



Slutrapport RM 2021:01

Allvarligt tillbud över norra Vänern den 17 december 2020 med ett flygplan av modellen JAS 39 C Gripen, opererat av Försvarmakten.

Diariernr M-20/20

2021-12-16

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 anges ”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/Försvarmakten.

Innehåll

Allmänna utgångspunkter och avgränsningar	5
Utredningen.....	5
SAMMANFATTNING	8
SUMMARY IN ENGLISH.....	9
SAFETY RECOMMENDATIONS	9
1. FAKTAREDOVISNING.....	11
1.1 Redogörelse för händelseförloppet	11
1.1.1 Förutsättningar.....	11
1.1.2 Händelseförlopp	11
1.1.3 Övrigt.....	13
1.2 Personskador.....	13
1.3 Skador på luftfartyget	13
1.4 Andra skador.....	13
1.5 Besättningen.....	14
1.5.1 Pilotens kvalifikationer och tjänstgöring.....	14
1.6 Luftfartyget	14
1.6.1 JAS 39 C Gripen.....	14
1.6.2 Flygplanet	15
1.6.3 Miljökontrollsystemet.....	15
1.6.4 Syre- och anti-g-system	16
1.6.5 Försörjningssystemet för syrgas och anti-g-system.....	18
1.6.6 Automatisk eller manuell aktivering av nödsyrgassystemet.....	20
1.6.7 Trycksättning av anti-g-dräkt	21
1.6.8 Personlig flygutrustning	21
1.6.9 Fellarm.....	22
1.7 Meteorologisk information	25
1.8 Navigationshjälpmedel	27
1.9 Radiokommunikationer.....	27
1.10 Flygfältsdata.....	28
1.11 Färd- och ljudregistratorer	28
1.11.1 Färdregistratorer	28
1.11.2 Ljudregistrator	34
1.12 Plats för händelsen	36
1.13 Medicinsk information.....	36
1.13.1 T 10-undersökning.....	36
1.13.2 Egenbedömning av fysiologiska reaktionerna.....	36
1.13.3 Psykologiska faktorer	37
1.14 Brand.....	39
1.15 Överlevnadsaspekter	39
1.15.1 Räddningsinsatsen	39
1.16 Särskilda prov och undersökningar.....	39
1.16.1 Undersökning av OBOGS och PSU	39
1.16.2 Undersökning av partikelfilter till OBOGS	40
1.16.3 Undersökning av pilotens personliga flygutrustning.....	41
1.16.4 Undersökning av nödsyrgasflaska BEOS och påfyllnadsflaskor	42
1.16.5 Syrgashantering på F 17 Ronneby	43
1.17 Berörda aktörers organisation och ledning	44
1.18 Övrigt.....	44

1.18.1	Reducerad syrehalt i artärblod (hypoxemi)	44
1.18.2	Reducerad koldioxidhalt i artärblod (hypokapni)	45
1.18.3	Blodflödesbetingad syrebrist i hjärnan och ögonens näthinnor (cerebral och retinal ischemisk hypoxi)	46
1.18.4	Samspel mellan hypoxemi och hypokapni	46
1.18.5	Hypoxi-liknande symptom orsakade av föroreningar i inandningsgasen	47
1.18.6	Andningsfrekvens kopplad till tömning av nödsyrgasflaskan	47
1.18.7	Liknande händelser	48
1.18.8	Storfog på F 17	53
1.18.9	Försvarsmaktens utbildning för identifiering av syrebrist – Hypoxia Recognition Training (HRT)	53
1.18.10	Vidtagna åtgärder	54
1.19	Särskilda utredningsmetoder	55
2.	ANALYS	56
2.1	Förutsättningar	56
2.2	Händelseförloppet	56
2.3	ECS-systemets funktion	57
2.4	Nödsyrgasaktivering	58
2.5	Anti g-funktionen	58
2.6	Övergång från tömd BEOS	59
2.7	Medicinsk analys	59
2.8	Varningslogiken för luft-/syrgassystemet	60
2.9	Nödchecklistan	61
2.10	Innehållet i nödsyrgasflaskan	61
2.11	Undersökning av pilotens personliga flygutrustning	62
2.12	Ställningstagande till vidtagna åtgärder	62
2.13	Andra händelser	63
2.14	Möjliga faktorer som påverkat händelsen	63
2.15	Dokument	64
2.16	Summering	65
3.	UTLÅTANDE	66
3.1	Utredningsresultat	66
3.2	Orsaker till tillbudet	66
4.	SÄKERHETSREKOMMENDATIONER	67

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 militära luftfartshändelser regleras i huvudsak av lagen (1990:712) om undersökning av olyckor. Utredningarna genomförs så långt som möjligt i enlighet med Chicagokonventionens Annex 13.

Utredningen

SHK underrättades den 17 december 2020 om att ett allvarligt tillbud med ett militärt stridsflygplan av typen JAS 39 C Gripen inträffat i luftrummet över norra Vänern, Värmlands län, samma dag klockan 08.40.

Tillbudet har utretts av SHK som företrätts av Jonas Bäckstrand, ordförande, Håkan Josefsson, utredningsledare, Gideon Singer, operativ utredare, och Tony Arvidsson, teknisk utredare.

Haverikommissionen har biträtts av Peter Ruuth som koordinator för Försvarmakten.

Som rådgivare för Saab AB har Hans Sjöblom deltagit.

Haverikommissionen har biträtts av Ola Eiken, KTH, som konsult i flygfysiologiska frågor, Erik Waidele, Försvarmakten, som konsult i flygpsykologiska frågor samt Magnic AB för ljudanalys.

Följande organisationer har notifierats: Försvarmakten och den militära flygsäkerhetsinspektionen.

Utredningsmaterialet

Intervjuer med piloterna i flygplanen med anropssignalerna C 91 och C 92 samt med den flygstridsledare som ledde uppdraget.

Radiotrafik och registrerade data från flygplanet samt relevanta komponenter från flygplanet.

Rapporter från genomförda prov och försök samt rapporter från utländska utredningar och studier.

Ett haverisammanträde hölls den 16 juni 2021. Vid mötet presenterade haverikommissionen det faktaunderlag som förelåg vid den tidpunkten.

Slutrapport RL 2021:01

Lufffartyg:	
Registrering, typ	246, JAS 39 Gripen
Modell	JAS 39 C
Klass, luftvärdighet	Militär, militärt luftvärdighetsbevis och gällande granskningsbevis (ARC) ¹
Serienummer	393.246
Operatör	Försvarsmakten
Tidpunkt för händelsen	2020-12-17, klockan 08.40 i dagsljus Anmärkning: all tidsangivelse avser svensk normaltid (UTC ² + 1 timme)
Plats	Luftrummet över norra Vänern, Värmlands län, på höjd FL 340 ³
Typ av flygning	Militär
Väder	Enligt SMHI:s analys: Skiktade moln från låg höjd till översidor som låg på FL 320–330, QNH ⁴ 1014 hPa
Antal ombord:	1
Besättning inklusive kabin	1
Passagerare	0
Personskador	Inga
Skador på luftfartyget	Inga
Andra skador	Inga
Piloten:	
Ålder, certifikat	34 år, militärt behörighetsbevis
Total flygtid	976 timmar, varav 698 timmar på typen
Flygtid senaste 90 dagarna	26 timmar, allt på typen
Antal landningar senaste 90 dagarna	26

¹ ARC (Airworthiness Review Certificate) – granskningsbevis avseende luftvärdighet.

² UTC (Coordinated Universal Time) – referens för angivelse av tid världen över.

³ FL 340 (Flight Level) – Flygnivå används inom luftfarten för att ange ett flygplans tryckhöjd i förhållande till en specifik referenstryck, som alltid är 1013,25 hPa. Detta referenstryck är lufttryckets medelvärde vid havsnivån enligt internationella standardatmosfären, ISA. Flygnivåer anges som antalet hundra fot. FL 340 betyder exempelvis 34 000 fot över referensnivån.

⁴ QNH – anger det atmosfäriska trycket reducerat till havsytans medelnivå.

SAMMANFATTNING

Flygningen var en incidentberedskapsstart från Ronneby med en rote JAS 39 C Gripen för att identifiera ett flygplan som skulle passera över Sverige på en höjd av FL 340. I samband med identifieringen felvarnade rotechefens flygplan. Piloten avbröt uppdraget och sjönk till lägre höjd. Vid passage av FL 300 upplevde piloten symptom på syrebrist. Piloten aktiverade manuellt nödsyrgasen och ökade sin sjunkhastighet med en rörelse nedåt med 70 graders dykvinkel och med en belastning av 4–4,5 g. Under rörelsen nedåt upplevde piloten inte någon funktion i g-dräkten. Detta och den befarade syrgasbristen gjorde att piloten blev orolig för sin situation med eventuell syrgasbrist och risk för g-inducerad medvetlöshet. Vid passage av FL 100 upplevde piloten att syresättningen blivit normal igen. Piloten nödlandade därefter på Såtenäs.

Nödsyrgasen aktiverades automatiskt enligt de specifikationer som systemet har designats för då trycket efter syregenereringsenheten var för lågt för g-trycksregleringens servokrets. Detta orsakades i sin tur av att flygplanets luftsystem hade problem med att reglera temperaturen till angiven nivå. Efter en viss tid initierades fellarmen som en följd av detta. Trycket i anti g-dräkten var enligt data innanför specifikationerna för den aktuella g-belastningen under den nedåtgående manövern. Inga övriga fel på flygplan eller luftförsörjningen till piloten har konstaterats.

Sannolikheten att nödsyrgasflaskan skulle ha haft ett kontaminerat innehåll som påverkat piloten och medfört de symptom som uppkommit är liten.

Orsaken till de symptom av syrebrist som piloten upplevde under flygningen har inte med säkerhet kunnat fastställas. Flygplanets multipla felvarningar under kort tid kan ha bidragit till en hög arbetsbelastning och oros känsla hos piloten.

Säkerhetsrekommendationer

Försvarsmakten rekommenderas att:

- I samverkan med Saab AB se över varningslogiken för luft-/syrgassystemet i flygplan JAS 39 Gripen C/D. (RM 2021:01 R1)
- I samverkan med Saab AB göra en översyn av klassificeringen av felindikeringar så att de anpassas till felens tidskritiska art i flygplan JAS 39 Gripen C/D. (RM 2021:01 R2)
- Se över möjligheten att genomföra en studie för att mäta syrehalten i blodet hos piloter under flygningar med JAS 39 C/D Gripen. (RM 2021:01 R3)

Saab AB rekommenderas att:

- Se över utformningen av nödchecklistan och FMAN i JAS 39 C/D Gripen vad avser de ändrade åtgärderna som implementerades i samband med Saab AB:s AWB från den 8 februari 2021. (RM 2021:01 R4)
- Se över utformningen och vid behov ändra grundunderlaget till AOM och GDP i JAS 39 C/D Gripen. (RM 2021:01 R5)

SUMMARY IN ENGLISH

The flight started as a scramble take-off from Ronneby with a two-ship JAS 39 C Gripen to identify an aircraft that was passing over Sweden at FL 340. During the identification phase, the lead aircraft received several system warnings which resulted in the pilot aborting the mission and descending to a lower altitude. When passing FL 300, the pilot felt that something was wrong with his physical condition and felt symptoms of hypoxia. The pilot manually activated the backup oxygen system and increased his rate of descent in a spiral manoeuvre reaching a 70-degree diving angle and a load of 4–4.5g. During the spiral manoeuvre, the pilot experienced a lack of g-suit inflation. The combination of suspected hypoxia symptoms and lack of g-protection made the pilot aware of the risk of g-induced unconsciousness. Upon passing FL 100, the pilot experienced that oxygenation had returned to normal. The pilot then made an emergency landing at Såtenäs airbase.

The emergency oxygen gas was activated automatically according to the specifications for which it was designed. The pressure after the oxygen generation unit was too low for the servo circuit of the g-pressure control. This in turn was caused by the aircraft's air system having problems regulating the temperature to the specified level. After a certain time, warnings were presented to the pilot as a result of these problems. According to recorded data, the pressure in the anti-g suit was within the specifications for the applied g-load during the downward maneuver. No other aircraft or air supply faults have been found.

The probability that the emergency oxygen cylinder had a contaminated content that affected the pilot and caused the symptoms that arose is small.

The cause of the symptoms of hypoxia that the pilot experienced during the flight cannot be determined with certainty. The aircraft's multiple warnings over a short period of time may have contributed to a high workload and pilot anxiety.

Safety recommendations

The Armed Forces are recommended to:

- In consultation with Saab AB, review the warning logic for the air/oxygen system to more clearly distinguish between pressure problems and oxygen concentration problems in aircraft JAS 39 Gripen C/D. (RM 2021:01 R1)
- In consultation with Saab AB, review the classification of the warnings so that they are adapted to the time-critical nature of the warnings in JAS 39 Gripen C/D. (RM 2021:01 R2)
- Review the possibility of conducting a study to measure the blood oxygen concentration of pilots during flights with the JAS 39 C/D Gripen. (RM 2021:01 R3)

Saab AB is recommended to:

- Review the design of the emergency checklist and FMAN in JAS 39 C/D Gripen with regard to the changes that were implemented in connection with Saab AB's AWB from 8 February 2021. (*RM 2021:01 R4*)
- Review the design and, if necessary, change the systemrelated documentation for AOM and GDP in JAS 39 C/D Gripen. (*RM 2021:01 R5*)

1. FAKTAREDOVISNING

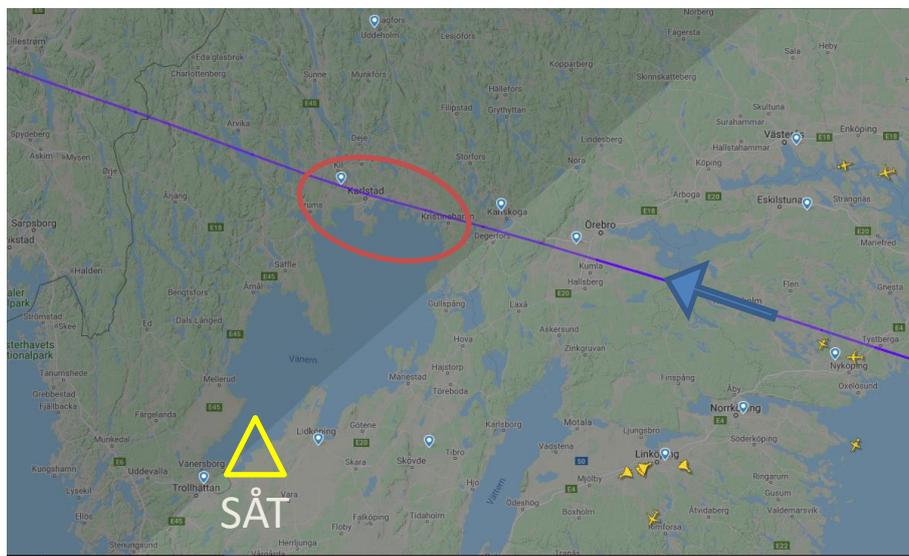
1.1 Redogörelse för händelseförloppet

1.1.1 Förutsättningar

Flygningen var en incidentberedskapsstart från Ronneby med en rote JAS 39 C Gripen med anropssignalerna C 91 och C 92. Rotechefen i incidentroten hade tillfälligt arbetat ett dygn i incidentberedskapen och skulle lösas av på morgonen men innan bytet hann genomföras fick roten startorder.

En frontzon låg över de södra och västra delarna av Sverige med regn och duggregn och utbredda låga stratusmoln. Molnen var skiktade från låg höjd till översidor som låg på FL 320–330. Det fanns också områden med isbildning i de västra områdena av Sverige i samband med en frontpassage.

Roten startade kl. 08.13 från Ronneby för att identifiera ett flygplan som skulle passera över Sverige på en sträcka mellan Nyköping–Karlstad–Oslo på en höjd av FL 340 (se figur 1). Efter start steg roten till FL 320 och genomförde anflygningen på den höjden. Uppdraget leddes av stridsledningen i Forsvarsmakten.



Figur 1. Händelseförlopp med målets färdlinje markerat med blå linje. Den röda cirkeln markerar positionen där händelsen initierades och den gula triangeln markerar plats för nödlandning på Sätenäs. Röd och gul markering infogad av SHK. Källa: Flightradar24.

1.1.2 Händelseförlopp

Roten leddes på FL 320, i 17 minuter, mot målet till en position öster om Karlstad. Efter att rotechefen med anropssignal C 91 fått visuell kontakt med målet steg han till målets höjd på FL 340 för att påbörja visuell identifiering och fotografering. När rotechefen låg två nautiska mil bakom målet upplevde han att han fick en ”puff” i masken och strax

efter fick han en felvarning med felkoden A 214⁵. Piloten fortsatte för att fullfölja identifieringen och felvarningen upphörde men kom tillbaka ytterligare ett antal gånger medan piloten närmade sig målet. När flygplanet var i jämnhöjd med målet och piloten skulle påbörja fotograferingen kom en ny felvarning, C 203⁶, som efterföljdes åtta sekunder senare av felvarning B 200⁷. Piloten avbröt uppdraget och började att sjunka ner med 10 graders dykvinkel för att ta sig till en höjd under FL 200.

Vid passage av FL 300 upplevde piloten att det var något som inte stämde med hans fysiska situation. Han upplevde att det kröp i kroppen, synfältet krympte och han kände en olustkänsla och att det gick långsamt i tankeprocessen. Han kände igen känslorna från utbildningen i undertryckskammare, där man lär sig känna igen symptom på syrebrist. Piloten bedömde att han förmodligen hade syrebrist och efter att funderat ett kort tag på vilka åtgärder som han skulle vidta så aktiverade han manuellt nödsyrgassystemet BEOS⁸. Piloten upplevde att han inte fick den förväntade reaktionen av nödsyrgasen och insåg att han snabbt måste sjunka till en höjd under FL 200.

Piloten ansatte då en skruvliknande rörelse nedåt med ungefär 70 graders dykvinkel och med en belastning av 4–4,5 g för att hålla ned farten. Vid en höjd strax över FL 200 intogs en normal sjunkattityd med 10 graders dykvinkel. Under den skruvliknande rörelsen nedåt upplevde piloten att det inte var någon funktion i g-dräkten och att det var fysiskt jobbigt vid g-belastningen. Denna känsla tillsammans med den befarade syrgasbristen medförde att piloten blev orolig för sin situation med eventuell syrgasbrist och risk för g-inducerad medvetlöshet. Piloten relaterade till hur han hade reagerat under träning i undertryckskammare då han upplevt att han förlorat medvetandet i ett mycket snabbt förlopp.

Piloten anmälde nödläge och ställde in transponderkoden på 7700⁹ och fortsatte att sjunka till en höjd under FL 100. Vid passage av FL 100 upplevde piloten en varm känsla i kroppen. Han kände igen känslan från tidigare undertryckskammarträning då syresättningen blivit normal. Piloten meddelade att han avsåg att nödlanda på Såtenäs som var den närmast belägna militära flygbasen.

⁵ A 214 (ANTI-G SUPP PRESS LO) – Miljökontrollsystemet levererar för lågt tryck för att tillhandahålla tillräckligt anti-g skydd.

⁶ C 203 (EMGY OXY ACTIVE) – Upplyser föraren om att nödsyrgasen förbrukas. Varningen ges då nödsyrgasen varit automatiskt aktiverad under 20 sekunder.

⁷ B 200 (OBOGS MALF) – Nödsyrgasregleringen övergår till sparläge.

⁸ BEOS (Back-up/Emergency Oxygen Supply) – Nödsyrgas.

⁹ 7700 – Den internationella transponderkoden för nödläge.

Under inflygningen till Såtenäs indikerade varningssystemet att nödsyrgasen endast räckte tre minuter till. Piloten genomförde en instrumentinflygning till bana 19. Under inflygningen tog nödsyrgasen slut. Piloten upplevde då att han inte fick någon luft och att han andades genom antikvävventilen i syrgasmasken. Inför landningen tog piloten av sig syrgasmasken och stängde samtidigt av PSU¹⁰ för att undvika fler felvarningar.

Efter att piloten taxat in och parkerat på uppställningsplatsen på Såtenäs genomfördes en T10¹¹-undersökning av teknisk personal samt en sjuksköterska.

Tillbudet inträffade över norra Vänern i dagsljus och i ett höjdiintervall mellan FL 340 och ned till låg höjd.

1.1.3 Övrigt

Piloten i rotetvåan med anropssignal C 92 har intervjuats. Dennes uppgifter överensstämmer med roteettans bild av händelseförloppet fram tills att roteettan i C 91 avbröt och lämnade över identifieringsuppdraget åt C 92. Piloten i C 92 hade ingen visuell kontakt med C 91 under tiden C 91 sjönk mot lägre höjd eftersom det var moln på höjder under FL 340.

Flygstridsledaren som ledde incidentuppdraget har också intervjuats och dennes uppgifter stämmer väl överens med vad piloterna uppgett. Via flygstridsledaren framkom det att det fanns en geografisk begränsningslinje för genomförandet av uppdraget med avseende på isbildningsrisken och därigenom begränsningar vad avser flygräddningsförmågan.

1.2 Personskador

	Besättning	Passagerare	Ombord- varande totalt	Övriga
Omkomna	-	-	0	-
Allvarligt skadade	-	-	0	-
Lindrigt skadade	-	-	0	Ej tillämpligt
Inga skador	-	-	1	Ej tillämpligt
Totalt	0	0	1	-

1.3 Skador på luftfartyget

Inga.

1.4 Andra skador

Inga.

¹⁰ PSU (Pilot Services Unit) – Pilotens reglerenhet som sitter sammankopplad med stolen i kabinen.

¹¹ T 10 – Försvarmaktens undersökningsprotokoll då det är fel på utrustning, som medfört förändrat hälsotillstånd under flygning.

1.5 Besättningen

1.5.1 Pilotens kvalifikationer och tjänstgöring

Piloten

Piloten, 34 år, hade militärt behörighetsbevis med gällande medicinsk behörighet.

Flygtid (timmar)				
Senaste	24 timmar	7 dagar	90 dagar	Totalt
Alla typer	1	1	26	976
Aktuell typ	1	1	26	698

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 26.
 Inflygning på typen gjordes 2014.
 Senaste OPC¹² genomfördes den 1 december 2020.

Tjänstgöring

Piloten har uppgett att han hade totalt 37,5 timmars flygtid de senaste 12 månaderna. Detta tidsuttag har uteslutande skett under hösten 2020, eftersom piloten varit föräldraledig under våren 2020.

Piloten hade haft normal tjänstgöring under veckan och hade tagit ett extra pass i incidentberedskapen under ett dygn.

1.6 Luftfartyget

1.6.1 JAS 39 C Gripen

JAS 39 C Gripen är ett enmotorigt stridsflygplan tillverkat av Saab AB. Planet är 14,1 meter långt och har en spännvidd på 8,4 meter. Maximal startvikt är 14 000 kg.



Figur 2. JAS 39 C Gripen. Foto: Försvarmakten.

¹² OPC (Operators Proficiency Check) – kontroll av flygkompetens.

1.6.2 *Flygplanet*

Typcertifikatinnehavare	Saab AB
Modell	JAS 39 C
Serienummer	393.246
Tillverkningsår	2005
Flygmassa, kg	Max tillåten 14 000
Masscentrumläge	Inom tillåtna gränser
Total gångtid, timmar	1 645
Gångtid efter senaste periodiska tillsyn, timmar	45

Motor	
Typcertifikatinnehavare	GKN
Motortyp	RM 12 B
Antal motorer	1
Motor	
Serienummer	12 282
Total gångtid, timmar	1128
Gångtid efter senaste periodiska tillsyn, timmar	10
Gångtid efter senaste över- syn, timmar	149

Kvarstående anmärkningar

Det fanns fyra kvarstående anmärkningar relaterade till miljökontrollsystemet (ECS). Dessa anmärkningar bedöms inte ha påverkat händelsen.

Luftfartyget hade gällande militärt luftvärdighetsbevis med gällande granskningsbevis (ARC).

1.6.3 *Miljökontrollsystemet*

Miljökontrollsystemet (ECS) försörjs med avtappningsluft från motorn eller hjälppaggregatet (APU). Avtappningsluften från motorn kyls och avfuktas. Temperatur, flöde och tryck regleras av miljökontrollsystemet före distribution till användarkretsarna.

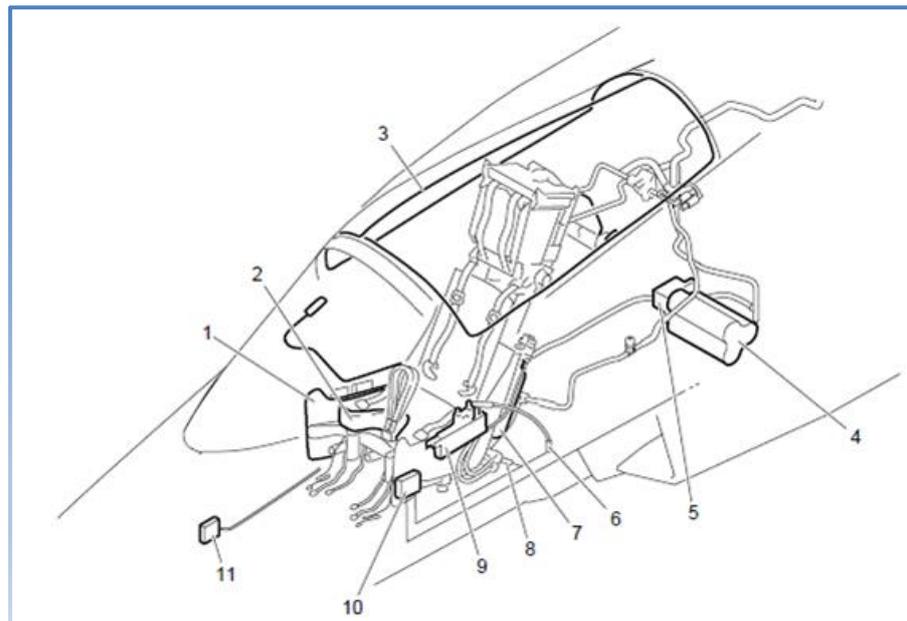
Några av miljökontrollsystemets uppgifter är att tillhandahålla konditionerad luft från motorn för kylning och trycksättning till olika funktioner såsom, kylning av flygplanselektronik, ventilation och temperaturkontroll i förarkabinen, trycksättning av förarkabin, tillförsel av trycksatt luft till syregenereringssystemet (OBOGS¹³) och anti-g-dräkt. Trycket är beroende av massflödet genom luftkylningsenheten.

¹³OBOGS (On-Board Oxygen Generator System) – Syregenereringssystemet.

1.6.4 Syre- och anti-g-system

Syre- och anti-g-systemets funktion är att motverka de fysiologiskt negativa effekterna på piloten vid flygning på hög höjd eller med hög g-belastning.

Miljökontrollsystemet förser det syregenererande systemet ombord (OBOGS) med avtappningsluft från motorn. Förutom rör och slangar mellan miljökontrollsystemet och förarkabinen så består det syregenererande systemet främst av en syregenererande enhet (OBOG) och en syreövervakande styrenhet (SSOM/C¹⁴), (se figur 3).



Figur 3. Installationen av syre- och anti-g-systemets komponenter. Nr 4 OBOG, Nr 5 SSOM/C, Nr 7 BEOS, Nr 9 PSU. Källa: FMV.

I systemet finns det sätesmonterade enheter som består av en pilot-serviceenhet (PSU) och en nödsyrgasflaska (BEOS). Nödsyrgasflaskan har en tryckgivare som mäter syretrycket och funktionsövervakas av flygplanets anpassningsenhet. På pilotens vänstra skärm (LD) indikeras tillgängligt syre i form av en stapel graderad i MPa. På nödsyrgasflaskan finns det även en analog tryckmätare.

Andningsgasen för piloten produceras i syregenereringsenheten. Syrekonzentrationen i den producerade andningsgasen styrs av den syreövervakande styrenheten som en funktion av kabintrycket. Syre- och anti-g-systemet levererar andningsgas till pilotens syrgasmask och bröstblåsa genom andningsregulatorn i pilotserviceenheten.

Om den normala andningsgasförsörjningen inte är tillgänglig, försörjs piloten med rent syre från nödsyrgasset (BEOS). Detta kan till exempel inträffa när tillförseln av avtappningsluft från miljökontrollsystemet stoppas eller blir otillräcklig, ett fel uppstår i den syreövervakande styrenheten, i den syregenererande enheten eller efter utskjut-

¹⁴ SSOM/C (Solid State Oxygen Monitor/Controller) – syreövervakande styrenhet.

ning. Andningsregulatorn i pilotserviceenheten fungerar på samma sätt oavsett om andningsgasen kommer från det syregenererande systemet eller nödsyrgassystemet.

Andningsregulatorn i pilotserviceenheten reglerar trycket i syrgasmasken och bröstblåsan som en funktion av kabintrycket och g-belastningen (vertikal acceleration).

Flödeshastigheten styrs av en behovsventil i andningsregulatorn. Behovsventilen påverkas av tryckvariationer som uppstår när piloten andas och av kabintrycket. Om en funktionsstörning uppstår kan behovsventilen förbikopplas.

Andningsregulatorn har en differenstrycksensor vilken ger en indikation på andningsgasflödet till flygplanets anpassningsenhet. Signalen används för felövervakning. Om ett kontinuerligt högt andningsflöde uppmäts under en längre tid genereras en felvarning eftersom detta indikerar ett läckage.

Om nödsyrgasen konsumeras till den tar slut så växlar pilotserviceenheten tillbaka till OBOG-försörjning. I de fall ECS har stängts av så finns inte andningsgas från OBOG att tillgå och piloten kommer då att andas kabinluft genom antikvävventilen.

Pilotens anti-g-dräkt trycksätts med motoravtappningsluft från samma punkt i miljökontrollsystemet som används för det syregenererande systemet. Avtappningsluften överförs via rör, slangar och en tryckreducerventil (PRV) till anti-g-ventilen i pilotserviceenheten. Trycket till anti-g-dräkten regleras i förhållande till g-belastning och kabintryck. Även g-trycket regleras av pilotserviceenheten.

Andningssidan och g-trycksidan i pilotserviceenheten är delvis sammanlänkade. Trycket på andningssidan används som servotryck till g-trycksregulatorn, som styr inlopps- och utloppsventilen genom att reglera deras mottryck. Därför behöver utloppstrycket efter OBOG vara minst 130 kPa över omgivningstrycket. Om detta inte kan upprätthållas aktiveras nödsyrgasen i syfte att öka trycket på pilotserviceenhetens andningssida.

Flygplanets anpassningsenhet (AIU) övervakar signaler från den syreövervakande styrenheten, nödsyrgassystemet, pilotserviceenheten, tryckgivare i försörjningssystemet, tryckgivare (APTA) till anti g-byxa och de generella systemens elektroniska styrenhet (GECU). Signalerna övervakas under säkerhetskontroll (under uppstartsförloppet) och kontinuerligt under drift. Vid behov ändrar flygplanets anpassningsenhet automatiskt andningstillförseln från syregenereringsenheten till nödsyrgassystemet.

På pilotserviceenheten finns det en TEST-knapp för att kontrollera syrgasmasken, bröstblåsan och anti-g-dräkten före flygning.

1.6.5 *Försörjningssystemet för syrgas och anti-g-system*

Syregenereringsenheten (OBOG) innehåller främst inloppsfilter som tar bort partiklar från luften, en tryckreduceringsventil (PRV) som minskar och stabiliserar lufttrycket och tre filterbäddar som innehåller en mineral som huvudsakligen absorberar kväve från motorns avtappningsluft. Membran och magnetventiler för varje filterbädd i syregenereringsenheten regleras av den syreövervakande styrenheten (SSOM/C).

Filterbäddarna i syregenereringsenheten är känsliga för vatten. Därför driftsätts de endast när pilotserviceenheten är i läget ”PÅ”. Vid uppstart av flygplanet kommer dock syregenereringsenheten att vara i drift under korta perioder för att en säkerhetskontroll (SC) ska kunna utföras.

Filterbäddarna laddas och ventileras i cykler. Vid laddning genereras syreberikad andningsgas. När bäddarna ventileras släpps de oönskade gaserna ut i omgivningen. Den syreberikade andningsgasen överförs till andningsregulatorn i pilotserviceenheten (PSU) genom rör och slangar.

Syregenereringsprocessen kontrolleras av den syreövervakande styrenheten. Kontrollen baseras på aktuellt kabintryck som mäts av en tryckgivare i den syreövervakande styrenheten. Som en funktion av kabinhöjden (kabintryck) kan syrehalten varieras genom att ändra laddnings- och avluftningstiderna för filterbäddarna.

Syregenereringsenheten har två lägen vid drift:

- Auto-läge, från 0 till 15 000 fot kabinhöjd, enheten reglerar syreinhållet mellan 35 och 55 procent syrgas.
- Max-läge, över 15 000 fot kabinhöjd, enheten gör så mycket syrgas som möjligt, upp till 94 procent syrgas.

En syregivare i den syreövervakande styrenheten mäter syrets partialtryck i andningsgasen som produceras i syregenereringsenheten. Om det uppmätta partialtrycket är för lågt kommer den syreövervakande styrenheten att ge en signal till flygplanets anpassningsenhet (AIU) och vid behov aktivera nödsyrgassystemet (BEOS).

Mjukvaran i SSOM/C är kvalificerad/certifierad till en överenskommen nivå enligt standarden för mjukvarucertifiering (DO178B¹⁵). Mjukvaran i SSOM/C kontrollerar både syrehalten i andningsgasen och skickar en felsignal till AIU vid för låg syrehalt, vilket leder till en automatisk aktivering av BEOS enligt en given logik.

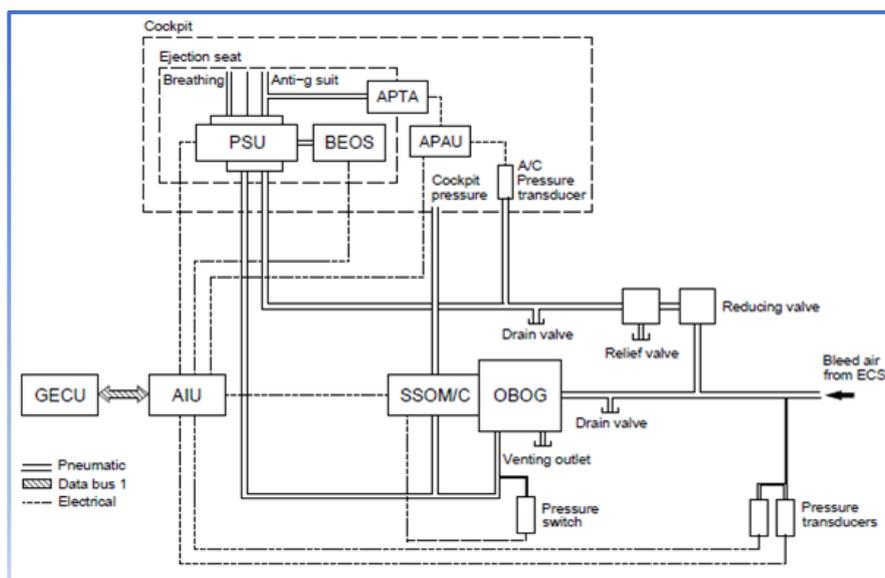
¹⁵DO-178B (Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification) – Programvaruövervakanden i luftburna system och utrustningscertifiering.

Enligt Saab/Honeywells¹⁶ systemsäkerhetsanalysdokumentation¹⁷ är felkonsekvensen för en felkombination där mjukvaran felreglerar utan att varna att syrehalten blir för låg, klassad som signifikant för flygsäkerheten. För att nå en acceptabel systemsäkerhetsnivå med mjukvarans angivna certifieringsnivå har Saab lagt till ett krav för alla besättningsmedlemmarna att vara utbildade på att kunna identifiera hypoxisymptom.

Syregenereringsenheten har ett krav¹⁸ att leverera en andningsgas som inte innehåller högre koncentration av följande ämnen än vad som anges nedan:

- Koldioxid maximalt 10 volym ppm¹⁹.
- Kolmonoxid maximalt 20 volym ppm.
- Totala mängd kolväten maximalt 50 volym ppm.

Innan motoravtappningsluften överförs till anti-g-ventilen (AGV) i pilotserviceenheten passerar den en reduceringsventil som minskar och stabiliserar trycket på avtappningsluften (se figur 4).



Figur 4. Försörjningssystemet för syrgas och anti-g-system. Källa: FMV.

Försörjningssystemet har två tryckgivare installerade före syregenereringsenheten. Dessa är anslutna till flygplanets anpassningsenhet och används främst för funktionsövervakning. Båda tryckgivarna mäter avtappningslufttrycket från klimatkontrollsystemet.

Andningsgasen försörjer pilotserviceenhetens anti-g-regleringskrets med servotryck.

¹⁶Honeywell – tillverkare av OBOGS.

¹⁷Säkerhetsdokumentationreferenser: Hazzard log: JSK8-RA-32-2167 issue 5; JSK8-32-SD20-2076 – Software Accomplishment Summary; JS-45656 – System Safety Assessment (SSA) for the Escape & Oxygen System, MG32 for K1.

¹⁸Saabs spec JS032-32-SP-00705, Iss 6: STANAG 3053, -3198, 3367, -3865.

¹⁹ppm (parts per million) – Är ett uttryck (dimensionslös storhet) vilket betyder ”antal per miljon”, eller ”miljondelar”; ppm är ett mått på andel, halt eller koncentration.

1.6.6 *Automatisk eller manuell aktivering av nödsyrgassystemet*

Nödsyrgassystemet kan aktiveras manuellt genom manövrering av nödsyrgashandtaget på framsidan av pilotserviceenheten. Manuell aktivering av nödsyrgas registreras inte i flygplanets data.

I vilka förhållanden nödsyrgassystemet aktiveras automatiskt beror på om systemet är i normalt läge eller sparläge, vilket styrs genom flygplanets anpassningsenhet (AIU).

Nödsyrgassystemet aktiveras automatiskt om kabintrycket är mycket lågt, syrets partialtryck i andningsgasen är för lågt eller utloppstrycket från syregenereringsenheten är för lågt. När nödsyrgassystemet har varit automatiskt aktiverad i 20 sekunder i följd meddelas piloten genom att felvarningen C 203 (EMGY OXY ACTIVE) aktiveras.

Låg syrehalt och lågt utloppstryck från OBOG registreras av syregenereringsenhetens styrenhet (SSOM/C) som skickar vidare detta till AIU, med den kombinerade signalen *Oxygen_Cnctr_And_Pr_OK*. AIU använder signalen för att avgöra om BEOS ska aktiveras eller inte. Där emot aktiveras ingen varning kopplad direkt till vare sig låg syrehalt eller lågt utloppstryck.

Aktiveringsstrategin skiljer sig åt mellan två lägen:

Normalläge:

Nödsyrgassystemet aktiveras direkt när kabintrycket är lågt (<34 kPa), syrets partialtryck i andningsluften är för lågt, eller utloppstrycket från syregenereringsenheten är för lågt.

När BEOS varit automatiskt aktiverad 20 sekunder i följd ges felvarningen 'C 203 EMGY OXY ACTIVE'. Det är vanligt att problemet (lågt tryck/låg syrehalt) till en början uppträder intermittent för att sedan övergå till mer frekvent/konstant förekomst. I sådana fall kan BEOS slås på och av upprepade gånger innan varningen ges.

Aktiveringen upphör då kabintrycket stigit till tillfredställande nivå (>36 kPa), samt partialtryck och utloppstryck från syregenereringsenheten varit ok i åtta sekunder i följd.

Sparläge:

Om varningen C 203 EMGY OXY ACTIVE är aktiv och har varit aktiv i åtta sekunder kan under vissa förutsättningar felvarningen B 200 OBOGS MALF ges. Detta för att indikera att automatisk aktivering av nödsyrgassystemet kommer att gå över i sparläge.

Sparläget aktiveras 172 sekunder efter att varningen B 200 OBOGS MALF har aktiverats. I de fall då nödsyrgassystemet fortfarande är automatiskt aktiverat kommer detta att stängas av. När sparläget är aktiverat kommer det att förbli aktivt under resten av flygningen. Därefter får piloten inte förlita sig på att automatisk aktivering av nödsyrgasen kommer att ske vid behov, och inte heller att få indikation om nya uppkomster av vare sig låg syrehalt eller lågt utloppstryck från OBOG.

Fortsatt leverans från nödsyrgassystemet är möjlig om piloten manuellt aktiverar den med nödsyrgashandtaget på pilotserviceenheten (PSU).

1.6.7 Trycksättning av anti-g-dräkt

Anti-g-ventilen i pilotserviceenheten styr tillförsel och tömning av luft till anti-g-dräkten. För att uppnå en tillräckligt snabb uppblåsning av g-dräkten under alla driftsförhållanden levererar systemet ett konstant grundtryck. Tillförseln förändras i förhållande till den vertikala accelerationen (g-belastningen) enligt en trycktabell specificerad för flygplanet.

Anti-g-ventilens utloppstryck styr också tryckandningen relativt g-belastning (PBG) och ökar andningsgasförsörjningstrycket till masken vid ökad vertikal acceleration. I slangen som kopplas in till g-dräkten finns det en tryckgivare (APTA), som registrerar trycket i g-byxan (se avsnitt 1.11.1).

1.6.8 Personlig flygutrustning

Den personliga utrustningen består bland annat av flyghjälm, syrgasmask med tillhörande maskslang, överlevnadsjacka med tillhörande andningsslang samt g-dräkt.

Syrgasmasken är sammankopplad med pilotens flyghjälm och maskslangen kopplas samman med andningsslangen på överlevnadsjackan före flygning. Piloten använde en flyghjälm av typen 116²⁰ som är standardhjälm för JAS 39 C/D Gripen.

Andningsslangen består i huvudsak av fyra delar; Andningsslang, pilotanslutning (ff-anslutning), utloppsventil samt kommunikationsledning. Pilotanslutningen utgör en snabbkoppling mot PSU-enheten. Anslutningen av g-dräkten sker via pilotanslutningen. Syrgas till syrgasmask och komprimerad luft levereras genom pilotanslutningen. Dessutom står pilotanslutningen tillsammans med kommunikationsledningen för överföring av telefonin till syrgasmask och hjälm.

²⁰ Till JAS 39 C/D finns flyghjälm i flera versioner.



Figur 5. Flyghjälm, syrgasmask och maskslang samt överlevnadsjacka med andnings slang.
Foto: Försvarsmakten.

1.6.9 *Fellarm*

Vid en felvarning larmar huvudvarningen med växelvis blinkande röda varningslampor på instrumentbrädan samtidigt som en ljudsignal uppmärksammar piloten på att ett fel uppstått. Samtidigt presenteras felet på varningspanelen. Normalt kvitteras huvudvarningen och felet presenteras även med en felkod på en av pilotens skärmar. Åtgärder presenteras på skärmen (FMAN²¹) och piloten har även en nödchecklista i fysiskt format med sig i flygplanet.

Felkoder delas in i olika kategorier benämnda A, B eller C. Följande definitioner visar skillnaden mellan felkategorierna:

A: Fel som påverkar flygsäkerheten och kräver omedelbara åtgärder.

B: Fel som påverkar flygsäkerheten, men som inte kräver omedelbara åtgärder.

C: Ingen inverkan på flygsäkerheten men kan påverka uppdraget.

²¹ FMAN – Elektronisk nödchecklista.

Aktuella felkoder

Följande felkoder i AOM²² var aktuella för händelsen. AOM är den manual som piloterna har tillgång till för att beskriva flygplanet med dess delar och funktioner.

B 180 PSU OFF

B 189 BEOS OXY ESCAPE ONLY

B 190 OXY FLOW HI

B 200 OBOGS MALF

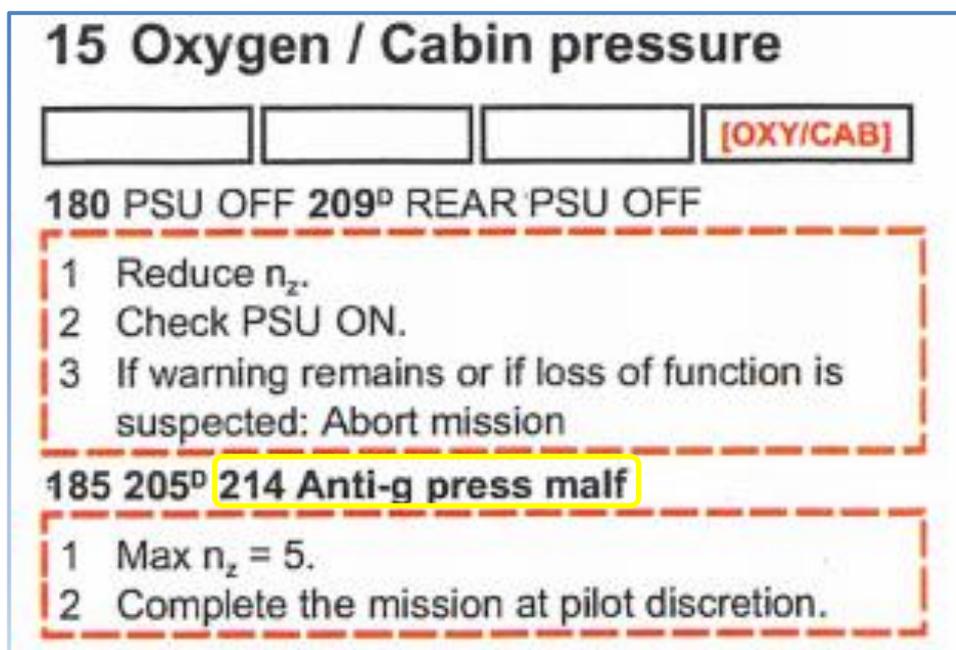
C 203 EMG OXY ACTIVE

A 214 ANTI-G SUPP PRESS LO

Under utredningen har haverikommissionen erhållit underlag från flygplanstillverkaren Saab AB på beskrivningarna av felen som avviker från de publicerade beskrivningarna i AOM.

Åtgärder enligt nödchecklistan

Åtgärder under rubriken 15 Oxygen/Cabin pressure presenteras i följande tre figurer som är delar ur den fysiska nödchecklistan som piloten har med sig under flygningen.



Figur 6. Nödchecklista JAS 39 C/D GRIPEN Felkod A 214.

²² AOM (Aircraft Operating Manual) – Handbok för flygplanet.

189	190	193	200	203	210^D	213^D
------------	------------	------------	------------	------------	------------------------	------------------------

- 1 **200:** Max $n_z = 5$.
- 2 ALT < 20000 ft.
- 3 **189, 200, 203:** Check BEOS pressure.
213^D: Check BEOS pressure if rear seat is occupied.
- 4 **200:** If req.: Activate BEOS man. (lasts ≤ 15 min).
- 5 **190, 210^D for rear seat:**
 - Check connections
 - Tighten oxy mask.
- 6 **193:** If also oxy problem: ALT < 10000 ft.
- 7 **190, 193, 210^D for rear seat:** If warning remains or if loss of function is suspected: Abort mission.
- 8 **Other:** Complete mission at pilot discretion.

Note: 193: If visibility is severely reduced by mist in the cockpit (due to decompression): Consider CANOPY JETT.

Figur 7. Nödchecklista JAS 39 C/D Gripen Felkod B 189, B 190, B 200, C 203.

Suspected hypoxia / Disturbed resistance

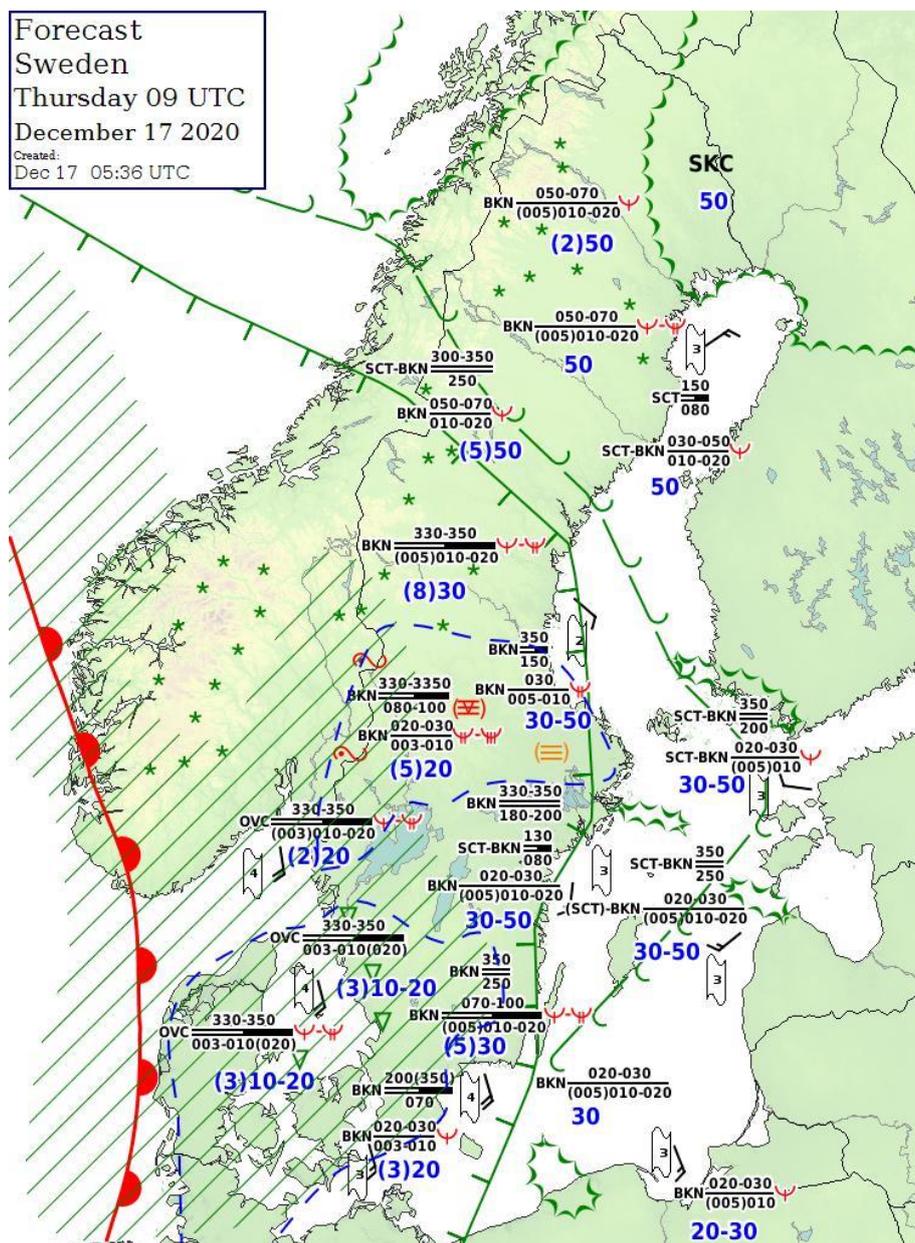
- 1 Activate BEOS man. (lasts ≤ 15 min.)
- 2 If req.: Select PSU BYPASS mode.
- 3 If required:
 - Check PSU ON.
 - Check for leaks in mask, breathing hose/connection, CDV and PSU man portion.
- 4 ALT < 20000 ft.
If also cockpit decompression:
ALT < 10000 ft.
- 5 Fly gently.
- 6 Abort mission.

Figur 8. Nödchecklista JAS 39 C/D Gripen Misstänkt syrebrist.

1.7 Meteorologisk information

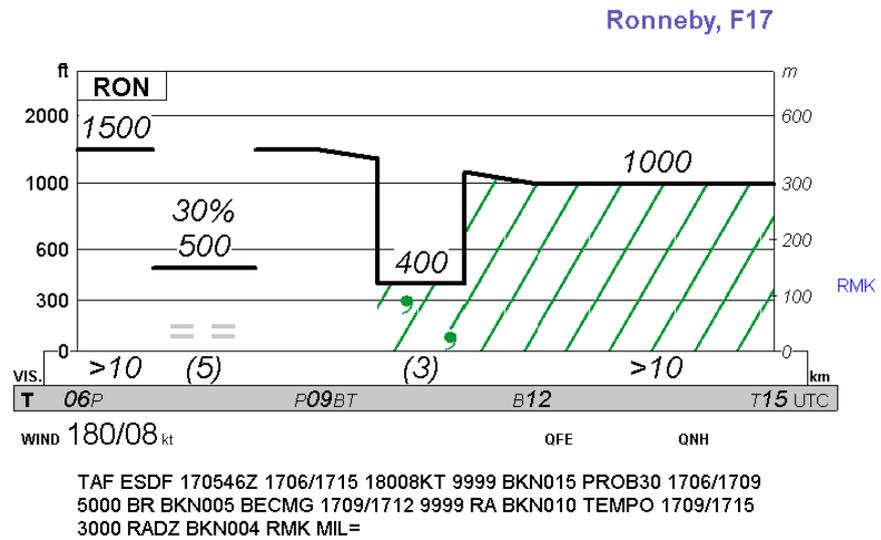
Enligt SMHI:s analys var det allmänna väderläget den 17 december 2020 följande.

En frontzon berörde västra Götaland med regn eller duggregn och utbredda stratusmoln. Skiktade moln fanns från låg höjd och översidorna låg på FL 330–350 (se figur 9).

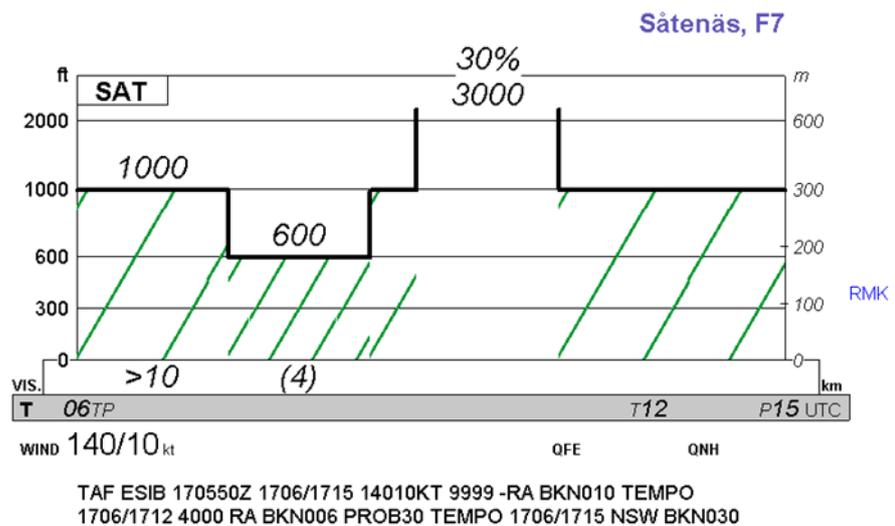


Figur 9. Militär flygväderkarta. Källa: SMHI/Uppsala.

Väderprognoserna för Ronneby och Sätenäs som presenterades för incidentbesättningen på morgonen visas i figur 10 och 11. Prognosen för Ronneby innebar att roten hade Visby som alternativ landningsbas vid starten av flygningen. Alternativet togs bort av rotechefen under anflygningen. Detta gjordes efter en uppdatering av väderläget från flygstriksledaren som innebar att väderförsämringen på Ronneby kom efter planerad landningstid.

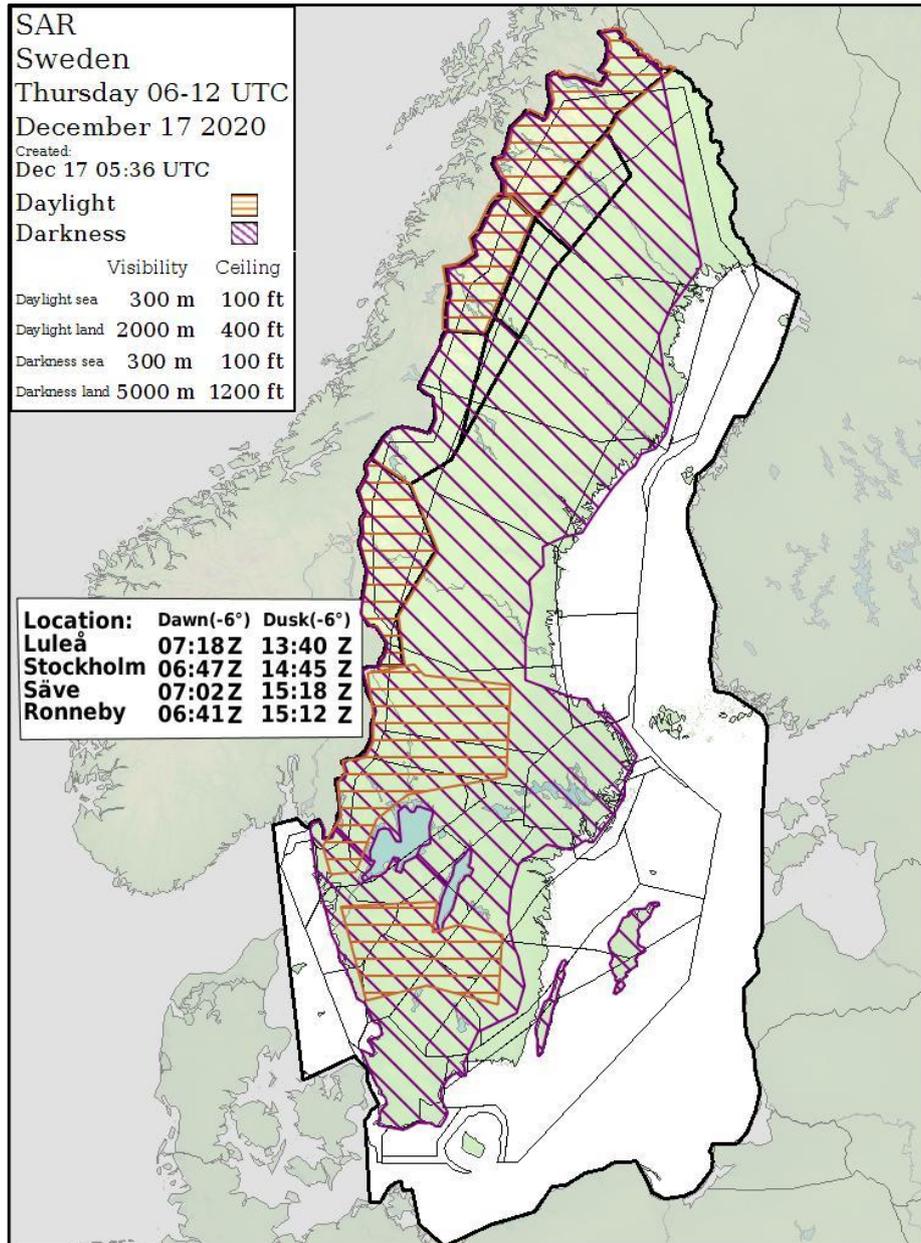


Figur 10. Väderprognos för Ronneby. Källa: Försvarmakten.



Figur 11. Väderprognos för Såtenäs. Källa: Försvarmakten.

Den militära vädercentralen hade publicerat och sänt ut en begränsningskarta för flygräddningsuppdrag (SAR) för den 17 december 2020 för perioden 0600–1200 UTC (se figur 12).



Figur 12. Begränsningskarta flygräddning (SAR) från METOCC. De horisontellt markerade områdena innebär begränsning dagtid då det är isbildningsrisk. Lilafärgade områden innebär begränsningar under mörker. Källa Försvarsmakten.

1.8 Navigationshjälpmedel

Ej aktuellt.

1.9 Radiokommunikationer

Haverikommissionen har tagit del av radiokommunikationen mellan piloten, flygstridsledaren och den kommunikation som piloten hade med flygtrafiktjänsten på Sätenäs i samband med att han genomförde nödlandningen där. Kommunikationen stödjer uppgifterna om händelseförloppet och visar inte på något avvikande.

1.10 Flygfältsdata

Inte aktuellt.

1.11 Färd- och ljudregistratorer

JAS 39 C/D Gripen har flera enheter som registrerar data under flygning.

DTU-P (Data Transfer Unit Pilot) är en datastav som laddas med uppdragsdata och andra systemparametrar före flygningen och som sedan registrerar data under flygningen för många av de cockpitrelaterade parametrarna. Normalt hanteras datastaven av piloterna.

Haverikommissionen har tagit del av data från DTU-P och MMC²³, som har spelats upp i Mission Support System MSS. Ljuddata ur MSS har separerats från övriga data och analyserats för sig.

DTU-GC (Data Transfer Unit – Ground Crew) är en datastav som används för att ladda systemuppdateringar, registrera flygplanets systemhälsa och felstatus och även motorparametrarna. Datastaven hanteras normalt av tekniker.

Haverikommissionen har tagit del av data från DTU-GC som har spelats upp i Mission Ground Support System – MGSS.

Haverikommissionen har inte tagit del av data från CSMU²⁴.

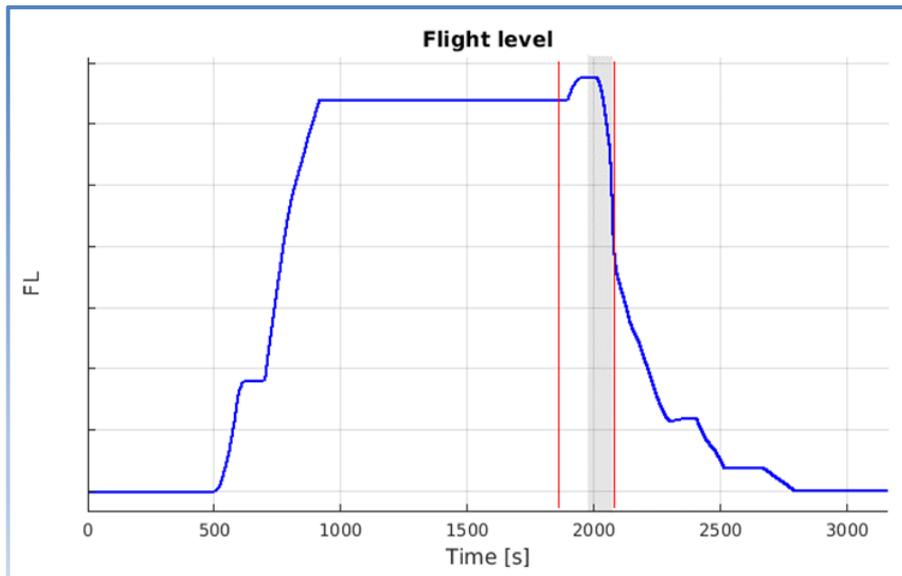
1.11.1 Färdregistratorer

Haverikommissionen har tagit del av registrerade data från flygpasset i form av MGSS-data. Från denna kan utläsas att flygningen startade kl. 07.13 och avslutades kl. 07.52, bägge tider UTC.

Följande graf, figur 13, visar registrerade data från hela flygningen med en höjdprofil och där tiden anges i sekunder. Tiden börjar vid 0 i samband med att flygplanets hjälppaggregat (APU) startas. Tiden 1 859 till 2 079 sekunder är markerad med två vertikala linjer och definieras som den kritiska tiden under flygningen. Det gråmarkerade fältet i grafen markerar 90 sekunder då nio stycken primära varningar registrerats.

²³ MMC (Multimode Memory Cassette) – Är en inspelningsenhet som registrerar video som spelar in med hjälp av flera olika system.

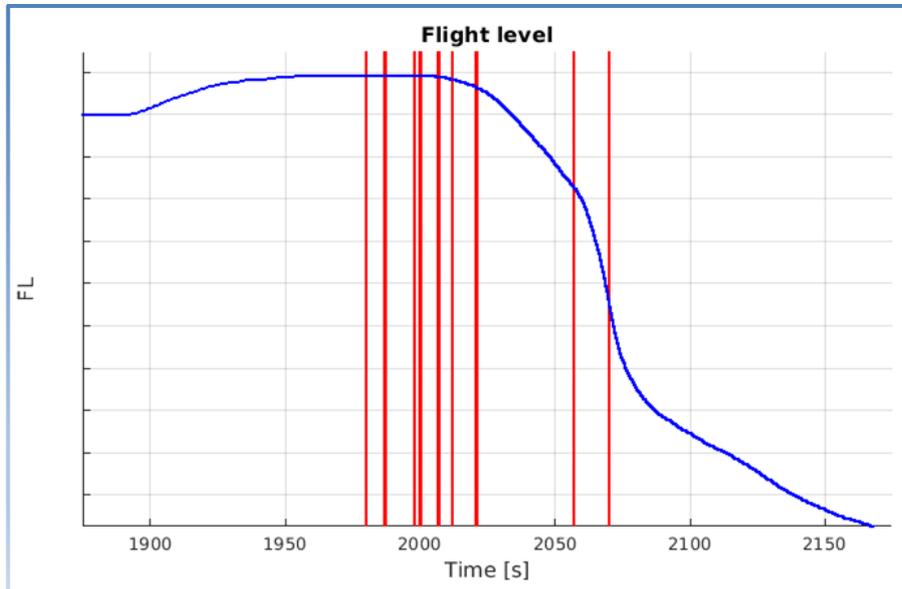
²⁴ CSMU (Crash Survivable Memory Unit) – Registrerar grundflygdata och ska kunna klara ett haveri på samma sätt som en civil färdregistrator (FDR).



Figur 13. Hela flygningen med höjdprofil beskriven i blå färg. Markerat område där händelsen inträffat samt tiden för felvarningar. Källa: Saab AB.

Felvarningar

För att tydliggöra felvarningarna under den kritiska tiden har grafen expanderats nedan i intervallet 1 980 till 2 070 sekunder. Sammanlagt felvarnade flygplanet nio gånger under denna tidsperiod (se figur 14 och tabell i figur 15).



Figur 14. Felvarningar mellan tid 1 980 och 2 070 sekunder markerade med röda linjer. Höjd-kurva för tiden mellan 1 859 och 2 150 sekunder. Källa: Saab AB.

Tid från APU start	Fellarm	Felvarning	Höjd	Anm
1980	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO	FL 340	
1989	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO	FL 340	
1999	C 203	EMG OXY ACTIVE	FL 340	Piloten avbryter Uppdraget
2000	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO	FL 340	
2007	B 200	OBOGS MALF	Påbörjar sjunk från FL 340	
2012	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO		
2021	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO		
2057	A 214	ANTI-G SUPP PRESS LO	FL 285	
2070	C 203	EMG OXY ACTIVE	Passage FL 225	Belastning 4-4,5 g

Figur 15. Tabell med felvarningar mellan tid 1 980 och 2 070 sekunder.

Miljökontrollsystemet (ECS)

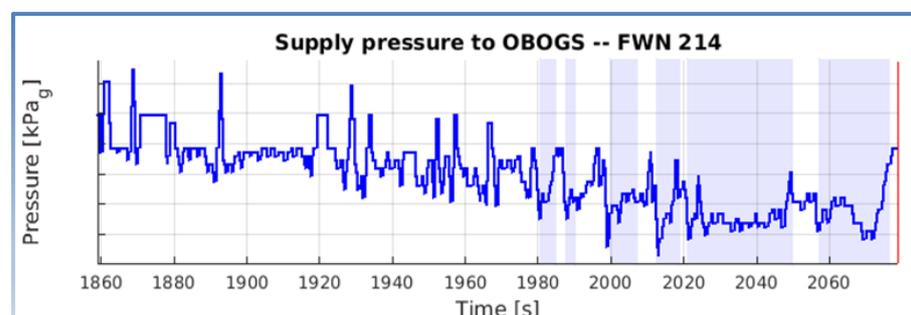
För att tydliggöra miljökontrollsystemets funktion under flygningen presenteras registrerade data i form av lufttemperatur efter den primära värmeväxlaren, lufttryck in till syregenereringsenheten (OBOG) och gasreglagevinkeln (PLA).

Registrerade data visade att flygplanet nådde FL 320 efter 900 sekunder med ett system som levererade luftflöde med bra tryck och temperatur till syregenereringsenheten. Miljökontrollsystemet fick därefter problem med regleringen av luftflödet och temperaturgivaren registrerade sjunkande lufttemperatur, från ett normalvärde på 100–110°C ner till 72°C. Samtidigt sjönk lufttrycket in till syregenereringsenheten från 325 kPa till 219 kPa, trots ett relativt högt gaspådrag.

När piloten påbörjade stigningen från FL 320 till FL 340 1 890 sekunder in i passet, kopplades den automatiska fartkontrollen ur och piloten manövrerade gasreglaget för att anpassa fart och höjd till målet. I detta skede justerades gasreglagevinkeln (PLA) först ner mot 35–45 grader och sedan ett flertal gånger mellan 35 och 80 grader. Detta resulterade i att den registrerade temperaturen nedströms den primära värmeväxlaren och det registrerade lufttrycket vid inloppet till syregenereringsenheten sjönk ytterligare.

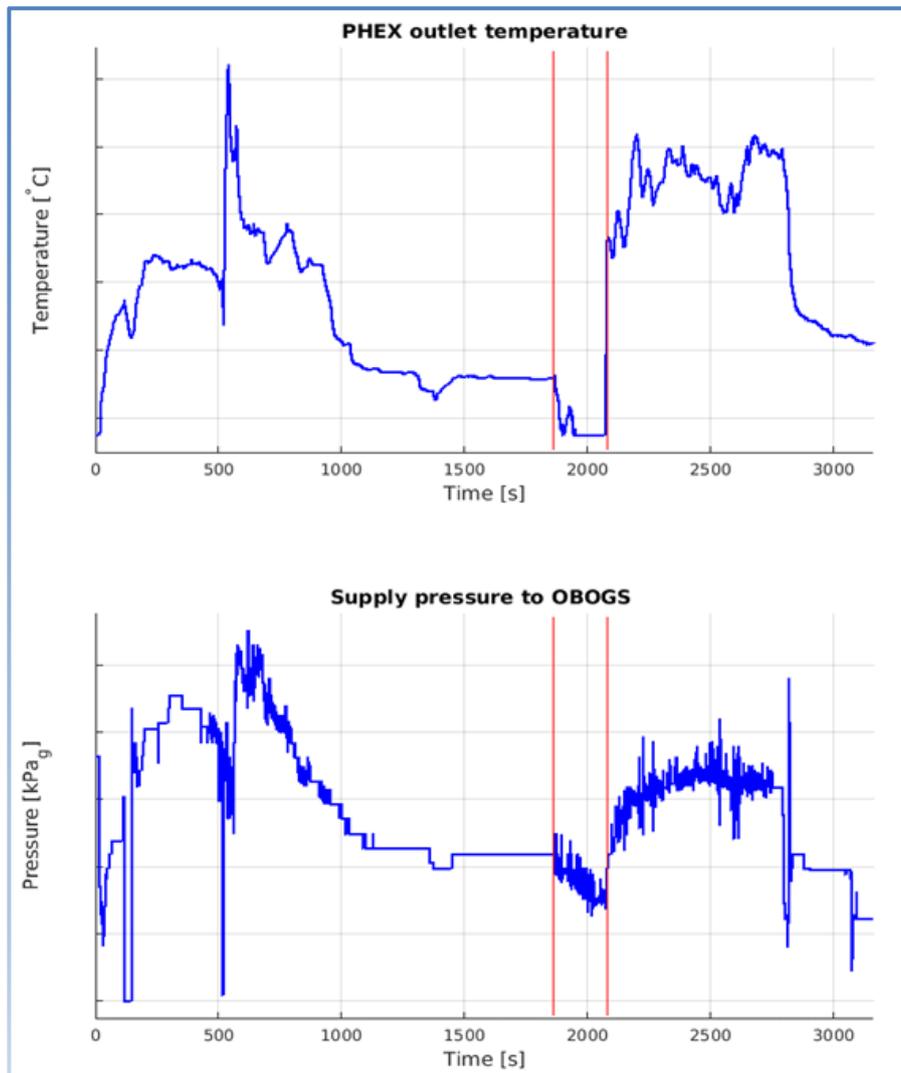
Den ökande flyghöjden till FL 340 i kombination med minskad gasreglagevinkel gav ytterligare temperatur- och trycksänkningar i miljökontrollsystemet. Temperaturgivaren registrerade i detta skede 54°C, vilket är den lägsta temperatur som kan registreras. Lufttrycket in till syregenereringsenheten sjönk för att vid tiden 1 980 sekunder sjunka under larmgränsen 150 kPa. Felvarning A 214 ”Anti-G pressure LO” registrerades för första gången och felet presenterades som huvudvarning för piloten.

Sammanlagt registrerades felvarningen ”A 214” sex gånger från tiden 1 980 sekunder och fram till tiden 2 070 sekunder. Figur 16 presenterar inloppstrycket till syregenereringsenheten och felvarning ”A 214” under den kritiska tiden av flygningen.



Figur 16. Inloppstrycket till syregenereringsenheten (OBOG) från miljökontrollsystemet. Ljusgrå markeringar indikerar när felvarning A 214 varit aktiverad. Källa: Saab AB.

Vid tiden 2 076 sekunder och framåt så visar registrerade data att miljökontrollsystemet återhämtade sig och både temperatur och tryck steg (se figur 17).



Figur 17. Lufttemperatur efter värmeväxlaren såsom den registrerats. Registrerat lufttryck i miljökontrollsystemet före syregenereringsenheten (OBOG). Källa: Saab AB.



Figur 18. Registrerad gasreglagevinkel (PLA) under flygningen. Källa: Saab AB.

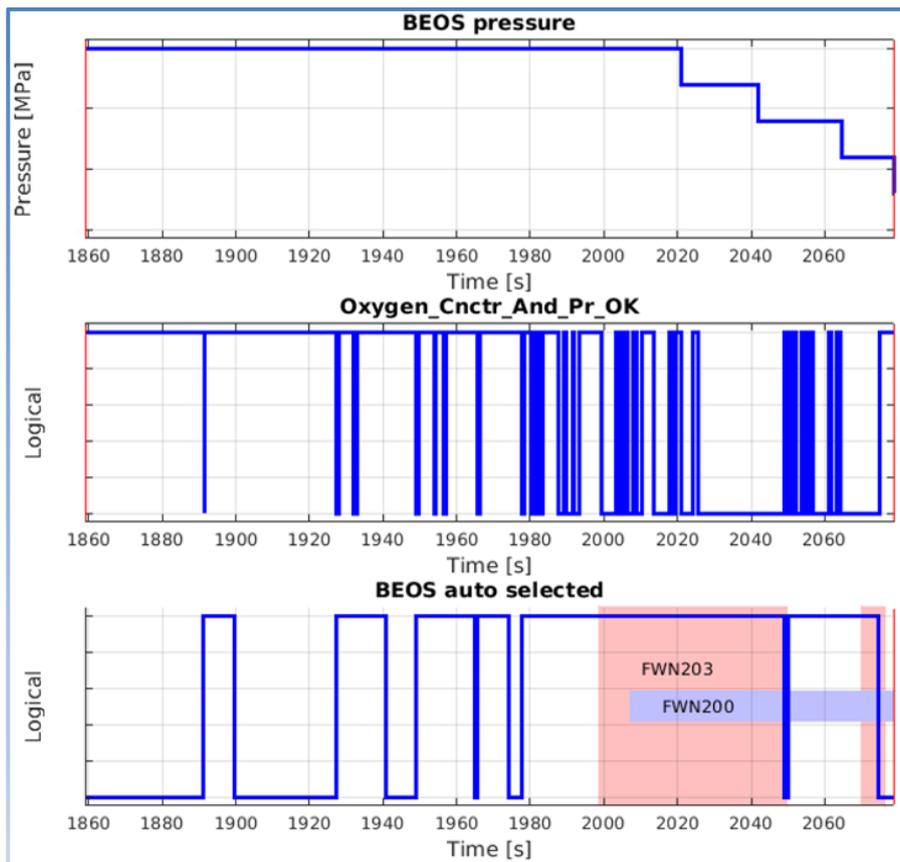
Aktivering av nödsyrgassystemet (BEOS)

Vid tiden 1 891 sekunder registrerades den första felindikationen från OBOG SSOM/C till AIU, då signalen ”Oxygen Concentration Pressure OK” sattes till 0. Nödsyrgassystemet (BEOS) aktiverades automatiskt på grund av att trycket efter syregenereringsenheten (OBOG) underskred 130 kPa. Registrerade data visar att nödsyrgassystemet aktiverades fyra gånger av samma anledning och att varje enskild kontinuerlig aktivering varade i mindre än 20 sekunder. Detta innebar att piloten i enlighet med systemets design inte fick någon information om aktivering.

Vid tiden 1 979 aktiverades nödsyrgassystemet automatiskt en femte gång. Efter kontinuerlig aktivering i 20 sekunder registrerades felvarning C 203 ”EMGY OXY ACTIVE”, vid tiden 1 999 sekunder. För piloten presenterades det som en huvudvarning. Åtta sekunder efter felvarning ”C 203” aktiverades felvarning B 200 ”OBOGS MALF” vid tiden 2 007 sekunder, i enlighet med systemspecifikationen.

I registrerade data kan det utläsas att nödsyrgassystemet har varit aktiverat vid olika tidpunkter från 1 891 sekunder och framåt, men ingen tryckreducering i nödsyrgasflaskan har registrerats före 2 020 sekunder. Nödsyrgasflaskans tryck registreras upp till 15 MPa (se figur 19).

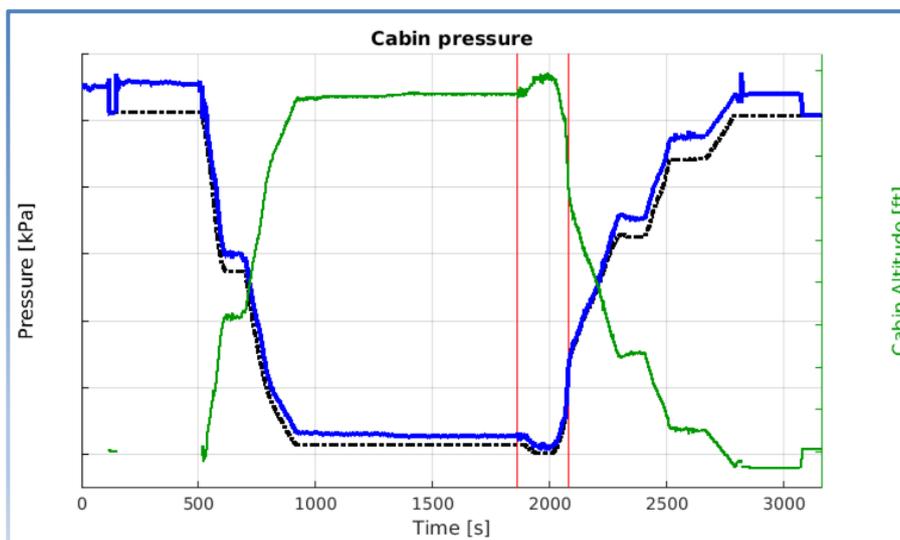
Trycket i nödsyrgasflaskan (BEOS) sjönk i förväntad takt fram till tiden 2 732 sekunder då syrgasen tog slut.



Figur 19. Tre grafer med registrerade data under den kritiska tiden. Övre grafen visar det registrerade trycket i nödsyrgasflaskan. Grafen i mitten visar övervakningssignalen "oxygen concentration and pressure OK". Om signalen är låg aktiveras nödsyrgassystemet. Den undre grafen visar när nödsyrgassystemet har varit automatiskt aktiverat. Det röda fältet markerar tiden då felvarning C 203 var aktiv och det ljusblå fältet markerar när felvarning B 200 var aktiv. Källa: Saab AB.

Kabintryck

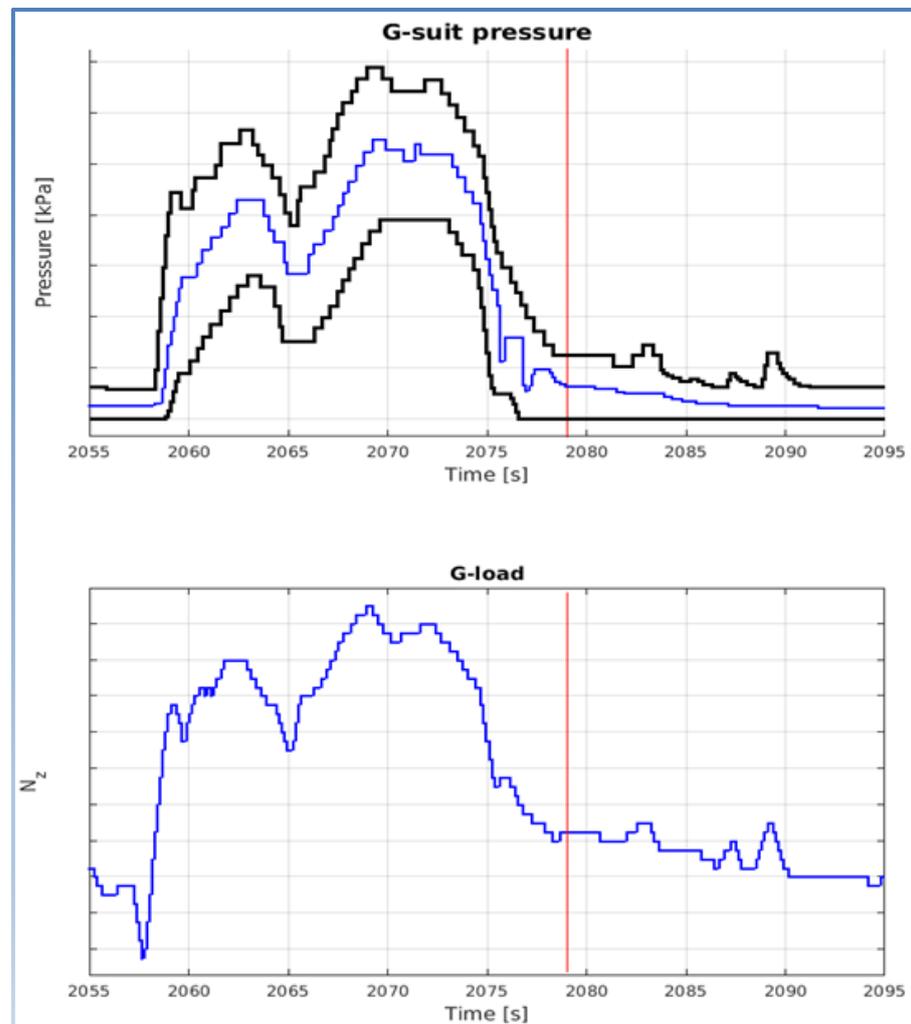
Följande graf visar hela flygningen och kabintrycket visas i relation till kabinhöjden. Kabintrycket överensstämmer väl med specificerat värde, eller något högre.



Figur 20. Kabintryck i förhållande till kabinhöjd. Blå kurva: Registrerad kabintryck och svart linje nominellt kabintryck. Grön kurva: Registrerad kabinhöjd. Källa: Saab AB.

Anti-g-funktionen

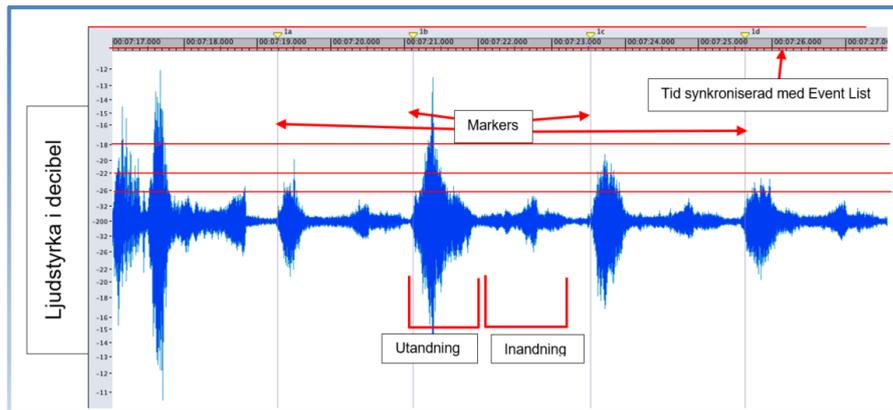
För att tydliggöra anti-g-dräktens funktion redovisas data för aktuell g-belastning i tidsintervallet 2 055 till 2 095 sekunder. Under detta intervall utförde piloten den nedåtgående spiralformade skruven med g-belastning. Enligt data kan det utläsas att trycket i anti-g dräkten var inom varningsgränserna för den aktuella g-belastningen (se figur 21).



Figur 21. Övre grafen: Den blå linjen visar registrerat g-dräktstryck. Blå linje är det aktuella trycket och de svarta linjerna är de undre och övre gränserna för varning. Den undre grafen visar den registrerade g-belastningen (N_z) under samma tidsförlopp. Källa: Saab AB.

1.11.2 Ljudregistrator

Haverikommissionen har tagit del av den ljudupptagning som fanns registrerad på MSS-data. Ur registrerade ljuddata har mätningar av pilotens andhämtning gjorts på ett antal avsnitt ur flygningen. Ljudfilen är 43 minuter och 21 sekunder lång. En synkronisering har gjorts med det första fellarmet A 214 vid 1 980 sekunder så att tiderna överensstämmer och ljudfilen startar i samband med starten av APU.



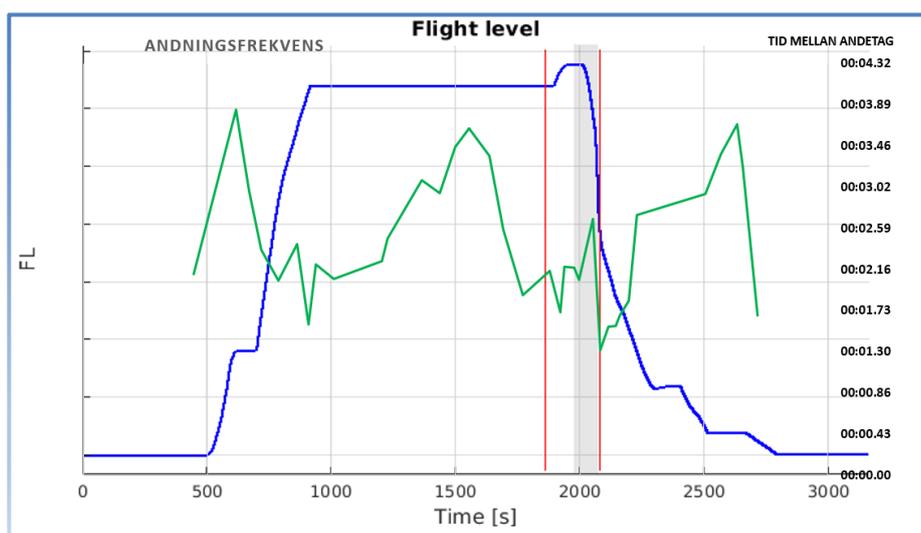
Figur 22. Principbild för hur andningsfrekvensen räknats ut.

I figur 22 syns ett antal markeringar (markers) som gjorts för att markera utandningar där dessa är tydliga. Dessa markeringar visar starten av respektive utandning. Ett medelvärde på tiden mellan dessa markeringar per fyra andetag har mätts upp.

I samtliga fall har serier av fyra sammanhängande utandningar valts för att få en bättre bild av andningsfrekvensen.

I de första 2/3 av filen, innan felindikeringarna uppstod, har färre utandningar valts. I samband med felet, som uppstod efter 33 minuter, har utandningar markerats med högre frekvens. Antalet avläsningar har dock begränsats av att många utandningar maskeras av varningsljud eller tal. Av avläsningarna kan konstateras att tiden mellan andningarna legat mellan 1,5 sekunder och upp till 3,9 sekunder.

Dessa medeltider har lagts in i ett diagram som projicerats för hela flygningen och jämförts med höjdprofilen för flygningen samt händelsemarkeringar för felvarningarna (se figur 23).



Figur 23. Andningsfrekvens, där medeltid mellan andetag visas med grön linje projicerad på en graf som representerar hela flygningen där blå linje visar flygningens höjdprofil. Gröna grafen infogad av SHK. Jämför figur 13. Källa: Saab AB.

1.12 Plats för händelsen

Tillbudet inträffade över norra delen av Vänern under dagsljus och i ett höjdintervall mellan FL 340 och ned till låg höjd.

1.13 Medicinsk information

Piloten har uppgivit att han upplevde sig påverkad fysiskt under flygningen i samband med att flygplanet felvarnade. Han upplevde att det kröp i kroppen och att synfältet krympte. Han kände en olustkänsla och att det gick långsamt i tankeprocessen. Förloppet var relativt kort och varade i 90 sekunder.

Piloten genomgick läkarundersökning av flottiljläkaren på F 17 direkt efter ankomst tillbaka till Ronneby. Inget avvikande framkom under läkarundersökningen.

Inget Covid-19 test för undersökning om en aktiv Coronainfektion gjordes vid läkarundersökningen direkt efter händelsen. Piloten genomförde den 8 mars 2021 ett antikroppstest för Covid-19 och resultatet av testet påvisade inga antikroppar mot SARS-CoV-2 IgG. Det fanns således inga tecken på en genomgången infektion.

1.13.1 T 10-undersökning

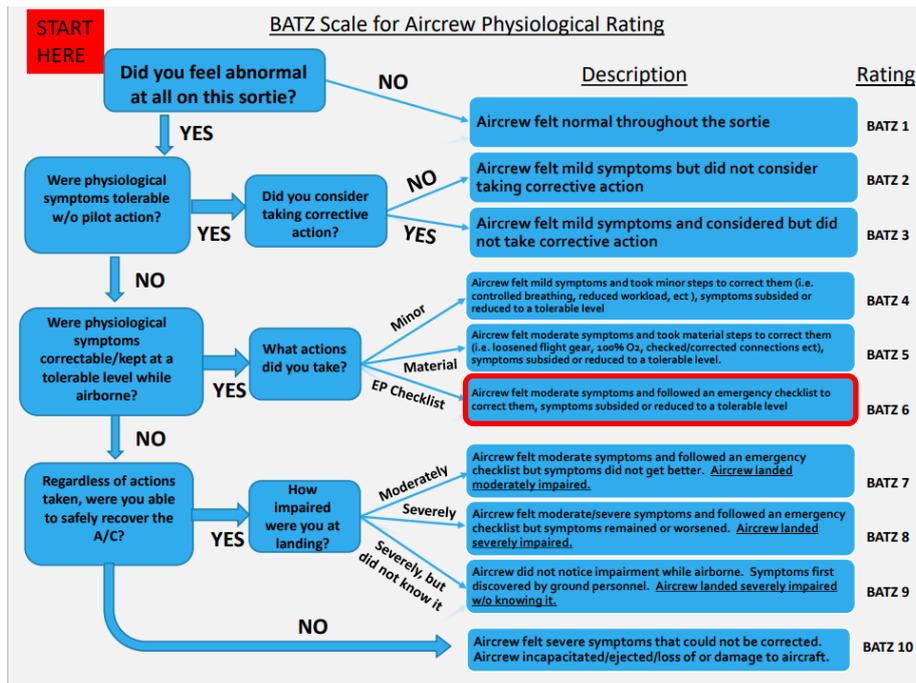
Efter flygningen gjordes en första undersökning av piloten på uppställningsplatsen med piloten fortfarande fastspänd i flygplanet. Undersökningen gjordes enligt ett T 10-protokoll och genomfördes av teknisk personal och en sjuksköterska från F 7:s sjukvårdsenhet. Inget avvikande upptäcktes i samband med genomförandet av undersökningen.

T10-protokollet M7102- 541 625 som användes var av utgåva 1 från 2009–10. Det gällande T10-protokollet är utgåva 4 som är daterat 2020–08.

Båda utgåvorna hade samma positioner för test av utrustningen och den enda skillnaden i utgåvorna bestod i skillnader av administrativ karaktär vad avsåg sändlista dit den skulle skickas efter ifyllnad.

1.13.2 Egenbedömning av fysiologiska reaktionerna

Under den första intervjun med piloten presenterades en matris benämnd Batz-skalan för att bedöma de fysiologiska reaktionerna hos en pilot vid en onormal händelse. Skalan kommer från en presentation som gjorts efter de händelser som det amerikanska flygvapnet har haft med stridsflygplanet F-22 och den visades för piloten som därefter beskrev hur han bedömde sin situation. Piloten skattade sin reaktion till 6 på den presenterade Batz-skalan (se figur 24). Det innebär att han kände måttliga symptom och följde nödchecklistan för att korrigera dem och symtomen minskade till en acceptabel nivå.



Figur 24. Batz-skala för bedömning av fysiologiska reaktioner.

1.13.3 Psykologiska faktorer

En kompletterande intervju gjordes med piloten den 12 april 2021 tillsammans med en flygspecialpsykolog.

Bakgrund

På flottiljen hade syrgasförsörjningen i JAS 39 C Gripen varit föremål för ingående diskussioner och genomgångar kort tid före det aktuella flygpasset. Anledningen var händelser tidigare under året på F 21 Luleå. I analysarbetet hade det identifierats att alla systemfunktioner, samt konsekvenser av olika grader av felfunktion, inte var tillräckligt väl kända hos den flygande personalen. Vid det nu aktuella tillfället var funktionerna väl genomgångna och väl kända av piloten. Han har uppgett att det underlättade beslutsfattandet och den initiala hanteringen av felindikationer och felfunktioner.

Förutsättningarna inför flygningen var goda. Individen ingick i incidentbesättningen och skulle avlösas nära tidpunkten för den aktuella starten. Piloten har uppgett sig ha fått fullgod sömn och följde normal dygnsrytm. Behovet avseende mat och dryck var väl sörgt för.

Piloten upplevde det inte som besvärligt eller på annat sätt belastande att det blev start i stället för avveckling. Inte heller upplevde han uppdragets art som betungande. Piloten har inte rapporterat någonting avvikande avseende sina basala rutiner kring hälsa och kost.

Tidigare under året hade piloten varit ledig från arbetet under en period, men hade sedan sommarssemestern ingått i ordinarie verksamhet vid divisionen och var väl återinflugen. Han upplevde sig vara i bra flygtrim och hade inte några begränsningar i flygverksamheten. Han hade ingått i liknande incidentberedskap tidigare under perioden före det aktuella flygpasset.

Det finns inga indikationer som visar att piloten har varit under stark press socialt, personligt eller arbetsmässigt under perioden före händelsen. Som referens till detta har piloten angett att han både tidigare och efter händelsen upplevt mer intensiva perioder i sitt liv. Han har goda kunskaper i hur förhöjd belastning under lång tid kan yttra sig och kände sig inte överdrivet belastad vid tillfället.

Flygningen

Tiden på höjd under anflygningen upplevdes något långsam och relativt händelsefattig. Förloppet, från och med de första felindikeringarna till manövreringen för att lämna höjden, ägde rum under kort tid och tidsförloppet kan, av en utomstående, upplevas som intensivt. Piloten har dock inte upplevt att det var ett speciellt snabbt förlopp, utan i linje med vad han var van vid och uppfattade som normalt för vissa flygskeenden och händelser.

Tiden med egentliga störningar i synfält och långsamhet blev kort och i stället inträdde ett tydligt påslag och en kraftig aktivering av kroppen.

Piloten initierade ett nödsjunksförfarande där en kraftig dykmanöver inleddes. Flygläget ändrades från svag plané i VMC²⁵ till kraftigt sjunkande, under manövrering, med ca 70 graders dykvinkel i IMC²⁶-förhållanden. I denna manöver fick piloten intryck av att g-dräkten inte fungerade som förväntat, något som adderade ytterligare till situationens utmaningar och hade potential att fortsätta utvecklas negativt.

Pilotens initiala upplevelse och känslan som bär många likheter med klassiska symptom på syrebrist, blev alltså mycket kortvarig. Den kom snart att tas över, eller ersättes helt, av en annan kraftig känsla av obehag eller ångest, vilken piloten aldrig upplevt i ett flygplan tidigare.

Trots den intensiva situationen med alla ovanliga intryck upplevde piloten situationen som kontrollerad. Det berodde inte bara på den nyligen uppdaterade kunskapen om syrgassystemets funktion, utan även på den egna hanteringen av situationen.

Piloten övervägde inte att förlita sig på flygplanets AFU²⁷-system, eftersom han under hela förloppet hade uppfattningen att han skulle klara manövreringen mot ett stabilt flygläge på lämplig höjd.

²⁵ VMC (Visual Meteorological Conditions) – Visuella väderförhållanden.

²⁶ IMC (Instrument Meteorological Conditions) – Instrumentväderförhållanden.

²⁷ AFU Automatic Fly Up – Funktion i styrsystemet som automatiskt säkerställer att flygplanet inte kolliderar med marken.

Vid förfrågan om piloten upplevt liknande fysiologiska fenomen eller störningar i övriga livet, i mer vardagliga situationer, kunde han inte påminna sig något tillfälle då liknande syn- och reaktionsfenomen inträffat.

1.14 Brand

Brand uppstod inte.

1.15 Överlevnadsaspekter

1.15.1 Räddningsinsatsen

Ingen räddningsinsats genomfördes eftersom piloten gjorde en normal landning.

1.16 Särskilda prov och undersökningar

Flygplanet omhändertogs direkt efter landningen på Såtenäs. Haverikommissionen genomförde i samverkan med Saab AB en undersökning av flygplanet den 20 januari 2021. I samband med undersökningen monterades PSU, OBOGS med SSOM/C ur flygplanet för vidare undersökning.

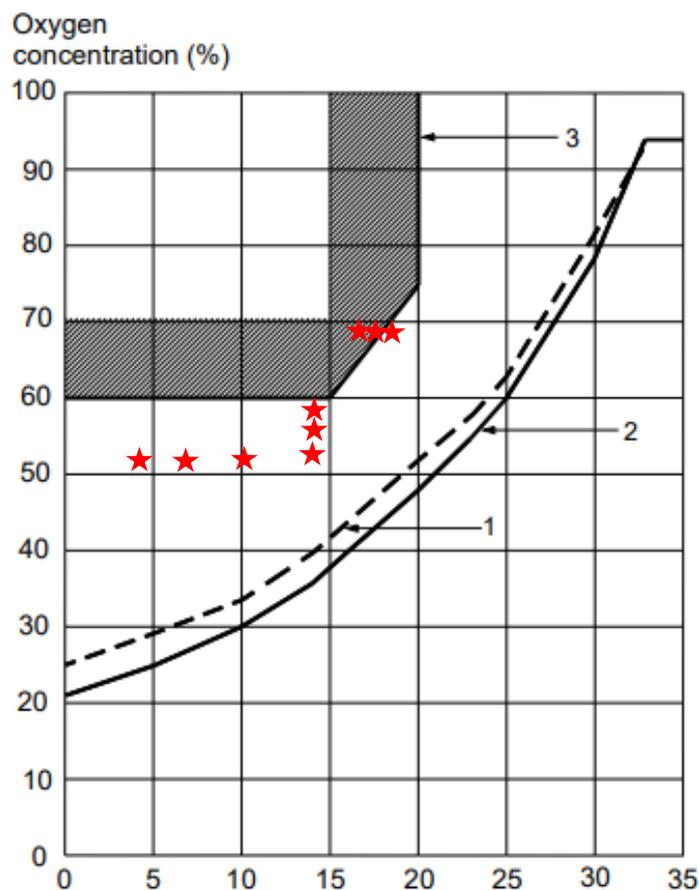
Även BEOS-flaskan monterades ur. Av okänd anledning återfylldes BEOS flaskan med ny syrgas direkt efter landningen på Såtenäs innan den tömda flaskan hade analyserats. Den återfyllda BEOS-flaskan omhändertogs genom haverikommissionens försorg.

Den påfyllningsanordning med två påfyllningsflaskor med syrgas som användes före flygningen omhändertogs för vidare undersökning.

1.16.1 Undersökning av OBOGS och PSU

Den urmonterade OBOGS-enheten med SSOM/C liksom PSU-enheten testades i Saab:s LS-rigg²⁸ för att verifiera att funktionen följde specifikationerna för enheterna. Vid testerna kontrollerades den syrgaskoncentration som OBOGS levererade och mätningen gjordes i masken efter att ha passerat PSU-enheten. Testet gjordes dels med det partikel-filter som var monterat på OBOGS vid händelsen, dels med ett referensfilter monterat. Testerna gjordes på simulerade höjder som motsvarade de höjder som var aktuella vid flygningen. Resultatet visade i samtliga fall att syrgaskoncentrationen i masken låg inom de specifikationer som den designats för (se figur 25).

²⁸ LS rigg – Life Support rigg där delar i luftsystemet testas i samband med utprovning.



Figur 25. Syrgaskoncentrationen i förhållande till kabinhöjden (x 1000 fot).
 Linje 1: Varningsnivå i SSOM/C för låg syrgaskoncentration.
 Linje 2: Gräns för syrgasbrist.
 Linje 3: Gräns för maximal syrekoncentration för att undvika atelectasis (partiell lungkollaps) under höga g-belastningar. En kort period i det skuggade området är tillåtet.
 Inritade röda markeringar visar testresultat vid undersökningen av enheterna i LS-riggen på Saab.

Ett kompletterade test gjordes med en person i riggen för att verifiera övergången från det att innehållet i nödsyrgasflaskan tömtes till dess att OBOGS-systemet levererade andningsgas på nytt. Nödsyrgasflaskan BEOS som användes i testet var inte den som satt i flygplanet under händelsen. Testet gjordes på en simulerad höjd som motsvarade FL 60.

Testresultatet visade att det i samband med att nödsyrgasflaskan hade tömtes och övergången tillbaka till OBOGS-luft märktes ett fluktuerande tryck som var kortvarigt och varade i cirka 3–4 andetag.

1.16.2 Undersökning av partikelfilter till OBOGS

Efter testerna i Saab:s LS-rigg monterades de båda partikelfiltren ur och skickades för vidare analys avseende förekomsten av föroreningar som fastnat på filtren. Undersökningen bestod dels i att med hög förstoring i ett svepelektronmikroskop (SEM) undersöka filterytan, dels att analysera filterytan med energidispersiv röntgenspektroskopi (EDS). Det ena filtret var från flygplan 39–246 och det andra var ett referensfilter. Resultatet av undersökningen med svepelektronmikroskop visade inga anmärkningar och båda filtren framstod som relativt rena.

Spektrumanalysen utfördes på flera punkter på de båda filtren. I figur 26 visas resultaten med ungefärlig kemisk sammansättning från flera analyser av filtren. Baserat på analysresultaten har filtren något olika kol- och syrehalt. Referensfiltret innehåller magnesium vilket inte sågs på filtret från flygplanet. På filtret från flygplanet påträffades barium i alla utom en av de analyserade punkterna. Barium påträffades även i en analyserad punkt för referensfiltret. Vilken typ av barium har inte fastställts.

	C	O	F	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Zn	Ba
FILTER OBOG 39.246												
Spektrum 1	30,7	16,6	25,1	3,0	-	1,3	16,0	-	1,3	1,2	0,9	3,9
Spektrum 2	44,5	11,8	19,4	2,5	-	1,2	15,3	-	0,8	1,0	1,0	2,6
Spektrum 3	45,9	11,9	21,5	2,8	-	1,3	13,8	-	1,1	1,3	0,4	-
Spektrum 4	44,3	13,6	25,0	2,0	-	0,9	9,3	-	0,8	0,8	0,9	2,3
Spektrum 5	31,5	16,2	11,6	2,9	-	2,0	21,8	-	2,5	2,6	1,0	7,8
Spektrum 6	36,9	13,8	0,0	1,6	-	2,7	33,1	-	1,7	2,3	1,6	6,4
Spektrum 7	42,7	21,7	0,0	2,2	-	2,2	23,3	-	1,2	1,4	1,8	3,6
MEDEL:	39,5	15,1	14,7	2,4	-	1,7	18,9	-	1,4	1,5	1,1	3,8
REFERENSFILTER												
Spektrum 1	29,3	20,3	28,7	3,6	0,5	0,8	13,9	0,2	0,8	1,7	0,2	-
Spektrum 2	39,7	9,1	4,2	1,4	0,8	1,4	34,0	-	2,1	7,4	-	-
Spektrum 3	16,7	47,0	0,0	3,3	1,4	1,5	26,6	-	0,8	2,7	-	-
Spektrum 4	18,4	39,0	3,9	2,8	1,5	1,7	28,4	-	0,8	3,4	-	-
Spektrum 5	32,1	16,4	7,7	2,5	1,1	2,1	28,6	-	2,1	5,2	0,1	2,2
Spektrum 6	31,7	19,3	28,0	3,3	0,5	0,8	13,7	-	0,8	1,8	0,1	-
MEDEL:	28,0	25,2	12,1	2,8	1,0	1,4	24,2	-	1,2	3,7	-	-

Figur 26. Ungefärlig kemisk sammansättning från flera analyser av filtren (värden i vikt %).
 Källa: Element Materials Technology AB.

1.16.3 Undersökning av pilotens personliga flygutrustning

Direkt efter landningen på Såtenäs gjorde piloten ett test av sin personliga utrustning på F 7:s säkerhetsmaterielavdelning för att kontrollera om det fanns några brister på utrustningen. Inget onormalt framkom.

Haverikommission har via F 17 genomfört ytterligare kontroller av den personliga utrustningen enligt följande.

Steg 1

Täthetsprovning av personlig utrustning samt tillsyn på syrgasmasken utfördes. Provning gjordes enligt rutinerna för 12-månaders kontroll liksom ingående/utgående läckagetest, inklusive tillsyn 2 enligt Försvarsmaktens underhållsföreskrifter.²⁹

Täthetsprovning av personlig utrustning och syrgasmask visade godkända resultat.

²⁹ Referens FLYG 511 013129B Kap 6.1–6.3.

Steg 2

Kontroll gjordes på andningsslangen enligt reglerna för 6-månaders funktionskontroll i enlighet med Försvarsmaktens underhållsföreskrifter.³⁰

Samtliga kontroller på andningsslangen visade godkända resultat.

Steg 3

Andningsslangen kontrollerades på insidan med hjälp av ett boroskop³¹ och kontrollen visade att den var utan anmärkning.

1.16.4 Undersökning av nödsyrgasflaska BEOS och påfyllnadsflaskor

Den urmonterade nödsyrgasflaskan (BEOS) tillsammans med påfyllnadsflaskorna som användes på F 17 Ronneby skickades till leverantören av syrgas för en analys av innehållet. Haverikommissionen har erhållit en rapport av resultatet av analysen. De två påfyllnadsflaskorna visade inga avvikande ämnen i innehållet medan det visade sig att det fanns en förhöjd halt av kolväte och fukt i nödsyrgasflaskan. De gränsvärden som refererades till var de som leverantören hade för andningsgas (se figur 27 och 28).

Komponent Component		Specifikation Specification	Analyserad halt Analysis result	Enhet Unit
Oxygen_assay	O2	> 99,5	> 99,5	vol-%
Totala kolväten	THC	< 0,2	< 0,2	vol-ppm
Koldioxid	CO2	< 10	< 10	vol-ppm
Fukt	H2O	< 6,6	< 6,6	vol-ppm
Lustgas	N2O	< 4	< 4	vol-ppm
Lukt			Ingen	

Figur 27. Testresultat av gasanalys från påfyllnadsflaskor.

Komponent Component		Specifikation Specification	Analyserad halt Analysis result	Enhet Unit	Analys- osäkerhet % Rel.
Oxygen_assay	O2	> 99,5	> 99,5	vol-%	
Totala kolväten	THC	< 0,2	0,91	vol-ppm	± 10,0
Koldioxid	CO2	< 10	< 10	vol-ppm	
Fukt	H2O	< 6,6	16,7	vol-ppm	± 10,0
Lustgas	N2O	< 4	< 4	vol-ppm	
Lukt			Ingen		

Figur 28. Testresultat av gasanalys av BEOS flaska. Förhöjda värden markerade med röd färg.

³⁰ Referens Appendix 1 to UFA FLYG 511 010786H, Kap 6.3.

³¹ Boroskop är en optisk utrustning som består av en styv eller flexibel tub med ett okular i ena änden, och ett objektiv i den andra sammanlänkade av ett fiberoptiskt system.

Gränsvärdet för mängden kolväte i syrgas enligt standard³² ligger på 50 volym-ppm.

För att bedöma resultatet genomfördes ett referenstest på en annan nödsyrgasflaska som togs ur ett flygplan från F 17 Ronneby. Testet gjordes återigen av leverantören av syrgas fast vid ett senare tillfälle. Referensflaskan visade även den förhöjda värden avseende kolväten och fukt (se figur 29).

Komponent Component		Specifikation Specification	Analyserad halt Analysis result	Enhet Unit	Analys- osäkerhet % Rel.
Oxygen_assay	O2	> 99,5	> 99,5	vol-%	
Totala kolväten	THC	< 0,2	6,70	vol-ppm	± 10,0
Koldioxid	CO2	< 10	< 10	vol-ppm	
Fukt	H2O	< 6,6	20,5	vol-ppm	± 10,0
Lustgas	N2O	< 4	< 4	vol-ppm	
Lukt			Ingen		

Figur 29. Referensresultat av gasanalys av BEOS flaska. Förhöjda värden markerade med röd färg.

Efter att gasinnehållet hade analyserats genomfördes ett prov på flaskan för att kontrollera eventuell kontaminering av flaskan genom förekomst av alifatiska³³ ämnen i flaskan. Testet genomfördes av GDA Sverige AB och testresultatet visade att syrgasflaskan var oxygenren med mycket god marginal. Analysen visar resultatet 1,7 mg/m² på flaskans inre yta av kvarvarande extraherbara alifatiska ämnen.

1.16.5 Syrgashantering på F 17 Ronneby

Vid besök på F 17 kunde haverikommissionen ta del av hur hanteringen av syrgas genomförs från levererad syrgas från syrgasleverantör till påfyllnad i flygplan.

Flaskor med syrgas förvaras i en påfyllningstation på en separat plats i hangaren tillsammans med flaskor för kvävgas. Dessa flaskor är de som levererats från leverantören av gaserna. Kvävgas används bland annat för fyllnad av flygplansdäck, till landningsställ samt till hydraulsystemet i flygplanet. För att säkerställa att det inte kan ske en förväxling mellan syrgas och kvävgas är det olika storlekar på kopplingarna för syrgas respektive kvävgas. Detta är genomgående i hela hanteringskedjan av gaserna (se figur 30). Från påfyllningsstationen fylls syrgasen i en påfyllningsanordning som innehåller två flaskor med syrgas. Denna påfyllningsanordning används sedan för att fylla på med syrgas i flygplanens nödsyrgasflaska i samband med klargöringen inför varje flygpass (se figur 31).

³² Enligt standard CGA G-4.3—2015 Commodity Specification for oxygen, Compressed Gas Association.

³³ Kolväteföreningar.



Figur 30. Skillnad i dimension på anslutningarna från påfyllningsstation till påfyllningsanordning. Kvävgaskoppling till vänster och syrgaskoppling till höger. Foto: Försvarmakten.



Figur 31. Påfyllningsanordning syrgas. Foto: Försvarmakten.

1.17 Berörda aktörers organisation och ledning

Inte aktuellt.

1.18 Övrigt

1.18.1 Reducerad syrehalt i artärblod (hypoxemi)

Under flygning uppkommer akut hypoxemi vanligen till följd av lågt syrepartialtryck i inandad gas. Vid höghöjdsflygning i militära högprestandaflygplan är kabintrycket lågt, varför piloten andas syreberikad gas via andningsmask.

Under normala förhållanden genereras den inandade gasblandningen ombord på planet genom koncentration av syrehalten i luft med hjälp av OBOGS. Vid felfunktion hos OBOGS och i vissa andra nödsituationer andas piloten ren syrgas via "Emergency Oxygen Supply system; EOS", som då även förser anti-g-dräkten och mottrycksvästen med servotryck.

I militära högprestandaplan uppkommer oftast akut hypoxemi till följd av någon typ av felfunktion hos andningssystemet, såsom regulatorfel, maskläckage eller liknande. Symptombilden beror av hypoxemins svårighetsgrad och varaktighet och kan variera betydligt mellan individer. Hos en stillasittande pilot är stegrad puls och ökad andning (frekvens och djup) tidiga symptom som dock inte piloten själv alltid uppmärksammar. En känsla av att vara omtöcknad följs av nedsatt omdöme, nedsättning av kognitiv förmåga och senare av finmotorik.

Synsymptom i form av försämrat mörkerseende kan uppträda tidigt medan synfältsinskränkning (tunnelseende) uppträder vid svårare hypoxemi. Vid uttalad hypoxemi kan piloten förlora medvetandet och slutligen avlida. Det föreligger stor skillnad mellan individer inte enbart som nämnts vad gäller grad av objektiva symptom utan även vad beträffar pilotens förmåga att uppfatta symptom.

Följande TUC³⁴-tabell beskriver tiden från avbrott i syretillförseln till det att det sker en påverkan på pilotens förmåga att utföra sina uppgifter korrekt.

Altitude (measured barometrically)	TUC (normal ascent)	TUC (rapid decompression)
FL180 (18,000 ft; 5,500 m)	20 to 30 minutes	10 to 15 minutes
FL220 (22,000 ft; 6,700 m)	10 minutes	5 minutes
FL250 (25,000 ft; 7,600 m)	3 to 5 minutes	1.5 to 3.5 minutes
FL280 (28,000 ft; 8,550 m)	2.5 to 3 minutes	1.25 to 1.5 minutes
FL300 (30,000 ft; 9,150 m)	1 to 2 minutes	30 to 60 seconds
FL350 (35,000 ft; 10,650 m)	30 secs to 1 minute	15 to 30 seconds
FL400 (40,000 ft; 12,200 m)	15 to 20 seconds	7 to 10 seconds
FL430 (43,000 ft; 13,100 m)	9 to 12 seconds	5 seconds
FL500 (50,000 ft; 15,250 m)	9 to 12 seconds	5 seconds

Figur 32. Tabell som visar genomsnittliga TUC som dokumenterats av Federal Aviation Administration (FAA). Röd markering infogat av SHK, indikerar det område som var närmast det aktuella.

1.18.2 Reducerad koldioxidhalt i artärblod (hypokapni)

I flygsammanhang uppstår hypokapni i regel till följd av hyperventilation som leder till ökad utvädring av koldioxid (CO₂) via lungorna. Hyperventilation är sannolikt relativt vanligt under flygning och den vanligaste bakomliggande orsaken är mentalt stresspåslag, men såväl förhöjd g-belastning och övertrycksandning (se nedan under blodflödesbetingad syrebrist) som hypobar hypoxi (lågt syretryck i inandningsgasen, se ovan) driver på andningen och kan därför leda till hypo

³⁴ TUC (Time of Useful Consciousness) – Det är tiden från avbrott i syretillförseln eller exponering för en syrefattig miljö till den tid då användbara funktioner går förlorade, och individen inte längre kan vidta korrekta korrigerande och skyddande åtgärder.

kapni. Symptomen på hypokapni inkluderar en känsla av att vara om-
töcknad, yrsel, nedsättning av kognitiv förmåga och finmotorik, följt av
stickningar och domningar i hud oftast i händer, fingrar och ansiktet
samt vid uttalad hypokapni kramper och medvetandeförlust. Hypokap-
nisymptomen tillskrivs dels den pH-förändring av artärblodet som upp-
står till följd av CO₂-utvädringen i lungorna och som påverkar både
centrala och perifera nerver, dels den minskade syreleveransen till hjär-
nan på grund av hypokapnibetingad sammandragning av hjärnans blod-
kärl.

1.18.3 Blodflödesbetingad syrebrist i hjärnan och ögonens näthinnor (cerebral och retinal ischemisk hypoxi)

I samband med manövrering kan piloter exponeras för ihållande, för-
höjd g-belastning i riktning huvud-till-säte (+Nz-belastning). Den för-
höjda g-belastningen framkallar ökade hydrostatiska tryckgradienter i
artärsystemet, som medför att artärtrycket i huvudnivå sjunker med
20–25 mmHg³⁵ per G. Hos en JAS 39 Gripen pilot som exponeras för
+4G och som sitter avslappnat och inte är utrustad med g-dräkt eller
annan g-skyddsutrustning, sjunker artärtrycket från ca 100 mmHg då
blodet lämnar hjärtat till 0–20 mmHg då det nått huvudnivå. Vid för
lågt artärtryck i huvudnivå kan piloten drabbas av symptom på ische-
misk hypoxi i hjärnan eller ögonens näthinnor.

För att upprätthålla tillräckligt artärtryck för att hjärnan och ögonens
näthinnor ska genomblödas under förhöjd g-belastning, är piloterna för-
sedda med ett g-skyddssystem, bestående av anti-g-dräkt och över-
trycksandning.

1.18.4 Samspel mellan hypoxemi och hypokapni

Det kan ofta vara svårt att utifrån symptombild skilja på hypokapni och
hypoxemi. Detta hänger dels samman med att hypoxemi leder till
hyperventilation som i sin tur leder till hypokapni, dels med att hypo-
kapni leder till minskad blod- och syretillförsel till hjärnan. Tabellen
nedan illustrerar de olika symptomen som kan uppträda vid hypokapni
och hypoxemi.

³⁵ mmHg – Tryck som mäts i millimeter kvicksilver.

Subjektiva och objektiva symptom	Hypokapni	Hypoxemi
Uppkomst	Successiv	Snabb
Andfåddhet	Ja	Ja
Ökad andningsfrekvens	Ja	ja
Omtöcknad	Ja	Ja
Slö & dåsig	Ja	ja
Euforisk	Ja	Ja
Huvudvärk	Ja	Ja
Försämrat arbetsminne	Ja	Ja
Nedsatt omdöme	Ja	Ja
Nedsatt kognition	Ja	Ja
Förlängd reaktionstid	Ja	Ja
Försämrad finmotorik (koordination)	Ja	Ja
Känselförlust och stickningar i hud	Ja	Ja
Suddig syn	Ja	Ja
Medvetlöshet	Ja	ja

Figur 33. Symptomjämförelse mellan hypokapni och hypoxemi.

1.18.5 *Hypoxi-liknande symptom orsakade av föroreningar i inandningsgasen*

Med anledning av en rad allvarliga hypoxiliknande incidenter med det amerikanska flygvapnets flygplan F-22 Raptor, under perioden 2005–2010, genomfördes en omfattande undersökning av planens OBOG-system. Detta system är snarlikt det som finns i JAS 39 C/D Gripen. En av de frågeställningar som adresserades var om de hypoxiliknande symptomen kunde ha orsakats av luftföroreningar från flygbränsle, oljor och smörjmedel, inklusive polyalfaolefin (kolväteförening som ingår i syntetolja) genom bristfällig filtrering eller anrikning av ämnena i OBOG-systemet. I den amerikanska undersökningen identifierade man ett stort antal föroreningar i den andningsgas som OBOG-systemet genererade, men endast i spårmängder som inte kunde förklara piloternas hypoxiliknande symptom.

1.18.6 *Andningsfrekvens kopplad till tömning av nödsyrgasflaskan*

Registreringar från flygningen, avseende trycket i nödsyrgasflaskan, ger vid handen att denna tömdes, dvs. flasktrycket sjönk från 15 till 0,1 MPa under loppet av ca tolv minuter. Vid trycksättning till 15 MPa innehåller nödgasflaskan en volym som motsvarar 200 liter vid normalt lufttryck (1 atmosfär, ATM). Under de 12 minuter som nödgasflaskan tömdes sjönk flygplanets kabinhöjd från 18 000 fot till ungefär 2 000 fot. Det kan uppskattas att det genomsnittliga kabintrycket under denna period var ca 0,68 ATM, vilket ger en volym om 294 liter (om man bortser från läckflödet från andningssidan genom servoventilen som reglerar trycket till g-dräkten från luftsystemet och eventuella läckage). Om piloten andades in hela flaskans gasvolym under de 12 minuterna, var pilotens genomsnittliga ventilation 24,5 liter/min. Vid noggrannare analys fann man en förbrukning om 25,5 liter/min

under de initiala två minuterna, då piloten genomförde spiralmanövern, följt av 21 liter/min under de återstående tio minuterna.

1.18.7 Liknande händelser

F 21 i Luleå rapporterade i oktober 2020 två separata händelser med en dags mellanrum. Under övning erhöll piloterna varningar för fel på syrgasutrustningen i flygplanen. Piloterna valde att inte följa FMAN/nödchecklista utan fortsätta flygningen på hög höjd. Följande händelsebeskrivningar är sammanfattade ur Försvarmaktens rapport efter händelserna:

Händelse 1

Under en simulerad luftstrid flög piloten i ett höjdblock på över FL 400 och fick felmeddelandet C 203 EMCY OXYGEN ACTIVATED. Eftersom detta skedde mitt i stridsövningen behöll piloten höjden och fortsatte övningen. När piloten skulle börja sjunka kom även felmeddelandet B 189 BEOS EMGY ESC ONLY. Piloten sjönk ner till under FL 200 och flög mot Kallax för landning. Enligt FMAN ska piloten vid C 203 sjunka under FL 200 och får fortsätta öva enligt egen bedömning (continue at pilot discretion).

Händelse 2

Även vid denna händelse flög piloten i ett höjdblock på över FL 400 och fick felmeddelandet C 203 EMCY OXYGEN ACTIVATED. Piloten var medveten om den händelse som inträffat föregående dag men fortsatte på höjd eftersom felmeddelandet försvann (stjärnmärktes) efter sjunk till FL 260. Inga andra fel presenterades och kabintrycket var normalt för höjden. Piloten fattade beslutet att fortsätta övningen på hög höjd och hantera felet senare.

På vägen ner mot FL 200 kontrollerade piloten indikeringarna CAB/OXY och de såg normala ut. Alla fel stjärnmärktes och piloten beslutade att fortsätta enligt plan och göra en likadan övning som tidigare på FL 430. Under stigning kom felmeddelandet C 203 EMCY OXYGEN ACTIVATED igen men piloten fokuserade i stället på att fullfölja övningen på höjd.

När även felmeddelandet B 189 BEOS OXY ESC ONLY kom tog piloten fram FMAN men låg kvar på FL 430 och, efter att ha passerat de övriga flygplanen under sig, började piloten att sjunka. Under plané genom FL 340 började syrgasflödet pumpa i masken och syrgasen började ta slut, varför piloten skyndade på sjunket mot FL 200.

På FL 260 uppfattades läget som att allt fungerade normalt igen och piloten sjönk vidare till under FL 200 och landade på Kallax.

Försvarsmakten har utrett och analyserat händelserna och kommit fram till följande:

Huvudorsak:

Piloterna har ej agerat enligt instruktioner i FMAN/NÖD-checklista. På grund av bristande kunskap väljer de i stället att fortsätta uppdraget enligt grundplaneringen och konsekvenserna av felet blir därför betydligt allvarligare än nödvändigt. Piloterna underskattar felets allvarlighetsgrad på grund av kunskapsbrister vad gäller felet i sig, systemet med klassning av fel generellt samt pilot discretion och stjärnmärkning.

Bidragande orsaker:

Ingen förbestämd plan för avveckling av flygplan med allvarligare flygplanfel och-/eller sanctuaryhöjd gjordes under uppdragsplaneringen.

Erfarenhetsdelgivningen initialt mellan passen, var bristfällig.

Försvarsmaktens utredning har rekommenderat följande:

- *Utbildning av piloter kring OBOGS och OBOGS felvarningslogik.*
- *Införa centralt styrd årlig systemutbildning på grundflygplanet: I samband med OPC (förslagsvis enligt SpecFlyg TP100). Riktade simulatorpass som bygger på ovanstående teoretiska utbildning.*
- *Vid övningar säkerställa att övningsorder och enskild passplanering har fördefinierade sanctuary-höjder och eventuellt flygvägar att använda vid flygplanfel.*
- *Utred om OBOGS- och BEOS-fel ska kunna stjärnmärkas eller inte.*

F 17 den 23 juli 2021

Under utredningens gång fick haverikommissionen information från Försvarsmakten om en händelse som inträffade den 23 juli 2021 där ett JAS 39 C Gripen från F 17 Ronneby fick problem med luftförsörjningen på FL 250 och där nödsyrgasen aktiverades automatiskt samtidigt som flygplanet felvarnade. Piloten avbröt och sjönk till lägre höjd. Piloten upplevde inget onormalt först men fick en känsla av att syresättningen kom tillbaka när han passerade FL 170. Därefter aktiverade han manuellt nödsyrgasen BEOS och konstaterade att han troligen hade varit påverkat i ett tidigare skede utan att ha varit medveten om detta.

Piloten återställde nödsyrgasen efter någon minut då allt kändes bra, detta för att inte riskera att flaskan skulle ta slut och eventuellt tvinga honom att knäppa upp masken före landning.

Efter flygningen skickades nödsyrgasflaskan till leverantören för analys av det kvarvarande innehållet på motsvarande sätt som gjorts vid de tidigare undersökningarna. Analysen visade att den kvarvarande syrgasen innehöll förhöjda värden vad avsåg kolväten och fukt.

Komponent Component	Specifikation Specification	Analyserad halt Analysis result	Enhet Unit	Analys- osäkerhet % Rel.
Oxygen	O2	>99,5	> 99,5	vol-%
Koldioxid	CO2	< 10	< 10	vol-ppm
Fukt	H2O	< 6,6	43	vol-ppm ± 10%
Lustgas	N2O	< 4	< 4	vol-ppm
Kolväten	THC	< 0,2	1,7	vol-ppm ± 10%
Argon	Ar	< 0,5	< 0,5	vol-%
Lukt		Ingen		

Figur 34. Testresultat vid gasanalys av BEOS flaska vid händelsen den 23 juli 2021. Förhöjda värden markerade med röd färg.

Data visade att försörjningstrycket från ECS till OBOGS med god marginal var tillräckligt. Flygplanet låg på flyghöjden FL 250 i nio minuter och under hela den tiden var kabintrycket på 15 000 fot och det överensstämmer med specifikationen. BEOS aktiverades automatiskt sju gånger under en tidsperiod om fyra minuter. Aktiveringen skedde på grund av att syrekoncentrationen varit för låg och det inträffade efter fem minuter på kabinhöjd 15 000 fot.

Efter analys av data kan det konstateras att uppmätt tryck i BEOS-flaskan inte sjönk under den tid (135 sekunder) som BEOS var automatiskt aktiverad. Värdet låg då kvar på 15 MPa, vilket är det högsta tryck som är möjligt att registrera. En möjlig förklaring till detta är att flaskan var överfylld.

BEOS-trycket sjönk under 15 MPa när flygplanet låg på höjd FL 100, vilket indikerar att den var manuellt aktiverad. Ingen indikering registrerades för manuell aktivering eller avaktivering av BEOS, vilket är typenligt.

F 7 den 4 maj 2015

Haverikommissionen har fått kännedom om en händelse från den 4 maj 2015 som rapporterades i det dåvarande driftstörningssystemet.

I samband med ett incidentuppdrag upplevde piloten tecken på syrebrist under flygningen cirka fem minuter efter att ha kommit upp på höjd omkring FL 300. Pilotens symptom har han beskrivit som att han var omtöcknad och världen snurrade omkring honom. Piloten fick inga felvarningar från flygplanet men initierade nödsyrgasen och sjönk till lägre höjd. I sin beskrivning av händelsen framgår det att flygningen hade föregåtts av en besvärlig planeringssituation vad avser väderläget och att det var ett pressat läge och mycket jobb runt omkring.

Efter händelsen gjorde piloten en läkarundersökning där man inte kunde hitta något avvikande. Även flygplanet felsöktes utan att några fel kunde hittas.

En lång tid senare kom samma pilot att uppleva liknande symptom i samband med en överansträngning som var arbetsplatsrelaterad och inte i samband med en flygning. Piloten kunde förknippa känslan och reaktionerna med den tidigare händelsen under flygningen.

Finland

I oktober 2012 inträffade tre fall av hypoxi med det finska flygvapnets flygplan F-18. Som ett resultat av dessa incidenter genomfördes en flygsäkerhetsutredning.

Vid incidenterna upplevde piloterna symptom som liknade hypoxi under flygningarna och avbröt uppdragen. Piloterna aktiverade nödsyrgasen men kom inte ihåg andra omedelbara nödgärder på grund av nedsatt funktionsförmåga. Piloternas sinnestillstånd förbättrades efter att nödsyrgasen hade aktiverats. Samtliga flygplan landade normalt.

Inga tekniska fel som kunde ha påverkat piloternas hypoxi hittades. Piloterna kände fortfarande en nedsatt fysiologisk känsla en viss tid efter landningarna.

Storbritannien

Storbritannien genomförde en undersökning³⁶ på sammanlagt 18 fall av hypoxiliknande händelser med det brittiska flygplanet Eurofighter (Typhoon) mellan åren 2008 och 2017. Undersökningen visade att i två av fallen kunde hypoxi konstateras. I 13 av fallen kunde det konstateras att symptomen berodde på hyperventilering. I tio av fallen med misstänkt syrebrist så utlöste besättningarna nödsyrgasen och sjönk till lägre höjder. I ett av hypoxifallen kunde det konstateras att det var ett fel på nödsyrgasflaskan.

USA

Flottan

Under 2011–2012 ökade antalet fall av misstänkt hypoxi i flygplans-typen F-18 i den amerikanska flottan. I en studie om detta dokumenterades tio fall under tidsperioden.

Orsakerna till händelserna med hypoxi eller hypoxiliknande symptom hittades inte i utredningen. Man uteslöt dock kolmonoxid som orsak till symptomen. Även fel i flygtröstning och tekniska fel i flygplanet kunde uteslutas.

³⁶ *Hypoxi-Like Events in UK Typhoon Aircraft from 2008 to 2017*, Desmond M Connolly; Vivianne M Lee; Amanda S McGown; Nicholas D. C. Green.

Utredningen rekommenderade en översyn av underhållsinstruktionerna för de relevanta flygplanssystemen och pilotutrustningen samt att flygbesättningarna skulle informeras om fall av hypoxi och att man skulle betona vikten av att följa instruktionerna vid misstänkta fel på syrgas-systemet eller cockpitttrycket.

Flygvapnet

Från 2008 och några år framåt rapporterades flera fall av hypoxi-liknande incidenter i det amerikanska stridsflygplanet F-22. Man kunde dock inte finna någon orsak till dessa incidenter i de efterföljande undersökningarna. Av den anledningen tillsatte man en utredning 2011. Flygplanet F-22 är utrustat med ett OBOGS-system³⁷ som liknar det i JAS 39 C/D Gripen men saknade samma typ av BEOS-system med automatisk initiering vid vissa felutfall. Nödsyrgasen kunde endast aktiveras manuellt av piloten. Rapporten var klar den 1 februari 2012.³⁸

Utredningen utgick från två hypotetiska antaganden att de hypoxi-liknande incidenterna var orsakade antingen av att (1) luftsystemet levererade en lägre mängd syre till piloten än vad som var nödvändigt, eller (2) luftsystemet producerade eller misslyckades med att filtrera giftiga föreningar i andningsluften. I båda fallen skulle resultatet bli hypoxiliknande symtom som kunde hota flygsäkerheten.

Beträffande den första hypotesen fann utredningen flera brister i systemet, vilket gav upphov till ett antal rekommendationer.

Den andra hypotesen var att de hypoxiliknande symptomen kunde ha orsakats av luftföroreningar från flygbränsle, oljor och smörjmedel, inklusive polyalfaolefin (kolväteförening som ingår i syntetoljor) genom bristfällig filtrering eller anrikning av ämnena i OBOG-systemet. Tester genomfördes för att analysera förekomsten av sådana ämnen innan och efter att luften passerat genom en OBOGS för att avgöra om OBOGS-processen förändrade koncentrationen av vissa giftiga ämnen.

Resultatet av undersökningen visade att man kunde identifiera ett stort antal föroreningar, över 700 ämnen, i den andningsgas som OBOG-systemet genererade. Dessa förekom dock endast i spårmängder som inte kunde förklara piloternas hypoxiliknande symtom.

³⁷ JAS 39 C/D och F 22 har samma tillverkare av OBOG (SHK har inte fördjupat skillnaden i versioner).

³⁸ United States Air Force Scientific Advisory Board, Report on Aircraft Oxygen Generation, SAB-TR-11-04, 1 February 2012.

1.18.8 *Storfog³⁹ på F 17*

På F 17 genomfördes den 11 december 2020 en genomgång av syrgas-systemet och anti-g-systemet med flygdivisionerna. Avsikten var att repetera OBOGS och anti-g-systemet för den flygande personalen efter att ett antal avvikelser (bland annat de tidigare beskrivna händelserna på F 21) rörande OBOG rapporterats och börjat diskuteras på divisionerna.

Genomgången bestod av en kort repetition av luftsystemet samt repetition av OBOGS, PSU och BEOS med deras uppbyggnad och funktion. Genomgången inkluderade även logiken för automatisk aktivering av BEOS med tyngdpunkt på låg syrgaskoncentration och lågt syrgastryck efter OBOG samt larmlogiken för signalen ”Oxygen concentration and pressure OK”.

1.18.9 *Försvarsmaktens utbildning för identifiering av syrebrist – Hypoxia Recognition Training (HRT)*

Enligt FOM⁴⁰ syftar HRT-träning till att öka den flygande personalens möjlighet till överlevnad och verkan genom att minimera riskerna för syrebrist, hyperventilation och tryckrelaterade problem och öka möjligheterna att identifiera och åtgärda sådana problem.

För att minska riskerna och erbjuda en säker arbetsmiljö för i första hand Försvarsmaktens instruktörer som regelbundet arbetar i undertryckskammare beslutade Försvarsmakten år 2013 att upphöra med tryckkammardemonstration för bland annat Gripenpiloter och ersätta övningen med ROBD (Reduced Oxygen Breathing Device method). Det är en metod för att demonstrera effekterna av syrebrist genom att i syrgasmasken tillföra en gasblandning för att simulera olika flyghöjder. Metoden kan även integreras i flygsimulator och innebär inga risker för dekompressionssjuka.

Enligt FOM ska besättningarna på JAS 39 C/D Gripen ha genomfört HRT-träning under de senaste åtta kalenderåren.

Målsättningen med HRT är att deltagaren efter genomförd utbildning ska kunna genomföra korrekta åtgärder vid inträffad eller befarad syrebrist, hyperventilation eller vid tryckrelaterade problem.

Vid HRT simuleras en flyghöjd på 8 000 meter genom att tillföra andningsgas med en syrehalt om sju procent. Syrgasmask används med möjlighet att skifta mellan andningsluft, 100 procent syrgas och luft med nedsatt syrgasinnehåll i de övandes masker.

³⁹ Storfog – Stor flygordergenomgång. Begrepp inom Försvarsmakten och Flygvapnet på en samling för all flygande personal på en flygflottilj.

⁴⁰ FOM – Flygoperationell Manual för Försvarsmakten.

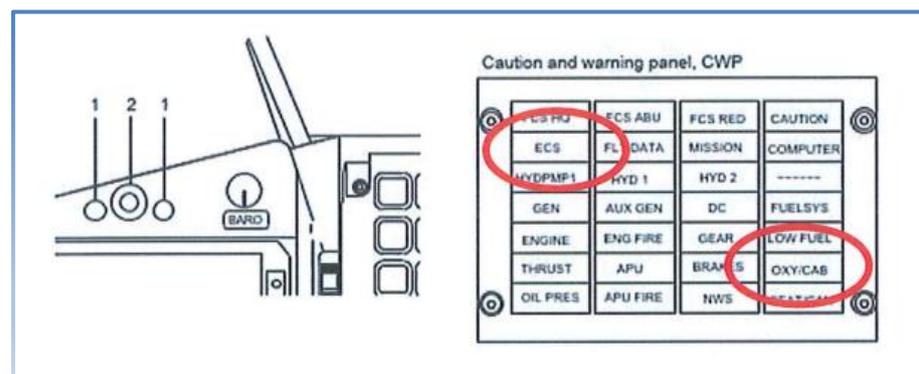
Piloterna ska kunna känna till sina egna symptom vid syrebrist, vilka faktorer som påverkar riskerna vid flygning på hög höjd och de fysiologiska effekterna av minskat omgivningstryck.

1.18.10 Vidtagna åtgärder

Flygplanstillverkaren Saab AB gav den 8 februari 2021 ut ett Airworthiness statement (AWB) om förändrade åtgärder vid fel på ECS-systemet eller luftförsörjningen. Följande åtgärder ska implementeras i flygmanualen.

For OXY/CAB and ECS related warnings on the CWP-Caution and Warning Panel the following procedure shall be implemented in the Flight Manual:

- *If main warning is set and OXY/CAB or ECS is displayed on the CWP the pilot shall always as a first action manually activate BEOS and ensure oxygen flow in the mask. (Se figur 35).*
- *If there are signs of Hypoxia, act according to procedures for suspected Hypoxia.*



Figur 35. Skiss som visar varningspanelen CWP tillsammans med huvudvarningslampor 1 och kvitteringsknapp 2. Källa: Saab AWB 2021-02-08.

Dessa åtgärder implementerades i flygmanualen (AOM)⁴¹ samt nödchecklistan som uppdaterades under sommaren 2021. Texten i AOM uppdaterades med följande text:

When receiving master caution and warnings referring to OXY/CAB or ECS always activate BEOS manually as a first action and ensure oxygen flow in the mask.

If hypoxia is suspected, act accordingly. If no signs of hypoxia (or DCS) are detected, act according to FCC EMGY. If BEOS is not needed deactivate.

Report all occurrences of lost oxygen supply to HQ Flight Safety

⁴¹ AOM (Air operation manual) – Flygmanualen.

Nödchecklistan⁴² ändrades och följande tillägg tillkom under kapitel 7 ECS: (se figur 36).

Note: As a pre-emptive measure, always activate BEOS manually. Refer to Section 15 Oxygen/Cabin pressure

Ingen motsvarande uppdatering gjordes under kapitel 15 Oxygen/Cabin pressure förutom ovan nämnda referens.

Ingen uppdatering av nöddåtgärderna genomfördes i beskrivningarna i FMAN i samband med implementeringen.

7 Environmental control (ECS)			
			CAUTION
[ECS]		MISSION	
			FUELSYS
			OXY/CAB

Note: As a pre-emptive measure, always activate BEOS manually. Refer to Section 15 Oxygen / Cabin pressure.

Figur 36. Den reviderade checklistan i juni 2021 med tillägget under kapitel 7, ECS. Källa: FMV.

1.19 Särskilda utredningsmetoder

Inte aktuellt.

⁴² Flight Crew Checklist EMGY J3-S3627-SE174-00 FCC EMGY E20, 2021-04-15.

2. ANALYS

2.1 Förutsättningar

Flygningen var en beredskapsstart från Ronneby inom incidentberedskapen med en rote JAS 39 C Gripen. Rotechefen hade jobbat ett dygn i incidentberedskapen och skulle lösas av på morgonen men innan bytet hann genomföras fick roten startorder. Att det blev start i stället för avveckling upplevde han inte som besvärligt eller på annat sätt belastande. Piloten som var rotechef, var kvalificerad för flygningen och flygplanet var luftvärdigt. De kvarstående anmärkningarna hade ingen påverkan på händelseförloppet. Piloten har uppgett att förutsättningarna inför flygningen var goda även om väderförutsättningarna innebar en del beslutsfattande vad avsåg alternativa landningsflygplatser och restriktioner med flygräddningen. Dessutom var det en molnsituation som innebar att stora delar av flygningen genomfördes under instrumentväderförhållanden. Uppdragets art upplevdes inte heller som betungande. Piloten hade inte rapporterat någonting avvikande avseende basala rutiner kring hälsa och kost.

På flygenheten F 17 hade syrgasförsörjningen i JAS 39 C/D Gripen varit föremål för ingående diskussioner och genomgångar någon vecka före det aktuella flygpasset. Vid det nu aktuella tillfället var funktionerna väl genomgångna och väl kända av piloten. Piloten har uppgett att detta underlättade beslutsfattandet och den initiala hanteringen av felindikationer och felfunktioner.

2.2 Händelseförloppet

Roten genomförde anflygningen mot målet på FL 320 i 17 minuter och piloten upplevde tiden på höjd under anflygningen som något långsam och relativt händelsefattig. Flygplanet fungerade normalt under anflygningen. När piloten fick felvarningar i samband med identifieringen avbröt piloten uppdraget och började att sjunka nedåt för att ta sig till en höjd under FL 200 enligt nödchecklistan. Den tidigare genomgången efter händelserna på F 21 medförde att piloten uppmärksammade riskerna och tog ett snabbt beslut att avbryta uppdraget.

Vid passage av FL 300 upplevde piloten att det var något som inte stämde med hur han upplevde sin fysiska situation. Piloten bedömde därför att han förmodligen hade kommit i ett läge där han hade syrebrist och följde åtgärderna i nödchecklistan och aktiverade manuellt nödsyrgassystemet. Piloten upplevde därefter att han inte fick den förväntade uppiggande reaktionen efter att aktiverat nödsyrgasen och insåg att han måste påskynda sin sjukhastighet till en höjd under FL 200.

Tiden med egentliga störningar i synfält och långsamhet blev kort och i stället inträdde en mental och fysisk aktivitetsökning. Detta överensstämmer med situationen vid en kraftig stressreaktion.

Piloten initierade ett nödsjunkförfarande och inledde en kraftig dykmanöver. I denna manöver fick piloten intrycket av att g-dräkten inte fungerade. Denna känsla tillsammans med den befarade syrgasbristen gjorde att piloten blev orolig för sin situation med eventuell syrgasbrist och risk för g-inducerad medvetslöshet.

Den initiala upplevelsen och känslan som bär många likheter med klassiska symptom på syrebrist, blev alltså kortlivad. Den ersattes snart av en annan kraftig känsla av obehag eller ångest, som piloten aldrig upplevt i ett flygplan tidigare. Händelseförloppet inträffade under det att det saknades yttre referenser, vilket kan ha medfört att piloten reagerade med ett större stresspåslag.

2.3 ECS-systemets funktion

Flygplanet befann sig på höjd under en längre tid med ett system som levererade ett luftflöde till OBOG med bra tryck och temperatur. Luftsystemet fick vid tiden 900 sekunder successivt problem med regleringen av luftflödet och temperaturen sjönk från normala 100–110°C ner till 72°C medan trycket in till OBOG sjönk från 325 kPa till 219 kPa trots ett relativt högt gaspådrag.

Piloten påbörjade därefter stigning från FL 320 till FL 340 och började manövrera gasreglaget för att anpassa fart och höjd till målet.

Den ökande flyghöjden till FL 340 i kombination med minskad gasreglagevinkel gav ytterligare temperatur- och trycksänkningar i miljökontrollsystemet. Temperaturgivaren registrerade i detta skede 54°C, vilket är den lägsta temperatur som kan registreras. Lufttrycket in till syregenereringsenheten sjönk för att vid tiden 1 980 sekunder gå under larmgränsen 150 kPa. Felvarningen A 214 "Anti-G pressure LO" registrerades för första gången och felet presenterades som huvudvarning för piloten. Sammanlagt registrerades felvarningen "A 214" sex gånger från tiden 1 980 sekunder och fram till tiden 2 070 sekunder.

Det kan konstateras att luftsystemets reglerkrets hade problem med att reglera temperaturen till angiven nivå och därmed trycket in till syregenereringsenheten, vilket initierade fellarmen. Systemet har dock larmat enligt de specifikationer som det har designats för.

När piloten hade sjunkit till lägre höjd vid tiden 2 076 sekunder visar registrerade data att ECS-systemet åter levererade normalt tryck till syregenereringsenheten. Detta medförde att inga felvarningar relaterade till syregenereringsenheten registrerades under resterande flygning.

De demonterade enheterna OBOGS med SSOM/C och PSU testades i Saab:s testrigg för att verifiera att funktionen under liknande flygförhållanden följde specifikationerna för enheterna. Resultatet visade i samtliga testade fall att syrgaskoncentrationen i masken låg inom eller över de specifikationer som den designats för.

Ett mjukvarufel i SSOM/C som innebär en felkombination där mjukvaran felreglerar syrekoncentrationen utan att varna kan inte uteslutas. En sådan risk har dock hanterats genom att alla besättningsmedlemmarna är utbildade både teoretiskt och praktiskt för att kunna identifiera hypoxisymptom.

2.4 Nödsyrgasaktivering

Vid tiden 1 891 sekunder registrerades första felindikationen från OBOG till AIU och BEOS aktiverades automatiskt på grund av det låga trycket efter OBOG <130kPa. Initialt aktiverades BEOS automatiskt fyra gånger. Samtliga av dessa aktiveringar var under 20 sekunder långa, vilket innebar att piloten inte fick något larm om dem. Piloten upplevde i detta läge att han fick en ”puff i masken”.

Vid tiden 1 979 aktiverades BEOS automatiskt en femte gång och denna aktivering låg kvar mer än 20 sekunder, vilket innebar att den första C 203-varningen *EMGY OXY ACTIVE* kom vid tiden 1 999. Det var också detta larm som fick piloten att avbryta uppdraget.

Ur MGSS-data kan utläsas att BEOS-trycket började minska från 15 MPa vid tiden 2 020. Det kan vidare utläsas att BEOS varit aktiverad vid tidpunkter från 1 891 och framåt, men ingen registrerad tryckreduktion skedde förrän vid tiden 2 020. Normalt fylls BEOS på upp till 17 MPa men maximal registrerad indikering är 15 MPa.

Det finns ingen indikation för manuell BEOS-aktivering. Därmed går det heller inte att se av registrerad data vid vilken tidpunkt som BEOS aktiverades manuellt. Åtta sekunder efter att larm C 203 kommit larmade B 200 vid tiden 2 007 sekunder, enligt systemspecifikationen.

Det kan konstateras att den automatiska aktiveringen av BEOS skedde enligt de specifikationer som den designats för och att varningarna också kom enligt specifikationen.

Trycket i nödsyrgasflaskan (BEOS) sjönk i förväntad takt fram till tiden 2 732. Detta tyder på att BEOS efter den manuella aktiveringen försörjde piloten kontinuerligt med nödsyrgas fram till inflygningen.

2.5 Anti g-funktionen

För att påskynda sitt sjunk till lägre höjd genomförde piloten en nedåtgående spiralformad skruv med belastning på 4–4,5 g. Piloten upplevde i detta läge att han inte fick någon funktion i anti g-systemet och att g-dräkten inte fylldes. Data visar dock att trycket i g-dräkten var normalt för den aktuella belastningen vid varje tillfälle under den nedåtgående manövern. Det kan inte uteslutas att piloten upplevde att han inte fick någon funktion i g-dräkten trots att den fungerat normalt eftersom förloppet skedde under en hög grad av stresspåslag efter de tidigare symptomen samt det antal varningar som flygplanet levererat under tiden innan belastningen.

2.6 Övergång från tömd BEOS

Piloten upplevde att han inte fick luft i masken när nödsyrgasen i BEOS tog slut. Enligt specifikationen ska försörjningen av andningsluft automatiskt gå över till OBOGS vid ett fungerande luftsystem. Data visar att OBOGS levererade luft efter tiden 2 076 och resterande tid av flygningen. Provet i Saab:s LS-rigg verifierade att funktionen med övergång från manuellt aktiverad BEOS till OBOGS-luft fungerade med de PSU- och OBOGS-enheter som fanns i flygplanet vid händelsen. Testpiloten som genomförde provet kunde dock konstatera att det var ett fluktuerande tryck vid övergången och det kan inte uteslutas att det skulle kunna tolkas som att lufttillförseln upphörde och att andningen genomfördes via antikvävventilen. Även här kan de tidigare händelserna ha påverkat piloten då förloppet skedde under en hög grad av stresspåslag.

2.7 Medicinsk analys

Den symptombild som piloten har återgett är i flera avseenden förenlig med akut hypoxemi, men även med hypokapni eller g-betingad cerebral ischemisk hypoxi, liksom med en kombination av två eller flera av dessa tillstånd. Möjligheten att symptomen kan ha berott på toxisk påverkan av kontaminerad inandningsgas bör också beaktas. Blodflödesbetingad syrebrist i hjärnan och ögonens näthinnor (ischemisk hypoxi) har inte varit aktuell.

Att döma av pilotens berättelse och analys av ljuddata från flygningen tycks symptomen ha uppträtt när nödsyrgassystemet var inkopplat och när piloten genomförde den nedåtgående dykmanövern till lägre flyghöjd. Registreringarna av trycket i nödsyrgasflaskan visar att denna tömdes från 15 till 0,1 MPa under loppet av ca 12 minuter, vilket motsvarar en genomsnittlig ventilation av 24,5 liter/min. Förbrukningen var något högre under de initiala två minuterna då piloten genomförde spiralmanövern. Därefter var förbrukningen 21 liter/min under de återstående tio minuterna. Man bör dock beakta att piloten av ljudinspejlingen att döma verkade utföra muskelarbete under en kortare tid i form av anti-g-anspanningsmanövrer i samband med g-belastningen. Detta leder typiskt till ökad syreförbrukning och koldioxidproduktion. Denna lungventilation måste därför betraktas som en mer eller mindre normal ventilation och det är osannolikt att den skulle ha framkallat påtagliga hypokapnisymptom.

Ljuddataanalysen av andningsfrekvensen visar att piloten haft en andningsfrekvens som legat mellan 1,5 till 3 sekunder under hela flygpasset, vilket kan betraktas som normalt.

Både lungventilationen och andningsfrekvensen indikerar att andningen var normal för situationen och det förefaller osannolikt att pilotens symptom kan tillskrivas hypokapni.

Eftersom nödsyrgasflaskan återigen trycksattes med syrgas till ≥ 15 MPa, efter det att planet nödlandat på Såtenäs, går det inte att säkert utesluta att piloten drabbades av akut hypoxemi eller toxiska symptom till följd av att han andats syrefattig eller kontaminerad gasblandning från nödsyrgasflaskan. Resultat från analyserna av innehållet i den aktuella nödsyrgasflaskan respektive i syrgaspåfyllnadsflaskan ger dock inga hållpunkter för att misstänka hypoxisk eller kontaminerad gasblandning i nödsyrgasflaskan under flygningen. Det går heller inte att utesluta att piloten andats kontaminerad gas via OBOG-systemet innan nödsyrgasflaskan kopplats in och att de symptom piloten upplevt under det att nödsyrgasflaskan var inkopplad utgjorde en fördröjd toxisk reaktion, av exempelvis kolmonoxid. Att symptomen tycktes försvinna då piloten kommit ner på låg kabinhöjd men fortfarande andades nödsyrgas talar dock emot en sådan reaktion. Haverikommissionen känner inte till några kända fall av föroreningsbetingade hypoxi-liknande symptom från OBOG-system, och funktionen har utretts noggrant inom USAF.

2.8 Varningslogiken för luft-/syrgassystemet

Flera händelser i Försvarsmakten har visat att felvarningslogiken för luft-/syrgassystemet är svårtolkad för piloterna samt att namnen på vissa varningar är missvisande. Dessa brister kan vilseleda piloten om vad som egentligen är fel och därigenom också vad konsekvenserna kan bli. Beroende på hur felet uppträder och vilket fel som inträffar ger det olika typer av larm och kombinationer av larm. Nödsyrgassystemet BEOS aktiveras automatiskt vid antingen syrgaskoncentrationsfel för lågt syrepartialtryck i andningsluften eller för lågt syrgastryck efter utloppstryck från OBOG. I båda fallen kommer fel C 203 EMGY OXY ACT att aktiveras efter 20 sekunders inkoppling av den automatiska nödsyrgasen. Efter ytterligare åtta sekunder kan även B 200 OBOGS MALF aktiveras. Sitt namn till trots indikerar inte larmet fel i OBOGS-systemet, utan att logiken för automatisk BEOS-aktivering kommer att övergå till sparläge tre minuter senare.

Väl inne i sparläge är det svårt att överblicka när och i vilka situationer nödsyrgasen kommer att vara aktiverad. I vissa fall då det varit lämpligt att aktivera nödsyrgasen kommer den inte att aktiveras automatiskt. Det går givetvis att aktivera nödsyrgasen manuellt i stället, men en försvärande omständighet är att i och med att det inte finns någon varning för vare sig låg syrehalt eller lågt utloppstryck så kommer piloten inte upplysas om problemet. Undantaget är de gånger då problemet är orsakad av ett för lågt tryck från ECS, då varningar tillhörande ECS och även A 214 ANTI-G SUPP PRESS LO kan aktiveras. Viktigt är dock att nödchecklistan för B 200 OBOGS MALF innehåller restriktion för både flyghöjd och g-belastning. Så länge dessa åtföljs bör därför inga farliga situationer uppstå på grund av utebliven BEOS-aktivering.

Haverikommissionen anser att varningslogiken är otydlig och bör ses över och vid behov göras om.

Haverikommissionen rekommenderar Försvarsmakten att i samverkan med tillverkaren av flygplanet se över varningslogiken för luft-/syrgas-systemet i flygplan JAS 39 Gripen C/D.

2.9 Nödchecklistan

Under flygningen utförde piloten de åtgärder som beskrevs i FMAN och vid samtliga felvarningar som uppstod under flygningen var åtgärden enligt nödchecklistan: Fortsätt uppdraget efter egen bedömning (*Complete the mission at pilot discretion*). Det är viktigt att de åtgärder som anges i FMAN efterföljs.

Vid de händelser som inträffade på F 21 under hösten 2020 utfördes inte alla åtgärder enligt FMAN och detta ledde till att piloterna fortsatte sina uppdrag och på så sätt hamnade i sämre lägen eftersom de saknade systemkunskap om hur systemet och varningarna fungerar.

Försvarsmaktens utredning efter händelserna visade att klassningen av fel enligt AOM i A, B och C-fel bygger på att FMAN-instruktionerna följs. Görs inte detta kan piloten inte förvänta sig att flygplanet behålls inom den felklassning som angivits. Att felet C 203 klassas som C-fel med "*Complete the mission at pilot discretion*" och senare även stjärnmärks, lurar i vissa fall piloter att tro att felet inte är av allvarlig art och att det därför går bra att fortsätta.

Försvarsmaktens egen utredning efter händelserna på F 21 visar att det finns risk att det uppstår missförstånd om klassificeringen och kriterier för stjärnmärkning av vissa fel. Haverikommissionen delar denna synpunkt och anser att klassificeringen av felen (A, B, C) bör anpassas till felens tidskritiska art.

Haverikommissionen rekommenderar därför Försvarsmakten att i samverkan med tillverkaren av flygplanet att göra en översyn av klassificeringen av felindikeringar så att de anpassas till felens tidskritiska art i flygplan JAS 39 Gripen C/D.

2.10 Innehållet i nödsyrgasflaskan

Nödsyrgasflaskan återfylldes omedelbart efter att flygplanet landat på Såtenäs av den tekniska personalen på flottiljen. Den återfyllda nödsyrgasflaskan skickades till leverantören av syrgas för en analys av innehållet. Resultatet av analysen visade att det fanns förhöjda värden av fukt och kolväten i innehållet. På grund av att den hade återfyllts kan det finnas flera osäkerheter kring mätvärdet i flaskan. En referensflaska analyserades också och den innehöll något större mängd kolväten jämfört med flaskan från den aktuella flygningen. En möjlig förklaring kan vara att på grund av återfyllnaden så späddes eventuellt kvarvarande innehåll ut med ny 100-procentig syrgas, vilket medförde mindre mängder av kolväten och fukt vid analysen. Nivåerna av kolväten låg dock i båda proven långt under de krav som gäller för nödsyrgas enligt tillverkarens specifikationer.

Påfyllnadsflaskor används av teknisk personal för att fylla på nödsyrgasflaskorna i flygplanen så att de alltid är fyllda inför flygningarna. De aktuella påfyllnadsflaskorna omhändertogs och även gasen i dessa analyserades. Inga främmande ämnen fanns i de påfyllnadsflaskor som användes vid F 17 Ronneby. De ämnen i form av kolväten samt fukt som påvisades i nödsyrgasflaskorna kunde inte spåras via påfyllnadsflaskorna.

Kolvätehalten i den aktuella nödsyrgasflaskan var över det gränsvärde som är kravet hos leverantören av andningsyrgas, <0,2 volym-ppm. Detsamma gällde den referensflaska som också analyserades och innehöll ett högre värde av kolväten, 6,7 volym-ppm. Detta kan ställas i relation till det gränsvärde som OBOGS var specificerad mot där det efter OBOGS var ett krav att den totala kolvätehalten skulle ligga under 50 volym-ppm.

2.11 Undersökning av pilotens personliga flygutrustning

Pilotens personliga flygutrustning undersöktes dels direkt efter landningen på Såtenäs, dels vid ett senare tillfälle på F 17 Ronneby. Inget onormalt framkom vid dessa undersökningar.

Av den anledningen drar haverikommissionen slutsatsen att pilotens flygutrustning var i gott skick vid händelsen och inte varit anledningen till de inträffade symptomen.

2.12 Ställningstagande till vidtagna åtgärder

Flygplanstillverkaren Saab AB har gett ut ett Airworthiness statement (AWB) om förändrade åtgärder vid fel på ECS-systemet eller luftförsörjningen. Detta har i sin tur medfört att AOM och nödchecklistan reviderats. I AOM beskrivs det att när man får huvudvarning och varningar som hänvisar till OXY/CAB eller ECS, så ska piloten alltid aktivera BEOS manuellt som en första åtgärd och se till att få syrgasflöde i masken.

Nödchecklistan har ändrats på ett ställe och följande tillägg tillkom som anmärkning under kapitel 7 ECS: *Som en förebyggande åtgärd, ska alltid BEOS aktiveras manuellt.*

Ingen motsvarande anmärkning tillkom under kapitel OXY/CAB i nödchecklistan. Ingen uppdatering av nödchecklistan gjordes i den elektroniska nödchecklistan FMAN. Haverikommissionen anser att denna ändring bör implementerats i FMAN och tydliggöras på ett bättre sätt i nödchecklistan.

Haverikommissionen rekommenderar Saab AB att se över utformningen av nödchecklistan och FMAN i JAS 39 C/D Gripen vad avser de ändrade åtgärder som implementerades i samband med Saab AB:s AWB från den 8 februari 2021.

2.13 Andra händelser

Haverikommissionen har tagit del av flera utländska utredningar som rör problem med syrgasförsörjningen i OBOGS-försedda stridsflygplan. Det är påfallande många utredningar som inte har kommit fram till någon direkt orsak till varför piloter har känt sig påverkade under flygningarna. I stor utsträckning har det inte kunnat identifieras några direkta fel på flygplanen eller i de syrgasgenerande utrustningarna. Det har även förekommit nya händelser i Försvarmakten där det har uppmärksammats problem med syrgasförsörjningen och där det inte har varit möjligt att hitta några tekniska förklaringar till de symptom som piloterna har upplevt.

Haverikommissionen anser att Försvarmakten bör bygga upp kunskapen inom området hypoxi och syrgasförsörjning i OBOGS-försedda flygplan.

Haverikommissionen rekommenderar Försvarmakten att se över möjligheten att genomföra en studie för att mäta syrehalten i blodet hos piloter under flygningar med JAS 39 C/D Gripen.

2.14 Möjliga faktorer som påverkat händelsen

Vad orsakade pilotens upplevelse under flygningen? Av den registrerade data som har analyserats går det inte att finna en direkt orsak till att piloten fick de symptom på syrebrist som han redogjort för. Kabintrycket var på den nivå som det var specificerat för. För att utsättas för hypoxi på den kabinhöjd som flygplanet befann sig på, utan tillförsel av syrgas, krävs det att man befunnit sig på höjden i 20–30 minuter.

De prov som genomförts visar att OBOGS-systemet levererade en syrgaskoncentration i andningsgasen som det var specificerat för. Ett mjukvarufel i SSOM/C som innebär en felkombination där mjukvaran reglerar syrekoncentrationen felaktigt utan att varna kan inte uteslutas.

Kan OBOGS ha levererat kontaminerad gas? Kan förorenad luft från motorn ha passerat in i OBOGS och därigenom orsakat symptomen? Detta skulle teoretiskt kunna vara en möjlighet men har inte kunnat verifieras. Filtret som satt före OBOGS har analyserats och små mängder av främmande ämnen kunde konstateras.

Bland annat fanns barium i små mängder i filtret. De olösliga bariumsalterna (som bariumsulfat) är helt ofarliga. Vattenlösliga bariumsalter är däremot ofta giftiga. Bariumsulfatets extremt låga löslighet gör dock att kroppen inte tar upp saltet. Inget av de övriga ämnen som fanns i filtret är av sådan art eller koncentration att de borde ha kunnat föranleda de symptom som piloten känt. Det som dessutom talar emot detta är att symptomen hos piloten i huvudsak uppträdde efter att nödsyrgasen hade aktiverats. Utländska studier visar dessutom att förekomsten av kontaminerade ämnen efter OBOGS-processen förekommer i väldigt små mängder, vilket i sin tur tyder på att de inte påverkat hälsotillståndet hos piloterna.

Fungerade g-dräkten i den nedåtgående skruvmanövern? Data visar att g-dräktsfunktionen har varit fungerande och levererat det tryck som flygfallet stipulerade. Det kan inte uteslutas att piloten inte uppfattade att g-dräkten fylldes i den situation som han befann sig i, med flera felvarningar samtidigt som han hade upplevt en förmodad syrebrist.

Pilotens symptom uppkom efter det att nödsyrgasset hade aktiverats, först med automatisk inkoppling på grund av för lågt tryck efter OBOGS-systemet och sedan efter manuell aktivering. Kan symptomen ha berott på att det varit kontaminerat innehåll i nödsyrgasflaskan? Analysen av den använda flaskan indikerar inte att det skulle ha funnits något avvikande i nödsyrgasflaskan. Eftersom flaskan återfylldes innan analysen genomfördes finns det dock en viss osäkerhet kring gasens sammansättning. Referensflaskan visade något förhöjda värden av fukt och kolväten men i låga koncentrationer och långt under gränsvärdet för vad som var kravet att OBOGS skulle leverera.

Syrgashanteringen på F 17 Ronneby undersöktes och det framkom inget som stödjer hypotesen att det skulle kunnat ske en sammanblandning mellan syrgaser och kvävgaser, vilket följaktligen skulle kunnat lett till att nödsyrgasflaskan varit fylld med fel gas.

Sannolikheten att nödsyrgasflaskan skulle ha haft ett innehåll som påverkat piloten och medfört de symptom som uppkommit är liten.

Det kan inte uteslutas att felsignalerna, bland annat från OBOG- och nödsyrgasset, som föranledde piloten att avbryta flyguppdraget, kan ha framkallat orosymptom som piloten i sin tur kan ha tolkat som hypoxiutlösta. Även vetskapen att man när OBOG-systemet upprepat kopplas ur i princip kan förbruka det mesta av nödsyrgasen utan att det föranleder varningssignaler torde kunna framkalla oro i en flygsituation som den aktuella.

Upprepade felsignaler rörande OBOG-systemet är inte ovanligt vid flygning i flygplan JAS 39 C/D Gripen. Det förefaller emellertid osannolikt att de har framkallat någon panikkänsla hos piloten, vilket inte heller röstinspelningen ger anledning att misstänka. Även om piloten i sin avvikelserapport anger att han känt "dödsångest" under dykmanövern, handlade han rationellt från det att uppdraget avbröts till dess att han landat. De intervjuer som gjorts med piloten ger inga indikationer på att hans aktuella stämningssläge eller livssituation skulle ha medfört något skäl för oro eller ångest.

2.15 Dokument

Haverikommissionen har funnit att det råder en skillnad mellan de beskrivningar om innebörden av fel som finns publicerade i AOM och hur designen av systemet är utformad och beskriven i tillverkarens egna manualer. Därmed stämmer inte beskrivningarna i AOM om hur systemet beter sig vid vissa fel och det finns en risk att piloterna inte förstår den rätta innebörden av felen.

Haverikommissionen har inte analyserat övriga delar av AOM och övriga dokument som vänder sig till piloterna men kan inte utesluta att det kan finnas fler skillnader.

Haverikommissionen rekommenderar Saab AB att se över utformningen och vid behov ändra grundunderlaget till AOM och GDP⁴³ i JAS 39 C/D Gripen.

2.16 Summering

Sammanfattningsvis kan konstateras att de symptom som piloten angett i sin driftsanmärkning är förenliga med en rad tillstånd som kan uppträda vid flygning av högprestandaplan, inklusive akut hypoxemi. Piloten upplevde att symptomen var snarlika de han upplevt under hypoxemiprovokationer i undertryckskammare. Det går inte säkert att utesluta att piloten drabbades av akut hypoxemi, även om utredningen varken ger belägg för att det rört sig om hypoxemi eller någon indikation på hur hypoxemi i så fall kan ha framkallats. Utredningen kan inte heller fastslå någon annan förklaring till pilotens symptom.

⁴³ GDP – General Description Publication.

3. UTLÅTANDE

3.1 Utredningsresultat

- a) Piloten hade behörighet att utföra flygningen.
- b) Inget har framkommit som tyder på att pilotens mentala och fysiska status har varit nedsatt före händelsen.
- c) Flygplanet hade militärt luftvärdighetsbevis med gällande granskningsbevis.
- d) Luftsystemet hade problem med att hålla temperaturen i systemet vilket ledde till att lufttrycket till OBOGS sjönk under 150 kPa.
- e) Lufttrycket efter OBOGS sjönk under 130 kPa vilket ledde till att nödsyrgasen aktiverades automatiskt.
- f) Piloten aktiverade nödsyrgasen manuellt.
- g) Nödsyrgasflaskan tömdes enligt specifikationen.
- h) Vid test levererade OBOGS en syrgaskoncentration enligt specifikationerna.
- i) Felvarningarna i flygplanet aktiverades enligt specifikationerna.
- j) Piloten agerade enligt FMAN nödchecklistan.
- k) Anti-g-dräktsystemet fungerade enligt specifikation.

3.2 Orsaker till tillbudet

Orsaken till de symptom av syrebrist som piloten upplevde under flygningen har inte med säkerhet kunnat fastställas. Flygplanets multipla felvarningar under kort tid kan ha bidragit till en hög arbetsbelastning och oros känsla hos piloten.

4. SÄKERHETSREKOMMENDATIONER

Försvarsmakten rekommenderas att:

- I samverkan med Saab AB se över varningslogiken för luft-/syrgassystemet i flygplan JAS 39 Gripen C/D (se avsnitt 2.8). (RM 2021:10 R1)
- I samverkan med Saab AB göra en översyn av klassificeringen av felindikeringar så att de anpassas till felens tidskritiska art i flygplan JAS 39 Gripen C/D (se avsnitt 2.9). (RM 2021:10 R2)
- Se över möjligheten att genomföra en studie för att mäta syrehalten i blodet hos piloter under flygningar med JAS 39 C/D Gripen (se avsnitt 2.13). (RM 2021:10 R3)

Saab AB rekommenderas att:

- Se över utformningen av nödchecklistan och FMAN i JAS 39 C/D Gripen vad avser de ändrade åtgärderna som implementerades i samband med Saab AB:s AWB från den 8 februari 2021 (se avsnitt 2.12). (RM 2021:10 R4)
- Se över utformningen och vid behov ändra grundunderlaget till AOM och GDP i JAS 39 C/D Gripen (se avsnitt 2.15). (RM 2021:10 R5)

SHK emotser besked **senast den 16 mars 2022** om vilka åtgärder som har vidtagits med anledning av de säkerhetsrekommendationer som har lämnats i rapporten.

På haverikommissionens vägnar

Jonas Bäckstrand

Håkan Josefsson