTSB Aircraft Accident Brief (NTSB/AAB-06/03) Crash during takeoff in icing Conditions CL-600-2A12, N873G, Montrose, Colorado November 28, 2004
6. Adria Airways Safety Team Incident Investigation Report (IIR0305) on CL-600-2B19 uncommanded roll immediately after takeoff from Ljubljana International Airport 7 March 2005 – Wings contaminated with anti-icing fluid
7. IAC Air Accident Investigation Commission Final Report on Accident with CL-600-2B19, N168CK, Vnukovo Airport 13 February 2007 – Uncommanded roll immediately after takeoff, contaminated wings. (Rapport datert 13. juli 2008).
8. IAC Air Accident Investigation Commission Final Report on Accident with CL-600-2B19, reg. EW-101PJ, at Zvartnots Airport, Republic of Armenia February 14, 2008 – Uncommanded roll immediately after takeoff, frost contamination of wings

## **VEDLEGG**

Vedlegg A: Forkortelser

Vedlegg B: Kart over Oslo lufthavn Gardermoen (ENGM)

Vedlegg C: Guidelines for Holdover times Clariant Safewing MP II FLIGHT Type II Fluid Mixtures as a Function of Weather Conditions and OAT

Vedlegg D: Utskrift av utvalgte flygeregistratorparametre

Vedlegg E: Transport Canada Airworthiness Directive AD CF-2008-15R1 – Enhancement to Takeoff Operational Safety Margins

Vedlegg F: Bombardier Flight Operations Note – Takeoff Safety Enhancements

Vedlegg G: The Estimation of Snowfall Rate Using Visibility

Vedlegg H: Feiltreanalyse med symbolforklaring

Vedlegg I: Barriereanalyse

Vedlegg J: Transport Canadas kommentarer til utkast til undersøkelsesrapport



**AKTUELLE FORKORTELSER**

AFM	Aircraft Flight Manual
AIC	Aeronautical Information Circular
AIP	Aeronautical Information Publication
AMM	Aircraft Maintenance Manual
AOA	Angle of Attack
AOC	Air Operator Certificate
ASDA	Accelerate Stop Distance Available
ATIS	Automatic Terminal Information Service
CS	Certification Standard
CVR	Cockpit Voice Recorder
DFDR	Digital Flight Data Recorder
EASA	European Aviation Safety Agency
EICAS	Engine Instrumentation and Crew Alerting System
FCOM	Flight Crew Operations Manual
FDR	Flight Data Recorder
FRP	Final Release Person (de-icing)
FAA	Federal Aviation Authority
HOT	Hold-Over Time
hPa	Hectopascal
IAC	Interstate Aviation Commission
IAS	Indicated Air Speed
JAR	Joint Aviation Requirements
JAA	Joint Aviation Authorities
KIAS	Kt Indicated Air Speed
kt	Knot(s), nautisk mil per time
MAC	Mean Aerodynamic Chord
MCTOM	Maximum Certificated Take-Off Mass
METAR	Rutinemessig værobservasjon for luftfarten (i meteorologisk kode)
MTO	Menneske-Teknologi-Organisasjon
MTOM	Maximim Take-Off Mass
NTSB	National Transportation Safety Board
OM	Operations Manual

OPC	Operator Proficiency Check
p.o.b.	Personer om bord
PC	Proficiency Check
PF	Pilot Flying
PNF	Pilot Not Flying (også kalt Pilot Monitoring, PM)
QNH	Høydemåler innstilt slik at høyden over havet vises når man står på bakken
RWY	Runway
SOP	Standard Operating Procedures
SPS	Stall Protection System
TAF	Værvarsel for flyplass (MET kode)
TODC	Take Off Data Computer
TOGA	Take-off / Go-around
TORA	Take-Off Run Available
TSB	Transportation Safety Board
UTC	Co-ordinated Universal Time
$V_s$	Stalling speed, steilehastighet
WAI	Wing Anti-Ice
WOW	Weight Off Wheels



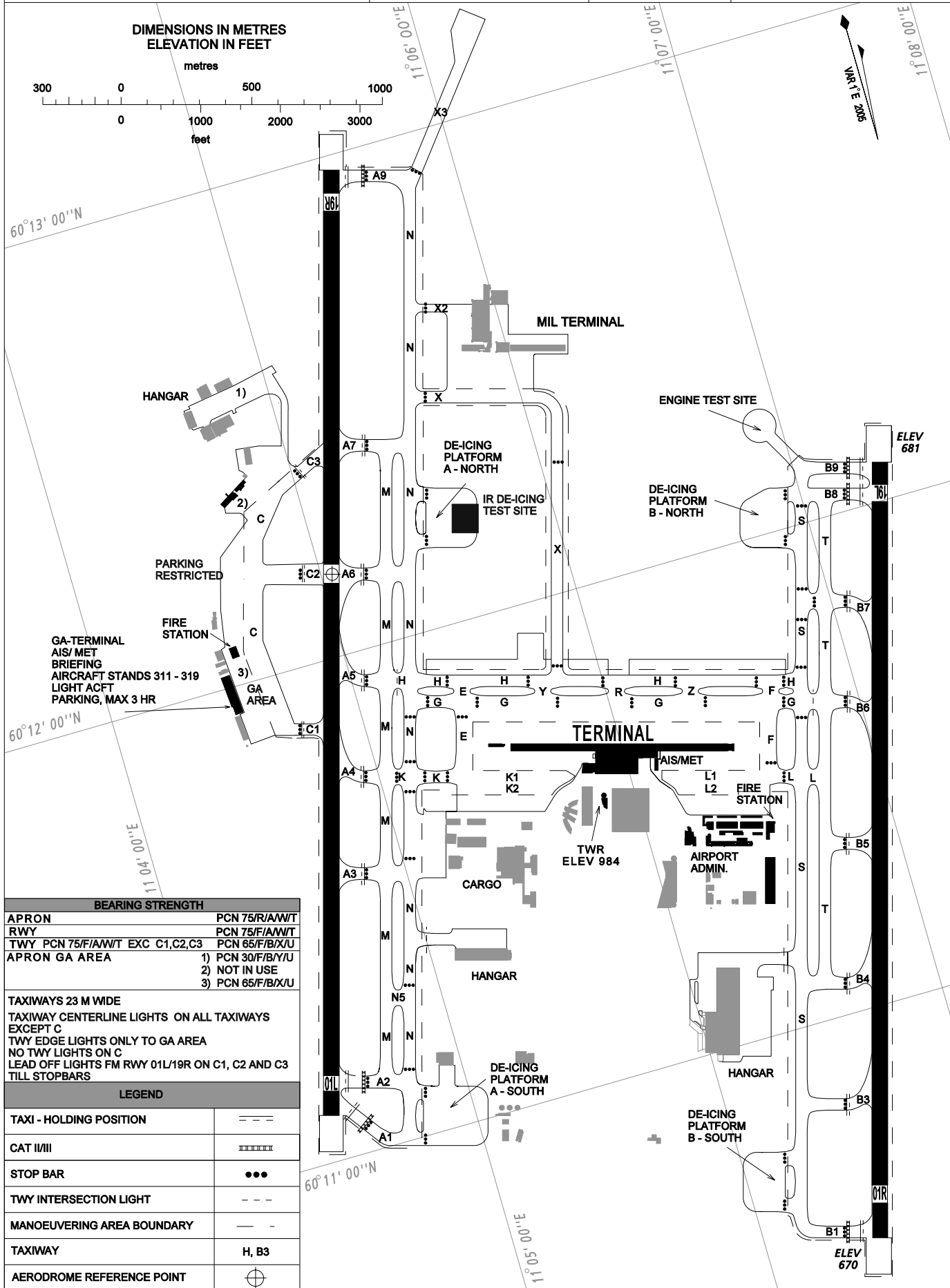
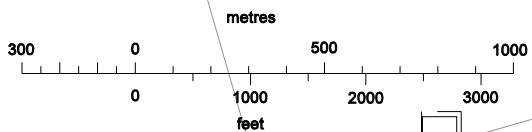
**AERODROME GROUND MOVEMENT CHART**

**APRON ELEV 673 FT**

TWR (W) 118.300 MHz  
 TWR (E) 120.100 MHz  
 GND (N) 121.925 MHz  
 CLR 121.600 MHz

**OSLO GARDERMOEN NORWAY**

DIMENSIONS IN METRES  
 ELEVATION IN FEET



BEARING STRENGTH	
APRON	PCN 75/R/A/W/T
RWY	PCN 75/F/A/W/T
TWY PCN 75/F/A/W/T EXC C1,C2,C3	PCN 65/F/B/X/U
APRON GA AREA	1) PCN 30/F/B/Y/U 2) NOT IN USE 3) PCN 65/F/B/X/U
TAXIWAYS 23 M WIDE	
TAXIWAY CENTERLINE LIGHTS ON ALL TAXIWAYS EXCEPT C	
TWY EDGE LIGHTS ONLY TO GA AREA	
NO TWY LIGHTS ON C	
LEAD OFF LIGHTS FM RWY 01L/19R ON C1, C2 AND C3 TILL STOPBARS	
LEGEND	
TAXI - HOLDING POSITION	---
CAT II/III	
STOP BAR	●●●
TWY INTERSECTION LIGHT	---
MANOEUVERING AREA BOUNDARY	---
TAXIWAY	H, B3
AERODROME REFERENCE POINT	⊕

CHANGES: CORRECTED TAXIWAY GEOMETRY, ADDED DE-ICING HANGAR + CHANGED TEXT



Guidelines for Holdover times

TABLE 7 - Guidelines for Holdover times Clariant Safewing MP II FLIGHT Type II Fluid Mixtures as a Function of Weather Conditions and OAT

CAUTION: THIS TABLE IS FOR DEPARTURE PLANNING ONLY AND SHOULD BE USED IN CONJUNCTION WITH PRE-TAKEOFF CHECK PROCEDURES.

Outside Air Temperature Degrees Celsius	Degrees Fahrenheit	Manufacturer Specific Type II Fluid Concentration Neat-Fluid/Water (Volume %/Volume %)	Approximate Holdover Times Under Various Weather Conditions (hours: minutes)						
			Active Frost	Freezing Fog	Snow/Snow Grains	Freezing Drizzle*	Light Freezing Rain	Rain on Cold Soaked Wing**	Other†
-3 and above	27 and above	100/0	8:00	3:30-4:00	1:00-1:35	1:20-2:00	0:45-1:25	0:10-1:30	CAUTION: No holdover time guidelines exist
		75/25	5:00	2:30-4:00	0:40-1:20	1:15-2:00	0:30-0:55	0:05-1:20	
below -3 to -14	below 27 to 7	50/50	3:00	0:55-1:45	0:10-0:25	0:20-0:30	0:10-0:15	CAUTION: No holdover time guidelines exist	
		100/0	8:00	0:55-1:45	0:40-1:05	***0:35-1:30	***0:25-0:45		
below -14 to -25	below 7 to -13	75/25	5:00	0:40-1:10	0:20-0:40	***0:25-1:10	***0:30-0:40	CAUTION: No holdover time guidelines exist	
		100/0	8:00	0:30-0:50	0:15-0:30				
below -25	below -13	100/0	CLARIANT SAFEWING MP II FLIGHT Type II fluid may be used below -25 °C (-13 °F) provided the freezing point of the fluid is at least 7 °C (13 °F) below the OAT and the aerodynamic acceptance criteria are met. Consider use of SAE Type I when CLARIANT SAFEWING MP II FLIGHT Type II fluid cannot be used.						

THE RESPONSIBILITY FOR THE APPLICATION OF THESE DATA REMAINS WITH THE USER.

\* Use light freezing rain holdover times if positive identification of freezing drizzle is not possible

\*\* This column is for use at temperatures above 0 °C (32 °F) only

\*\*\* No holdover time guidelines exist for this condition below -10 °C (14 °F)

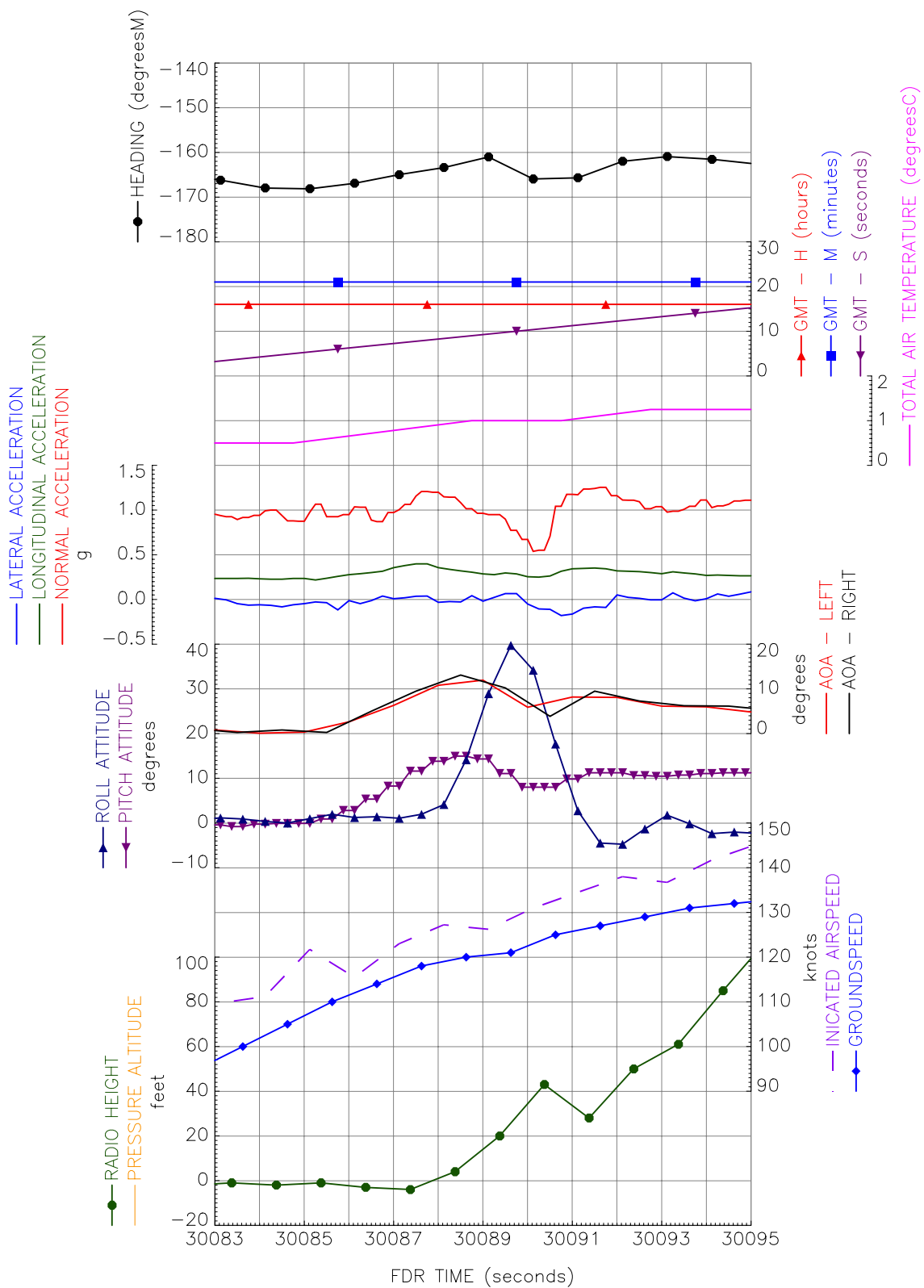
† Snow pellets, ice pellets, heavy snow, moderate and heavy freezing rain, and hail

CAUTIONS:

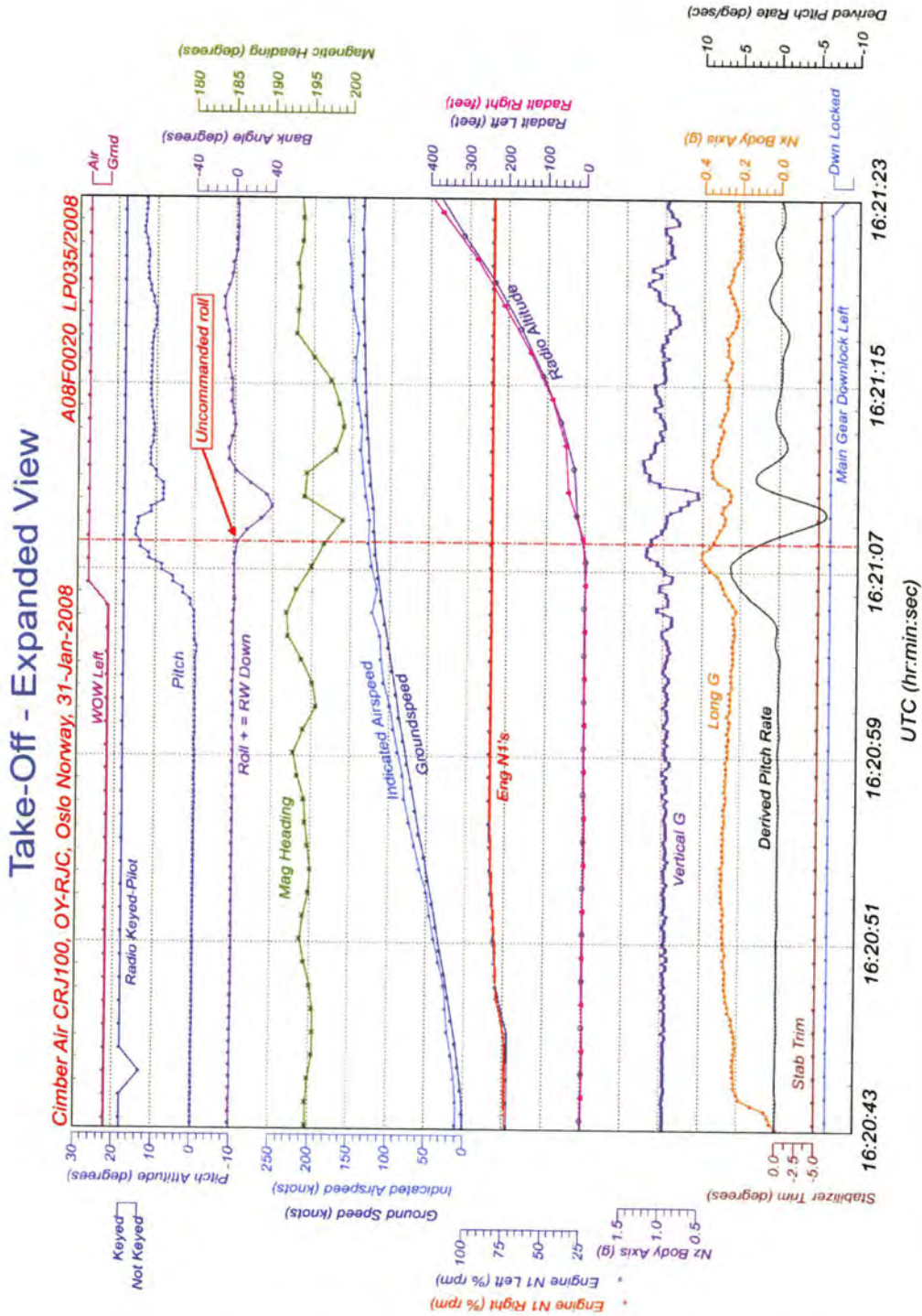
- THE TIME OF PROTECTION WILL BE SHORTENED IN HEAVY WEATHER CONDITIONS. HEAVY PRECIPITATION RATES OR HIGH MOISTURE CONTENT, HIGH WIND VELOCITY, OR JET BLAST MAY REDUCE HOLDOVER TIME BELOW THE LOWEST TIME STATED IN THE RANGE. HOLDOVER TIME MAY BE REDUCED WHEN AIRCRAFT SKIN TEMPERATURE IS LOWER THAN OAT.
- CLARIANT SAFEWING MP II FLIGHT TYPE II FLUID USED DURING GROUND DEICING/ANTI-ICING IS NOT INTENDED FOR AND DOES NOT PROVIDE PROTECTION DURING FLIGHT.



### Utvalgte flyregistratorparametre



Take-off OY-RJC – Selected parameters plotted by AAIB UK



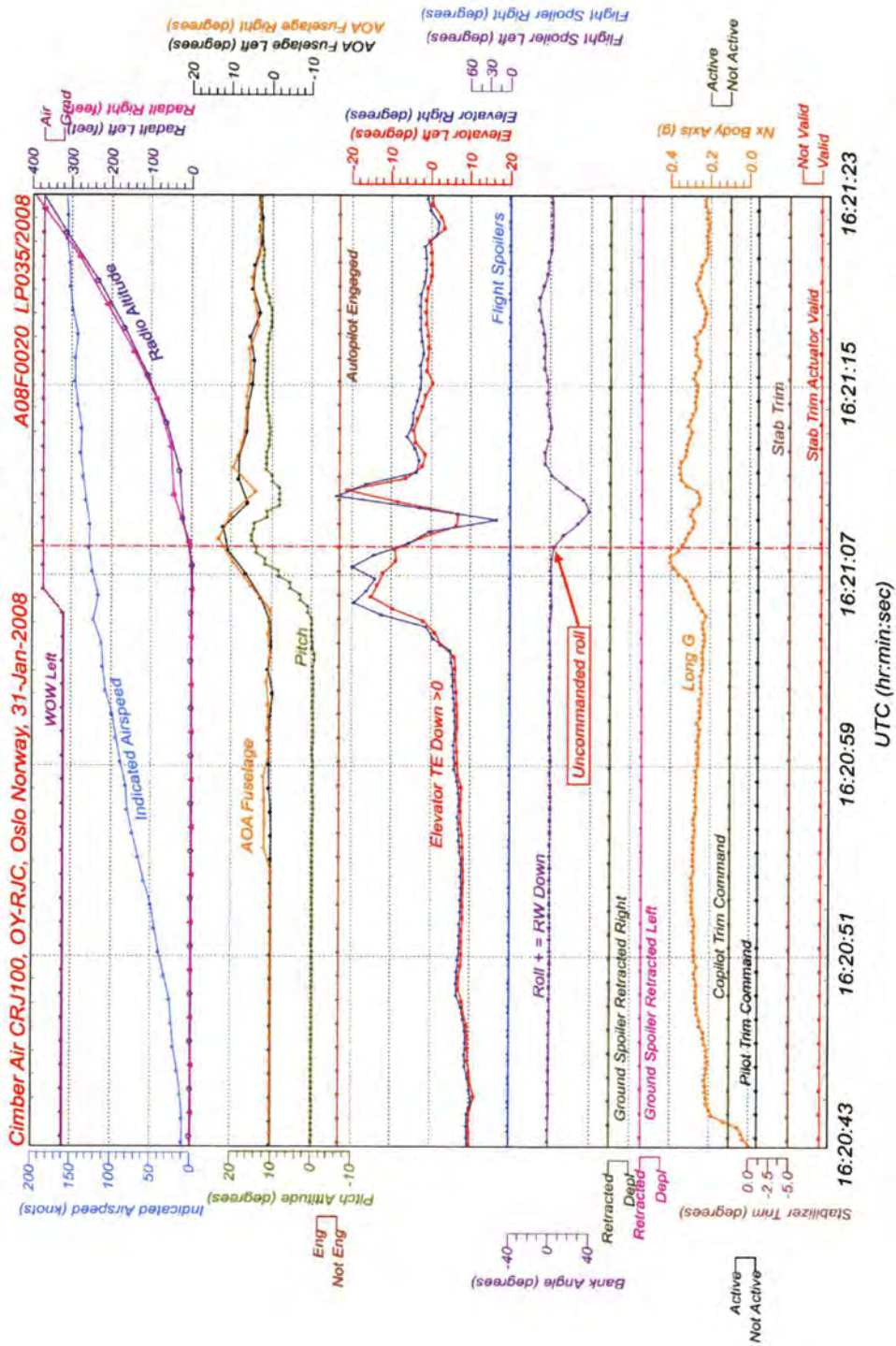
Recorders & Vehicle Performance Division - TSBC

Created: 8 July, 2008

Figure 3: DFDR plot showing expanded view of take-off.



# Controls - Longitudinal



Recorders & Vehicle Performance Division - TSBC

Created: 8 July, 2008

Figure 4: DFDR plot of longitudinal controls.







No.	CF-2008-15R1	1/2
Issue Date	20 August 2008	

# AIRWORTHINESS DIRECTIVE

The following airworthiness directive (AD) may be applicable to an aircraft which our records indicate is registered in your name. ADs are issued pursuant to **Canadian Aviation Regulation (CAR) 593**. Pursuant to **CAR 605.84** and the further details of **CAR Standard 625, Appendix H**, the continuing airworthiness of a Canadian registered aircraft is contingent upon compliance with all applicable ADs. Failure to comply with the requirements of an AD may invalidate the flight authorization of the aircraft. Alternative means of compliance shall be applied for in accordance with **CAR 605.84** and the above-referenced **Standard**.

This AD has been issued by the Continuing Airworthiness Division (AARDG), Aircraft Certification Branch, Transport Canada, Ottawa, telephone 613 952-4357.

**Number:** CF-2008-15R1

**Subject:** Enhancement to Takeoff Operational Safety Margins

**Effective:** 3 September 2008

**Revision:** Supersedes Airworthiness Directive CF-2008-15 issued on 7 March 2008

**Applicability:** All Bombardier Inc. Model CL-600-2B19 aircraft.

**Compliance:** When indicated, unless already accomplished.

**Background** Following three recent accidents/incidents where Bombardier CL-600-2B19/CL-600-2B16 aircraft experienced un-commanded roll during take-off, Transport Canada Civil Aviation (TCCA) has determined that it is necessary to further enhance the airplane flight manual (AFM) limitations and procedures to ensure safe operation, particularly in cold weather or icing conditions.

The original issue of this directive mandated the introduction of additional limitations and procedures to the AFM and required that any operator's Pilot's Checklist fully reflects these procedures. In order not to compromise the takeoff operational safety margin, strict adherence to all the AFM procedures and limitations was required.

Revision 1 of this directive mandates the amendment of the AFM by inserting Temporary revision (TR) RJ/155-5 which, in addition to retaining the limitations and procedures introduced to the AFM Limitations Section through AFM TR RJ/155-2, now also requires specific pilot training on or before 1 November 2008 with regard to enhanced take-off procedures and winter operations.

**Corrective Action** **Part I – AFM Changes.**

Within 14 days after the effective date of this directive, accomplish the following:

1. Amend the AFM by inserting TR RJ/155-5, dated 7 August 2008 or later approved revision.
2. Insert a copy of this directive in the AFM.
3. Advise all flight crews on the changes introduced through the AFM TR.

Pursuant to **CAR 202.51** the registered owner of a Canadian aircraft shall, within seven days, notify the Minister in writing of any change of his or her name or address.

To request a change of address, contact the **Civil Aviation Communications Centre (AARC)** at Place de Ville, Ottawa, Ontario K1A 0N8, or 1-800-305-2059, or [www.tc.gc.ca/civilaviation/communications/centre/address.asp](http://www.tc.gc.ca/civilaviation/communications/centre/address.asp)

No. N°	<b>CF-2008-15R1</b>	2/2
-----------	---------------------	-----

**Part II – Operator’s Pilot’s Checklist.**

Within 14 days after 10 March 2008 (the effective date of the original issue of this directive), review the “Pilot’s Checklist” to ensure that the instructions regarding selection of the wing anti-ice system to “**ON**”, as specified in the AFM Limitations Section, are incorporated.

**Authorization:** For Minister of Transport, Infrastructure and Communities

Derek Ferguson  
Acting Chief, Continuing Airworthiness

**Contact:** Mr. Richard Topham, Continuing Airworthiness, Ottawa, telephone 613.952.4428, facsimile 613.996.9178 or e-mail tophamr@tc.gc.ca or any Transport Canada Centre.

	<b>TEMPORARY REVISION RJ/155-6</b>	Page 1 of 10
		Sep 17/08

## LETTER OF TRANSMITTAL

### REASON FOR ISSUE

Temporary revision to advise the flight crew of the following:

- Wing Anti-Ice System Limitation,
- Wing Anti-Ice Piccolo Duct Damage Suspected abnormal procedure,
- Emphasize and re-state the importance of the 'clean wing' concept for the CL600-2B19 airplane,
- Advise of a change to the conditions for a tactile inspection,
- Advise that the use of wing anti-ice is now required during certain taxi operations,
- Advise that wing anti-ice is now required for all take-off operations when in icing conditions,
- Advise of a change to the definition of ground icing conditions,
- Advise of new procedures and limitations to reduce the tendency for high rotation rates and over-rotations,
- Advise that if the wing anti-ice system has been selected ON for take-off, the cowl anti-ice system must also be selected ON,
- Mandate Enhanced Take-Off Procedures and Winter Operations Training,
- Revise single engine taxi data,
- Incorporate SB A601R-30-032 effectivity, and
- Supersede TR RJ/155-5.

### INSTRUCTIONS FOR INSERTION OF THIS TEMPORARY REVISION

- (1) Insert the Record of Temporary Revisions in the front portion of the Airplane Flight Manual.
- (2) Remove and destroy the pages and the Letter of Transmittal of Temporary Revision No. TR RJ/155-5.
- (3) Insert the pages of this Temporary Revision in the Airplane Flight Manual as instructed at the top of each page.
- (4) Record the insertion of this Temporary Revision on the Record of Temporary Revisions page.
- (5) Retain this page for record purposes.

### LIST OF PAGES AFFECTED BY THIS TEMPORARY REVISION

- Volume 1:
  - 02-00-1 <MST>,
  - 02-04-2,
  - 02-04-3,
  - 02-04-4,
  - 02-04-5 <MST>,
  - 02-04-6 <MST>,
  - 05-14-2, and
- Volume 4:
  - 07-15-31 <0090>.

DOT Approved	<b>Airplane Flight Manual CSP A-012</b>	
--------------	---	--



INSERT IN LIMITATIONS - OPERATING LIMITATIONS  
FACING PAGE 02-00-1 <MST>

**ACTION**

Change '**OPERATING LIMITATIONS**' items to read as follows:

**OPERATING LIMITATIONS**

Altitude and Temperature Operating Limits	02-04-1
Take-off	02-04-2
Rotation Rate and Pitch Attitude	02-04-2
Pitch Trim	02-04-2
Take-off Pitch Target	02-04-2
Operation in Icing Conditions	02-04-2
Cowl Anti-ice System	02-04-2
Wing Anti-ice System	02-04-3
Thrust Settings	02-04-3
Super-Cooled Large Droplet Icing	02-04-3
Cold Weather Operations	02-04-4
Enhanced Take-off Procedures and Winter Operations Training	02-04-5
Runway Slopes	02-04-5
Tailwind Conditions	02-04-5
Minimum Flight Crew	02-04-5
Cargo	02-04-5
Maximum Occupants <0056>	02-04-5
Maximum Occupants <JCAB> <HKCAD>	02-04-6
Ozone Concentration <TC> <FAA> <JCAB>	02-04-6



INSERT IN LIMITATIONS - OPERATING LIMITATIONS  
FACING PAGE 02-04-2

**ACTION 1**

Add the following new “**TAKE-OFF**” limitations:

**2. TAKE-OFF**

**A. Rotation Rate and Pitch Attitude**

**WARNING**

Excessive rotation rates (exceeding 3 degrees per second) or over-rotations may lead to high pitch attitudes and angles of attack being attained while the aircraft is near the ground. This can reduce stall margins significantly resulting in stick shaker / pusher activation and potentially loss of control. Pilots must rotate smoothly towards the target pitch attitude then transition to speed control.

**B. Pitch Trim**

**WARNING**

Failure to set the pitch trim appropriate to the computed centre of gravity may result in excessive rotation rate at take-off.

- Pitch trim must be set according to the airplane’s computed centre of gravity.

**Effectivity:**

- Airplanes **not incorporating** the -904 or the -037 Flight Control Computer:

**C. Take-Off Pitch Target**

- The initial target for rotation is 10 degrees.
- If the flight director is used for take-off, set pitch target of 10 degrees. (Refer to Flight Crew Operating Manual, Volume 2 (CSP A-013): SUPPLEMENTARY PROCEDURES – Automatic Flight Control System – TAKE-OFF).
- Take-off performance data in Chapter 6 remains applicable.

**ACTION 2**

Change paragraph “**2. Operation in Icing Conditions**” to read “**3. Operation in Icing Conditions**”

	<b>TEMPORARY REVISION RJ/155-6</b>	Page 4 of 10
		Sep 17/08

INSERT IN LIMITATIONS - OPERATING LIMITATIONS  
FACING PAGE 02-04-3

**ACTION**

Change paragraph “**B. Wing Anti-Ice System**” to read as follows:

**B. Wing Anti-ice System**

**Ground Operations:**

**NOTE**

Icing conditions exist on the ground when the OAT is 5°C (41°F) or below and:

- visible moisture in any form (such as clouds, fog or mist), is present below 400 feet AGL, or
- the runway is wet or contaminated, or
- in the presence of any precipitation (such as rain, snow, sleet or ice crystals).

**Effectivity (Commencing 1 December, 2008):**

- Airplanes 7003 thru 8076, 8082, 8086, 8090 thru 8092, 8096 and 8097 **not incorporating** Service Bulletin SB A601R-30-032, Ice and Rain Protection – Wing Anti-Ice System – Inspection of the Wing Anti-Ice Piccolo Tubes:
  - Take-off in icing conditions, which would require the use of the wing anti-ice system, is prohibited.
- The wing anti-ice system must be selected ON during final taxi prior to take-off if the OAT is 5°C (41°F) or below, unless Type II, Type III or Type IV anti-icing fluids have been applied. During single engine taxi operations, final taxi prior to take-off is defined as that period after the second engine is started.

**NOTE**

1. L or R WING A/ICE caution messages may be posted during taxi but must be verified out and WING A/ICE ON advisory message posted, prior to take-off. If wing anti-ice is not required for take-off, it should be selected OFF just prior to take-off.
2. To prevent wing contamination from reverse jet blast, operating the thrust reversers during taxi operations on wet and contaminated surfaces should be avoided.

DOT Approved	<b>Airplane Flight Manual</b> <b>CSP A-012</b>	
--------------	---	--



	<b>TEMPORARY REVISION RJ/155-6</b>	Page 5 of 10
		Sep 17/08

### B. Wing Anti-ice System (Cont'd)

- The wing anti-ice system must be selected and confirmed ON for take-off, when the OAT is 5°C (41°F) or below and:
  - visible moisture in any form (such as clouds, fog or mist), is present below 400 feet AGL, or
  - the runway is wet or contaminated, or
  - in the presence of any precipitation (such as rain, snow, sleet or ice crystals).

#### NOTE

If the wing anti-ice system is selected ON for take-off, the cowl anti-ice system must also be selected ON.

- When Type II, Type III or Type IV anti-icing fluids have been applied, the wing anti-ice system must only be selected and confirmed ON just prior to thrust increase for take-off.
- Refer to Flight Crew Operating Manual, Volume 2 (CSP A-013) SUPPLEMENTARY PROCEDURES – Cold Weather Operations – Phase of Flight Procedures.

### Flight Operations:

#### NOTE

Icing conditions exist in flight at a **TAT** of 10°C (50°F) or below, and visible moisture in any form is encountered (such as clouds, rain, snow, sleet or ice crystals), except when the **SAT** is –40°C (–40°F) or below.

- The wing anti-ice system must be ON:
  - When ICE is annunciated by the ice detection system, or
  - When in icing conditions and the airspeed is less than 230 KIAS.

#### *Effectivity (Commencing 1 December, 2008):*

- Airplanes 7003 thru 8076, 8082, 8086, 8090 thru 8092, 8096 and 8097 **not incorporating** Service Bulletin SB A601R-30-032, Ice and Rain Protection – Wing Anti-Ice System – Inspection of the Wing Anti-Ice Piccolo Tubes:
  - Continued flight in conditions requiring the use of wing anti-ice is prohibited.
  - If the wing anti-ice system was selected ON in flight, leave icing conditions, and
    - If the visible portion of the wings can be confirmed, from the cockpit, to be free of ice and the TAT for approach and landing is greater than 10°C, accomplish a normal approach and landing.
    - If the visible portion of the wings cannot be confirmed, from the cockpit, to be free of ice or the TAT for approach and landing is less than or equal to 10°C, accomplish ABNORMAL PROCEDURES, Ice and Rain Protection, Wing Anti-Ice Piccolo Duct Damage Suspected Procedure.

DOT Approved	<b>Airplane Flight Manual CSP A-012</b>	
--------------	---	--



INSERT IN LIMITATIONS - OPERATING LIMITATIONS  
AS NEW PAGE 02-04-4

#### 4. COLD WEATHER OPERATIONS

### WARNING

Even small amounts of frost, ice, snow or slush on the wing leading edges and forward upper wing surface may adversely change the stall speeds, stall characteristics and the protection provided by the stall protection system, which may result in loss of control on take-off.

- A. Take-off is prohibited with frost, ice, snow or slush adhering to any critical surface, (wings, upper fuselage, horizontal stabilizer, vertical stabilizer, control surfaces and engine inlets).

### NOTE

1. Take-off is permitted with frost adhering to:
  - the upper surface of the fuselage; and/or
  - the underside of the wing, that is caused by cold soaked fuel,

in accordance with the instructions provided in Flight Crew Operating Manual, Volume 2 (CSP A-013) SUPPLEMENTARY PROCEDURES – Cold Weather Operations – Pre-flight Preparation, External Safety Inspection.

2. Comprehensive procedures for operating in cold weather are provided in Flight Crew Operating Manual, Volume 2: (CSP A-013), SUPPLEMENTARY PROCEDURES – Cold Weather Operations.

- B. In addition to a visual check, a tactile check of the wing leading edge, wing forward upper surface and wing rear upper surface is required during the External Walkaround inspection to determine that the wing is free from frost, ice, snow or slush when:

- (1) the Outside Air Temperature (OAT) is 5°C (41°F) or less, or
- (2) the wing fuel temperature is 0°C (32°F) or less; or
- (3) the atmospheric conditions have been conducive to frost formation.

### NOTE

Ice and frost may continue to adhere to wing surfaces for some time even at outside air temperatures above 5°C (41°F).



INSERT IN LIMITATIONS - OPERATING LIMITATIONS  
AS NEW PAGE 02-04-5 <MST>

#### 4A. ENHANCED TAKE-OFF PROCEDURES AND WINTER OPERATIONS TRAINING

The limitations in this paragraph are effective commencing 1 November, 2008.

No take-off shall be conducted where the OAT is 5°C (41°F) or below, unless the pilot-in-command has successfully completed specific training, within the preceding 12 calendar months, for take-off procedures, ground icing conditions and cold weather operations.

No take-off shall be conducted by a pilot where the OAT is 5°C (41°F) or below, unless that pilot has successfully completed the specific training, within the preceding 12 calendar months, for take-off procedures, ground icing conditions and cold weather operations.

If neither of the preceding requirements has been complied with, the wing anti-ice system must be selected ON for take-off, just prior to thrust increase for take-off, if the OAT is 5°C (41°F) or below.

Completion of the following Bombardier Aerospace course will meet the intent of this training requirement:

- Bombardier Aerospace Enhancement to Take-Off Operational Safety Margins Training.

#### 5. RUNWAY SLOPES

The maximum runway slopes approved for take-off and landing are:

- +2% (uphill)
- 2% (downhill)

#### 6. TAILWIND CONDITIONS

The maximum tailwind component approved for take-off and landing is 10 knots.

#### 7. MINIMUM FLIGHT CREW

The minimum flight crew is one pilot and one copilot.

#### 8. CARGO

Flight must be within 60 minutes of a suitable airport, if cargo is carried in the cargo compartment. <0053> <0074>

Flight must be within 40 minutes of a suitable airport <0013><0059><British European> (45 minutes of a suitable airport <0034><0043>), if cargo is carried in the cargo compartment.

Both smoke detectors must be operational, if cargo is carried in the cargo compartment. <British European>

Carriage of cargo is prohibited. <0057>

Items / articles not essential to the ferry operation shall not be carried in the cargo compartment or cabin area. <0057>

#### 9. MAXIMUM OCCUPANTS <0056>

The total number of occupants, including no more than nineteen passengers, must not exceed the lesser of the following:

- Twenty-two or,
- The number for which seating accommodation approved for take-off and landing is provided.

DOT Approved	<b>Airplane Flight Manual CSP A-012</b>	MST
--------------	---	-----



## FLIGHT OPERATIONS NOTE

---

### CRJ Pilot Liaison In-Service Engineering & Technical Support

---

CRJ100/200/440, CL 850-FON-00-004

ATA: 0000

DATE: 19 March, 2008

**SUBJECT:** Takeoff Safety Enhancements

**MODEL:** CL-600-2B19 (CRJ100/CRJ200/CRJ440/Challenger 850)

**APPLICABILITY:** All

**Ref:** Transport Canada AD CF-2008-15  
AFM TR RJ/155-2

#### **PURPOSE:**

The purpose of this document is to provide clarification about the reasons for and operational impacts of the new limitations and procedures associated with the reference AD and Temporary Revision to the AFM

#### **DISCUSSION:**

Following three recent accidents/incidents where Bombardier CL-600-2B19/CL-600-2B16 aircraft experienced un-commanded roll during take-off, it has been deemed necessary to further enhance the AFM limitations and procedures to ensure safe operation, particularly in cold weather or icing conditions. This initiative must be seen as a means of enhancing the aircraft's take-off safety margins to compensate for potential

human error. The major factors that have been identified in each of these events are discussed below.

The first and most obvious factor in many of these events was attempted takeoff with contamination on the aircraft's critical surfaces; especially the wing leading edge. The CRJ, Challenger 850 and Challenger 600 series of aircraft wing designs are such that any disruption of airflow over the wing leading edge area will significantly reduce the angle of attack at which the wing stalls. Any amount of wing leading edge contamination can cause such disruption. In the worst case this can result in an aerodynamic stall of the wing and uncommanded roll at or shortly after lift-off. The new limitations and procedures are designed to further highlight the need for proper preflight inspections and de-icing/anti-icing of the critical surfaces as they currently exist. This is mandatory. The use of wing anti-ice during certain specified taxi operations is intended to further ensure that the leading edge remains clean prior to takeoff. The changes to the takeoff limitations for use of wing anti-ice are designed to cater to a more comprehensive range of conditions under which ice may form.

The second factor that has been implicated in these events was an improper rotation technique. In many cases, the aircraft was rotated aggressively, well above the recommended 2 to 3 degree per second rotation rate, or was rotated before the scheduled Vr. Rapid or early rotation reduces aerodynamic margins and may become a hazard when combined with other factors such as wing contamination. Data collected during testing of a modified flight director system indicated that lowering the target pitch attitudes has the beneficial effect of decreasing the pilot's tendency to rotate aggressively. This in turn can significantly reduce the maximum angle-of-attack during takeoff and thus improve the margin to the aerodynamic stall.

### **BOMBARDIER ACTION:**

Bombardier has issued Temporary Revision RJ/155-2 which addresses the concerns and solutions outlined above. The highlights of the changes are:

1. Redefine the criteria for "Ground Icing Conditions". Under the new definition, one major change is that visibility criteria have been removed. This is designed to "catch" conditions where contamination may form, but not be covered by the old definition. The new definition of ground icing conditions now reads:

#### **NOTE**

Icing conditions exist on the ground when the OAT is 5°C (41°F) or below and:

- Visible moisture in any form (such as clouds, fog or mist), is present below 400 feet AGL, or
  - The runway is wet or contaminated, or
  - In the presence of any precipitation (such as rain, snow, sleet or ice crystals).
2. Introduce a requirement for the wing anti-icing system to be selected ON during final taxi prior to takeoff, if the OAT is 5°C or below, unless Type II, III, or IV anti-icing fluids have been applied. There is no need to ensure that the wing is fully heated (as indicated by WING A/I ON advisory messages) for the entire taxi, only

that the advisory message be posted prior to takeoff. The intention of this change is to change the philosophy of wing anti-ice use from one where the anti-ice is only selected "ON" if needed to one where the anti-ice is normally selected on, and only selected "OFF" if conditions permit. There is no need to have wing anti-icing selected on for manoeuvring (such as prior to de-icing or cross bleed start), only for the final taxi to the runway. Procedures are also given for single engine taxi. The requirement remains unchanged to leave wing anti-icing off where the aircraft has been anti-iced with Type II, III, or IV fluids.

Flight crews should be reminded that if wing anti-ice is selected on and cowl anti-ice is left off, that no takeoff thrust indication will be posted, as this is not considered to be a valid bleed configuration for takeoff. Valid anti-ice configurations for takeoff are cowl anti-ice on, wing and cowl anti-ice on, or all off.

If Operators are using Bombardier recommended procedures in their present checklists, the impact of this will be fairly minor. Flight crews will select the anti-ice on during the "After Start" checklist, and may under some conditions select wing anti-icing off when it comes up again in the "Before Takeoff" checklist. It should also be noted that there is no time limit for the use of wing anti-ice on the ground for the CL 600-2B19. The wings will not overheat as the temperature is controlled at preset limits based on wing leading edge temperature.

3. The wing anti-ice system must be selected on for takeoff when Ground Icing Conditions exist. While this will increase the number of takeoffs where this is required, it will also ensure that no ice or frost will adhere to the leading edge in cases that might not otherwise be caught. The intention is to be more conservative in deciding when to use the wing anti-ice system, while at the same time reducing the opportunities for pilot errors. It is anticipated that the number of additional takeoffs where the wing anti-ice is required will not increase significantly with the new requirement.
4. The conditions under which a tactile inspection of the wing is required have become broader. Since this is a simple and fast check it should be much easier for flight crew to understand and comply with.
5. Bombardier and Transport Canada been made aware that some Operators have, in creating their customized "Pilot's Checklists", removed one or both of the challenges to activate the anti ice systems on the ground as directed by the AFM. The AD instructs Operators to ensure that anti ice challenges are included in the Operators checklists as per the AFM. Checklists should challenge the flight crew to assess the need for anti ice system activation both "After Start" and again "Before Takeoff".
6. Warnings against high rotation rates (defined as exceeding 3° per second) and over rotations have been introduced along with description of the consequences of incorrect rotation.
7. For aircraft not incorporating the -904 or the -037 Flight Control Computers (FCC's), the initial target for rotation must be manually set to 10°. The suggested method for setting the flight director to 10° is to press TOGA and then use the pitch wheel to obtain a pitch setting of 10°. Movement of the pitch wheel after

pressing the TOGA switch will result in the FMA reading TO/PTCH. There is no loss of functionality of the flight directors by using this procedure, since the vertical component of Takeoff Mode is simply PTCH Mode with a pitch value pre-determined by the FCC. This procedure described above provides similar guidance to Takeoff Mode, except for the automatic drop of the director to 10° in the event of an engine failure. By setting the pitch to 10°, this issue is not applicable. It should be noted that the takeoff mode of the Autothrottle System (ATS) will not function if this procedure is accomplished. ATS will function normally after takeoff.

The remainder of the takeoff procedure is unchanged. Flight crew should still rotate towards the target pitch attitude, then transition to speed (i.e. CLB or IAS mode) immediately after initial rotation. Speed may then be adjusted as required for the initial climb. This procedure has been deemed to meet performance requirements, while at the same time providing an appropriate initial target in the case of engine failure.

In the long term, the target pitch attitude for initial rotation will become 12°. The vertical component of Takeoff Mode for the -904 or the -037 Flight Control Computers is already set at 12°, but this is a relatively small portion of the fleet. Bombardier will be initiating an aggressive plan in the coming months to upgrade the entire fleet to the newer flight directors by providing the hardware upgrade free of charge.

#### **OPERATOR ACTION:**

Operators should make their flight crew aware of the new limitations and procedures described here. It is strongly recommended that Operators review their cold weather operations procedures and training programs. Operators must ensure that all flight crews are made properly aware of the necessity to ensure that the wings on all aircraft are completely free of contamination prior to takeoff, and of the need to adhere to normal rotation rates.

Bombardier has provided a free online Icing Awareness training course, on the RACS website (<http://www.racs.bombardier.com/>), and encourages all people involved with flight operations to take the time to complete this course in the near future. No login is required to take the course, and the course material may also be obtained free of charge on CD form through the same site. Bombardier has committed to supporting operators in any reasonable way possible in the development and refining of their cold weather operations training programs. It is anticipated that a further AD will be issued in the coming months which will mandate icing awareness training for flight crews. Bombardier is working with TCCA and will work with airlines to ensure that implementation of this is done as smoothly and efficiently as possible.



Please direct responses and inquiries to your Bombardier Aerospace Regional Aircraft Field Service Representative or the Technical Help Desk in Montreal at telephone number (514) 855-8500 or facsimile (514) 855-8501 or e-mail: [thd.crj@aero.bombardier.com](mailto:thd.crj@aero.bombardier.com).

Original signature on file

\_\_\_\_\_  
Andrew Gardiner  
CRJ Customer Liaison Pilot

Original signature on file

\_\_\_\_\_  
Andrew Palmer  
Engineering – Stability & Control



## The Estimation of Snowfall Rate Using Visibility

ROY M. RASMUSSEN, JOTHIRAM VIVEKANANDAN, AND JEFFREY COLE

*National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado*

BARRY MYERS

*Transport Canada, Montreal, Quebec, Canada*

CHARLES MASTERS

*Federal Aviation Administration Hughes Technical Center, Atlantic City, New Jersey*

(Manuscript received 17 February 1998, in final form 29 September 1998)

### ABSTRACT

The relationship between liquid equivalent snowfall rate and visibility is investigated using data collected at the National Center for Atmospheric Research Marshall Snowfall Test Site during two winter field seasons and using theoretical relationships. The observational data include simultaneous liquid equivalent snowfall rate, crystal types, and both automated and manual visibility measurements. Theoretical relationships between liquid equivalent snowfall rate and visibility are derived for 27 crystal types, and for “dry” and “wet” aggregated snowflakes. Both the observations and theory show that the relationship between liquid equivalent snowfall rate and visibility depends on the crystal type, the degree of riming, the degree of aggregation, and the degree of wetness of the crystals, leading to a large variation in the relationship between visibility and snowfall rate. Typical variations in visibility for a given liquid equivalent snowfall rate ranged from a factor of 3 to a factor of 10, depending on the storm. This relationship is shown to have a wide degree of scatter from storm to storm and also during a given storm. The main cause for this scatter is the large variation in cross-sectional area to mass ratio and terminal velocity for natural snow particles.

It also is shown that the visibility at night can be over a factor of 2 greater than the visibility during the day for the same atmospheric extinction coefficient. Since snowfall intensity is defined by the U.S. National Weather Service using visibility, this day/night difference in visibility results in a change in snowfall intensity category caused by only whether it is day or night. For instance, a moderate snowfall intensity during the day will change to a light snowfall intensity at night, and a heavy snowfall intensity during the day will change to a moderate snowfall intensity at night, for the same atmospheric extinction coefficient.

Thus, the standard relationship between snowfall intensity and visibility used by many national weather services (1/4 mile or less visibility corresponds to heavy snowfall intensity, between 5/16 and 5/8 mile corresponds to moderate intensity, and greater than 5/8 mile corresponds to light intensity) does not always provide the correct indication of actual liquid equivalent snowfall rate because of the variations in snow type and the differences in the nature of visibility targets during day and night. This false indication may have been a factor in previous ground-icing accidents in which light snow intensity was reported based on visibility, when in fact the actual measured liquid equivalent snowfall rate was moderate to heavy.



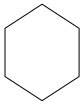
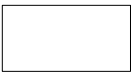
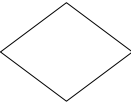

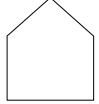



## Feiltreanalyse/Fault Tree Analysis

Feiltreanalyse (FTA) er en vanlig analysemetode i risiko- og pålitelighetsanalyser, og er mye brukt innen petroleum og kjernekraft. Feiltreanalyse kan brukes til å bestemme årsakene til en uønsket hendelse og til å finne sannsynligheten eller frekvensen til denne hendelsen. Det er utarbeidet flere standarder og retningslinjer for feiltreanalyse. Et feiltre består av symboler som viser inngangshendelsene i systemet, og sammenhengen mellom disse inngangshendelsene og topp-hendelsen. De grafiske symboler som viser sammenhengene, kalles logiske porter. Utgangen av en logisk port er bestemt av inngangshendelse (Rausand og Utne, 2009).

I denne undersøkelsen er feiltremetodikken brukt for å få en logisk oversikt over kombinasjoner av hendelser og avvik som medvirker til en spesifikk uønsket hendelse. Topp-hendelsen er i dette tilfellet definert som ”premature wing stall”.

Følgende feiltresymboler er brukt i analysen:

Symboler for logiske porter		<b>AND</b> – utgangshendelsen inntreffer bare hvis samtlige inngangshendelser inntreffer.
		<b>OR</b> – utgangshendelsen inntreffer dersom minst én av inngangshendelsene inntreffer.
		<b>INHIBIT</b> – utgangshendelsen inntreffer dersom inngangshendelsen inntreffer ved tilstedeværelsen av en betingelse (betingelsen representeres av en betingende hendelse til høyre for porten).
Symboler for inngangshendelser		<b>Intermediær hendelse</b> – en hendelse som inntreffer fordi en eller flere foregående hendelser virker gjennom logiske porter.
		<b>Ikke utviklet hendelse</b> – en hendelse som ikke utvikles videre fordi den er av utilstrekkelig konsekvens eller fordi informasjon ikke er tilgjengelig.
		<b>Basis hendelse</b> – en basis initierende hendelse som ikke krever videre utvikling.
		<b>Ekstern hendelse</b> – en hendelse som normalt er forventet å inntreffe.
		<b>Betingende hendelse</b> – spesifikk betingelse eller restriksjon som gjelder for en logisk port

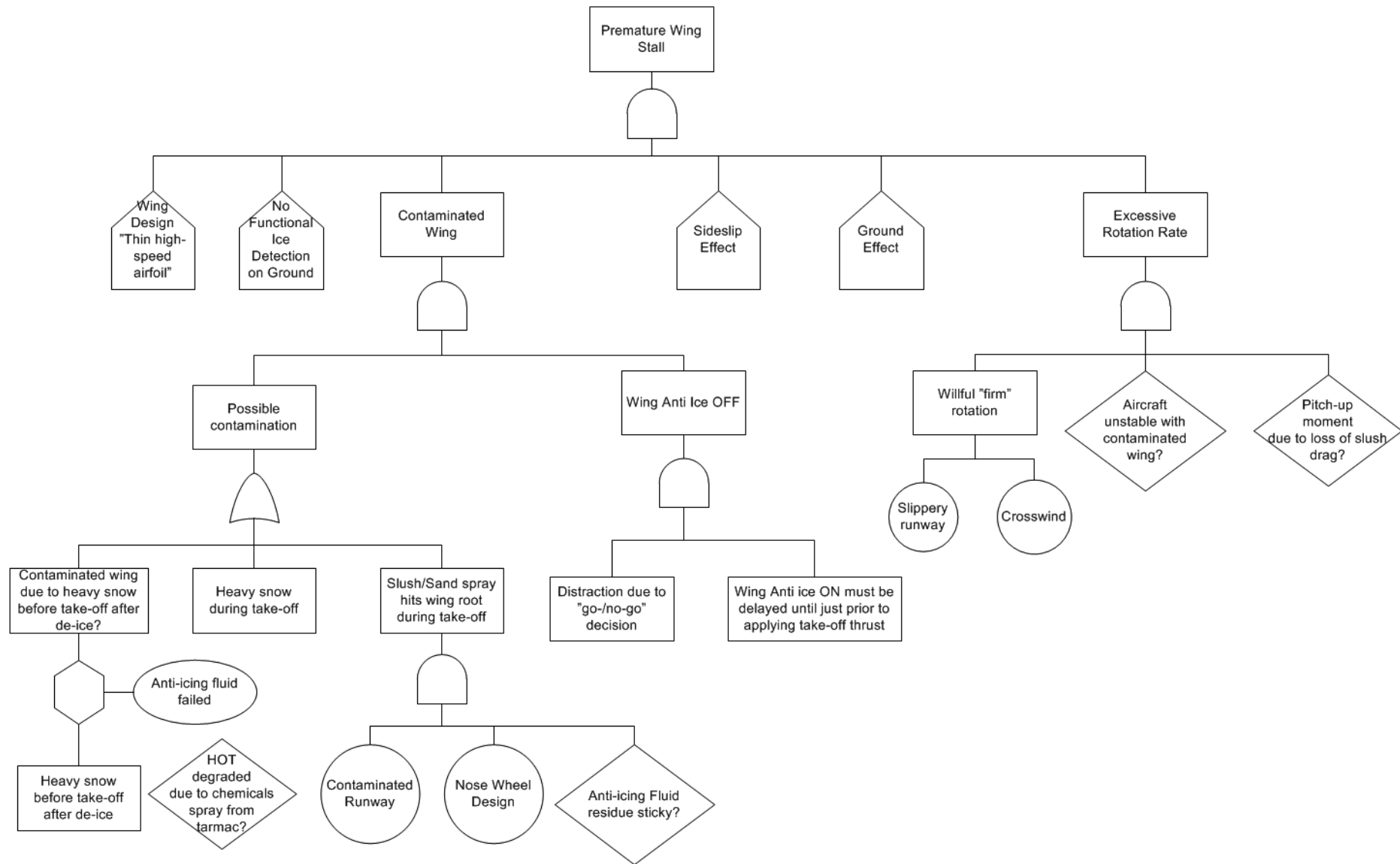
### Referanser:

M. Rausand og I. B. Utne (2009): *Risikoanalyse – teori og metoder*. Tapir Akademisk Forlag, Trondheim.

NUREG-0492 (1981): *Fault Tree Handbook*. U.S. Nuclear Regulatory Commission, Washington D.C.

NASA (2002): *Fault Tree Handbook with Aerospace Applications*. NASA Office of Safety and Mission Insurance, Washington D.C.

Serious incident Oslo airport 31 Jan 2008, OY-RJC



## Barrier Analysis Worksheet – Adapted from Department of Energy (DOE), USA

<b>Hazard: Contamination from precipitation and RWY surface</b>			<b>Target: Wing leading edge/upper surface contamination reducing stall margins</b>			
<i>What were the barriers/ which were missing?</i>	<i>How did each barrier perform?</i>	<i>Why did the barrier fail?</i>	<i>How did the barrier affect the incident?</i>	<i>Safety Action Taken</i>	<i>(Further) corrective actions needed?</i>	<i>Priority</i>
De-/Anti-icing	De-/Anti-icing performed according to procedures.			New guidelines given on when de-/anti-icing is required and enhanced procedures provided	No	
Met reports	Precipitation intensity reported according to procedures, based on visibility.	High water content in huge, wet snow flakes. No information available for flight crew to verify this hazard, since visibility reduction indicated moderate snow intensity.	HOT guidelines may not have been valid. Possible fluid failure due to heavy snow? Fluid flows off leading edge first. Sticky, wet snow flakes may have covered the wing leading edge and upper surface at take-off.	None	Yes. North American guidelines for visibility versus precipitation intensity are more conservative than the Norwegian ones.	3
Snow clearing	Snow clearing performed 30 min before take-off. Runway sanded. Continuous precipitation.	Actual slush depth/wet snow depth not monitored/ measured.	Actual slush/wet snow depth on runway may have been close to or above limit for take-off.	None		
Wing Anti-Ice ON	Wing Anti-Ice unintentionally OFF during take-off.	According to procedures, WAI selection ON must be delayed to just prior to take-off due to preservation of anti-icing fluid. Pilot was distracted and forgot to turn WAI ON, no reminder/ warning system exists.	Wing leading edge contamination worsened and stall margin was lost.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crew training requirements</li> <li>- Changed parameters for when WAI ON is required</li> </ul>	Yes. Critical safety issue.	1

Cont.

<i>What were the barriers/ which were missing?</i>	<i>How did each barrier perform?</i>	<i>Why did the barrier fail?</i>	<i>How did the barrier affect the incident?</i>	<i>Safety Action Taken</i>	<i>(Further) corrective actions needed?</i>	<i>Priority</i>
Slush spray prevention	Missing barrier – No barrier exists that protects the wing from a continuous slush spray from the nose wheel during take-off roll, until the nose wheel leaves the ground at rotation.		Slush spray from the nose wheel hit the wing root area and leading edge spanwise to the “kink” area, reducing stall margin and disturbing lift generation at wing root.	None. Threat hardly mentioned in aircraft documentation.	Yes	2
Wing contamination warning	Missing barrier – The thin high-speed airfoil is sensitive to leading edge/ upper surface contamination. No barrier exists that warns about wing contamination while the aircraft is on ground.		Take-off commenced with contaminated wings.	None	Yes. Recommendation already exists.	2



## Barrier Analysis Worksheet – Adapted from Department of Energy (DOE), USA

<b>Hazard: Excessive rotation rate close to the ground      Target: Wing leading edge stall – when wing leading edge/upper surface is contaminated</b>						
<i>What were the barriers and possible missing barriers?</i>	<i>How did each barrier perform?</i>	<i>Why did the barrier fail?</i>	<i>How did the barrier affect the incident?</i>	<i>Safety Action Taken</i>	<i>(Further) corrective actions needed?</i>	<i>Priority</i>
Procedures describing maximum rotation rate 3 degrees per second.	The procedure did not prevent the Pilot Flying (PF) from performing a “firm” take-off.	PF desire to get airborne from slippery runway in crosswind. Not aware of contaminated wings and the associated high risk level. No indication of rotation rate presented in cockpit.	Aircraft obtained high angle of attack close to the ground, where stall margins are lowered due to ground effect and sideslip.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- AD Note with training requirements</li> <li>- Flight Director pitch command bar lowered from 15 to 12 degrees.</li> <li>- Cimber Sterling intend to implement FOQA</li> </ul>	No	
Missing barrier – Pitch rate monitoring	No indication of pitch rate in cockpit.			None	No	
Pilot Monitoring (PM)	PM observed high initial rotation rate, but no interference was required since it was immediately corrected by the Pilot Flying (PF).	It happened very fast.	No effect	None	No	
Procedures to ensure aircraft stability and control	Centre of gravity correctly calculated within limits, trim setting correct.	Possible moment changes due to centre of pressure change on contaminated wing and/or change in (loss of) slush drag at rotation.	Unknown	None	Unknown	



**Transport Canada comments for the Accident Investigation Board Norway (AIBN) regarding the draft Aviation Investigation Report 08/68-34 (TSB # A08F0020) involving the Cimber Air Denmark, stick shaker after takeoff incident involving the Canadair CL600-2B19 (CRJ200), registration OY-RJC at Oslo Airport Gardermoen, Norway 31 January 2008**

---

**Page 31, Figure 12, Photo from the Water Ingestion Test**

This dramatic picture of a regional jet undergoing water injection trials is misleading, as it is not representative of the scenario on the night of January 31. The implication is OY-RJC faced a similar slush/ water spray pattern from the nose wheel.

Transport Canada suggests that it would add value to the report if figure 12 was removed from the report.

**Analysis**

**Page 39, Section 2.1.1**

The report states, "The AIBN asserts that it is nowadays uncommon that an aircraft type used in regular transport of passengers is involved in so many accidents and incidents with clear common characteristics."

This statement is basically anecdotal with no supporting data other than the listing (page 34) of 10 accidents over 13 years including three aircraft being a different Bombardier model. This statement would require considerably more data categorised "aircraft type used in regular transport of passengers", in order to analyse and substantiate the referenced conclusion.

Transport Canada suggests the AIBN may wish to remove the referenced statement.

**Page 50, Recommendation 2010/aaT**

Transport Canada acknowledges, "that contaminated leading edges on aircraft of the CL-600 series during take-off can cause premature stall with an uncontrollable wing drop and a risk of a catastrophic outcome" if the flight crew does not follow the procedures in the Aircraft Flight Manual (AFM). The AIBN uses a Sequential Time Events Plotting (STEP) diagram to prioritise the safety items and has further determined the type of corrective action through this recommendation. This recommendation, restricting the regulator and the product manufacturer to non-procedural corrective action, is unacceptable to the Department.

Transport Canada suggests the AIBN may wish to remove the restriction imposed by the recommendation.

**Page 50, Safety Recommendation 2010/bbT**

This recommendation has already been implemented via the Take-off Safety Enhancement program. This incident was primarily due to the crew not turning on the WAI during the take-off roll when it was clearly required by the existing AFM Limitations. The excessive bleed air available on take-off is more than sufficient to deal with the spray from a contaminated runway when the WAI is selected on. If it were not so, there would have been far more incidents involving take-offs from contaminated runways.

Transport Canada is satisfied with the safety enhancements now in place however, the Department will continue to work with Bombardier to improve CL-600 series safety margins.

**Page 51, Safety Recommendation 2010/ccT**

While Transport Canada may agree with this recommendation to explore better solutions for diverting the spray (redesign of nose wheel chines), this is not an issue specific to the CRJ200. This issue is generic to all low wing aircraft regardless of manufacture.

Transport Canada recommends the AIBN expand this recommendation to include all low wing aircraft and associated Civil Aviation Authorities.