Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Authority

Slutrapport RL 2021:08

Tillbud på Gällivare flygplats den 10 september 2020 med flygplanet ES-ACD av modellen RJ Series 900, opererat av Regional Jet OÜ.

Diarienr L-78/20

2021-09-09

SHK utreder olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt: Syftet med utredningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s utredningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar, vare sig straffrättsligt, civilrättsligt eller förvaltningsrättsligt.

Rapporten finns även på SHK:s webbplats: www.havkom.se

ISSN 1400-5719

Illustrationer i SHK:s rapporter skyddas av upphovsrätt. I den mån inte annat anges är SHK upphovsrättsinnehavare.

Med undantag för SHK:s logotyp, samt figurer, bilder eller kartor till vilka någon annan än SHK äger upphovsrätten, tillhandahålls rapporten under licensen Creative Commons Erkännande 2.5 Sverige. Det innebär att den får kopieras, spridas och bearbetas under förutsättning att det anges att SHK är upphovsrättsinnehavare. Det kan t.ex. ske genom att vid användning av materialet ange ”Källa: Statens haverikommission”.

I den mån det i anslutning till figurer, bilder, kartor eller annat material i rapporten anges att någon annan är upphovsrättsinnehavare, krävs dennes tillstånd för återanvändning av materialet.

Omslagets bild tre – Foto: Anders Sjödén/Försvarsmakten.

Postadress/Postal address
P.O. Box 6014
SE-102 31 Stockholm
Sweden

Besöksadress/Visitors
Sveavägen 151
Stockholm

Telefon/Phone
+46 8 508 862 00

Fax/Facsimile
+46 8 508 862 90

E-post/E-mail
info@havkom.se

Internet
www.havkom.se

Innehåll

Utredningen **5**

SAMMANFATTNING 8

1. FAKTAREDOVISNING 10

1.1 Redogörelse för händelseförloppet 10
1.1.1 Förutsättningar 10
1.1.2 Händelseförlopp 10
1.2 Personskador 11
1.3 Skador på luftfartyget 11
1.4 Andra skador 11
1.4.1 Miljöpåverkan 11
1.5 Besättningen/personalinformation 11
1.5.1 Piloternas kvalifikationer och tjänstgöring 11
1.5.2 Kabinbesättning 12
1.5.3 Övrig berörd personal 12
1.6 Luftfartyget 13
1.6.1 Flygplanet 13
1.6.2 Noshjulsstyrning 13
1.6.3 Sidroderstyrenhet (RVDT) 15
1.6.4 Sidroderstyrningens sensor (RVDT), elektriska och mekaniska egenskaper 15
1.6.5 Felhistorik, noshjulsstyrning 18
1.6.6 Bytet av sidroderstyrningens sensor (RVDT) 19
1.6.7 Underhållsmanual, AMM 20
1.7 Meteorologisk information 22
1.8 Navigationshjälpmedel 22
1.9 Radiokommunikationer 22
1.10 Flygfältsdata 22
1.11 Färd- och ljudregistratorer 23
1.11.1 Färdregistratorer 23
1.11.2 Ljudregistrator (CVR) 24
1.11.3 Animering 25
1.12 Plats för händelsen 26
1.12.1 Flygplanet efter tillbudet 26
1.12.2 Teknisk undersökning av flygplanet 26
1.13 Medicinsk information 28
1.14 Brand 28
1.15 Överlevnadsaspekter 28
1.15.1 Räddningsinsatsen 28
1.15.2 Ombordvarandes placering och skador samt användning av bälten 29
1.16 Särskilda prov och undersökningar 29
1.16.1 Minnesutläsning och funktionstest av noshjulsstyrningens ECU 29
1.16.2 Undersökning av sidroderstyrningens sensor (RVDT), S/N 0648 30
1.17 Berörda aktörers organisation och ledning 33
1.17.1 Operatören, Regional Jet OÜ 33
1.17.2 Säkerhetsledningssystem, Regional Jet OÜ 33
1.17.3 Operativ manual (OM-B), Regional Jet OÜ 35
1.17.4 Underhållsorganisationen, SAMCO 35
1.18 Övrigt 36
1.18.1 EU:s regelverk angående fortsatt luftvärdighet 36

1.18.2 Liknande händelser ... 37
1.18.3 Vidtagna åtgärder ... 38
1.19 Särskilda utredningsmetoder ... 39
2. ANALYS ... 40
2.1 Händelseförloppet ... 40
2.1.1 Förutsättningarna ... 40
2.1.2 Motorstart och uttaxning ... 40
2.1.3 Startförloppet ... 41
2.2 Överlevnadsaspekter ... 42
2.2.1 Räddningsinsatsen ... 42
2.3 Varför svängde noshjulsstyrningen åt motsatt riktning? ... 42
2.3.1 Teknisk undersökning av flygplanet ... 42
2.3.2 Undersökning av sidroderstyrningens sensor (RVDT), S/N 0648 ... 43
2.3.3 Minnesutläsning och funktionstest av noshjulsstyrningens ECU ... 43
2.3.4 Felhistorik, noshjulsstyrning ... 44
2.3.5 Underhållsmanual ... 45
2.3.6 Bytet av sidroderstyrningens sensor (RVDT) ... 45
2.4 Organisation och ledning ... 47
2.4.1 Operatören, Regional Jet OÜ ... 47
2.4.2 Underhållsorganisationen, SAMCO ... 47
3. UTLÅTANDE ... 49
3.1 Utredningsresultat ... 49
3.2 Orsaker till tillbudet ... 49
4. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER ... 50

Allmänna utgångspunkter och avgränsningar

Statens haverikommission (SHK) är en statlig myndighet som har till uppgift att utreda olyckor och tillbud till olyckor i syfte att förbättra säkerheten. SHK:s utredningar syftar till att så långt som möjligt klarlägga såväl händelseförlopp och orsak till händelsen som skador och effekter i övrigt. En utredning ska ge underlag för beslut som har som mål att förebygga att en liknande händelse inträffar i framtiden eller att begränsa effekten av en sådan händelse. Samtidigt ska utredningen ge underlag för en bedömning av de insatser som samhällets räddningstjänst har gjort i samband med händelsen och, om det finns skäl för det, för förbättringar av räddningstjänsten.

SHK:s utredningar syftar till att ge svar på tre frågor: *Vad hände? Varför hände det? Hur undviks att en liknande händelse inträffar?*

SHK har inga tillsynsuppgifter och har heller inte någon uppgift när det gäller att fördela skuld eller ansvar eller rörande frågor om skadestånd. Det medför att ansvars- och skuldfrågorna varken undersöks eller beskrivs i samband med en utredning. Frågor om skuld, ansvar och skadestånd handläggs inom rättsväsendet eller av t.ex. försäkringsbolag.

I SHK:s uppdrag ingår inte heller att vid sidan av den del av utredningen som behandlar räddningsinsatsen undersöka hur personer förda till sjukhus blivit behandlade där. Inte heller utreds samhällets aktiviteter i form av socialt omhändertagande eller krishantering efter händelsen.

Utredningar av luftfartshändelser regleras i huvudsak av förordningen (EU) nr 996/2010 om utredning och förebyggande av olyckor och tillbud inom civil luftfart och lagen (1990:712) om undersökning av olyckor. Utredningarna genomförs i enlighet med Chicagokonventionens Annex 13.

Utredningen

SHK underrättades den 10 september 2020 om att ett tillbud med ett flygplan med registreringsbeteckningen ES-ACD inträffat på Gällivare flygplats, Norrbottens län, samma dag klockan 07.06.

Tillbudet har utretts av SHK som företrätts av Jonas Bäckstrand, ordförande, Tony Arvidsson, utredningsledare, och Mats Trense, operativ utredare.

Följande länders ackrediterade representanter från respektive myndighet för säkerhetsutredningar har deltagit:

Kanada, Helen Tsai från TSB (Transportation Safety Board of Canada).

USA, Adam Huray från NTSB (National Transportation Safety Board).

Nederländerna, Marieke van Hijum från DSB (Dutch Safety Board).

Slovenien, Urban Odlazek från AIIU (Slovenia Air, Maritime and Railway Accident and Incident Investigation Unit).

Kanadas ackrediterade representant har biträtts av rådgivare från typcertifikatinnehavaren MHI RJ Aviation ULC.

USA:s ackrediterade representant har biträtts av rådgivare från Collins Aerospace, Woodward MPC Inc. och BAE Systems.

Som rådgivare för den Europeiska unionens byrå för luftfartssäkerhet (EASA) har David Waller deltagit.

Som rådgivare för Transportstyrelsen har Magnus Eneqvist och Robert Jangfall deltagit.

Följande organisationer har notifierats: Internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO), EASA, EU-kommissionen, TSB, NTSB, DSB, ESIB, AIIU och Transportstyrelsen.

Utredningsmaterialet

- Intervjuer har genomförts med befälhavaren och styrman.
- Intervjuer har genomförts med flygtrafikledningen.
- Intervjuer har genomförts med operatören (Regional Jet OÜ).
- Intervjuer har genomförts med operatörens luftvärdighetsorganisation (CAMO[1]).
- Intervjuer har genomförts med underhållsorganisationen (SAMCO).
- Data frånflygplanets CVR[2] och QAR[3] har inhämtats och analyserats.
- Rapporter från befälhavaren och flygplatsen.
- Möten med typcertifikathållaren och ackrediterade representanter.
- Tekniska undersökningar av sidroderstyrningens sensor (RVDT) och noshjulsstyrningens elektroniska styrenhet (ECU).
- Undersökning av flygplanet har undersökts.
- En film från test av noshjulsstyrningen har analyserats.

Ett haverisammanträde hölls den 1 mars 2021. Vid mötet presenterade haverikommissionen det faktaunderlag som förelåg vid den tidpunkten.

[1] CAMO (Continuing Airworthiness Management Organisation) – luftvärdighetsorganisation.
[2] CVR (Cockpit Voice Recorder) – ljudregistrator.
[3] QAR (Quick Access Recorder) – färdregistrator med funktion för snabbåtkomst.

Slutrapport RL 2021:08

Luftfartyg:	
Registrering, typ	ES-ACD, CL-600 (Regional Jets RJ)
Modell	CL-600-2D24 (RJ Series 900)
Klass, luftvärdighet	Normal, luftvärdighetsbevis och gällande granskningsbevis (ARC)[4]
Serienummer	15276
Operatör	Regional Jet OÜ
Tidpunkt för händelsen	2020-09-10, klockan 07.06 i dagsljus Anmärkning: all tidsangivelse avser svensk sommartid (UTC[5] + 2 timmar)
Plats	Gällivare flygplats, Norrbottens län, (position 67°08N 020°49E, 296 meter över havet)
Typ av flygning	Kommersiell lufttransport
Väder	Enligt Metar: vind 320 grader 6 knop, sikt CAVOK[6], temperatur/daggpunkt +02/+00°C, QNH[7] 992 hPa
Antal ombord:	23
Besättning inklusive kabin	4
Passagerare	19
Personskador	Inga
Skador på luftfartyget	Begränsade
Andra skador	Bankantsljus
Befälhavaren:	
Ålder, certifikat	47 år, ATPL[8] (A)
Total flygtid	3 477 timmar, varav 2 896 timmar på typen
Flygtid senaste 90 dagarna	24 timmar, allt på typen
Antal landningar senaste 90 dagarna	11
Biträdande piloten:	
Ålder, certifikat	26 år, CPL[9] (A)
Total flygtid	869 timmar, varav 708 timmar på typen
Flygtid senaste 90 dagarna	29 timmar, allt på typen
Antal landningar senaste 90 dagarna	21

[4] ARC (Airworthiness Review Certificate) – granskningsbevis avseende luftvärdighet.
[5] UTC (Coordinated Universal Time) – referens för angivelse av tid världen över.
[6] CAVOK (Ceiling And Visibility OK) – internationell förkortning som under goda väderförhållanden ersätter uppgifter om molnbas, sikt, och väder.
[7] QNH – höjdmätaren inställd så att höjden över havsytans medelnivå erhålls när man befinner sig på marken.
[8] ATPL (Airline Transport Pilot License) – trafikflygarcertifikat med befälhavarbehörighet för stora luftfartyg.
[9] CPL (Commercial Pilot License) – trafikflygarcertifikat.

SAMMANFATTNING

Tillbudet inträffade under en reguljärflygning från Gällivare till Stockholm. Vid tillfället var banan torr och väderförutsättningarna var bra.

Luftvärdighetsorganisationen hade beslutat att byta ut sidroderstyrningens sensor (RVDT) trots att det inte fanns någon öppen anmärkning i den tekniska loggboken. Bytet utfördes av den kontrakterade underhållsorganisationen.

Besättningen var medveten om att det hade utförts tekniskt underhåll på flygplanets noshjulsstyrningssystem dagen före flygningen.

Efter start av motorerna taxade befälhavaren ut flygplanet för att starta från bana 30.

Vid start svängde flygplanet omgående till vänster efter att bromsarna släppts och flygplanet började rulla. Befälhavaren försökte att korrigera kursen med höger roderpedal för att styra flygplanet till höger utan att flygplanets svängrörelse till vänster hävdes. Befälhavaren beslöt att avbryta starten och flygplanet stannade slutligen med noshjulet utanför banan.

Flygdata visade att noshjulsstyrning med sidroderpedalerna styrde flygplanet i motsatt riktning från det förväntade, vilket också konstaterades vid den tekniska undersökningen.

En undersökning visade att det mekaniska stoppet inuti sidroderstyrningens sensor hade brutits av. Undersökningen visade också att om det mekaniska stoppet är avbrutet kan referensspåret på sensorns axel installeras två spår fel från riggpositionen utan att systemet varnar. Den elektriska utsignalens polaritet kommer då att vara omvänd, vilket resulterar i att styrning med sidroderpedalerna kommer styra flygplanet i motsatt riktning.

Underhållsmanualen beskrev inte att en verifiering av sensorns funktion skulle utföras före installation. I underhållsmanualen saknades också en tydlig beskrivning av hur sensorns axel skulle linjeras vid installation.

Efter installation av sensorn verifierades varken styrriktning eller utslagens vinkel vid funktionstest av noshjulsstyrningen med roderpedalerna.

Orsaken till avåkningen var att sensorn till noshjulsstyrningen var felmonterad och att föreskrivet funktionstest efter installation av sensorn inte blev utfört enligt underhållsmanualen. Detta ledde till att noshjulsstyrning med roderpedalerna styrde flygplanet i motsatt riktning från det förväntade.

Bidragande orsaker:

- Underhållsmanualen saknade tillräckligt tydliga instruktioner för att fastställa korrekt funktion av sensorn före installation.
- Beskrivningen i underhållsmanualen om hur sensorn installeras innehöll inte tillräckligt detaljerade instruktioner om hur linjering av sensoraxelns referensspår skulle utföras med avseende på sensorns konstruktion, funktion och position.
- Den uteblivna verifieringen av styrutslagen med roderpedalerna vid funktionstestet tyder på brister i underhållsorganisationens och teknikerns rutiner gällande linjeunderhållsplanering och uppdelning av arbetsmoment för signering för att förhindra utelämnanden vid underhåll.
- Luftvärdighetsorganisationens delaktighet i säkerhetsledningssystemet saknade fokus för att identifiera risker mellan underhållsorganisationen och luftvärdighetsorganisationen.

Säkerhetsrekommendationer

Inga.

1. FAKTAREDOVISNING

1.1 Redogörelse för händelseförloppet

1.1.1 Förutsättningar

Flygningen var en reguljär flygning från Gällivare till Stockholm via Arvidsjaur. Besättningen hade haft två dagar ledigt i Gällivare före flygningen. På morgonen före flygningen upplevde besättningen att de hade gott om tid för att göra sina förberedelser.

Dagen före händelsen utfördes tekniskt underhåll på flygplanet. Åtgärden var att byta en sensor i systemet för noshjulsstyrningen.

Det var dagsljus med bra väderförhållanden. Vinden blåste lätt från nordost och banan var torr.

1.1.2 Händelseförlopp

Efter start av motorerna utförde besättningen åtgärder enligt checklistan som utförs efter motorstart. Checklistan avslutas med att sidrodrets utslag kontrolleras och därefter aktiveras noshjulsstyrningen. Befälhavaren taxade ut flygplanet för att starta på bana 30. Under uttaxningen använde befälhavaren primärt ratten för noshjulsstyrningen för att styra flygplanet. Vid banänden svängde han runt flygplanet i en snäv vänster sväng. För att kunna utnyttja hela banan för start korrigerade han inte flygplanets position för att stå mitt på banan, utan stannade lite till vänster om banans centrumlinje med cockpit positionerad strax innan banmarkeringen 30.

Befälhavaren, som satt i vänster pilotstol, manövrerade flygplanet. Under start används normalt roderpedalerna för att styra flygplanet, varför han hade vänster hand på kontrollkolumnens styrratt, höger hand på gashandtagen och fötterna på roderpedalerna.

Under det initiala startförloppet stod flygplanet stilla med bromsarna ansatta. TOGA[10] aktiverades och motorerna accelererade till en dragkraft av ungefär 50 procent N1[11] genom att båda gashandtagen fördes fram. När båda motorerna stabiliserat sitt motorvarvtal släppte befälhavaren bromsarna och förde gashandtagen mot TOGA-läget. Styrman, som var assisterande pilot, kontrollerade att planerad dragkraft blev applicerad.

När flygplanet började rulla svängde det till vänster. Befälhavaren försökte att korrigera kursen med höger roderpedal för att styra flygplanet till höger mot mitten av banan. Trots detta fortsatte flygplanet att svänga till vänster och han ansatte därför mer pedalutslag till höger utan att vänstergiren hävdes. Befälhavaren beslöt att avbryta starten, drog av

[10] TOGA (Take-off/Go-around thrust mode) – riktvärde för motoreffekt vid start och avbruten landning.
[11] N1 – varvtalet hos lågtryckskompressor eller fläkt i en turbinfläktmotor.

gasen och ansatte full broms. Enligt befälhavaren försökte han även att styra flygplanet med hjälp av ratten för noshjulsstyrning utan resultat.

Efter att starten avbrutits fortsatte flygplanet att svänga till vänster och stannade slutligen med noshjulet utanför banans hårdgjorda yta.

Någon evakuering av flygplanet initierades inte eftersom befälhavaren ansåg att det inte förelåg någon överhängande fara.

Tillbudet inträffade i position 67°08N 020°49E, 296 meter över havet.

1.2 Personskador

	Besättning	Passagerare	Ombord-varande totalt	Övriga
Omkomna	-	-	0	-
Allvarligt skadade	-	-	0	-
Lindrigt skadade	-	-	0	Ej tillämpligt
Inga skador	4	19	23	Ej tillämpligt
Totalt	4	19	23	-

1.3 Skador på luftfartyget

Begränsade.

1.4 Andra skador

Ett bankantsljus skadades.

1.4.1 Miljöpåverkan

Ingen.

1.5 Besättningen/personalinformation

1.5.1 Piloternas kvalifikationer och tjänstgöring

Befälhavaren

Befälhavaren, 47 år, hade ATPL(A), gällande operativ behörighet och medicinskt intyg. Vid tillfället var befälhavaren PF[12].

Flygtid (timmar)				
Senaste	24 timmar	7 dagar	90 dagar	Totalt
Alla typer	0	2	24	3 477
Aktuell typ	0	2	24	2 896

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 11.
Inflygning på typ gjordes den 12 februari 2016.
Senaste PC[13] genomfördes den 9 februari 2020 på CL-65.

[12] PF (Pilot Flying) – pilot som manövrerar flygplanet.
[13] PC (Proficiency Check) – kompetenskontroll som alla piloter ska genomgå med varierande intervall, beroende på behörigheten, för att förlänga eller förnya den.

Biträdande piloten

Biträdande piloten, 26 år, hade CPL(A), gällande operativ behörighet och medicinskt intyg. Vid tillfället var piloten PM[14].

Flygtid (timmar)				
Senaste	24 timmar	7 dagar	90 dagar	Totalt
Alla typer	0	2	29	869
Aktuell typ	0	2	29	708

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 21.
Inflygning på typ gjordes den 8 mars 2019.
Senaste PC genomfördes den 31 juli 2020 på CL-65.

1.5.2 Kabinbesättning

Kabinbesättningen bestod av två personer som båda var stationerade i Gällivare.

1.5.3 Övrig berörd personal

Den tekniker som arbetade för underhållsorganisationen och då var stationerad i Gällivare hade ett giltigt, Del-66 certifikat för flygplan-underhåll. Han hade gällande behörighet för Bombardier CL-600-2C10/-2D15/-2D24/-2E25, kategori B1.

Enligt organisationens utbildningsregister hade han utfört all obligatorisk utbildning. Grundutbildningen (SAMCO AMO[15] procedurer) genomfördes den 7 februari 2019. Enligt SAMCO:s procedurer hade teknikern på linjestationen även en planeringsfunktion. Någon särskild utbildning för detta fanns inte.

[14] PM (Pilot Monitoring) – pilot som övervakar flygningen.
[15] AMO (Approved Maintenance Organization) – godkänd underhållsorganisation.

1.6 Luftfartyget

Luftfartyget av modellen CL-600-2D24 (RJ Series 900) är ett tvåmotorigt lågvingat regionaljetflygplan. Flygplanet är avsett för transport på kort- och medeldistans. Flygplanet är 36,24 meter långt, har en spännvidd på 24,85 meter och är försett med tryckkabin. Flygplanet har två turbofläktmotorer tillverkade av General Electric Company.

Figur 1. Flygplanet. Foto: Max Litvinko.

1.6.1 Flygplanet

Typcertifikatinnehavare	MHI RJ AVIATION ULC.
Modell	CL-600-2D24 (RJ Series 900)
Serienummer	15276
Tillverkningsår	2011
Flygmassa, kg	Max tillåten start 36 995, aktuell 28 025
Masscentrumläge	Inom tillåtna gränser. CG/Index 23,1
Total gångtid, timmar	21 789
Motor	
Typcertifikatinnehavare	GENERAL ELECTRIC COMPANY
Motortyp	CF34-8C5
Antal motorer	2
Kvarstående anmärkningar	Inga

Luftfartyget hade luftvärdighetsbevis med gällande granskningsbevis (ARC).

1.6.2 Noshjulsstyrning

När flygplanet befinner sig på marken, dvs. under taxning och vid start och landning, styrs flygplanet med hjälp av noshjulet.

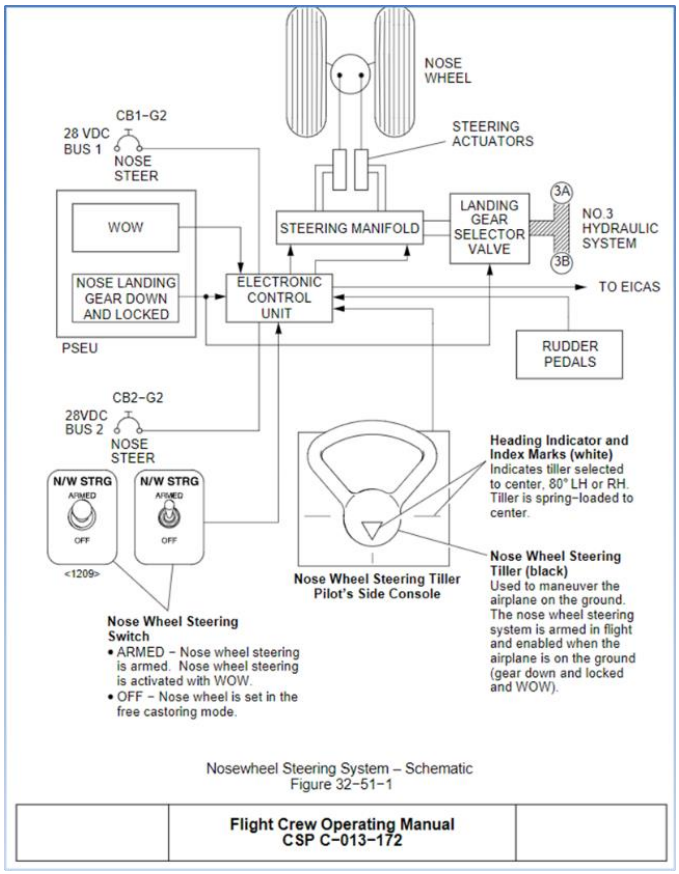
Noshjulets styrsystem kontrolleras av en elektronisk styrenhet (ECU) och drivs av hydraulsystem nummer 3. Brytaren för noshjulsstyrningen är placerad på pilotens vänstra sidopanel. Om brytaren ställs i läget ”ARMED” (klar för aktivering) aktiveras noshjulsstyrningssystemet.

Styrenheten styr noshjulspositionen baserat på insignaler från antingen styrratten på vänsterpilotens sidokonsol eller roderpedalerna. Styrratten vrider noshjulet upp till 80 grader från vardera sidan av centrum, och är avsedd för taxning i låg fart. Styrningen med roderpedalerna är begränsad till 8 grader från båda sidor om centrum och är avsedd för taxning i hög fart och under start och landning.

Efter start, när noshjulet är i luften, genererar styrenheten ett kommando som centrerar noshjulet innan landningsstället fälls in. En centreringskam i noslandstället bibehåller noshjulets mittläge när noslandställets stötdämpare är i fullt utsträckt läge.

Servostyrning med hjälp av styrratten är tillgänglig när brytaren på vänster sidopanel är i läget ”ARMED” och en signal finns om att noshjulet är på marken.

Om ett fel upptäcks av den elektroniska styrenheten eller om hydraulsystem nr 3 förloras, återgår systemet till ett dämpande läge, vilket möjliggör fri vridning av noshjulet till följd av sidokrafter. Piloten upprätthåller sedan riktningen på marken genom differentialbromsning och differentiell dragkraft.



Figur 2. Noshjulsstyrningssystemet. Bild: CRJ-900 FCOM[16].

[16] FCOM (Flight Crew Operating Manual) – operativ manual för flygbesättning.

1.6.3 Sidroderstyrenhet (RVDT)

Sidroderstyrningens sensor (RVDT) är en fristående enhet, monterad på vridenheteten för höger sidas sidroderpedaler.

Sidroderpedalernas rörelse vrider axeln i sensorn och ger ingångssignaler till den elektroniska styrenheten (ECU) proportionellt till roderpedalens läge. Den ger också information till färdregistratorn om roderpedalernas position.

Figur 3. Vänster bild visar vart sensorn är installerad i flygplanet, framför roderpedalerna på höger sida, se pil. Höger bild visar var sensorn är installerad i flygplanet, kåpor demonterade.

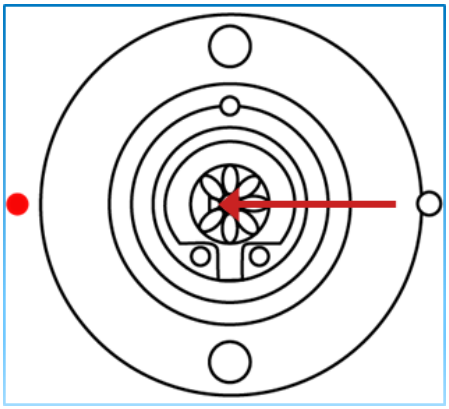
1.6.4 Sidroderstyrningens sensor (RVDT), elektriska och mekaniska egenskaper

Sensorn har en flexibel spårad axel ”flexibel spline” med ett referensspår. Den radiella separationen mellan spåren ger åtta teoretiska möjligheter att installera axeln i vridenheten. Detta ger en separation på 45 grader för varje position (se figur 4).

Inne i enheten finns det två mekaniska stopp som begränsar det mekaniska arbetsområdet till +/-55 grader från nollpunkten, dvs. 110 grader totalt. Den mekaniska riggpositionen är när referensspåret på sensorns axel linjerar med den röda pricken på undersidan av sensorn, vilket också är den elektriska nollpunkten (se figur 4 och 5).

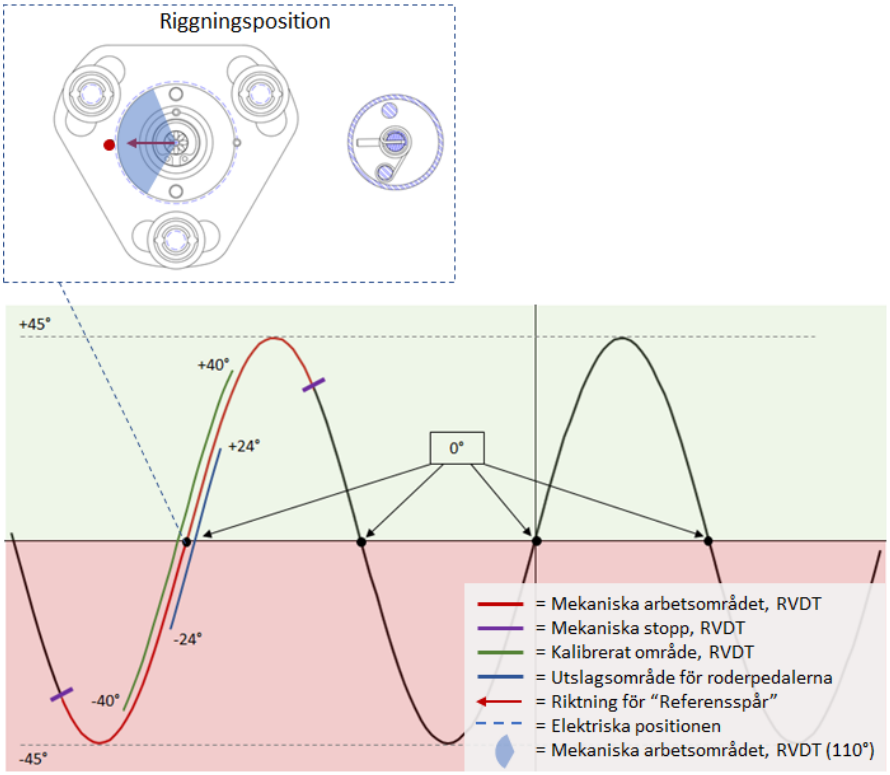
När sensorn inte är monterad drivs dess axel medurs mot det mekaniska stoppet +55 grader, av en returfjäder. I detta läge är den elektriska utsignalen +35 grader.

Sensorns kalibrerade område är +/-40 grader från nollpunkten och utslagsområdet med roderpedaler är +/-24 grader.



Figur 4. En schematisk bild av sensorns spårade axel. Den röda pilen markerar referensspåret. Sensorn är i riggningsposition, referensspåret och den röda pricken linjerar.

Korrekt riggningsposition



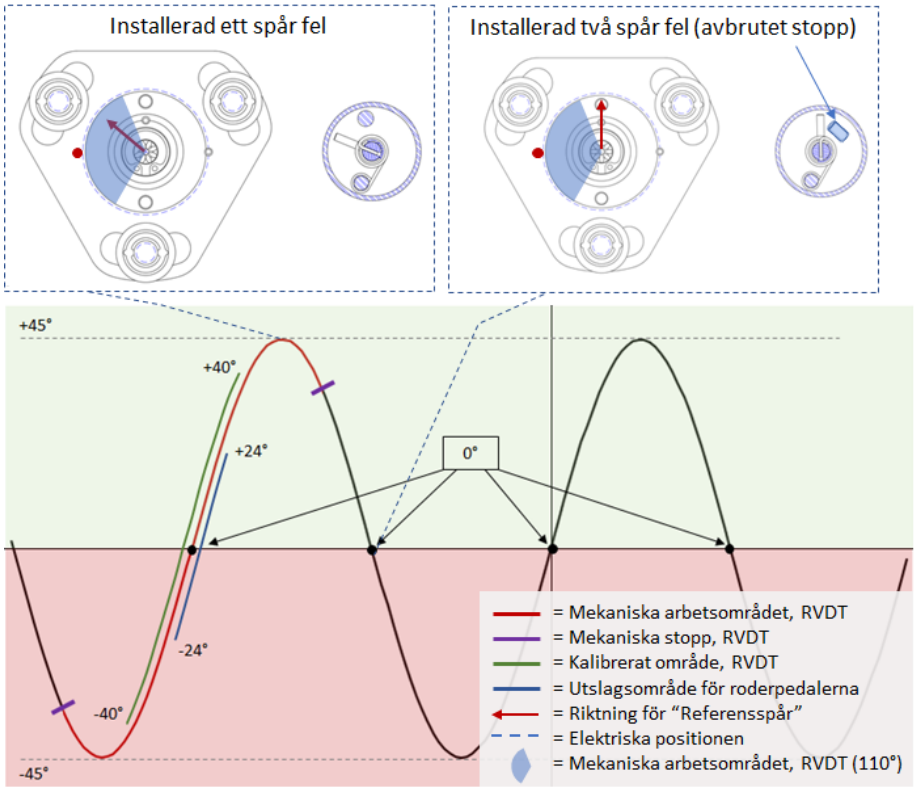
Figur 5. Elektriska och mekaniska egenskaper vid korrekt installerad sensor (RVDT). Vrids axeln medurs resulterar det i en positiv elektrisk utsignal. Som framgår av figuren finns det fyra elektriska nollpunkter (fyra kvadranter). Figuren visar sensorn installerad i korrekt mekanisk riggposition och vid den korrekta elektriska nollpunkten.

Inkorrekt riggningsposition

Det är möjligt att installera sensorn felaktigt. Två scenarier beskrivs nedan: En med axeln installerad ett spår från riggpositionen och den andra två spår bort från riggpositionen. Sensorkroppen är korrekt installerad i flygplanet, när dess röda prick pekar framåt i flygriktningen (se figur 6).

Om referensspåret installeras ett spår fel (45 grader) medurs, sett underifrån sensorn, kommer avståndet till det mekaniska stoppet att reduceras från +55 grader till +10 grader. Om den installeras i det här läget kan ett utslag med höger roderpedal lätt bryta det mekaniska medursstoppet. Samtidigt har slaglängden mot det hårda stoppet moturs ökat till 100 grader. Den elektriska positionen kommer att vara +45 grader och i detta scenario går det inte att rigga in sensorn och få ett godkänt resultat med flygplanets underhållsdator (se figur 6, Installerad ett spår fel).

Om det mekaniska stoppet medurs är avbrutet, kan referensspåret installeras två spår (90 grader) från riggpositionen. I det här scenariot tillåter det trasiga stoppet att axeln kan vridas in till nästa kvadrants elektriska nolla. I detta läge går det att rigga in sensorn och få ett godkänt resultat med flygplanets underhållsdator Den elektriska utsignalens polaritet kommer dock att vara omvänd, jämfört med sensorns utsignal vid korrekt installation av sensorn (se figur 6, Installerad två spår fel).



Figur 6. Elektriska och mekaniska egenskaper om referensspåret på sensorns axel installeras ett eller två spår fel från riggningsposition, medsols sett underifrån sensorn.

1.6.5 Felhistorik, noshjulsstyrning

I detta avsnitt beskrivs endast relevanta delar av tidigare felhistorik, även om det har skett ytterligare kommunikation mellan operatörens luftvärdighetsorganisation (CAMO) och typcertifikatinnehavaren.

Tidigare under sommaren hade det skrivits ett antal anmärkningar i flygplanets tekniska loggbok som var relaterade till noshjulsstyrningen. Anmärkningarna beskrev ett problem där noshjulet inte varit centrerat efter att flygplanet varit parkerat ett par timmar, utan strömkälla eller hydraulkraft.

Operatörens luftvärdighetsorganisation kontaktade typcertifikatinnehavaren för att få hjälp med felsökningen av problemet. Felsökningen resulterade i ett antal åtgärder och att ett antal olika komponenter i noshjulsstyrningssystemet byttes ut, däribland en styraktuator för styrningen och en hydraulisk styrenhet.

Den 6 september 2020 i Gällivare, observerade en pilot under en tillsyn före flygning att noshjulet inte var centrerat, vilket resulterade i en anmärkning i flygplanets tekniska loggbok.

Teknikern som var i tjänst på stationen i Gällivare påbörjade en felsökning. I flygplanets underhållsdator presenterades två felkoder relaterade till sidroderstyrningens sensor. Vidare undersökning visade att sensorns position var nära gränsen för det godkända justeringsområdet. Sensorn justerades med hjälp av flygplanets underhållsdator. I flygplanets tekniska loggbok dokumenterades det att justeringen av sidroderstyrningens sensor utförts den 6 september 2020 och anmärkningen stängdes.

Teknikern skrev ett e-postmeddelande till operatörens luftvärdighetsorganisation där han beskrev anmärkningen, vad han hade utfört för felsökning och vidtagna åtgärder. Operatörens luftvärdighetsorganisation kontaktade återigen typcertifikatinnehavaren där de beskrev problemet med att noshjulet inte varit centrerat efter att flygplanet varit parkerat under en tid. Dessutom beskrev de problemet med att sidroderstyrningens sensor varit nära den godkända gränsen och blivit justerad.

Svaret från typcertifikatinnehavaren, 6 september 2020:

”*Baserat på denna nya information skulle vår rekommendation just nu vara att byta ut sidroderstyrningens sensor om problemet fortfarande uppstår.”*

”Detta förklarar dock inte varför styrningen fortsätter att röra sig (vänster eller höger) efter att strömkälla och hydraulkraft har stängts av”

Den 7 september 2020 blev en pilot ombedd av luftvärdighetsorganisationen att utföra ett taxitest. Piloten upplevde att flygplanet styrde till vänster under taxningen, utan korrigering med noshjulsstyrningens styrratt eller roderpedaler. En säkerhetsrapport upprättades av piloten men ingen anmärkning infördes i flygplanets tekniska loggbok.

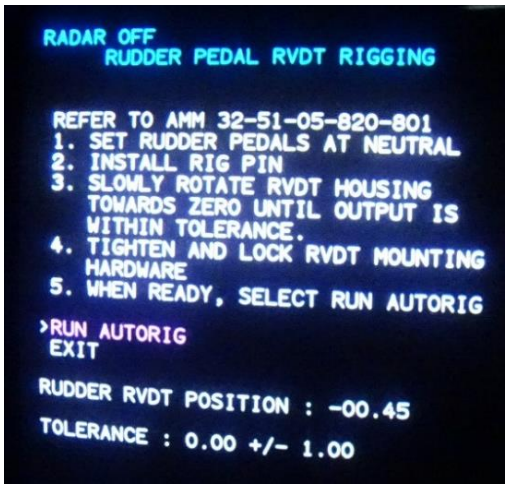
Operatörens luftvärdighetsorganisation beslutade sig för att byta ut sensorn. Underhållskoordineringen (MCC) utfärdade en arbetsorder för att byta ut sidroderstyrningens sensor (RVDT). Arbetsordern skickades till stationen i Gällivare på eftermiddagen den 8 september 2020. Samma kväll anlände sensorn till Gällivare. Sensorn som skulle installeras i ES-ACD hade demonterats från ett annat flygplan (ES-ACB), parkerat på Arlanda.

1.6.6 Bytet av sidroderstyrningens sensor (RVDT)

Bytet av sensorn utfördes dagen före händelsen, den 9 september 2020. Vid tillfället fanns ingen öppen eller kvarstående anmärkning angående noshjulsstyrningen i flygplanets tekniska loggbok. Luftvärdighetsorganisationen betraktade arbetet som ett oplanerat underhåll. Under intervjuer har teknikern som var ensam i tjänst vid linjestationen uppgett att det inte fanns någon tidspress eftersom bytet av sensorn var det enda arbetet han hade planerat att utföra under dagen. Han uppgav även att det var första gången han utförde ett byte av sidroderstyrningens sensor.

Teknikern skrev ut instruktionen för demontering och installation av sensorn från flygplanets underhållsmanual. Arbetet inleddes med att demontera sensorn. Underhållsintygen för sensorn granskades och accepterades varvid installationen av den nya sensorn påbörjades.

Enligt teknikern gick sensorn i lätt när axeln trycktes ner i pedalernas vridenhet. Sensorn riggades med hjälp av flygplanets dator för underhåll inom godkänd tolerans och resultat, vilket medförde att han inte behövde ta ut sensorn igen (se figur 7).



Figur 7. Bild från riggningssida för sidroderstyrningens sensor tagen av haverikommissionen under teknisk undersökning. Det godkända området är 0,00 grader med en tolerans på +/-1,0 grader.

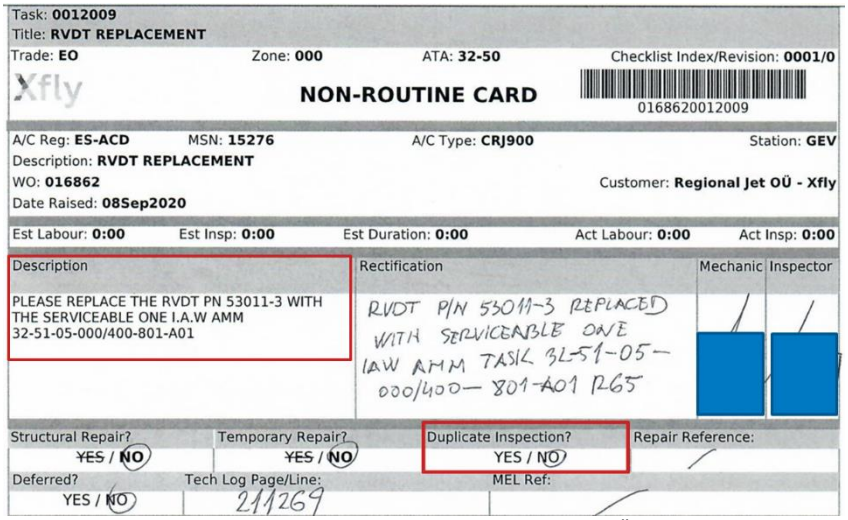
Testet av noshjulsstyrningen efter bytet av sensorn utfördes enligt teknikern genom att han själv satt i cockpit för att vrida noshjulsstyrningens styrratt. Då han själv inte kunde se styrutslagen under själva testet hade han placerat sin telefon utanför flygplanet, för att filma detta.

Efter testet tittade han på den inspelade filmen och noterade att styrlänkaget rörde sig åt båda hållen.

I testet ingick även att kontrollera korrekta styrutslag genom att använda roderpedalerna. Teknikern har uppgett att flygplanet rörde på sig när han tryckte på roderpedalerna och antog genom detta att styrningen fungerade. Styrutslagen med roderpedalerna filmades inte.

Trots att installationen inte klassades som en kritisk underhållsåtgärd tog teknikern efter detta en paus för att sedan åter kontrollera det arbete han hade utfört, en så kallad återinspektion. På arbetsordern från operatörens CAMO signerade han att arbetet var utfört i både mekaniker- och inspektörsrutan.

I flygplanets tekniska logg dokumenterades det att installationen av sidroderstyrningens sensor utfördes enligt AMM 32-51-05-000/400-801-A01, revision 65.


Task: 0012009
Title: RVDT REPLACEMENT
Trade: EO Zone: 000 ATA: 32-50 Checklist Index/Revision: 0001/0
Xfly NON-ROUTINE CARD 0168620012009
A/C Reg: ES-ACD MSN: 15276 A/C Type: CRJ900 Station: GEV
Description: RVDT REPLACEMENT
WO: 016862 Customer: Regional Jet OÜ - Xfly
Date Raised: 08Sep2020
Est Labour: 0:00 Est Insp: 0:00 Est Duration: 0:00 Act Labour: 0:00 Act Insp: 0:00
Description
PLEASE REPLACE THE RVDT PN 53011-3 WITH THE SERVICEABLE ONE I.A.W AMM 32-51-05-000/400-801-A01
Rectification
RVDT P/N 53011-3 REPLACED WITH SERVICEABLE ONE IAW AMM TASK 32-51-05-000/400-801-A01 R65
Mechanic Inspector
Structural Repair? ~~YES~~ / NO
Temporary Repair? ~~YES~~ / NO
Duplicate Inspection? YES / NO
Repair Reference:
Deferred? YES / NO
Tech Log Page/Line: 211269
MEL Ref:

Figur 8. Arbetsorder från bytet av sensorn. Bild: Regional Jet OÜ.

1.6.7 Underhållsmanual, AMM[17]

I underhållsmanualen beskrivs uppgifterna att demontera och installera sidroderstyrningens sensor (RVDT). Sensorn är installerad på vridenheten framför höger sidas sidroderpedaler, under golvet i förarkabinen.

För att få åtkomst till sensorn behöver paneler demonteras. I manualen beskrevs endast en panel som gav åtkomst för installation av riggpinnen i vridenheten.

[17] AMM (Aircraft Maintenance Manual) – underhållsmanual.

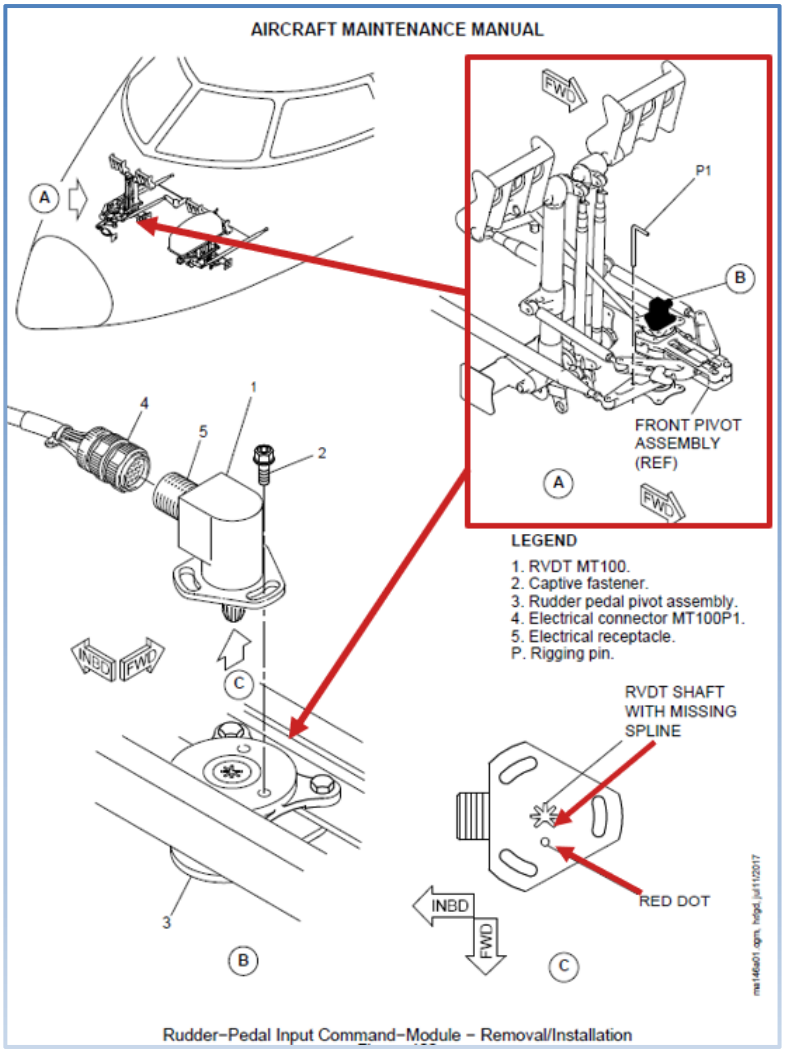
I kapitlet för installation beskrevs ett antal försiktighetsåtgärder och villkor som skulle vara uppfyllda innan sensorn installerades på vridenheten för sidroderpedalerna.

De förhållanden som skulle vara uppfyllda var följande:

- Referensspåret på axeln till sensorn och referensspåret på vridenheten för sidroderpedalerna ska justeras in för att passa in i varandra.
- Referensspåret på axeln till sensorn ska vara i linje med den röda pricken och peka framåt.
- Den elektriska kontakten på sensorn ska peka inåt.

I försiktighetsåtgärderna beskrevs det även att om man inte följer ovanstående förhållanden kommer sensorn att skadas och kan få flygplanet att styra i motsatt riktning under drift.

Det påpekas i installationsavsnittet att det är möjligt att installera sensorn i vridenheten även om inte referensspåren linjerar.



Figur 9. Figur från installationskapitlet i underhållsmanualen. Bild: AMM 32−51−05−400−801.

Figur 10. Vänster bild visar vridenheten när sensorn är demonterad. Bilden i mitten visar djupet till spåren från flänsen på vridenheten. Den högra bilden visar sensorn delvis installerad. Om sensorn lyfts upp lite mer från detta läge kommer den spårade axeln att lossna från vridenheten.

1.7 Meteorologisk information

Enligt Metar: Vind 320 grader 6 knop, CAVOK, temperatur/daggpunkt +02/+00°C, QNH 992 hPa.

1.8 Navigationshjälpmedel

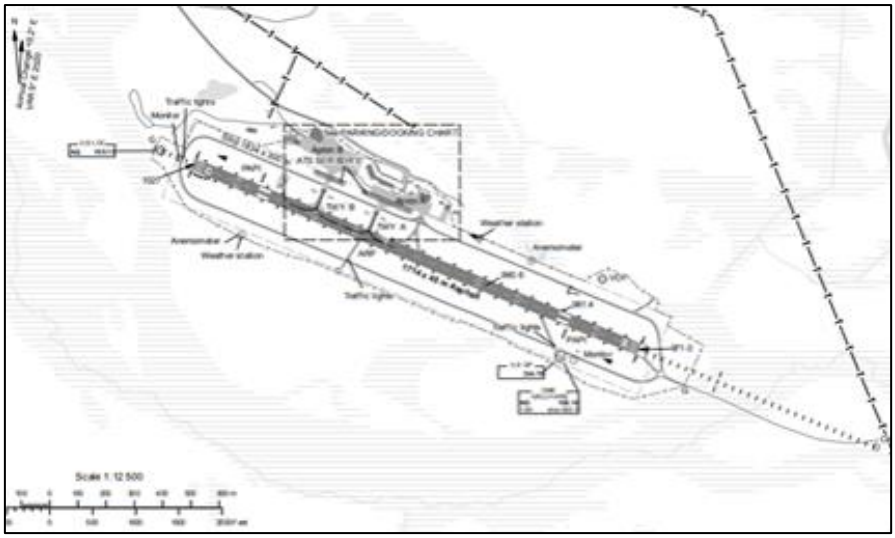
Inte aktuellt.

1.9 Radiokommunikationer

Inte aktuellt.

1.10 Flygfältsdata

Gällivare flygplats hade status enligt AIP[18] Sverige. Banan var 1 784 meter lång, 45 meter bred och var vid tillfället torr.



Figur 11. Gällivare flygplats. Bild: AIP Sweden.

[18] AIP (Aeronautical Information Publication) – luftfartsinformation av varaktig natur.

Figur 12. Bild tagen över banan och flygfältet i startriktningen. Däckspår efter händelsen syns efter banmarkeringen 30.

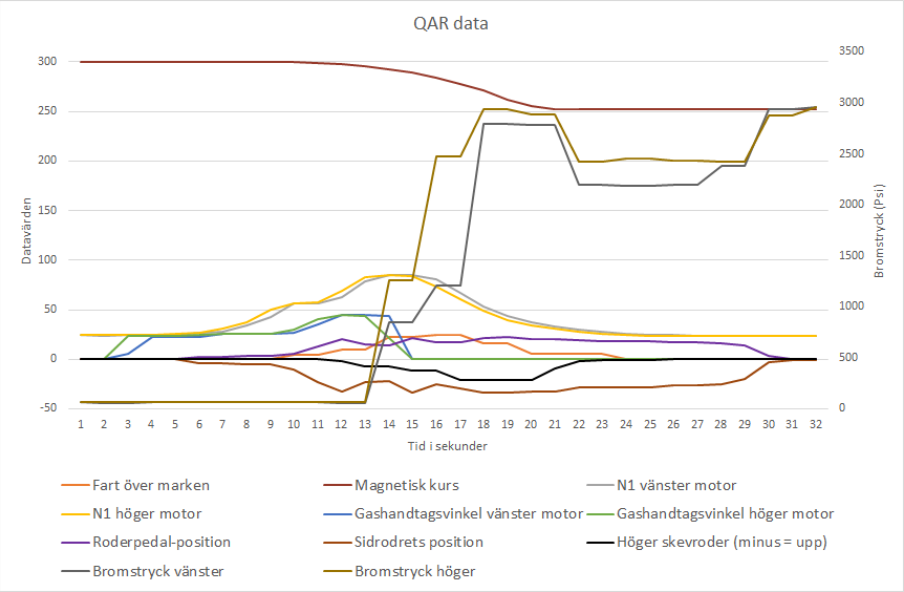
1.11 Färd- och ljudregistratorer

Flygplanet var utrustat med två färdregistratorer för flygdata och en ljudregistrator.

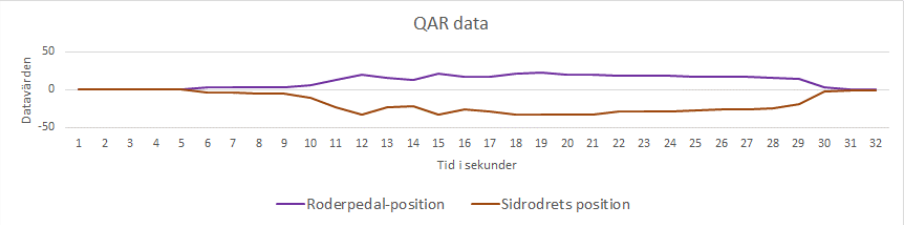
1.11.1 Färdregistratorer

Ombord fanns en DFDR[19] av modellen FA2100 och en QAR[20] från L3 som registrerar och spelar in samma parametrar. QAR-data används för att presentera flygdata (se figur 13).

[19] DFDR (Digital Flight Data Recorder) – digital färdregistrator.
[20] QAR (Quick Access Recorder) – färdregistrator med funktion för snabbåtkomst.



Figur 13. QAR-data. Relevanta parametrar för händelsen.



Figur 14. QAR-data. Den bruna linjen visar sidrodrets position och den lilafärgade linjen visar roderpedalernas position.

Konverteringsdokumentet CRJ700/705/900/1000-31-008 Rev I beskriver hur lagrade data i DFDR och QAR ska tolkas. Parametrarna för sidrodrets position och roderpedalernas position har samma signum vilket innebär att när höger pedal är nedtryckt ska båda parametrarna ha ett negativt värde. I figur 14 har roderpedalernas position positiva värden.

Styrrattens utslag för noshjulsstyrningen registreras inte i flygdata.

1.11.2 Ljudregistrator (CVR[21])

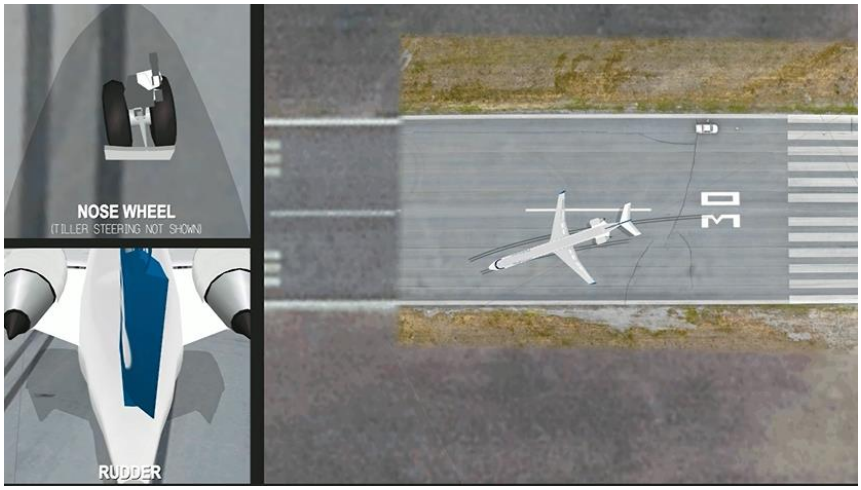
Ljudfilerna från CVR laddades ner av SAAB i Linköping och resulterade i fyra ljudfiler på 2 timmar, 4 minuter och 14 sekunder. Ljudinspelningskvaliteten var bullrig, men hörbar. Kommunikationen var på engelska och motsvarar det som beskrivs i händelseförloppet i avsnitt 1.1.

[21] CVR (Cockpit Voice Recorder) – ljudregistrator.

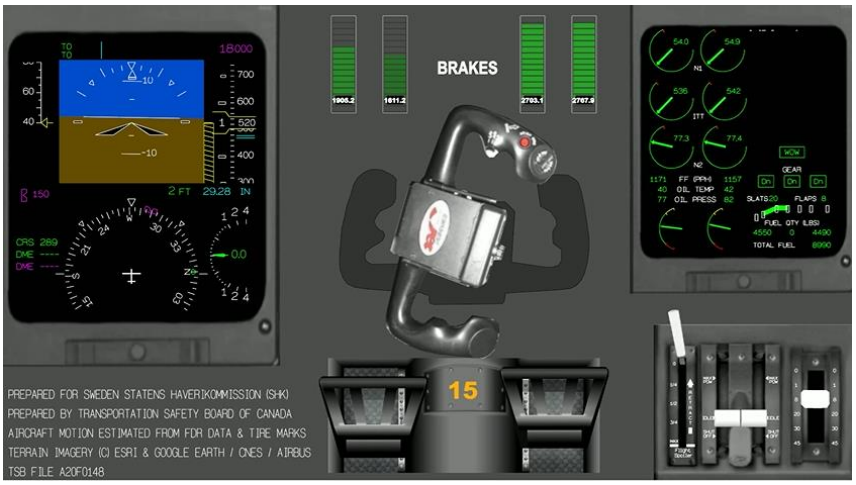
1.11.3 Animering

TSB Kanada har skapat en animering över händelseförloppet. Flygplanets inspelade data gällande parametrarna longitud och latitud var av bristfällig kvalitet. Vissa beräkningar har därför utförts av TSB Kanada med hjälp av inspelad acceleration för att skapa färdvägen för flygplanet på marken. Nedan presenteras tre bilder från animationen tagna vid samma tidpunkt (se figur 15 till 17).

Figur 15. Flygplanets färdväg på marken. Bild: TSB Kanada.



Figur 16. Noshjulen svänger vänster och sidrodret är riktat till höger. Bild: TSB Kanada.



Figur 17. Höger roderpedal nedtryckt, kontrollkolumnens styrratt vriden fullt till höger och höger broms ansatt mer än den vänstra. Flyginstrumenten motsvarar inte flygplanets installerade instrument. Bild: TSB Kanada.

1.12 Plats för händelsen

Flygplanet stannade till vänster om bana 30, 120 meter från banbörjan.

Figur 18. Flygplanets slutliga position efter händelsen. Efter banmarkeringen 30 syns de svarta däckspåren från huvudhjulen. Foto: Räddningstjänsten Gällivare flygplats.

1.12.1 Flygplanet efter tillbudet

Figur 19. Flygplanets slutliga position med noshjulen strax utanför vänster sida av banans hårdgjorda yta. Foto: Räddningstjänsten Gällivare flygplats.

Fälgen på ett av noshjulen blev skadad.

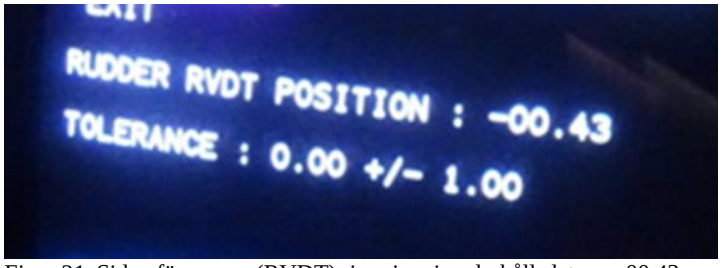
1.12.2 Teknisk undersökning av flygplanet

Haverikommissionen genomförde en undersökning av flygplanet den 14 och 15 september 2020 i hangaren på flygplatsen, dit flygplanet hade bogserats efter händelsen.

Vid den visuella undersökningen kunde det konstateras att positionen på sidroderstyrningens sensor (RVDT) överensstämde med underhållsmanualens installationsbeskrivning (se figur 20). Riggningssidan för sensorn i underhållsdatorn visade -00,43 med roderpedalerna i neutralt läge (se figur 21). I underhållsdatorn fanns inga felkoder som var relaterade till noshjulsstyrningen.

Ett funktionstest av noshjulsstyrningen utfördes med roderpedalerna. Testet resulterade i att styrningen skedde i motsatt riktning i förhållande till det förväntade. Samma funktionstest utfördes med noshjulsstyrningens styrratt, utan anmärkning. För att verifiera detta utfördes en taxning med flygplanet där den motsatta styrriktningen med roderpedalerna bekräftades. Testet visade också att styrutslaget från roderpedalerna kunde övervinnas genom att vrida noshjulsstyrningens styrratt i motsatt riktning. Detta är i enlighet med systemets konstruktion.

Figur 20. Sensor (RVDT) installerad i flygplanet enligt installationsbeskrivningen, vid den tekniska undersökningen.

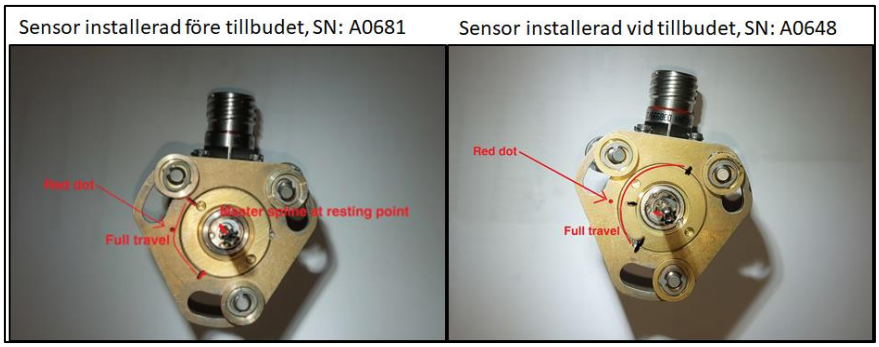


Figur 21. Sidan för sensor (RVDT) riggning, i underhållsdatorn. -00,43 grader med roderpedalerna i neutralt läge.

Sensorn som var monterad vid händelsen demonterades för vidare undersökning. När den jämfördes med en sensor som tidigare varit installerad, kunde det konstateras att det fanns skillnader mellan dem.

Den sensor som var installerad vid tillbudet, serienummer A0648, hade ett större rörelseområde än sensorn som tidigare hade varit installerad, serienummer A0681 (se figur 22).

När axeln manuellt vreds motsols och medsols på sensorn med serienummer A0648, kändes det som om det fanns ett hinder när den passerade den röda pricken, där den ibland också fastnade (se bilden till höger i figur 22).



Figur 22. Bilder på de sensorer (RVDT) som jämfördes. Vänster bild: Rörelseområdet utmärkt med en röd linje, spårad axel med referensspår är fjäderbelastad mot det mekaniska stoppet, +55 grader (medsols sett från denna vy). Höger bild: Rörelseområdet, märkt med en röd linje, är längre jämfört med den vänstra bilden. Referensspåret på axeln har fastnat i höjd med den röda pricken.

Sensorerna skickades till tillverkaren för test och felsökning, se avsnitt 1.16.2. Noshjulsstyrningens elektroniska styrenhet (ECU) skickades till tillverkaren för minnesutläsning och funktionstest, se avsnitt 1.16.1.

En provinstallation av den tidigare monterade sensorn visade att det var lätt att montera sensoraxelns referensspår ett spår fel från riggpositionen. Med sensoraxeln i detta läge gick det inte att justera in sensorn och få ett godkänt resultat med flygplanets underhållsdator.

Vid undersökningen upptäcktes inga andra fel på flygplanet som kan ha orsakat noshjulens motsatta styrriktning.

Test av skevroderfunktion

Syftet med testet var att klargöra om skevrodersystemet återgår till neutralt läge när kontrollkolumnens styrratt släpps från ett fullt skevroderutslag åt höger. Testet visade att styrratten och skevrodren går tillbaka till neutralt läge.

1.13 Medicinsk information

Ingenting har framkommit som tyder på att piloternas psykiska eller fysiska kondition varit nedsatt före eller under händelsen.

1.14 Brand

Brand uppstod inte.

1.15 Överlevnadsaspekter

1.15.1 Räddningsinsatsen

Vid händelsen fanns det personal från flygplatsens räddningstjänst som såg händelseförloppet och initierade räddningsinsatsen.

Räddningsledaren, som var först på plats, kunde konstatera att det inte fanns något läckage, brand eller synliga skador på flygplanet och ingen omedelbar fara för personerna ombord. Ett beslut togs att inte larma SOS Alarm.

För att kunna kommunicera med befälhavaren ombord på flygplanet togs kontakt med personal i flyginformationstornet eftersom räddningsstyrkans egen flygradio var strömlös. Via flygtrafikledningen kunde befälhavaren kontaktas för evakuering av passagerarna och vidare transport till stationsbyggnaden.

Nödsändaren (ELT[22]) av typ Artex C406-2, aktiverades inte vid händelsen.

1.15.2 Ombordvarandes placering och skador samt användning av bälten

Alla i besättningen var fastspända vid händelsen.

1.16 Särskilda prov och undersökningar

1.16.1 Minnesutläsning och funktionstest av noshjulsstyrningens ECU[23]

Undersökningen och testningen av enheten med serienummer 00957, genomfördes den 21 oktober 2020 på BAE Systems Service Center. Åtgärderna utfördes av personal från BAE Systems utan övervakning av haverikommissionen eller NTSB.

En visuell inspektion utfördes och inga tecken på skador eller andra avvikelser observerades. Kontaktstiften undersöktes utan anmärkning. Data från minnet laddades ner utan anmärkning och ett funktionstest utfördes där enheten klarade alla tester.

Alla felkoder laddades ner. De som är relevanta för händelsen beskrivs nedan.

Den 6 september 2020, samma dag som en justering av sidroderstyrningens sensor (RVDT) utfördes, loggades följande relevanta felkoder.

- Felkod 0021, ”RIGGING_RCM_FAIL”, positionen för roderpedalsensorn (RVDT) utanför godkända gränser.
- Felkod 0022, ”RIGGING_FBK_FAIL”, noshjulens position (LVDT[24]), utanför godkänt gränsvärde.

Felkoderna indikerar att den elektroniska styrenheten för styrningen (ECU) har upptäckt att positionen för roderpedalerna och noshjulen (LVDT) var utanför godkända gränser. Båda felen korrelerar med justeringen av sidroderstyrningens sensor (RVDT).

[22] ELT (Emergency Locator Transmitter) – nödsändare.
[23] ECU (Electronic Control Unit) – elektronisk styrenhet.
[24] LVDT (Linear Variable differntial Transformer) – linjär variabel differentiell transformator, en typ av elektrisk transformator som används för att mäta linjär förskjutning.

Den 9 september 2020, samma dag som installationen av den nya sensorn (RVDT) utfördes, loggades följande relevanta felkoder.

- Sep 09, 00:00:00 Fault Code 000A - RCM_REAS_FAIL.
- [DATE/TIME - INVALID!] Fault Code 000A - RCM_REAS_FAIL.

000A	RCM_REAS_FAIL	CMD	RCM Reasonableness Monitor	5.4.2	The RCM Reasonableness monitor shall {SRD-01930} declare RCM Reasonableness Monitor failure if the absolute value of the Rudder Pedal Angle is greater than 32° for 100 ms or longer.

Figur 23. Förklaring av felkod 000A, från BAE Systems manual.

Felkoden 000A - RCM_REAS_FAIL loggades två gånger. Första gången med datum men utan tid och andra gången med både ogiltigt datum och tid.

Syftet med rimlighetsövervakningen (RCM) är att upptäcka om insignalen från sidroderstyrningens sensor (RVDT) överstiger ± 32 graders axelvridning i mer än 100 ms, vilket genererar felkoden 000A - RCM_REAS_FAIL. Som namnet antyder är detta en kontroll av rimligheten med avseende på förväntade kommandon från roderpedalernas sensor.

Det finns ingen övervakning för att upptäcka riggningspolaritet hos sensorn (RVDT). Den elektroniska styrenheten (ECU) kan inte bestämma korrekt polaritet på grund av att sensorn har en sinusformad utgångsignal med flera elektriska nollpositioner.

1.16.2 Undersökning av sidroderstyrningens sensor (RVDT), S/N 0648

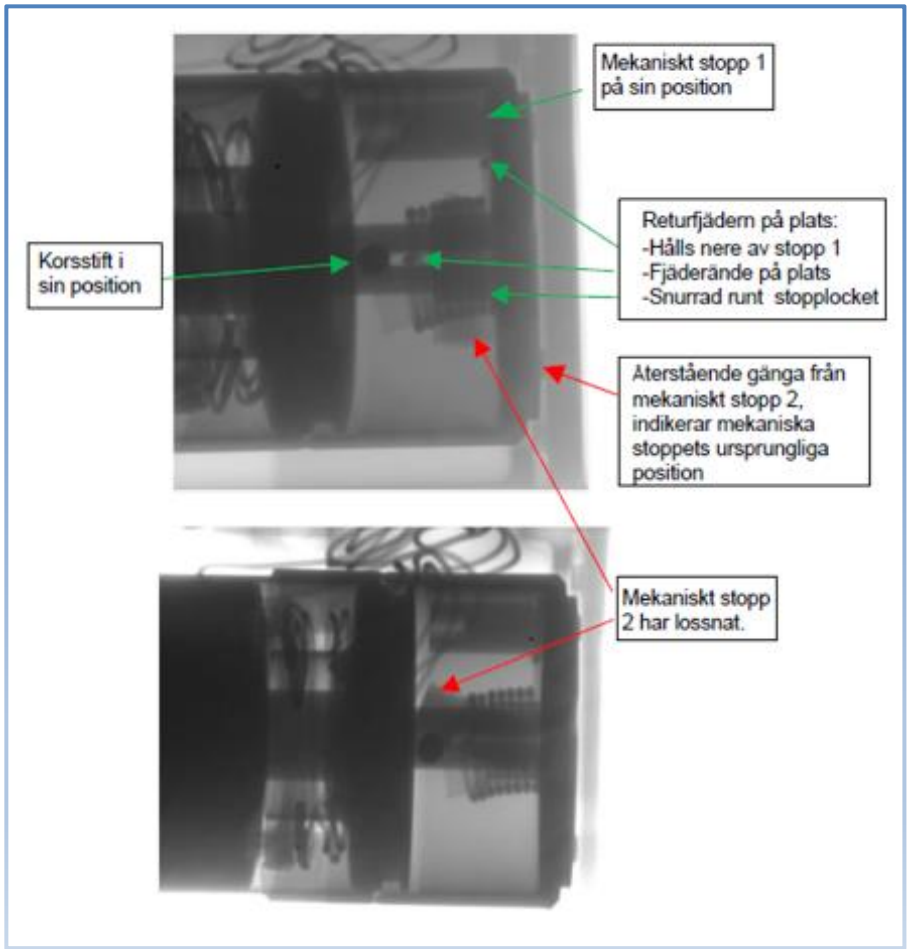
Undersökningen utfördes av Woodward MPC, Inc. Till följd av situationen med Covid-19 följde haverikommissionen undersökningen via videokonferenssystem.

Undersökningen inkluderade visuell inspektion, röntgen, produktionstest och demontering av sensorn.

Vid den yttre visuella inspektionen noterades det att när sensorns axel roteras moturs och tillbaka medurs, var den förväntade medursrotationen inte jämn och det kändes som om det fanns ett hinder som måste övervinnas innan axeln kommer till stopp.

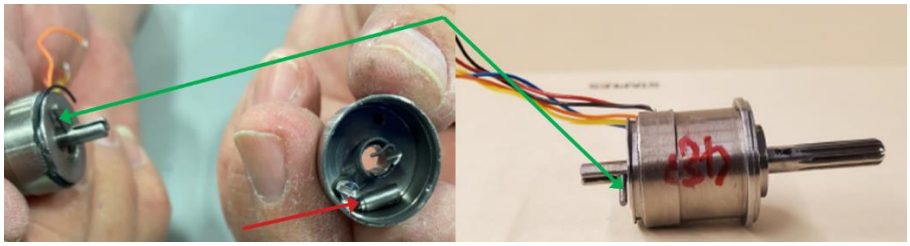
Vid produktionstestet uppfyllde inte sensorn noggrannhetskravet vid positionen 40 grader medurs, utan en avvikelse på -,0033 volt uppmättes. Kravet för testet där axeln ska återfjädra mot det mekaniska stoppet uppfylldes inte heller.

Sensorn röntgades och det konstaterades att enheten hade inre skador. Det mekaniska stoppet nummer två hade lossnat från sin ursprungliga position (se figur 24).



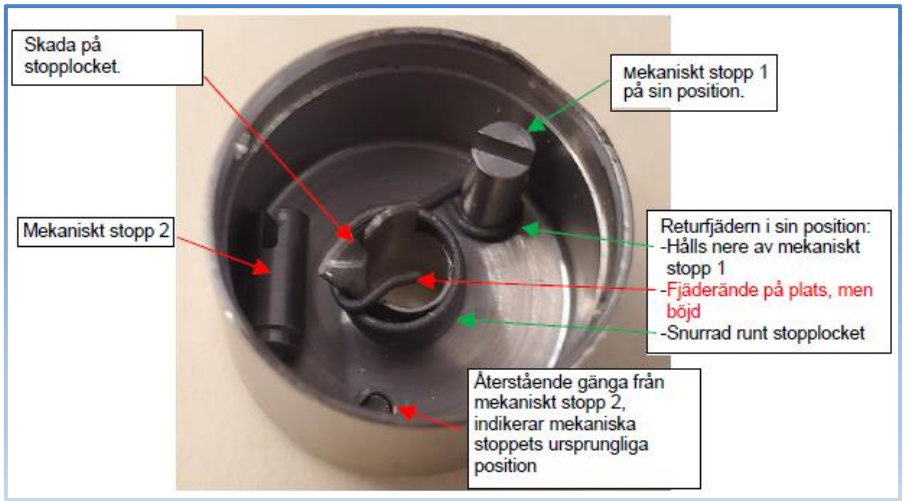
Figur 24. Röntgenbilder från undersökningen. Den undre bilden med en mörkare kontrast.

Utifrån resultatet av röntgen och produktionstestet demonterades sensorn till delkomponenter för vidare undersökning (se figur 25 till 27).

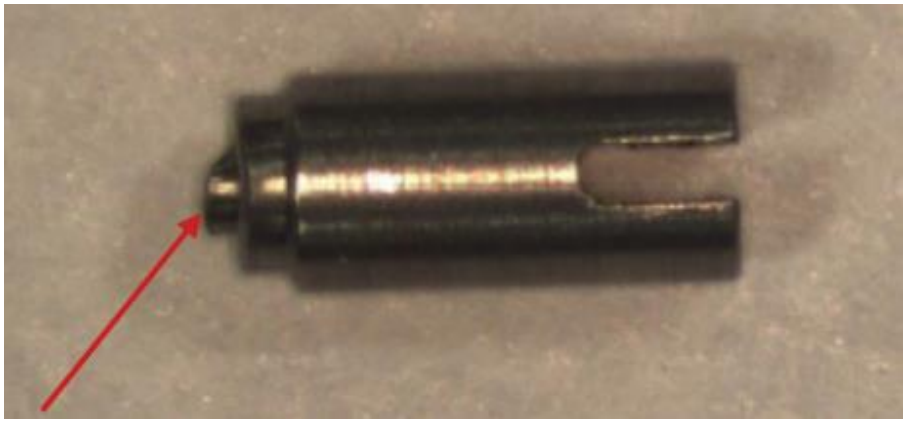


Figur 25. Sensorn efter demontering. De gröna pilarna visar korsstiftet på axeln. Den röda pilen visar det mekaniska stoppet som ligger löst i stopplocket.

I stopplocket som demonterades från sensorenheten kunde följande skador konstateras. Mekaniska stoppet nummer två hade brutits av, änden på returfjädern var böjd och stopplocket var skadat vid returfjäderns ände (se figur 26 och 27).



Figur 26. Närbild på det demonterade stopplocket.



Figur 27. Det mekaniska stoppet som hade brutits av låg löst i stopplocket. Den röda pilen visar brottytan.

Den kraft som krävs för att bryta av det mekaniska stoppet är 15,9 lbf (pound-force) enligt Woodward MPC Inc.

Undersökningen visar att utgångssignalens avvikelse berodde på att det mekaniska stoppet nummer två hade lossnat från sin ursprungliga position. Att det mekaniska stoppet brutits av medförde att sensoraxeln kunde vridas utanför det tänkta arbetsområdet.

Undersökning av sidroderstyrningens sensor (RVDT), S/N: 0681

Undersökningen utfördes av Woodward MPC, Inc med deltagande av haverikommissionen via videokonferenssystem. Undersökningen inkluderade visuell inspektion, röntgen, produktionstest och demontering av sensorn.

Vid undersökningen hittades inga fel på den sensor som var installerad före händelsen.

1.17 Berörda aktörers organisation och ledning

1.17.1 Operatören, Regional Jet OÜ

Regional Jet OÜ är ett flygföretag som bedriver kommersiell luftfart (CAT) med passagerare och frakt. Huvudkontoret ligger i Tallinn, Estland. Operatören hade ett giltigt AOC med tillståndsnummer EE.020, utfärdat av Estlands civila luftfartsmyndighet.

Regional Jet OÜ bedriver verksamheten med flygplansmodellerna CRJ 700/900 och ATR 72–600-serien.

Regional Jet OÜ hade en luftvärdighetsorganisation (CAMO) för att uppfylla kraven enligt EASA Del-M. Luftvärdighetsorganisationen hade ett godkänt underhållsprogram för CRJ 900.

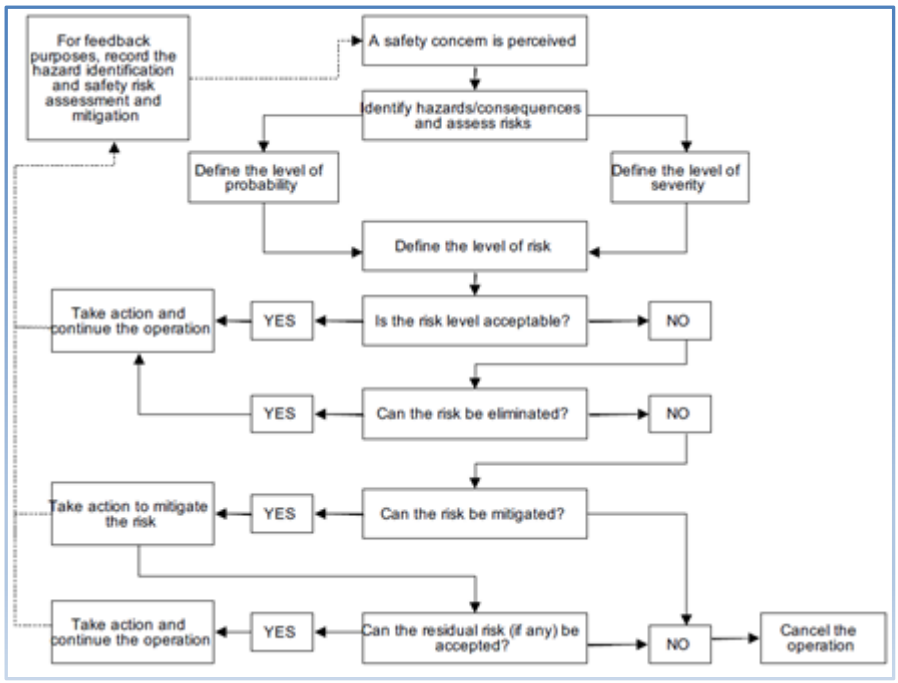
Regional Jet OÜ, under varumärket Xfly, hade kontrakterat underhålls-organisationen SAMCO Aircraft Maintenance B.V. för bas och linje-underhåll på CRJ 700/900. Kontraktet upprättades ursprungligen den 24 juni 2016 och var senast reviderat den 14 augusti 2020.

1.17.2 Säkerhetsledningssystem, Regional Jet OÜ

Regional Jet hade ett ledningssystem för regelefterlevnad (CMS) och ett säkerhetsledningssystem (SMS). Systemet beskrevs i dokumentet Management System Manual (MSM). I manualen kombinerades säker-hetshanteringen för operatören, en godkänd utbildningsorganisation, en luftvärdighetsorganisation och en underhållsorganisation i ett integrerat säkerhetsledningssystem. MSM var det grundläggande verktyget för att kommunicera säkerhet och regelefterlevnad till all personal. MSM täckte också de krav som fanns på ett ledningssystem enligt förord-ningen om kontinuerlig luftvärdighet (Del-CAMO).

En riskhanteringsprocess beskrevs i MSM (se figur 28). Det över-gripande målet för riskhanteringen var att säkerställa en risknivå i enlighet med ALARP[25].

[25] ALARP (As Low As Reasonable Practicable) – så låg som det är praktiskt möjligt.



Figur 28. Process för säkerhetsriskhantering. Bild: Regional Jet OÜ, MSM.

Operatören använde ett riskregister för att registrera faror och deras risknivåer. Varje identifierad fara beskrevs i loggen, följt av befintliga potentiella konsekvenser och risknivån utan att några åtgärder vidtagits för att minska risken. Efter att lämpliga skyddsbarriärer införts genomfördes en ny riskbedömning och en slutlig risknivå fastställdes.

I riskregistret bedömdes underhåll som förbisetts eller inte genomförts med avseende på linjeunderhåll, basunderhåll, schemalagda och oplanerade underhållsåtgärder med otillräcklig kontroll. Flera faror nämndes; missförstånd i kommunikationen, tidspress, brist på planering, CAME[26]-procedurer som inte följs m.m. Exempel på möjliga effekter var; inställda flygningar, flygförseningar, ökad arbetsbelastning, tillfälligt upphörande av verksamheten. Alla de risker som nämnts bedömdes i en och samma analys. Detta resulterade i en övergripande risknivå (allvarlighetsgrad och sannolikhet), som graderades till en signifikant minskning av säkerhetsmarginaler (Major) vilket förväntas inträffa varje år (Remote).

Processen som hanterar förändringar (MoC[27]) krävde inte någon MoC för nya underhållskontrakt när det ursprungliga kontraktet med SAMCO undertecknades (2016). Ett sådant krav har dock lagts till i MSM 2018. Ingen MoC har utförts för underhållskontraktet retroaktivt.

[26] CAME (Continuing Airworthiness Management Exposition) – luftvärdighetsorganisationens verksamhetsmanual.
[27] MoC (Management of Change) – förändringshantering.

1.17.3 Operativ manual (OM-B), Regional Jet OÜ

I operatörens OM-B angavs följande relaterat till hanteringen av noshjulsstyrningen.

Taxi

Starta inte en sväng förrän tillräcklig hastighet framåt har uppnåtts för att svänga flygplanet med motorerna på tomgång. Noshjulet ska inte vridas när flygplanet är stillastående.

Noshjul/roderpedalstyrning

Under en sväng ska du hålla ett positivt tryck på noshjulsstyrningens styrratt för att förhindra att noshjulet plötsligt centreras. Styrning rakt framåt och sväng med stor svängradie bör endast utföras med roderpedalstyrning. Undvik att stoppa flygplanet i en sväng, eftersom onödigt stor dragkraft kommer att krävas för att börja taxa igen. När du har avslutat en sväng och innan du stannar, centrera noshjulet och låt flygplanet rulla rakt fram ett kort avstånd.

1.17.4 Underhållsorganisationen, SAMCO

SAMCO Aircraft Maintenance B.V. har sitt huvudkontor på Maastricht flygplats, Nederländerna. Vid tidpunkten för händelsen var SAMCO en godkänd underhållsorganisation enligt Del-145 med tillståndsnummer NL.145.1120. Organisationen hade ett tillstånd för att utföra bas och linjeunderhåll på Bombardier CL-600-2C10/-2D15/-2D24/-2E25 (CRJ700/705/900/1000).

Verkstadshandbok (MOE[28])

<u>Planering av linjeunderhåll</u>

I underhållsorganisationens verkstadshandbok beskrevs att planering av linjeunderhåll utfördes baserat på kundens beställningar eller prognoser för linjeunderhåll. Den dagliga planeringen utfördes av linjestationens underhållsledare (UMS) eller certifierad personal vid linjestationen.

Genom att granska kundens linjeunderhållsbeställningar eller prognoser för linjeunderhåll ska underhållsledaren (UMS) eller certifierad personal verifiera om de begärda uppgifterna ligger inom de för SAMCO godkända arbetsområdet och om det kunde utföras på linjestationen med tillgängliga resurser (så som verktyg, utrustning, anläggningar, komponenter, delar, dokumentation eller arbetskraft) och stilleståndstid. Om arbetet inte kunde utföras med tillgängliga resurser skulle underhållsledaren (UMS) eller certifierad personal informera chefen för linjeunderhåll om ytterligare krav.

[28] MOE (Maintenance Organisation Exposition) – handbok för underhållsorganisationen.

Under intervjuer har det framkommit att på linjestationer med endast en certifierad anställd, utfördes linjeunderhållsplaneringen av den personen. Detta var också fallet vid det aktuella bytet av sidroderstyrningens sensor.

Utförande av underhåll

Organisationen hade enligt verkstadshandboken fastställda förfaranden för att se till att en metod för registrering av fel tillämpas efter genomförandet av kritiska underhållsåtgärder. De hade även fastställda förfaranden för att risken för multipelfel i samband med underhåll och risken för att fel upprepas i identiska underhållsåtgärder minimeras. Kravet att registrera relevanta kritiska steg i flygplanets tekniska loggbok vid linjeunderhåll, beskrevs inte i verkstadshandbokens procedurer.

Som fångstmetod efter en kritisk underhållsåtgärd tillämpades oberoende inspektion. Vid oförutsedda omständigheter tillämpades återinspektion som fångstmetod.

Enligt verkstadshandboken klassades inte bytet av sidroderstyrningens sensor som en kritisk underhållsåtgärd.

1.18 Övrigt

1.18.1 EU:s regelverk angående fortsatt luftvärdighet

Kommissionens förordning (EU) nr 1321/2014 för fortsatt luftvärdighet[29], syftar till att säkerställa att luftfartyg under hela sin livslängd uppfyller gällande luftvärdighetskrav och är i skick för säker flygning. För att uppnå detta mål finns en rad olika regler för olika organisationer och personer som verkar inom verksamheter som arbetar med fortsatt luftvärdighet.

Produktionsplanering[30]

Regelverket beskriver att underhållsorganisationen (Del-145) ska ha ett system, som är lämpligt för arbetets mängd och svårighetsgrad, för att planera tillgängligheten för all erforderlig personal, verktyg, utrustning, material, underhållsdata och lokaler för att garantera att underhållsarbetet fullgörs på ett säkert sätt.

I godtagbara medel för efterlevnad[31] beskrivs godtagbara sätt att uppfylla regelkraven, vilket om det följs leder till att kraven uppfylls. Beroende på mängden och komplexiteten i det arbete som generellt utförs av underhållsorganisationen kan planeringssystemet variera från en mycket enkel procedur till en komplex organisatorisk utformning som inkluderar en dedikerad planeringsfunktion till stöd för produktionsfunktionen.

[29] Kommissionens förordning (EU) nr 1321/2014 av den 26 november 2014 om fortsatt luftvärdighet för luftfartyg och luftfartygsprodukter, delar och anordningar och om godkännande av organisationer och personal som arbetar med dessa arbetsuppgifter.
[30] Kommissionens förordning (EU) nr 1321/2014, bilaga II (Del-145), 145.A.47 a).
[31] ED Decision 2016/011/R, AMC 145.A.47(a).

När det gäller Del-145 omfattar funktionen för produktionsplanering två kompletterande delar:

- Planera underhållsarbetet framåt, för att säkerställa att det inte kommer att störa annat arbete när det gäller tillgången till nödvändig personal, verktyg, utrustning, material, underhållsdata och anläggningar.
- Under underhållsarbete, organisera underhållsteam och skift och ge allt nödvändigt stöd för att säkerställa slutförandet av underhållet utan onödig tidspress.

Utförande av underhåll[32]

Del-145 organisationen ska fastställa förfaranden för att se till att en fångstmetod för misstag tillämpas efter genomförandet av kritiska underhållsåtgärder.

I avsnittet godtagbara medel för efterlevnad (AMC 145.A.48 (b) beskrivs ett godtagbart sätt för att uppfylla kraven för att fastställa förfaranden för att se till att en fångstmetod för misstag tillämpas efter genomförandet av kritiska underhållsåtgärder.

I (AMC 145.A.48 (b) led (a) specificeras de underhållsuppgifter som skulle kunna kvalificeras som en kritisk underhållsåtgärd. Det är även upp till underhållsorganisationen att identifiera kritiska underhållsåtgärder, baserat på en analys av datakällor som räknas upp i (AMC 145. A.48 (b) led b), vilket om det följs leder till att regelkravet uppfylls.

Organisationen ska också fastställa procedurer för att säkerställa att risken för multipelfel i samband med underhåll och risken för att fel upprepas i identiska underhållsåtgärder minimeras.

AMC 145.A.48 (c), led (a) (2) anger att procedurerna bör syfta till att minimera multipelfel och förhindra utelämnanden. Därför bör procedurerna specificera hur grupperingen av uppgifter för signering (Sign-off)[33], gör det möjligt att tydligt identifiera kritiska steg.

1.18.2 Liknande händelser

Typcertifikatinnehavaren har sammanställt rapporterade händelser där styrning i motsatt riktning mot roderpedalutslag har inträffat efter att byte eller justering av sidroderstyrningens sensor (RVDT) har utförts.

Efter 2015 har fyra händelser inkommit för denna flygplansmodell. Under 2020 inkom två händelser med endast en månads mellanrum där det aktuella tillbudet var en av dem.

[32] Kommissionens förordning (EU) nr 2020/270, bilaga II (Del-145), 145.A.48 b), c).
[33] Sign-off – en deklaration utfärdat av den 'auktoriserade personen' som anger att uppgiften eller gruppen av uppgifter har utförts korrekt. En "sign-off" avser ett steg i underhållsprocessen och skiljer sig därför från ett underhållsintyg.

1.18.3 Vidtagna åtgärder

Typcertifikatinnehavaren

Med anledning av tillbudet och andra rapporterade liknande händelser har MHIRJ vidtagit följande åtgärder:

Ett meddelande till alla operatörer ”All Operator Message” (AOM 700–1198) har utfärdats. Meddelandet fokuserar på att tillfälliga revisioner har utförts i underhållsmanualen (AMM) relaterade till demontering, installation, riggning och funktionskontroll av sidroderstyrningens sensor (RVDT), även kallad sidroderstyrenhet.

Förändringar som har genomförts är förtydligande av procedurer, nya åtkomstprocedurer och förändrade eller nya illustrationer. I riggningsproceduren har det tillkommit ett steg, vilket möjliggör en verifiering av att sensorns (RVDT) axel är korrekt orienterad via underhållsdatorn i förarkabinen.

Operatörens luftvärdighetsorganisation (CAMO)

Organisationen har utfört eller planerat att utföra följande åtgärder:

- Som svar på den bidragande orsaken i avsnitt 3.2 i denna rapport:

  Stärka organisationen med en ny ingenjörsposition för säkerhet och tillförlitlighet. Arbetsuppgifter och ansvar kommer bland annat att omfatta att stödja ledningen och styra luftvärdighetsorganisationen i riskhanteringsprocessen.

- I underhållsplaneringsprocessen mer effektivt utvärdera arbetsinnehåll och komplexitet innan arbetsorder utfärdas.

  Fastställt underhållsplaneringsförfarande i Joint Procedures Manual mellan operatörens luftvärdighetsorganisation och den avtalade underhållsorganisationen där planeringen beskrivs i detalj.

- Upprätta en policy för kritiska underhållsåtgärder.

  Implementerat ett förfarande för att fastställa och identifiera kritiska underhållsåtgärder i CAME.

- Informera underhållsorganisationer om vikten av effektiv underhållsplaneringsprocess.

  Inkluderat information i Joint Procedures Manual mellan operatörens luftvärdighetsorganisation och kontrakterad underhållsorganisation med möten där underhållsplanering kommer att granskas med hänsyn till svårigheten och komplexiteten hos varje planerad uppgift.

- Fokusera på underhållsplaneringsprocessen och processen för identifiering av kritiska underhållsåtgärder vid granskning av underhållsavtal mellan underhållsorganisationer och Regional Jet OÜ.

  Ändrad CAME där luftvärdighetsorganisationen inkluderat ytterligare information.

- Avsikten med luftvärdighetsorganisation är att revidera alla JPM-manualer mellan operatörens luftvärdighetsorganisation och avtalad underhållsorganisation för att reflektera omkring kritiska uppgifter och underhållsplanering.

- Granskningar av kontrakterad underhållsorganisation kommer att revideras med avsikten att införa ett möte före granskning, tillsammans med luftvärdighetsorganisationen. Detta för att fastställa fokusområden för varje underhållsorganisation baserat på dess individuella prestation.

Flygplatsens räddningstjänst

Flygplatsens räddningstjänst har efter händelsen konstaterat att laddaren till den handhållna flygradion var ur funktion. En ny laddare har installerats och en rutin för att säkerställa dess funktion har införts.

1.19 Särskilda utredningsmetoder

Inga.

2. ANALYS

2.1 Händelseförloppet

2.1.1 Förutsättningarna

Flygningen var en reguljär flygning från Gällivare till Stockholm via Arvidsjaur. Väderförutsättningarna var bra inför flygningen. Piloterna hade varit lediga i två dagar och kan därför förmodas ha varit utvilade. Planeringen inför flygningen kunde genomföras utan stress och besättningen var medveten om att det hade utförts tekniskt underhåll på flygplanets noshjulsstyrningssystem föregående dag.

2.1.2 Motorstart och uttaxning

Efter start av motorerna kontrollerades sidrodrets utslag och därefter aktiverades noshjulsstyrningen. Det fanns ingen procedur för att kontrollera om noshjulsstyrningens utslag med sidroderpedalerna styrde i rätt riktning. Befälhavaren har uppgett att han under uttaxningen primärt använde noshjulsstyrningens styrratt för att manövrera flygplanet. Det innebar att det fanns små möjligheter för befälhavaren att uppfatta att noshjulsstyrningen via sidroderpedalerna svängde noshjulet åt fel håll och styrde flygplanet i motsatt riktning.

I operatörens operativa manual (OM-B) anges att under taxning rakt fram och vid svängar med stor svängradie bör styrning utföras med sidroderpedalerna. Detta är dock en rekommendation och inte en tvingande anvisning. I typcertifikatinnehavarens manualer anges inga rekommendationer för hur styrning ska ske under taxning. Uttaxningen hade två skarpa svängar och en längre sträcka med taxning rakt fram. Om sidroderpedalerna hade initierats för styrning under den del av taxningen som var rakt fram är det möjligt att piloten kunde ha uppmärksammat att flygplanet styrde i motsatt riktning. Under intervju har det framkommit att befälhavaren varit van att använda ratten för noshjulsstyrning från andra flygplanstyper och därför hanterade noshjulsstyrningen på samma sätt. Att använda ett inlärt handlingsmönster från en situation även i nya situationer brukar kallas kognitiv överföring[34].

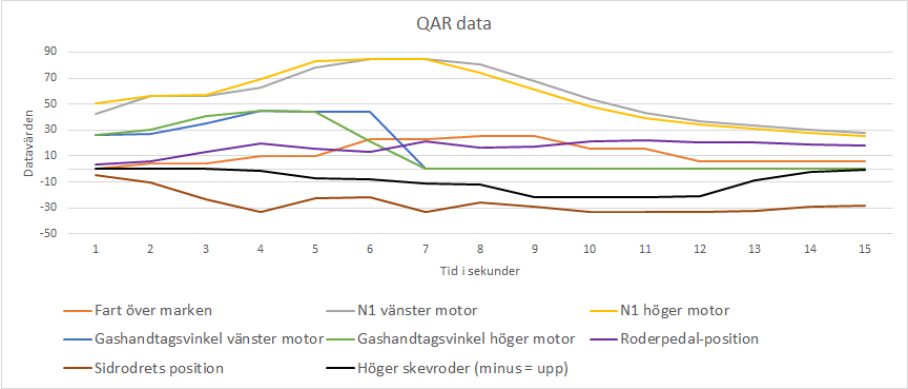
Vid slutet av banan svängde befälhavaren runt flygplanet i en snäv vänstersväng men korrigerade inte flygplanets position för att stå mitt på banan, utan stannade lite till vänster om banans centrumlinje. Befälhavaren prioriterade att använda all tillgänglig bana mer än att stå mitt på banan, vilket kunde justeras vid början av startförloppet.

[34] Kognitiv överföring – ett begrepp som används för att beskriva människans förmåga att applicera kunskap, förmågor och handlingsrutiner över tid och i olika sammanhang.

2.1.3 Startförloppet

Befälhavaren hade vänster hand på kontrollkolumnens styrratt, höger hand på gashandtagen och manövrerade flygplanet med sidroderpedalerna under start. När motorernas varvtal stabiliserats släppte befälhavaren bromsarna och förde gashandtagen mot TOGA-läget. Flygplanet började rulla och svängde omgående till vänster.

I figur 29 är flygdata från avsnitt 1.11 presenterat för att visa relevanta parametrar under starten. Flygdata visar att redan innan flygplanet börjar accelerera finns ett litet roderpedalutslag till höger. Det går inte att fastställa noshjulets position när flygplanet stannat eftersom det inte registreras. Roderpedalutslaget till höger kan ändå tyda på att piloten har haft för avsikt att styra flygplanet mot centrumlinjen vid start. När första accelerationen registreras är dragkraften relativt symmetrisk mellan båda motorerna och höger sidroderpedalutslag ökar. I flygdata finns ett samband mellan sidroderpedalutslag och kursändringen av flygplanet till vänster. När svängen till vänster inte hävs fortsätter piloten att trycka på höger roderpedal till fullt utslag.



Figur 29. Registrerat QAR-data.

Startförloppet från att flygplanet börjar rulla tills piloten avbryter starten är fem sekunder. Det är en mycket kort sekvens där piloten försöker att analysera vad som händer och agera därefter. Befälhavaren har uppgett att han försökte styra med ratten för noshjulsstyrningen i slutet av startförloppet. Det går inte att verifiera i flygdata eftersom rattens utslag för noshjulsstyrning inte registreras. Noshjulsstyrningen via ratten har dock auktoritet över roderpedalerna vilket skulle ha inneburit att svängen till vänster kunde ha hävts om ratten använts (se avsnitt 1.6).

Vad som också framgår av flygdata och animeringen är att ett skevroderutslag initieras under startförloppet. Skrevroderutslaget styrs av piloternas styrrattar på kontrollkolumnerna och vid händelsen vreds de till höger (se figur 29 och avsnitt 1.11.3 figur 17). Skevrodrets utslag ökade successivt till fullt utslag efter det att starten avbrutits och bibehölls tills stopp. Vid starten hade befälhavaren vänster hand på kontrollkolumnens styrratt och om han avsåg att använda ratten för noshjulsstyrningen måste han släppa kontrollkolumnens styrratt. Skevrodertestet som utfördes visade att skevrodersystemet och kontrollkolumnens styrratt återgår till neutralt läge om den släpps. Styrman har upp-

gett att han inte var delaktig i kontrollen och framförandet av flygplanet under startförloppet. Sammantaget är det därför sannolikt att befälhavarens upplevelse var att han vred ratten för noshjulsstyrningen, men i själva verket vred kontrollkolumnens styrratt för skevrodret, vilket resulterade i skevroderutslagen under händelsen.

Flygplanet fortsatte att svänga till vänster efter att starten avbrutits och stannade slutligen med noshjulet utanför banan. Eftersom det inte förelåg någon överhängande fara evakuerades inte flygplanet. En evakuering är inte riskfri och befälhavarens beslut att inte evakuera kan anses motiverad.

2.2 Överlevnadsaspekter

2.2.1 Räddningsinsatsen

Att personal från flygplatsens räddningstjänst såg händelsen innebar att räddningsinsatsen inleddes utan dröjsmål.

Att räddningsstyrkans egen flygradio var strömlös försvårade kommunikationen med besättningen ombord, men har i det här fallet haft en marginell påverkan och inte påverkat utgången av räddningsinsatsen som helhet. De åtgärder som flygplatsens räddningstjänst vidtog synes ha varit anpassade efter de behov som uppstod i samband med händelsen.

Haverikommissionen har därmed inte funnit anledning att närmare granska räddningsinsatsen.

2.3 Varför svängde noshjulsstyrningen åt motsatt riktning?

2.3.1 Teknisk undersökning av flygplanet

Vid den visuella undersökningen kunde det konstateras att positionen på sidroderstyrningens sensor (RVDT) överensstämde med underhållsmanualens installationsbeskrivning.

Som framgått i avsnitt 1.11.1 visade flygdata på att noshjulsstyrning med sidroderpedalerna styrde flygplanet i motsatt riktning från det förväntade, vilket också konstaterades vid den tekniska undersökningen.

Inspektion av sensorns axel visade att den hade ett större rörelseområde än normalt och det kändes även som att det fanns ett hinder inuti sensorn när axeln vreds mellan ändlägena. Detta tyder på att det fanns ett mekaniskt fel inuti sensorn utan några felvarningar i systemet.

2.3.2 Undersökning av sidroderstyrningens sensor (RVDT), S/N 0648

Undersökningen hos tillverkaren visade att det mekaniska stoppet nummer två (medursstoppet) inuti sensorn hade brutits av, änden på returfjädern var böjd och stopplocket var skadat vid returfjäderns ände.

Utgångsignalens avvikelse vid produktionstestet berodde på att det mekaniska stoppet nummer två hade brutits av från sin ursprungliga position vilket medförde att sensoraxeln kunde vridas medurs utanför det tänkta arbetsområdet.

Detta tyder på att sensorn någon gång varit felmonterad och att det mekaniska stoppet inuti sensorn brutits av.

Det mest sannolika scenariot för att bryta av det mekaniska stoppet nummer två (medurs stoppet) är att referensspåret på sensoraxeln installeras ett spår fel (45 grader medurs), sett underifrån sensorn. Då kommer avståndet till det mekaniska stoppet att reduceras och ett utslag med höger roderpedal, under riggningsproceduren, kan bryta av det mekaniska medursstoppet. Om sensoraxeln installeras ett spår fel kan dock riggningen inte avslutas med ett godkänt resultat.

Om sensorn sedan installeras med det mekaniska medursstoppet avbrutet, kan referensspåret installeras två spår fel (90 grader medurs) från riggpositionen. I det här scenariot tillåter det trasiga stoppet att axeln kan vridas in till nästa kvadrants elektriska nolla, vilket gör att det går att rigga in sensorn och få ett godkänt resultat med flygplanets underhållsdator. Noshjulsstyrningssystemet kan inte detektera om sensorsignalens (RVDT) polaritet är korrekt eller inte. Detta innebar att medursstoppet som i detta fallet var avbrutet medgav att sensorn kunde riggas in på en annan kvadrants elektriska nolla, utan att systemet varnade för detta. Den elektriska utsignalens polaritet kommer då att vara omvänd, vilket resulterar i att styrning med sidroderpedalerna kommer styra flygplanet i motsatt riktning.

Därutöver visade undersökningen av sensorn inga avvikelser inom roderpedalernas arbetsområde. Det tyder på att sensorn sannolikt fungerat utan problem om den hade installerats korrekt i flygplanet.

2.3.3 Minnesutläsning och funktionstest av noshjulsstyrningens ECU

Felkoderna som loggades den 6 september 2020, dvs. samma dag som en justering av sidroderstyrningens sensor (RVDT) utfördes, överensstämmer med justeringen av sidroderstyrningens sensor.

Den 9 september 2020, samma dag som installationen av den nya sensorn utfördes, loggades “RCM_REAS_FAIL”. Detta är en kontroll av rimligheten med avseende på förväntad signal från sidroderpedalernas sensor. Rimlighetsövervakningen (RCM) upptäcker om insignalen från sidroderstyrningens sensor (RVDT) överstiger ± 32 graders axelvridning i mer än 100 ms, vilket genererar felkoden 000A - RCM_REAS_FAIL.

Om en fullt fungerande sensor installeras korrekt enligt underhållsmanualen, ska denna felkod inte registreras. Om däremot sensorn installeras ett spår fel från riggningspositionen kommer rimlighetsövervakningen registrera en felkod när strömmen slås på. Det finns även en möjlighet att den elektriska kontakten ansluts till sensorn och strömmen i flygplanet är påslagen innan sensorn är slutligt monterad, vilket ger flera scenarier där detta fel kan registreras. Att felkoden var tillfällig kan ändå fastställas, eftersom riggningen av sensorn med underhållsdatorn efter installationen blev godkänd.

Utifrån tillgängliga data och intervjuer har det inte gått att fastställa under vilken del av installationen som felkoden registrerades.

2.3.4 Felhistorik, noshjulsstyrning

Som framgått i avsnitt 1.6.5 hade det skrivits ett antal anmärkningar i flygplanets tekniska loggbok under sommaren som beskrev ett problem där noshjulet inte varit centrerat efter att flygplanet varit parkerat ett par timmar, utan strömkälla eller hydraulkraft. Operatörens luftvärdighetsorganisation (CAMO) hade haft kontakt med typcertifikatinnehavaren för att få hjälp med felsökningen på problemet.

Anmärkningen från den 6 september 2020 där en pilot observerade att noshjulet inte var centrerat före en flygning, resulterade i en justering av sidroderstyrningens sensor (RVDT) och anmärkningen stängdes i flygplanets tekniska loggbok. Utifrån detta kontaktade operatörens luftvärdighetsorganisation återigen typcertifikatinnehavaren för att få hjälp med felsökning.

Från typcertifikatinnehavarens svar 6 september 2020 kan det konstateras att den tidigare historiken där noshjulet inte varit centrerat efter att flygplanet varit parkerat ett par timmar, utan strömkälla eller hydraulkraft inte kan härledas till sidroderstyrningens sensor (RVDT). Rekommendationen om att byta ut sidroderstyrningens sensor gällde endast om problemet med felkoderna relaterade till sensorn återkom och om den var utanför godkänd riggningstolerans, vilket inte var fallet.

Ett taxitest utfördes den 7 september 2020 där piloten upplevde att flygplanet styrde till vänster under taxningen, utan korrigering med noshjulsstyrningens styrratt eller sidroderpedaler. En säkerhetsrapport upprättades men ingen anmärkning infördes i flygplanets tekniska loggbok.

Korrigering av små riktningsförändringar under taxning med flygplan får i de flesta fall anses som normalt för att hålla en rak kurs. Att flygplanet styrde till vänster vid taxningen, utan korrigering av noshjulsstyrningens styrratt eller sidroderpedaler kan bland annat bero på vind, banlutning, ojämn motoreffekt, ojämnheter på banan eller att noshjulsstyrningen behöver justeras.

Luftvärdighetsorganisationen beslöt att byta ut sidroderstyrningens sensor (RVDT) trots att det inte fanns någon öppen anmärkning i den tekniska loggboken. Beslutet grundade sig på typcertifikatinnehavarens rekommendation tillsammans med pilotens säkerhetsrapport. Typcertifikatinnehavarens konstaterande att den ursprungliga anmärkningen där noshjulet inte varit centrerat efter att flygplanets hydraulkraft varit avslaget inte kan härledas till sidroderstyrningens sensor. Taxitestet och säkerhetsrapportens innehåll hade inte någon relation till den ursprungliga anmärkningen. Utifrån detta får luftvärdighetsorganisationens beslut om att byta ut sidroderstyrningens sensor (RVDT) på linjestationen i Gällivare anses som ett beslut som togs på felaktiga grunder.

2.3.5 Underhållsmanual

I underhållsmanualen som beskrev uppgiften att demontera och installera sidroderstyrningens sensor (RVDT) saknades det tillräckligt tydliga instruktioner för att få åtkomst till enheten.

Det fanns inte någon beskrivning av de inre mekaniska stoppen och returfjäderfunktionen i sensorn. Detta är vanligtvis inte hur en underhållsmanual utformas, men detta resulterade i att en korrekt verifiering av dessa funktioner inte kunde utföras av teknikern innan installation.

Figuren och beskrivningen i underhållsmanualen om hur referensspåret på sensorn skulle linjeras med referensspåret på vridenheten för sidroderpedalerna beskrev inte arbetsmomentet på ett tydligt sätt. I sammanhanget har det betydelse att sensorn är försedd med en returfjäderfunktion, att sensorns position är svåråtkomlig och att det vid installation är nästan omöjligt att se referensspåren på sensorn och vridenheten.

Alla dessa faktorer bidrog till att sensorn blev felinstallerad.

Eftersom typcertifikatinnehavaren redan har vidtagit åtgärder enligt avsnitt 1.18.3 avser haverikommissionen inte att utfärda några säkerhetsrekommendationer gällande detta.

2.3.6 Bytet av sidroderstyrningens sensor (RVDT)

Bytet av sidroderstyrningens sensor (RVDT) betraktades som ett oplanerat underhåll och utfördes dagen innan händelsen. Vid tillfället fanns ingen öppen eller kvarstående anmärkning i flygplanets tekniska loggbok angående noshjulsstyrningen. Teknikern som var ensam i tjänst vid linjestationen har uppgett att det inte fanns någon tidspress under bytet av sensorn, vilket var det enda arbete han hade planerat att utföra under dagen.

Sensorns konstruktion innebär att varje spår är flexibelt, vilket medför att axeln i teorin kan installeras i vridenheten för höger sidas roderpedaler på åtta olika sätt utan större motstånd. Referensspåret på axeln är inte ett tvingande styrspår utan endast ett spår för linjering av sensorn vid installation. I underhållsmanualen beskrevs flera förhållanden som skulle vara uppfyllda vid installationen av sensorn. Som framgått i

avsnitt 2.3.5 var inte instruktionerna för hur sensorn skulle installeras tydliga. Under de tekniska undersökningarna utfördes installation av en annan sensor vilket visade på att det var lätt att montera sensorns axel på ett felaktigt sätt. Eftersom det var första gången teknikern utförde installationen kan det vara svårt att bedöma om sensorn blev korrekt installerad, utifrån underhållsmanualens instruktioner och utformningen av sensorns axel. Att sensorns axel hade ett referensspår kunde även uppfattats som att den endast passade in i vridenheten på ett sätt.

Riggningen av sensorn fick ett godkänt resultat utan att systemet felvarnade vilket medförde att teknikern inte behövde ta ut sensorn igen. Teknikern har under intervjuer uppgett att han hade stor tilltro till systemet och att det varnade om det fanns något fel.

Vid funktionstest av noshjulsstyrningen efter installation av sensorn ska det noteras om styrutslagen sker åt rätt håll och avläsning av utslagens vinkel ska göras på den fastmonterade gradskalan på landställsbenet. För att kunna utföra funktionstestet fullt ut hade det behövts två personer, en i förarkabinen och en vid noslandstället. Teknikern som var ensam löste detta genom att filma styrutslagen på noslandstället.

Endast styrutslagen med noshjulsstyrningens styrratt filmades. Teknikern har uppgett att han endast noterade att utslagen var åt båda hållen under testet, varken styrriktning eller utslagens vinkel verifierades. Styrutslagen med roderpedalerna filmades inte under testet vilket medförde att teknikern inte kunde verifiera denna funktion.

Den uteblivna verifieringen av styrutslagen med roderpedalerna har inte helt kunnat förklaras. Några dagar tidigare hade en justering av sidroderstyrningens sensor utförts av teknikern. Efter justeringen utfördes ett operativt test av noshjulsstyrningen, där utslagens riktning ska verifieras. I det operativa testet ingick det inte att verifiera utslagens vinkel. Den uteblivna kontrollen av utslagets vinkel skulle kunna tyda på att teknikern förväxlade testerna och utförde en operativ test i stället för ett funktionstest.

Bidragande faktorer kan också ha varit att teknikern hade en stark tilltro till att systemet skulle felvarna och att det kunde ha funnits en uppfattning om att sensorns referensspår var ett tvingande styrspår som bara kunde passa in på ett sätt. Detta har sannolikt lett till att en noggrann kontroll av roderpedalernas styrutslag gällande riktning och vinkel uteblev.

2.4 Organisation och ledning

2.4.1 Operatören, Regional Jet OÜ

Management System Manual (MSM) kombinerade säkerhetshanteringen för alla delar i Regional Jet OÜ. Det innebar att luftvärdighetsorganisationen som ännu inte hade ett krav på att ha ett säkerhetsledningssystem (SMS), enligt regelverket, hade ett internt krav på detta. MSM beskrev alla tillämpliga delar i ett säkerhetsledningssystem, faror och risker dokumenterades i ett riskregister. I riskregistret bedömde luftvärdighetsorganisationen underhåll som förbisetts eller inte genomförts med avseende på linje, bas, schemalagda och oplanerade underhållsåtgärder med otillräcklig kontroll i luftvärdighetsorganisationen. Denna riskbedömning var så nära som man kunde komma en riskbedömning som kunde relateras till den aktuella händelsen. Inga övriga faror eller risker fanns i riskregistret gällande rutiner och hantering mellan underhållsorganisationen och luftvärdighetsorganisationen. Detta kan bero på att när det initiala kontraktet mellan underhållsorganisationen och luftvärdighetsorganisationen skrevs fanns ingen process i säkerhetsledningssystemet som hanterade förändringar (MoC). Inte heller efter att kontraktet uppdaterats 2020 utfördes någon MoC, även om MoC var implementerat vid det tillfället.

Det sätt på vilket riskregistret var uppbyggt och de bedömningar som gjordes av underhållsfrågor synes, enligt haverikommissionen, ha fokuserat på kommersiella risker i högre utsträckning än flygsäkerhetsrisker. Även om luftvärdighetsorganisationen ingår i säkerhetsledningssystemet saknade organisationen fokus på att identifiera operativa faror och risker i relation till en underhållsorganisation.

2.4.2 Underhållsorganisationen, SAMCO

Planering av linjeunderhåll

I underhållsorganisationens verkstadshandbok beskrevs det att planering av linjeunderhåll utfördes baserat på kundens beställningar eller prognoser för linjeunderhåll. Den dagliga planeringen utfördes av linjestationens underhållsledare (UMS) eller certifierad anställd vid linjestationen.

Det har framkommit att på linjestationer, med endast en certifierad anställd, utfördes linjeunderhållsplaneringen av denna. Det var också fallet vid bytet av sidroderstyrningens sensor.

Teknikern hade inte någon speciell utbildning för sin planeringsfunktion eller några hjälpmedel gällande planering från underhållsorganisationen. Även om utbildning och hjälpmedel från organisationen inte är något krav har detta inneburit att teknikern inte hade tillräckliga förutsättningar, vilket i sin tur har inneburit att han varit den enda säkerhetsbarriären vid planeringen och utförandet.

Det fanns vid tidpunkten inte några krav i EU:s regelverk på ett säkerhetsledningssystem som motsvarar beskrivna standarder och rekommenderad praxis enligt ICAO Annex 19 för underhållsorganisationer godkända enligt Del-145. Hade ett sådant krav funnits är det mer sannolikt att utvärdering av risker och barriärer för planering utförts, vilket hade gett bättre förutsättningar för att identifiera brister i systemet.

Utförande av underhåll

Organisationen hade enligt verkstadshandboken fastställda förfaranden för att se till att en metod för registrering av fel tillämpas efter genomförandet av kritiska underhållsåtgärder. De hade även fastställda förfaranden för att risken för multipelfel i samband med underhåll och risken för att fel upprepas i identiska underhållsåtgärder minimeras.

I flygplanets tekniska logg dokumenterades det att installationen av sidroderstyrningens sensor utförts. Någon uppdelning av de olika arbetsmomenten under installationen av sensorn fanns inte på arbetsordern från luftvärdighetsorganisationen och gjordes inte heller av underhållsorganisationen eller av teknikern. I underhållsorganisationens verkstadshandbok fanns inte någon vägledning för hur en uppdelning av kritiska steg för signering skulle hanteras på linjestationer. Om en uppdelning av kritiska steg för signering hade utförts i planeringsskedet av arbetet, hade det funnits bättre möjligheter att uppmärksamma om avvikelser gjorts från underhållsmanualen. Även under återinspektionen som utfördes av teknikern hade det underlättat med en tydlig uppdelning för signering.

Haverikommissionen konstaterar sammanfattningsvis att de säkerhetsbarriärer som har till syfte att säkerställa att underhållet utförs på ett korrekt sätt i det här fallet inte har fungerat.

3. UTLÅTANDE

3.1 Utredningsresultat

a) Piloterna hade behörighet att utföra flygningen.
b) Flygplanet hade luftvärdighetsbevis med gällande granskningsbevis.
c) Dagen före tillbudet byttes sidroderstyrningens sensor (RVDT).
d) Väderförutsättningarna var bra inför flygningen.
e) Flygplanet svängde omgående till vänster under startförloppet.
f) Under start användes sidroderpedalerna för att styra flygplanet i girled.
g) Flygdata och den tekniska undersökningen visade att noshjulstyrning med sidroderpedalerna styrde flygplanet i motsatt riktning från det förväntade.
h) Sidroderstyrningens sensor var inte korrekt installerad.
i) Sidroderstyrningens sensor hade interna skador.
j) Underhållsmanualen beskrev inte installationen av sensorn tillräckligt tydligt.
k) Funktionstesten som utfördes efter installationen av sensorn blev inte utförd enligt underhållsmanualen.

3.2 Orsaker till tillbudet

Orsaken till avåkningen var att sensorn till noshjulsstyrningen var felmonterad och att föreskriven funktionstest efter installation av sensorn inte blev utförd enligt underhållsmanualen. Detta ledde till att noshjulsstyrning med roderpedalerna styrde flygplanet i motsatt riktning från det förväntade.

Bidragande orsaker:

- Underhållsmanualen saknade tillräckligt tydliga instruktioner för att fastställa korrekt funktion av sensorn innan installation.
- Beskrivningen i underhållsmanualen om hur sensorn installeras innehöll inte tillräckligt detaljerade instruktioner om hur linjering av sensoraxelns referensspår skulle utföras med avseende på sensorns konstruktion, funktion och position.
- Den uteblivna verifieringen av styrutslagen med roderpedalerna vid funktionstestet tyder på brister i underhållsorganisationens och teknikerns rutiner gällande linjeunderhållsplanering och uppdelning av arbetsmoment för signering för att förhindra utelämnanden vid underhåll.
- Luftvärdighetsorganisationens delaktighet i säkerhetsledningssystemet saknade fokus för att identifiera risker mellan underhållsorganisationen och luftvärdighetsorganisationen.

4. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER

Inga.

På haverikommissionens vägnar

Jonas Bäckstrand Tony Arvidsson