



Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Board

ISSN 1400-5719

Rapport RL 2006:09

**Separationsunderskridande mellan flygplanen
SE-DSO och SE-LEZ på FL90-FL110 i
luftrummet sydost om Bromma, AB län,
den 31 augusti 2004**

Dnr L-37/04

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser skall undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

Det står var och en fritt att, med angivande av källan, för publicering eller annat ändamål använda allt material i denna rapport.

Rapporten finns även på vår webbplats: www.havkom.se

Statens haverikommission (SHK) Swedish Accident Investigation Board

Postadress/Postal address
P.O. Box 12538
SE-102 29 Stockholm Sweden

Besöksadress/Visitors
Teknologgatan 8 C
Stockholm

Telefon/Phone
Nat 08-441 38 20
Int +46 8 441 38 20

Fax/Facsimile
Nat 08 441 38 21
Int +46 8 441 38 21

E-mail Internet
info@havkom.se
www.havkom.se

2006-05-10

L-37/04

Luftfartsstyrelsen

601 73 NORRKÖPING

Rapport RL 2006:09

Statens haverikommission har undersökt ett tillbud som inträffade den 31 augusti 2004 i luftrummet sydost om Bromma flygplats, AB län, mellan flygplanen med registreringsbeteckningarna SE-DSO och SE-LEZ.

Statens haverikommission överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

Statens haverikommission emotser besked senast den 10 november 2006 om hur de i rapporten intagna rekommendationerna följs upp.

En översättning av rapporten till engelska insänds senare.

Göran Rosvall

Sakari Havbrandt

Innehåll

	FÖRKORTNINGAR	4
	SAMMANFATTNING	5
1	FAKTAREDOVISNING	8
	1.1 Redogörelse för händelseförloppet	8
	1.2 Personskador	9
	1.3 Skador på luftfartyget	9
	1.4 Andra skador	9
	1.5 Besättningen	9
	1.5.1 <i>Befälhavaren fpl A</i>	9
	1.5.2 <i>Biträdande föraren fpl A</i>	9
	1.5.3 <i>Befälhavaren fpl B</i>	10
	1.5.4 <i>Biträdande föraren fpl B</i>	10
	1.5.5 <i>Kabinbesättning fpl A</i>	10
	1.5.6 <i>Kabinbesättning fpl B</i>	10
	1.6 Luftfartygen	10
	1.7 Meteorologisk information	11
	1.8 Navigationshjälpmedel	11
	1.8.1 <i>TCAS allmänt</i>	11
	1.8.2 <i>TCAS utrustningarna</i>	11
	1.8.3 <i>TCAS specificering, RTCA</i>	11
	1.8.4 <i>TCAS funktion</i>	11
	1.9 Radiokommunikationer	13
	1.10 Flygfältsdata	14
	1.11 Färd- och ljudregistratorer	14
	1.12 Plats för händelsen	14
	1.13 Medicinsk information	14
	1.14 Brand	14
	1.15 Överlevnadsaspekter	14
	1.16 Särskilda prov och undersökningar	14
	1.16.1 <i>Simuleringar</i>	14
	1.16.2 <i>Flygdatapresentation</i>	16
	1.17 Företagets organisation och ledning	17
	1.17.1 <i>Utbildning</i>	17
	1.17.2 <i>Malmö Aviation TCAS utbildningsmaterial</i>	18
	1.17.3 <i>Skyways TCAS utbildningsmaterial</i>	18
	1.17.4 <i>Skyways AOM F50</i>	18
	1.18 Övrigt	18
	1.18.1 <i>ACAS Bulletins</i>	18
	1.18.2 <i>Utredning KTH</i>	18
2	ANALYS	19
	2.1 Tillbudet	19
	2.1.1 <i>FPL A agerande</i>	19
	2.1.2 <i>FPL B agerande</i>	19
	2.1.3 <i>ATC agerande</i>	20
	2.2 Malmö Aviations handböcker och utbildning	20
	2.3 TCAS systemet	20
3	UTLÅTANDE	21
	3.1 Undersökningsresultat	21
	3.2 Orsaker till tillbudet	21
4	REKOMMENDATIONER	21
BILAGA		
1	Utdrag ur cert.reg. beträffande förarna (endast till Luftfartsverket)	

Förkortningar och förklaringar

ACAS	Airborne Collision Avoidance System	Flygburet kollisionsvarnings-system. Europeisk terminologi
ACAS II	Version II of ACAS	Version som var i drift vid tidpunkten för tillbudet
ANS-DA	Driftstörningsanmälan för Air Navigation Services (Lfv)	
A/P	Autopilot	
APP-S	Approach Control South	Flygtrafikledningsorgan
ARR-E	Arrival Control East	Flygtrafikledningsorgan
ATC	Air Traffic Control	Flygtrafikledning
BMA	Bromma flygplats	
CL	Climb	Styrkommando från TCAS
COC	Clear Of Conflict	I princip "faran över"
CPA	Closest Point of Approach	Minsta passageavstånd
FAA	Federal Aviation Administration	Amerikanska luftfartsmyndigheten
FL	Flight Level	Flygnivå. Antalet fot i hundratal, med referens till trycknivån 1013,2 hpa
Flygnivå	Se FL	
FMC	Flight Management Computer	Databaserad planerings- och uppföljninghjälpmedel
IAS	Indicated Air Speed	Indikerad flygfart
ICL	"Increase Climb"	Styrkommando från TCAS
LC5	Limit Climb to max 500 feet/min. Aural annunciation: "Adjust Vertical Speed, Adjust"	Styrkommando från TCAS Röstkommandot lyder: "Adjust Vertical Speed, Adjust"
NM	Nautical Mile	Nautisk mil. 1 Nm = 1852 m
NOSLI	Name of a Standard Instrument Departure	Nosli är ett namn på en publicerad utflygningsväg
PFD	Primary Flight Display	Huvudbildskärm för flyginstrumenten
PTS	Pilots Technical Study guide	Utbildningsmaterial
RA	Resolution Advisory	Meddelande från TCAS-systemet som innebär ett styrkommando
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics.	En internationell kommitté för radioteknik
SC-147	Special Committee 147	En kommitté under RTCA som arbetar med att ta fram specifikationer för TCAS
SID	Standard Instrument Departure	Publicerad utflygningsväg
SOP	Standard Operating Procedure	Operatörens standardprocedurer
TA	Traffic Advisory	Trafikinformation från TCAS-systemet
TCAS	Traffic alert and Collision Avoidance System	En typ av ACAS
VSI	Vertical Speed Indicator	Mätare som visar vertikal hastighet
VSL	Vertical Speed Limit	Begränsning i vertikal hastighet

Rapport RL 2006:09

L-37/04

Rapporten färdigställd 2006-05-10

<i>Luftfartyg; registrering, typ</i>	A: SE-DSO, AVRO 146 Series RJ100 B: SE-LEZ, FOKKER F27 MK050
<i>Klass, luftvärdighet</i>	Båda normal, gällande luftvärdighetsbevis
<i>Ägare</i>	A: Malmö Aviation AB B: Skyways AB
<i>Tidpunkt för händelsen</i>	2004-08-31, kl. 10.25 i dagsljus. <i>Anm.:</i> All tidsangivelse avser svensk sommartid (UTC + 2 timmar)
<i>Plats</i>	Luftrummet ungefär 25 Nm ostsydost om Stockholm/Bromma flygplats, (5910N 01835E, höjd 2700-3400 meter över havet)
<i>Typ av flygning</i>	Båda i linjetrafik
<i>Väder</i>	VMC ¹ , god sikt
<i>Antal ombord SE-DSO:</i>	
<i>besättning</i>	5
<i>passagerare</i>	32
<i>Antal ombord SE-LEZ:</i>	
<i>besättning</i>	3
<i>passagerare</i>	32
<i>Personskador</i>	Inga
<i>Skador på luftfartyget</i>	Inga
<i>Andra skador</i>	Inga
<i>Befälhavare SE-DSO</i>	
<i>Kön, ålder, certifikat</i>	Man, 52 år, D-Certifikat
<i>Total flygtid</i>	11480 timmar
<i>Flygtid senaste 12 mån</i>	540 timmar
<i>Flygtid senaste 90 dagarna</i>	160 timmar
<i>Antal landningar senaste 90 dagarna</i>	109
<i>Bitr. förare SE-DSO</i>	
<i>Kön, ålder, certifikat</i>	Man, 40 år, D-Certifikat
<i>Total flygtid</i>	5875 timmar
<i>Flygtid senaste 12 mån</i>	429 timmar
<i>Flygtid senaste 90 dagarna</i>	98,7 timmar
<i>Antal landningar senaste 90 dagarna</i>	78
<i>Kabinbesättning</i>	1 man, 2 kvinnor.
<i>Befälhavare SE-LEZ</i>	
<i>Kön, ålder, certifikat</i>	Man, 61 år, D-Certifikat
<i>Total flygtid</i>	8000 timmar
<i>Flygtid senaste 12 mån</i>	420 timmar
<i>Flygtid senaste 90 dagarna</i>	118 timmar
<i>Antal landningar senaste 90 dagarna</i>	131

¹ VMC: Visual Meteorological Conditions. Visuella meteorologiska förhållanden.

<i>Bitr. förare SE- LEZ</i>	
<i>Kön, ålder, certifikat</i>	Man, 53 år, B-Certifikat
<i>Total flygtid</i>	3000 timmar
<i>Flygtid senaste 12 mån</i>	100 timmar
<i>Flygtid senaste 90 dagar- na</i>	88,2 timmar
<i>Antal landningar senaste 90 dagarna</i>	88
<i>Kabinbesättning</i>	1 kvinna

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 31 augusti 2004 om att ett separationsunderskridande mellan två flygplan med registreringsbe-
teckningarna SE-DSO (fpl A) och SE-LEZ (Fpl B) inträffat på ungefär 3 000
meters höjd sydost om Stockholm/Bromma flygplats, AB län, samma dag
kl. 10:20.

Tillbudet har undersökts av SHK som företräts av Göran Rosvall, ord-
förande, Mats Öfverstedt, utredningschef fram t.o.m. 14 februari 2005 och
därefter Sakari Havbrandt.

SHK har biträtts av Lars Alvestål som teknisk expert.

Undersökningen har följts av Luftfartsverket/Luftfartsstyrelsen genom
Daniel Hummerdal och Max Danielsson.

Sammanfattning

Fpl A hade under stigning efter start från Bromma fått klarering till FL100.

Samtidigt befann sig fpl B på FL120 sjunkande mot FL110 för inflygning
till Arlanda.

Fpl A fick en TA ungefär samtidigt som fpl B en TA. En stund senare fick
fpl B en RA "Climb, Climb" från TCAS-systemet. Besättningen valde att inte
följa kommandot, eftersom man hade visuell kontakt med fpl A. Senare fick
man en förstärkt RA "Increase Climb" från TCAS. Man hade då planat ut på
FL110 och valde att inte stiga.

Enligt besättningen på fpl A fick man en RA varvid befälhavaren koppla-
de ur autopiloten och följde TCAS-instrumentet som enligt hans uppfatt-
ning indikerade fortsatt stigning. Han steg därvid igenom sin klarerade
höjd (FL100). Flygplanet fortsatte upp till strax över FL110, varefter det
sjönk till FL100 som var den klarerade höjden.

Minsta separation var 1.7 Nm horisontellt och 0 (noll) fot vertikalt. Hela
händelsen utspelade sig under en tidsperiod av ungefär 40 sekunder, från
att första TA gavs av TCAS-systemet, tills fpl B fick informationen "Clear of
conflict" från TCAS.

Allt tyder på att den RA som fpl A fick var "Adjust vertical speed, adjust"
vilket innebär att stighastigheten ska minskas.

Slutsatsen är att besättningen i det stigande flygplanet missförstod styr-
kommandot från TCAS och tolkade detta som ett "fortsätt stig"- kommando
istället för ett "minska din stighastighet"-kommando.

Orsaken till tillbudet är att ingen av de två besättningarna korrekt följde
sina respektive RA från TCAS-systemet.

Rekommendationer

Luftfartsstyrelsen rekommenderas att:

- Verka för att TCAS-kommandot ”Adjust vertical speed, adjust” ändras (*RL 2006:09 R1*).
- Verka för att piloter vid utbildning och träning i flygsimulatorer kommer i kontakt med samtliga olika röststyrkommandon som kan uppträda vid TCAS-händelser (*RL 2006:09 R2*).
- Verka för att både utbildnings och teknisk dokumentation hos operatörer hålls upprättade samt håller tillräcklig kvalité med avseende på tydlighet och läsbarhet (*RL 2006:09 R3*).

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Redogörelse för händelseförloppet

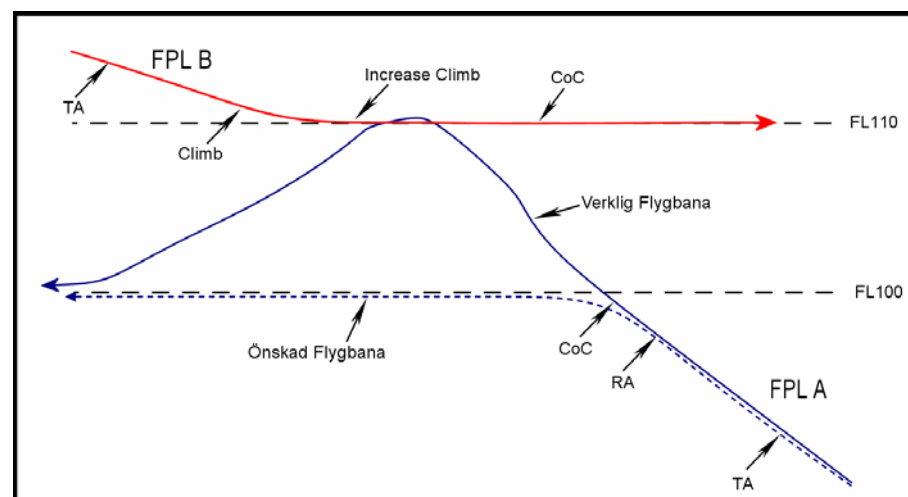
Fpl A hade under stigning efter start bana 12 via en NOSLI-SID ut från Bromma fått klarering först till FL60, sedan till FL80 och läst tillbaka det till ATC, i detta fall APP-S. Denna flygnivå hade samordnats muntligt med ARR-E. Kort därefter kl. 10:24:35 fick man klarering att fortsätta stigning upp till FL100. Även detta hade samordnats med ARR-E. Klareringarna lästes tillbaka korrekt.

Vid samma tidpunkt befann sig fpl B på FL120 sjunkande mot FL110. In-flygningen till Arlanda skedde via punkten Trosa. Avståndet mellan flygplanen var då 11.7 Nm. Man hade av ARR-E fått klarering till FL110, vilket lästes tillbaka.

Fpl A var under hela förloppet i kontakt med ATC-organet APP-S och fpl B var under hela förloppet i kontakt med ARR-E. Flygplanen kommunicerade därför på olika frekvenser, och hörde inte varandras kommunikation med flygtrafikledningen.

Båda flygplanen fick varsin TA ungefär samtidigt. En stund senare fick fpl B en RA "Climb, Climb" från TCAS-systemet. Besättningen valde att inte följa kommandot, eftersom man hade visuell kontakt med fpl A. Senare fick man en förstärkt RA "Increase Climb" från TCAS. Man hade då planat ut på FL110 och valde att inte stiga. Fpl B fick trafikinformation från ARR-E som angav att mötande trafik fått en TCAS-advisory.

Enligt besättningens på fpl A utsago fick man en RA varvid befälhavaren kopplade ur autopiloten och följde TCAS-instrumentet som enligt hans uppfattning indikerade fortsatt stigning. Han steg därvid igenom sin klarerade höjd (FL100). Styrmannen rapporterade till ATC, "TCAS Climb" på ungefär FL95. Flygplanet fortsatte upp till strax över FL110, varefter det sjönk till FL100 som var den klarerade höjden. När styrmannen rapporterade "TCAS CLIMB" till APP-S svarade trafikledaren "DESCEND IMMEDIATELY" samt gav trafikinformation om konfliktande trafik. Under förloppet fick även besättningen på fpl A vid någon tidpunkt visuell kontakt med fpl B.



Minsta separation var 1.7 Nm horisontellt och 0 (noll) fot vertikalt. Hela händelsen utspelade sig under en tidsperiod av ungefär 40 sekunder, från att första TA gavs av TCAS-systemet, tills fpl B fick informationen "Clear of conflict" från TCAS.

Befälhavaren för fpl A har bl.a. uppgett att han på FL 95 fick en RA och att han då kopplade ut autopiloten och följde instrumentet som enligt hans

uppfattning visade på fortsatt stigning, grönt fält med rött på toppen av fältet.

Befälhavaren för fpl A har även uppgett att han före denna händelse inte kan påminna sig att han någonsin har hört röststyrkommandot "Adjust vertical speed, adjust", vare sig i verkligheten eller under träning i flygsimulator.

Både befälhavaren och biträdande föraren i fpl A har vidare uppgett att de inte någon gång under händelsen har hört röststyrkommandot "Clear of Conflict" från TCAS. Däremot har de uppgett att de hörde röststyrkommandot "Adjust vertical speed, adjust" någon gång under händelsen. De är osäkra på om man fick något direkt "climb"-kommando.

Befälhavaren på fpl B har bl.a. uppgett att man fick en TA "Climb" och en "Increase climb" men att man bortsåg från dem eftersom man hade ögonkontakt med fpl A

ATC-operatören har bl.a. uppgett att när fpl A meddelade "TCAS CLIMB" svarade han "DESCEND IMMEDIATELY"

1.2 Personskador

Inga.

1.3 Skador på luftfartygen

Inga.

1.4 Andra skador

Inga. Ingen miljöpåverkan.

1.5 Besättningen

1.5.1 Befälhavaren fpl A

Befälhavaren, man, var vid tillfället 52 år och hade gällande D-certifikat.

<i>Flygtid (timmar)</i>			
<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
Alla typer	1,8	160	11480
Aktuell typ	1,8	160	

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 109.

Inflygning på typ gjordes i maj 2003.

Senaste PC genomfördes den 20 april 2004 på aktuell typ.

1.5.2 Biträdande föraren fpl A

Biträdande föraren, man, var vid tillfället 40 år och hade gällande D-certifikat.

<i>Flygtid (timmar)</i>			
<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
Alla typer	1,8	98,7	5875
Aktuell typ	1,8	98,7	

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 78.
 Inflygning på Bae146 gjordes i december 1995.
 Inflygning på RJ100 gjordes i mars 2001.
 Senaste PC genomfördes den 15 februari 2002 på aktuell typ.

1.5.3 Befälhavaren fpl B

Befälhavaren, man, var vid tillfället 61 år och hade gällande D-certifikat.

<i>Flygtid (timmar)</i>			
<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
Alla typer	4,3	118	8000
Aktuell typ	4,3	118	

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 131.
 Inflygning på typ gjordes i juli 1999.
 Senaste PC genomfördes den 22 mars 2004 på aktuell typ.

1.5.4 Biträdande föraren fpl B

Biträdande föraren, man, var vid tillfället 53 år och hade gällande B-certifikat.

<i>Flygtid (timmar)</i>			
<i>senaste</i>	<i>24 timmar</i>	<i>90 dagar</i>	<i>Totalt</i>
Alla typer	2,2	88,2	3000
Aktuell typ	2,2	88,2	

Antal landningar aktuell typ senaste 90 dagarna: 88.
 Inflygning på Fokker50 gjordes i juni 2002.
 Senaste PC genomfördes den 26 maj 2004 på aktuell typ.

1.5.5 Kabinbesättning fpl A

1 man, 2 kvinnor.

1.5.6 Kabinbesättning fpl B

1 kvinna.

1.6 Luftfartygen

<i>FLP A</i>	
<i>Tillverkare</i>	Brittish Aerospace
<i>Typ</i>	AVRO 146 Series RJ100
<i>Serienummer</i>	E3221
<i>Tillverkningsår</i>	1992
<i>Flygvikt</i>	Aktuell 32600 kg

<i>FLP B</i>	
<i>Tillverkare</i>	Fokker Aircraft BV
<i>Typ</i>	FOKKER F27 MK050
<i>Serienummer</i>	20128
<i>Tillverkningsår</i>	1988
<i>Flygvikt</i>	Aktuell 16700 kg

Båda luftfartyget hade gällande luftvärdighetsbevis.

1.7 Meteorologisk information

VMC, god sikt.

1.8 Navigationshjälpmedel

1.8.1 TCAS allmänt

Tanken med att utveckla luftburna antikollisionssystem, fristående från ATC, började på 1950-talet. I början av 1980-talet påbörjade ICAO utvecklingen av en standard för flygburna antikollisionssystem ACAS. År 1981 beslutade FAA att utveckla och introducera TCAS som skulle kunna ge piloterna rekommendationer om lämpliga undanmanövrar i händelse av kollisionsrisk.

1.8.2 TCAS utrustningarna

TCAS-utrustningarna i de båda flygplanen kom från olika tillverkare. Fpl A hade en utrustning tillverkad av RockwellCollins med typbeteckningen TTR-920-022. Fpl B hade en utrustning tillverkad av Honeywell och båda utrustningarna var uppgraderade till mjukvaruversion 7, vilket var den senaste tillgängliga vid den aktuella tidpunkten.

Inga tekniska fel har hittats i TCAS-utrustningarna.

1.8.3 TCAS specificering, RTCA

Den organisation som tar fram specifikationerna för TCAS är Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA), och är en icke vinstgivande organisation i USA. Medlemmar är både amerikanska och europeiska myndigheter, men även tillverkare av teknisk utrustning samt operatörer. Den aktuella kommittén inom RTCA är SC-147, ansvarig för DO-185A, som är det dokument som beskriver TCAS. Vid ett möte med SC-147 den 27 juli, 2005 diskuterades bl.a. de problem som uppdragats i samband med röststyrkommandot "Adjust vertical speed, adjust". Man diskuterade möjligheten att använda röstkommandot "Level-Off, Level-Off" som ersättning för "Adjust vertical speed, adjust".

Mer information om RTCA finns på www.rtca.org

1.8.4 TCAS funktion

TCAS, som är ett luftburet system, fungerar helt utan markstationer. TCAS arbetar så att en transponder i flygplanet skickar ut en frågesignal till samtliga flygplan i närheten. Flygplan som har en transponder tar emot förfrågan och svarar med en signal som tas emot av riktningssärliga antenner hos frågeställaren. Med ledning av detta räknar sedan TCAS-datorn i flygplanet ut avstånd och relativ bäring till de svarande flygplanen och, om höjdinformation mottagits, relativ höjd. Informationen som mottagits presenteras sedan hos mottagaren på en display i cockpit. Systemet räknar också ut hur nära en passage mellan de olika flygplanen kommer att ske (CPA) och indikerar med en Traffic Advisory (TA) vilka som kan bli ett hot. Om ett potentiellt hot fortsätter att närma sig enligt vissa bestämda kriterier, utfärdar TCAS ett styrkommando, en RA. Dessa styrkommandon verkar i vertikalled, dvs. piloten får kommandon att manövrera i höjddled.

Kommandona består både av röststyrkommandon och av instrumentvisning, där instrumenten visar den detaljerade styrningen i höjddled. I fpl A presenterades styrningen i höjddled på VSI på respektive pilots flygdatadisplay. Det eller de områden på VSI som ska undvikas är röda, och det område dit man ska manövrera flygplanets vertikala hastighet är grönt.

Nedanstående tabell visar de möjliga röststyrkommandona från TCAS.

TCAS kommando	Röstmeddelande
Traffic Advisory	Traffic, Traffic
Climb RA	Climb, Climb
Descend RA	Descend, Descend
Altitude Crossing Climb RA	Climb, Crossing Climb; Climb, Crossing Climb
Altitude Crossing Descend RA	Descend, Crossing Descend; Descend, Crossing Descend
Reduce Climb RA	Adjust Vertical Speed, Adjust
Reduce Descent RA	Adjust Vertical Speed, Adjust
RA Reversal to a Climb RA	Climb, Climb, NOW; Climb, Climb NOW
RA Reversal to a Descend RA	Descend, Descend NOW; Descend, Descend NOW
Increase Climb RA	Increase Climb, Increase Climb
Increase Descent RA	Increase Descent, Increase Descent
Maintain Rate RA	Maintain Vertical Speed, Maintain
Altitude Crossing, Maintain Rate RA (Climb and Descend)	Maintain Vertical Speed, Crossing Maintain
Weakening of Initial RA	Adjust Vertical Speed, Adjust
Preventive RA (No change in vertical speed required)	Monitor Vertical Speed
RA Removed	Clear of Conflict

TCAS-utrustningarna i flygplanen kommunicerar med varandra så att t.ex. två flygplan på kollisionskurs inte båda får samma kommando, utan det ena får ett stigningskommando och det andra ett sjunkkommando.

Till version 7 av TCAS hade man gjort ändringar av vissa röstkommandon. Den TCAS advisory som heter "Reduce climb" hade då röststyrkommandot "Reduce climb", och den TCAS advisory som heter "Reduce descent" hade det korresponderande röststyrkommandot "Reduce descent". Det fanns med andra ord två skilda kommandon beroende på åt vilket håll man skulle ändra sin vertikala hastighet. Ändringen i version 7 av TCAS medförde att man slog samman dessa kommandon till: "Adjust vertical speed, adjust". Anledningen till denna ändring var att man haft flera rapporterade fall där piloterna inte hade uppfattat det första ordet i kommandot, dvs. "Reduce climb" uppfattades som "Climb", och "Reduce descent" uppfattades som "Descent". Det fick då konsekvensen att piloterna gjorde manövrer åt fel håll.

Om den vertikala hastigheten är större än 1500 fot/min utfärdar systemet inte en "Climb" eller "Descend", utan ger då ett "maintain vertical speed"-kommando.

TCAS kan även utnyttja möjligheten att låta två flygplan korsa genom samma höjd om den laterala separationen är tillräcklig, och det bedöms som den bästa lösningen. Systemet ger då ett kommando av typen "Maintain Vertical Speed, Crossing Maintain" eller "Climb Crossing Climb, Climb Crossing Climb". Minnesdumpan från TCAS-utrustningen i fpl B gav dock besked om att den aktuella inkräktaren inte tänkte korsa "egen höjd".

1.9 Radiokommunikationer

Utdrag ur talregistrering av radiokommunikation mellan fpl A (SCW107) och ATC:

Tid	Station	Meddelande
10:23:31	SCW 107	Scanwing 107 approaching 80
10:23:34	APP-S	107, maintain when reaching, traffic above, free speed
10:23:37	SCW 107	Maintain, free speed, Scanwing 107
10:24:35	APP-S	Scanwing 107 climb to flightlevel 100
10:24:38	SCW 107	Flightlevel 100 Scanwing 107
10:25:36	SCW 107	Scanwing 107 TCAS climb
10:25:41	APP-S	107 descend you have traffic above
10:25:45	SCW 107	Scanwing 107
10:25:50	SCW 107	107
10:25:51	APP-S	107 descend immediately traffic on your left hand side
10:25:55	SCW 107	Descending Scanwing 107
10:26:09	SCW107	Descending to flightlevel 100 Scanwing 107
10:26:15	APP-S	107, and for your information you have traffic flightlevel 110 on your left hand side all the time
10:26:23	SCW107	107, ?? flightlevel 100 and got TCAS climb
10:26:29	APP-S	Okay, I will have to write a report about this
10:26:32	SCW107	107
10:26:44	APP-S	Scanwing 107 did you have the traffic visually in sight
10:26:48	SCW107	Affirmative
10:26:50	APP-S	107 Roger
10:26:58	SCW107	Just confirm we where cleared to flightlevel 100
10:27:01	APP-S	107 you where cleared flightlevel one zero zero flightlevel 100
10:27:05	SCW107	107
10:27:07	APP-S	And Scanwing 107 for higher contact Stockholm 118,27
10:27:12	SCW107	118,27 Scanwing 107

Utdrag ur talregistrering av kommunikation mellan ARR-E och fpl B (SKX 1014) om trafiken och TCAS:

Tid	Station	Meddelande
10:25:13	ARR-E	SKX1014 maintain Fl110 when reaching, traffic below
10:25:20	SKX1014	Will do maintaining 110 when reaching Sky Express 1014
10:25:57	ARR-E	Express 1014 you have traffic on your left hand side
10:26:01	SKX1014	We have the traffic, Sky Express 1014
10:26:28	ARR-E	Express 1014 for your information the traffic you just met the Malmö Aviation he said he was climbing due to TCAS advisory
10:26:40	SKX1014	We also got an RA, Sky Express 1014
10:26:44	ARR-E	Okay, did you have him in sight all the time?
10:26:46	SKX1014	Affirm
10:26:48	ARR-E	Okay

Vad gäller kommunikationen med ATC kan nämnas att när en besättning får en RA som de följer ska ATC meddelas så snart som möjligt. Fraseologin som ska användas från besättningens sida är bl.a. ”TCAS climb” eller ”TCAS descend”. Vilken fraseologi som ska användas från ATC's sida är däremot inte fastställd, det står endast att ATC inte ska ge instruktioner, endast eventuell trafikinformation.

1.10 Flygfältsdata

Inte aktuellt.

1.11 Färd- och ljudregistratorer

Färd- och ljudregistratorerna i bägge flygplanen var överskrivna när SHK inledde utredningen.

TCAS utrustningen i fpl B har ett internminne som lagrar data från bl.a. TCAS-händelser. Denna utrustning kunde tappas på information som gällde den aktuella händelsen. Informationen gav vid handen att TCAS utfärdat 3 röststyrkommandon under den aktuella händelsen. Först ett ”Climb”, sedan ett ”Increase Climb” och slutligen ett ”Clear of Conflict”. Minnesdumpen från fpl B gav också besked om att den aktuella inkräftaren inte tänkte korsa ”egen höjd”, dvs. det scenario som TCAS räknat ut, var inget ”Crossing”-scenario.

1.12 Plats för händelsen

Luftrummet ungefär 25 Nm ostsydost om Stockholm/Bromma flygplats, (5910N 01835E, höjd 2700-3400 meter över havet).

1.13 Medicinsk information

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

1.14 Brand

Brand uppstod inte.

1.15 Överlevnadsaspekter

Inte aktuellt.

1.16 Särskilda prov och undersökningar

1.16.1 Simuleringar

Nedanstående två figurer som beskriver mötet mellan de båda flygplanen är resultatet av en simulering utförd i PC-miljö. Simuleringsprogrammet, Interactive Collision Avoidance Simulator (InCAS), är skrivet av en expertgrupp vid Eurocontrol.

Till grund för simuleringen ligger inspelade radarplotdata från ATC. En simulering beskriver inte alltid det exakta händelseförloppet. Mätfel och

toleranser i radarutrustning, transpondrar, inspelning av radardata och konvertering av dessa till lämpligt format för simulering m.m. ackumuleras i slutresultatet av simuleringen.

Vid simuleringen har flygbanorna hos de båda flygplanen varierats på olika sätt för att utvärdera hur stora förändringar som krävs för att TCAS-kommandon ska förändras. Det kan därvid inte uteslutas att de kommandon (RA resp TA) som de båda TCAS-utrustningarna genererat i verkligheten inte överensstämmer helt med resultaten i simuleringen.

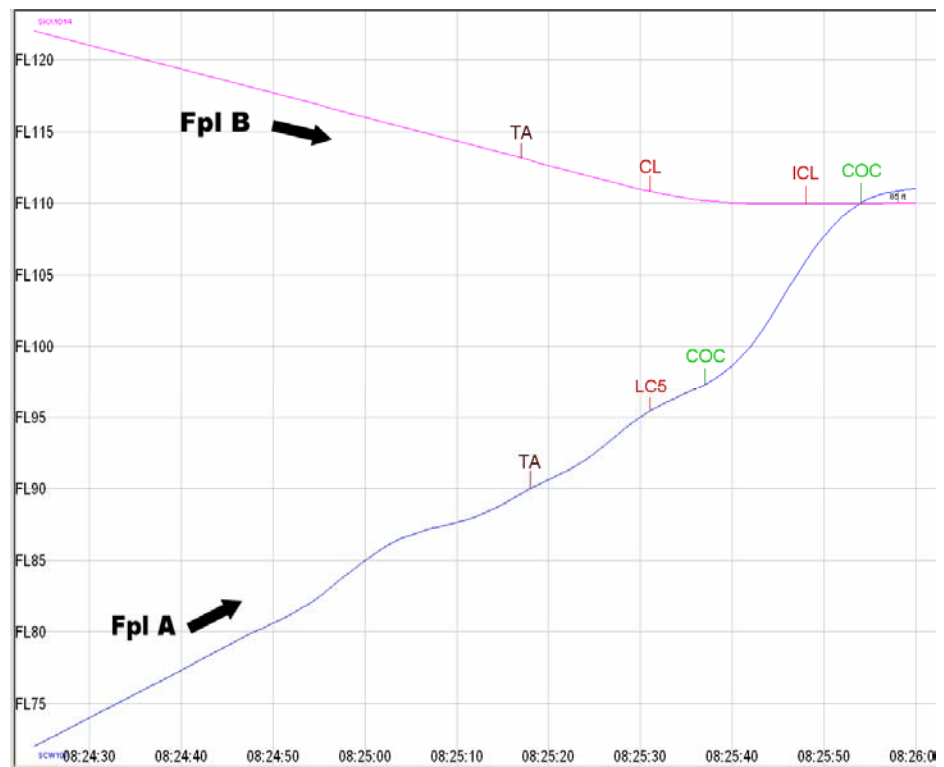
Säkerheten i kommandona vad gäller fpl B är förhållandevis stora när det gäller vilka kommandon som genererats eftersom det finns utdrag ur minnet från TCAS-utrustningen i flygplanet. Från detta utdrag framgår att besättningen först fick en TA, därefter en RA (Climb), därefter ytterligare en RA (Increase Climb), och slutligen en information, "Clear of Conflict". Tidpunkterna för dessa kommandon är däremot något osäkra, eftersom TCAS-utrustningen inte loggar någon absolut tid för händelser.

Vad avser fpl A är osäkerheten i simuleringen större. Vid variering av flygbanorna under simuleringen har olika resultat erhållits vad gäller de TA och RA som genererats. Dock har det krävts förhållandevis stora ändringar av flygbanorna för att få ett resultat som avviker från det nedan presenterade resultatet. Eftersom kommandon som genererades i fpl B är kända kan alla simuleringar som inte överensstämmer med dessa kasseras. Detta faktum har reducerat antalet relevanta simuleringar avsevärt. Efter denna reduktion återstod endast ett fåtal simuleringar. Samtliga dessa resultat resulterade i samma typ av kommandon från TCAS. Det som skiljt dem åt är att tidpunkterna för kommandona varierar något.



Figur 1

TA:	Traffic advisory
CL:	Climb
ICL:	Increase climb
COC:	Clear of conflict
LC5:	Adjust vertical speed, adjust



Figur 2

Figur 1 beskriver flygplanens positioner i förhållande till varandra i horisontalplanet med nautiska mil på båda axlarna. Strecket markerat med 1.7 Nm indikerar det kortaste avståndet mellan flygplanen. Strecket med 4.0 Nm indikerar att avståndet var 4 Nm när första RA utfärdades av TCAS.

Figur 2 beskriver flygplanens positioner i förhållande till varandra i vertikplanet. Den horisontella axeln är tidsaxel. Observera att tiden anges i UTC. Höjd i FL på anges vertikala axeln.

1.16.2 Flygdatapresentation



Figur 3

Figur 3 visar en bild av Primary Flight Display(PFD) i flygplan A tagen när flygplanet står stilla på marken. VSI-instrumentet har retuscherats så att det visar den indikering i vilken simuleringen resulterat när RA utfärdades. Flygplanet befinner sig i stigning med ungefär 2000 fot/min. Observera att attitydinstrumentet inte är retuscherat att visa korresponderande stigning.

Likadana instrument finns på både vänster och höger sida i cockpit. Bilden visar instrumentet något förminskat.



Figur 4

Figur 4 visar en översiktsbild av instrumentpanelen på vänster sida i cockpit på en av Malmö Aviations Avro RJ 100.

1.17 Företagets organisation och ledning

1.17.1 Utbildning

Utbildning av besättningen på fpl A.

Under typutbildningen genomförs ett avsnitt i den datorbaserade utbildningen, vilken kompletteras med en lärarledd lektion som följs av cockpit träning i flygplanet. Därutöver övas ett antal olika scenarier i flygsimulator.

Under PC/OPC är strävan att få med minimum ett scenario med TCAS RA.

Enligt företagets SOP ska en RA hanteras på följande sätt:

Following a TCAS Resolution Advisory proceed as follows:

- I. Koppla ifrån autopiloten
- II. Följ röstmeddelandena
- III. Manövrera flygplanet så att en säker vertikal hastighet erhålls
- IV. Informera ATC

1.17.2 *Malmö Aviation TCAS utbildningsmaterial*

Det utbildningsmaterial som Malmö Aviation hade vid tidpunkten för händelsen var inte uppdaterat, bl.a. fanns utropet "reduce climb" som inte används i den gällande versionen. Vidare var utropet "Adjust vertical speed, adjust" definierat på ett sätt som inte längre gällde.

I utbildningsmaterialet fanns det illustrationer på hur olika RA visas i VSI. Dessa bilder var i svart/vitt där svart betydde rött och skuggat betydde grönt.

Vidare var det nämnt att om vertikalhastigheten är inom rött område ska man lämna det röda området.

1.17.3 *Skyways TCAS utbildningsmaterial*

Det utbildningsmaterial som Skyways hade vid tidpunkten för händelsen var inte uppdaterat, bl.a. fanns utropet "reduce climb" som inte används i den gällande versionen.

1.17.4 *Skyways AOM F50*

Av handboken framgick det att en RA ska följas om inte föraren bedömer det som farligt eller om föraren har bättre information om orsaken till RA, t.ex. visuell kontakt och säkert avstånd till närliggande luftfartyg, uppenbar felfunktion på TCAS-utrustningen eller dylikt.

Vid tidpunkten för händelsen var en revision av handboken under utarbetande med innebörden att en RA alltid ska följas.

1.18 **Övrigt**

1.18.1 *ACAS Bulletins*

Eurocontrol ger ut en bulletin som kallas "ACAS II Bulletin". I oktober 2003 utkom "ACAS II bulletin 3" där man har identifierat 12 fall under 14 månader där besättningar har reagerat felaktigt när man erhållit RA utropet "Adjust vertical speed, Adjust".

1.18.2 *Utredning KTH*

En utredning har på SHK:s begäran gjorts av Human Factors Engineering på Kungliga Tekniska Högskolan angående händelsen. Rapporten analyserar händelsen utifrån ett human factors-perspektiv.

Sammanfattningsvis slår rapporten fast att:

- TCAS-meddelandet "Adjust vertical speed, adjust" bör ändras till ett som anger riktning.
- Antalet TCAS-utrop bör begränsas till sådana som anger riktning.
- Piloternas periodiska flygträning bör innehålla situationer så att piloten ska ha hört alla förekommande TCAS-utrop.
- Manualerna för VSI bör innehålla samma färger som instrumentet visar i verkligheten.

2 ANALYS

2.1 Tillbudet

2.1.1 FPL A agerande

Allt tyder på att den RA som flygplan A fick var ”Adjust vertical speed, adjust” vilket innebär att stighastigheten ska minskas.

Slutsatsen är att besättningen i det stigande flygplanet missförstod styrkommandot från TCAS och tolkade detta som ett ”fortsätt stig”-kommando istället för ett ”minska din stighastighet”-kommando.

Följande faktorer har förmodligen samverkat till att besättningen i fpl A missförstod TCAS-systemets kommandon:

1. Kommandot ”Adjust vertical speed, adjust” i sig säger ingenting om huruvida man ska öka eller minska sin vertikala hastighet. För att förstå kommandots innebörd måste man antingen känna till att kommandot alltid betyder minska, eller titta på VSI och tolka den information som presenteras där. Piloten behöver således ett extra tanke-steg för att komma till slutsatsen att han/hon ska minska sin vertikala hastighet.
2. Befälhavaren på fpl A hade aldrig hört röststyrkommandot ”Adjust vertical speed, adjust”, vare sig i verkligheten eller under träning i flygsimulator. Detta faktum har sannolikt försvårat för honom att snabbt tolka kommandot korrekt, speciellt som man förväntas reagera inom 5 sekunder med en manuell manöver av flygplanet, och att man är medveten om att det finns en risk för kollision med ett annat flygplan.
3. Strax efter det att piloterna i fpl A fick sin RA, och befälhavaren initierat stigmanövern, talade styrman med ATC, vilket fick som konsekvens att han inte var riktigt med i processen att tolka RA. Från första radiomeddelandet till efter att konflikten var över förflöt c:a 18 sekunder. Under den tiden utväxlade styrman flera meddelanden med ATC. Detta var olyckligt eftersom han annars hade haft en bättre möjlighet att göra sin egen tolkning av röstkommandona och VSI och därmed kanske kunnat göra en annan tolkning än den befälhavaren gjorde.
4. Besättningen i fpl A har uppgett att de inte hört något meddelande ”clear of conflict” från TCAS. Det är fullt möjligt att ”clear of conflict” kom ögonblicket efter det att styrman börjat sända på radion, och därvid doldes TCAS-meddelandet av radiotrafiken.
5. Under det att stigmanövern utfördes av befälhavaren talade styrman i radion med ATC. Styrman sa vid ett tillfälle ”TCAS climb” på radion. Befälhavaren var upptagen med att flyga flygplanet manuellt. När han hörde styrman uttala orden ”TCAS climb” kan det ha förstärkt hans känsla av att han måste fortsätta att stiga.

2.1.2 FPL B agerande

Befälhavaren i det sjunkande flygplanet har i sin rapport skrivit att man först fick en ”Climb” RA och därefter en ”Increase climb” RA. Detta står i överensstämmelse med den minnesdump som togs från flygplanets TCAS-utrustning. SHK kan därmed slå fast att besättningen fick just dessa RA-kommandon.

Förarna har också uppgivit att de hade visuell kontakt med det stigande flygplanet, och de valde att inte följa det stig-styrkommando som TCAS gav dem. Vid tidpunkten för händelsen var detta ett tillåtet agerande.

2.1.3 ATC agerande

Strax efter det att styrman på fpl A meddelat APP-S att man fått ”TCAS climb” gav APP-S instruktioner till fpl A att sjunka. Detta var inte i enlighet med instruktionen för hantering av TCAS. APP-S skulle inte ha gett några instruktioner utan endast trafikinformation. Den radiotrafik som resulterade kan ha påverkat händelseförloppet såtillvida att styrman under händelseförloppet blev upptagen under 18 sekunder - en något längre tid än som eljest hade varit nödvändigt.

Fraseologin för ATC när ett fpl meddelar att man följer en RA är inte fastställd.

Bidragande till tillbudet torde också ha varit att flygplanen blev ledda mot samma punkt, det stigande på sin SID, och det sjunkande mot Trosa för inflygning mot Arlanda.

2.2 Malmö Aviations handböcker och utbildning

I dokumentet PTS finns en beskrivning av hur RA presenteras på VSI-instrumentet. Beskrivningen av de röda, gröna och svarta fälten är i svartvitt med olika gråtoner som illustrerar rött/grönt. Att illustrationerna inte är i färg har möjligtvis bidragit till att det blivit mer svårtolkat för piloterna att i en stressad situation snabbt tolka informationen på ett korrekt sätt, speciellt som en stor del av informationen ligger i själva färgen.

I samma dokument framgår det att man ska lämna det röda fältet. Detta kan tolkas så, att för att följa kommandot ska man ändra sin vertikala hastighet så att man får nålen att gå ut ur det röda fältet, vilket kan betyda antingen uppåt eller nedåt.

2.3 TCAS systemet

När två flygplan är på kollisionskurs och klarerats till två skilda flygnivåer med endast 1000 fot emellan, där den ena eller båda har hög sjunk eller stighastighet, utlöser TCAS-systemet en varning om att det finns en kollisionsrisk. TCAS-systemet vet inte att båda flygplanen har för avsikt att plana ut på sina respektive höjder.

En bidragande faktor till denna incident är att fpl A hade en stighastighet som var större än vad TCAS-systemet kunde acceptera utan att utfärda en RA. Eftersom besättningen i fpl A hade autopiloten inkopplad är det programvaran i denna som avgör hur närmandet till en flygnivå där fpl ska plana ut sker. Om närmandehastigheten hade varit lägre hade TCAS gränsvärden för kollisionsrisk inte överskridits, och ingen RA hade utfärdats.

TCAS har 12 st olika röstkommandon. Eftersom en RA uppkommer förhållandevis sällan för varje enskild pilot, kan det uppkomma situationer där en pilot hör ett kommando som han aldrig, eller för mycket länge sedan, har hört. Om kommandot dessutom inte är intuitivt lätt att tolka ökar risken för feltolkning.

3 UTLÅTANDE

3.1 Undersökningsresultat

- a) Förarna hade behörighet att utföra flygningarna.
- b) Luftfartygen hade gällande luftvärdighetsbevis.
- c) Inga tekniska fel har hittats på TCAS-utrustningarna.
- d) Besättningen på FPL A (RJ100, stigande) feltolkade RA från TCAS.
- e) Besättningen på FPL B (F50, sjunkande) valde att inte följa sina RA.
- f) Minsta avstånd mellan flygplanen: i vertikalled noll meter, i horisontal-
led 1,7 Nm (3150m).
- g) APP-S gav instruktioner FPL A att sjunka, vilket var i strid med gällande instruktion.

3.2 Orsaker till tillbudet

Orsaken till tillbudet är att ingen av de två besättningarna korrekt följde sina respektive RA från TCAS-systemet.

4 REKOMMENDATIONER

Luftfartsstyrelsen rekommenderas att:

- Verka för att TCAS-kommandot "Adjust vertical speed, adjust" ändras (*RL 2006:09 R1*).
- Verka för att piloter vid utbildning och träning i flygsimulatorer kommer i kontakt med samtliga olika röststyrkommandon som kan uppträda vid TCAS-händelser (*RL 2006:09 R2*).
- Verka för att både utbildnings och teknisk dokumentation hos operatörer hålls upprättade samt håller tillräcklig kvalitet med avseende på tydlighet och läsbarhet (*RL 2006:09 R3*).