

---

Meddelande från Luftfartsavdelningen 601 73 Norrköping  
Telefon 0771-503 503

---

*Meddelande från Transportstyrelsens luftfartsavdelning (MFL) utkommer när det finns ett behov av att lämna information till flera verksamhetsutövare eller grupper av verksamhetsutövare på luftfartsområdet. MFL innehåller endast information och utgör inte beslut med bindande verkan. När det gäller regler hänvisas till Transportstyrelsens författningssamling (TSFS) som finns på <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/>.*

## **Taktiskt system för att undvika kollisioner (TCAS) – information till flygbesättningar och flygledare**

*Källa: Eurocontrol, Skybrary*

**Syftet med det här meddelandet är att ge flygledare och piloter viktig säkerhetsinformation, både operativ och teknisk, när det gäller det taktiska systemet för att undvika kollisioner (TCAS). Flera händelser de senaste åren har visat på vikten av att både piloter och flygledare är väl införstådda med systemet och dess funktion.**

TCAS är det enda kommersiella verktyget som finns för att implementera ICAO:s standarder för ACAS II. Trots att termerna i stort sett är utbytbara syftar vi på ACAS när vi talar om konceptet, och TCAS när vi talar om utrustning, händelser eller konfliktsituationer. Om ACAS ska främja säkerheten är det viktigt att definitioner, systemets funktion och operativa procedurer är klara och tydliga. ACAS II har varit obligatoriskt under flera år, men fortfarande inträffar situationer där piloter agerat felaktigt. Det har lett till allvarliga separationsunderskridanden och, i vissa fall, även haverier.

Det här meddelandet fokuserar på pilotutbildning och tar upp ett antal verklighetsbaserade händelser. Händelserna syftar till att understryka vikten av både grundutbildning och repetitionsutbildning, så att flygbesättningar agerar korrekt på RA. Den här informationen innehåller också sammanfattningar av ny forskning på hur piloter agerar på RA.

Nedan redovisas tre exempel på händelser där TCAS har varit en faktor. Händelserna har avidentifierats för att användas i utbildningssyfte och för att främja en god säkerhetskultur. Beskrivningarna av händelserna har förenklats och/eller förkortats i syfte att förtydliga och underlätta utbildningen och förståelsen.

Syftet med den här texten är enbart att förhindra framtida haverier och tillbud – inte att skuldbelägga.

## Händelse 1 – överreaktioner på TCAS-instruktioner kan orsaka skador

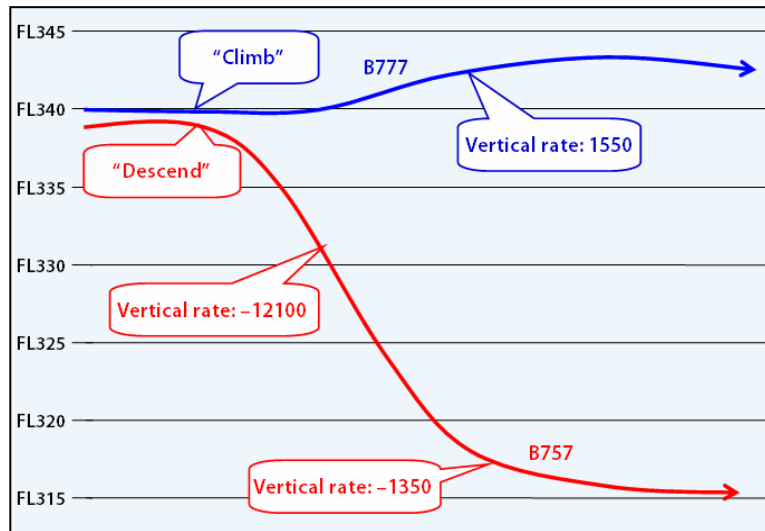


Illustration: Händelse 1

En B777 på FL 340 flyger med en kurs på cirka 220 grader. En B757 som flyger i motsatt riktning får en klarering att sjunka från FL 390 till FL 310 vid en tidpunkt då luftfartygen flyger rakt mot varandra, ungefär 70 NM ifrån varandra.

Ungefär fyra minuter senare, när B757:an sjunker genom FL 343 och är 13 NM framför B777:an, upptäcker flygledaren konflikten och beordrar B757:an (utan att använda standardiserad fraseologi) att avbryta sin plané. Piloten i B757:an svarar inte, men luftfartygets sjunkhastighet minskar. Fem sekunder senare beordrar flygledaren B777:an att svänga höger till en kurs på 270, vilket tillbakaläses av besättningen. Koordinerade RA utlöses – B777:an mottar en stiginstruktion [”Climb”] och B757:an en sjunkinstruktion [”Descend”] från TCAS.

Besättningen i B777:an agerar på stiginstruktionen och uppnår en stighastighet av 1 550 fot/minut inom 9 sekunder. De rapporterar dock inte sin RA till flygledaren.

När sjunkinstruktionen utfärdas befinner sig B757:an på FL 338. Piloten skjuter ratten kraftigt framåt och sjunkhastigheten ökar snabbt. Samtidigt meddelar samma pilot till flygledaren att han agerar på en stiginstruktion. Inom 8 sekunder från det att RA utfärdades har B757:ans sjunkhastighet ökat till nästan 12 100 fot/minut. Därefter för han tillbaka ratten för att hejda den häftiga sjunkhastigheten och minskar den till ungefär 1 350 fot/minut under de närmsta 11 sekunderna. TCAS-instruktionen ombord på B757:an ändras till justera vertikalthastigheten [”Adjust vertical speed”] och strax därefter kommer meddelandet ”fri från konflikt” [”Clear of conflict”].

Den kraftiga reaktionen på sjunkinstruktionen fick B757:an att sjunka över 2 000 fot på bara 17 sekunder. Farten ökade med 30 knop och luftfartygets anfallsvinkel ändrades från 4,4 grader uppåt till 17,8 grader nedåt på bara 7 sekunder. När piloten hejdade den stora sjunkhastigheten ändrades accelerationen från – 1.06 G till +2.48 G, på fyra sekunder. G-krafterna orsakade skador hos 21 ombordvarande (fyra skadades allvarligt) och även skador på luftfartygets interiör uppkom. Luftfartyget fick avbryta flygningen och landa på en närliggande flygplats för att de skadade skulle få läkarvård.

## Lärdomar:

- **Piloter bör undvika överreaktioner på TCAS-instruktioner (RA).** RA kräver aldrig så häftiga reaktioner som beskrivs ovan. Åtgärder som vidtas efter en RA ska följa indikationerna på instrumenten i cockpit.
- **Reaktioner på den inledande TCAS-instruktionen (RA):** För inledande RA som kräver en förändring av den vertikala hastigheten måste en åtgärd i rätt riktning vidtas inom 5 sekunder från det att RA:n visas. Sjunk- och stiginstruktionerna kräver till exempel vertikala hastigheter på 1 500 fot/minut. Förändringen i vertikal hastighet uppnås genom en acceleration på ungefär 0,25 G för att nå den stig- eller sjunkhastighet som krävs.
- **Stig- och sjunkhastigheter för efterföljande TCAS-instruktioner (RA):** Svarstiden är reducerad till 2,5 sekunder för efterföljande RA. Accelerationen inom vilken förändringen i vertikal hastighet uppnås är 0,33 G för stig- eller sjunkhastighet och ändrade RA och 0,25 G för justerade RA.
- **Praktiska råd om hur man uppnår den acceleration som krävs finns i JAA-TGL 11:** *"En acceleration på cirka 0,25 G uppnås om förändringen i flygplanets läge i loopingplanet som motsvarar en förändring i den vertikala hastigheten på 1 500 fot/minut uppnås på ungefär 5 sekunder, och på 0,33 G om förändringen uppnås på ungefär 3 sekunder. Den förändring i flygplanets läge i loopingplanet som krävs för att fastställa en stighastighet eller en sjunkhastighet på 1 500 fot/minut från planflykt kommer att vara ungefär 6 grader när den verkliga farten (TAS) är 150 knop, 4 grader vid 250 knop och 2 grader vid 500 knop. (Dessa vinklar erhålls från formeln  $1\ 000 \text{ delat med TAS.}$ )"*

## Händelse 2 och 3 – oriktig respons på TCAS-instruktioner (RA) att stiga/sjunka genom ett annat luftfartygs höjd

TCAS-instruktioner (RA) som kräver att piloten stiger/sjunkar genom ett annat luftfartygs höjd är ovanliga. De utgör mindre än 2 procent av alla RA. ACAS och TCAS är utformat för att i första hand välja instruktioner som **inte** innebär att luftfartyget ska stiga/sjunka genom ett annat luftfartygs höjd under förutsättning att den önskade vertikala separationen är tillräcklig vid den punkten luftfartygen är som närmast. Bara när tillräcklig separation inte kan uppnås kommer en RA med instruktioner att stiga/sjunka genom ett annat luftfartygs höjd att presenteras. Dessa RA är mindre intuitiva än andra RA eftersom de kan ge piloten intrycket av att de felaktigt dirigeras mot det andra luftfartyget.

Följande två händelser beskriver oriktig respons på TCAS-instruktioner (RA) att stiga/sjunka genom ett annat luftfartygs höjd.

## Händelse 2

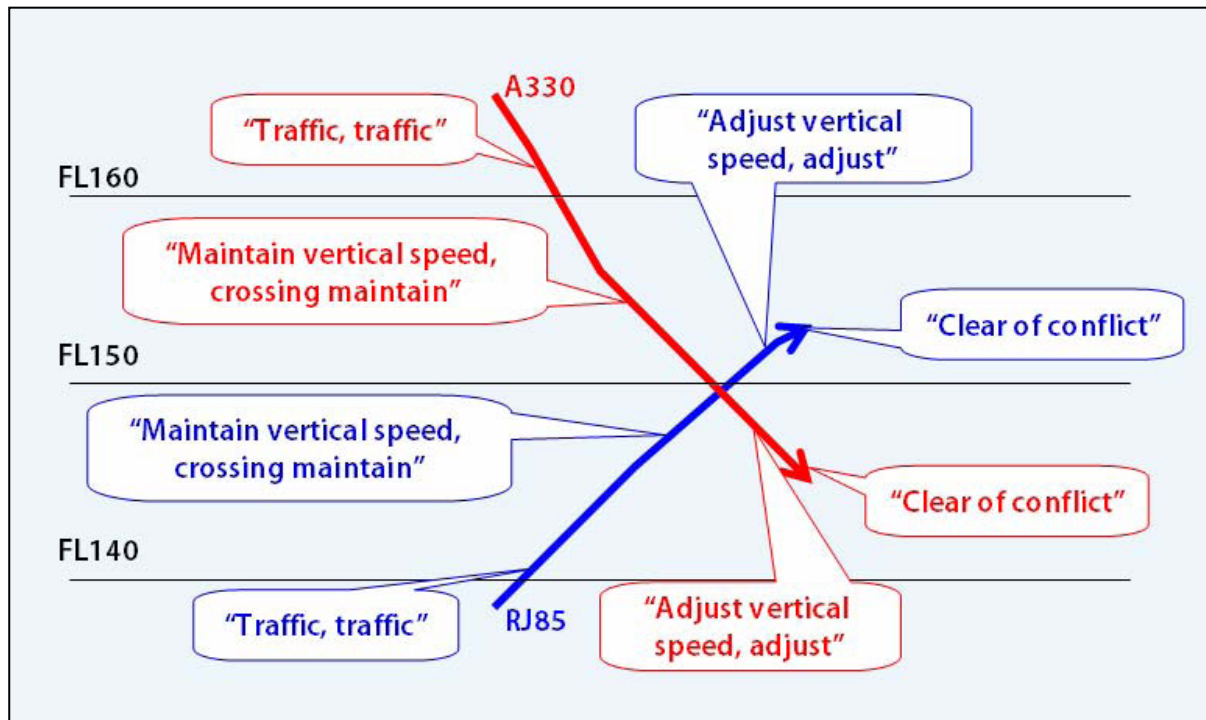


Illustration: Händelse 2

En RJ85 får efter start en klarering att stiga till FL 150 på kurs 330. En A330 flyger på kurs 300 och sjunker mot sin destination. De båda luftfartygens förutsedda färdvägar förväntas korsas med en horisontell separation på mindre än 1 NM. Flygledaren planerade att klarera A330 till FL 160 (1 000 fot ovanför RJ85:an). Av misstag ger dock flygledaren A330:n en klarering till FL 150.

En stund senare klarerar flygledaren RJ85:an att svänga höger till kurs 345. När luftfartygen är 2,5 NM och 2 100 fot ifrån varandra, utlöses trafikvarningar (TA:s) för båda luftfartygen. Några sekunder senare varnar konfliktvarningssystemet hos flygledaren om den förestående konflikten. Flygledaren utfärdar instruktioner om undanmanöver till båda luftfartygen.

“A330 sväng höger till 360”

“RJ85 sväng vänster till 270.”

Därefter ger flygledaren A330:n ytterligare en instruktion om att svänga höger till kurs 035 och ger även trafikinformation till RJ85:an.

När luftfartygen är 1,6 NM och 850 fot ifrån varandra utfärdas en första RA för A330:n – ”bibehåll sjunkhastighet, mötande bibehåller” [”Maintain vertical speed, crossing maintain”]. Vid den här tidpunkten sjunker A330:n med nästan 2 500 fot per minut, och RA:n uppmanar alltså piloten att bibehålla sjunkhastigheten och passera det andra luftfartygets höjd. Två sekunder senare får även RJ85:an, som stiger med 1 500 fot/minut, en likadan RA ”bibehåll stighastighet, mötande bibehåller” [”Maintain vertical speed, crossing maintain”]. Det engelska begreppet ”vertical speed” kan alltså åsyfta både stig- och sjunkhastighet. Båda piloterna följer sina RA och rapporterar till flygledaren.

När luftfartygen passerar varandra är A330:n cirka 600 fot<sup>1</sup> under RJ85:an. Båda RA:erna ändras till ”justera vertikal hastighet, justera” [“Adjust vertical speed, adjust”], vilket strax följs av meddelandet ”fri från konflikt” [“Clear of conflict”].

### Lärdomar:

- **RA** ger på ett framgångsrikt sätt kompenserande åtgärder för att minska risken för kollisioner i luften.
- **Följ RA:** Korrekta och snabba reaktioner på RA är nödvändiga för att minska riskerna för allvarliga händelser eller haverier.
- **RA att stiga/sjunka genom ett annat luftfartygs höjd:** De bör tas upp i utbildningarna trots att de är ovanliga.

### Händelse 3

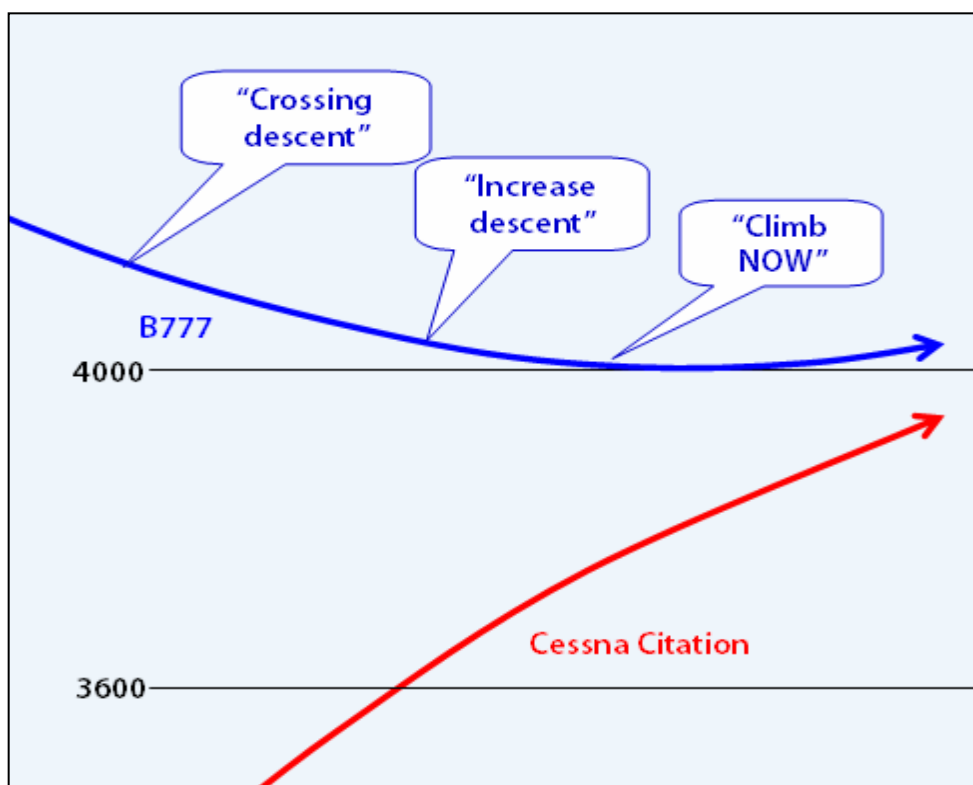


Illustration: Händelse 3

En Cessna Citation står på marken och begär tillstånd för ”start up” och en ATS-klarering. Cessnan är inte utrustad med TCAS, eftersom dess maximala startmassa är under 5 700 kg, och omfattas därmed inte av krav på sådan utrustning. Flygledaren ger Cessnan klarering att stiga till 3 000 fot efter start. Piloten läser tillbaka ”4 000 fot”, men flygledaren lägger inte märke till detta. När Cessnan har startat, stiger den följaktligen till 4 000 fot.

<sup>1</sup> Motsvarar ca 180 m

Samtidigt blir en B777:a vektorerad för en ILS-inflygning mot sin destination. B777:an klareras att sjunka till 4 000 fot på kursen 185 grader. B777:an och Cessnan hanteras av olika flygledare på olika radiofrekvenser.

När luftfartygen närmar sig varandra, svänger Cessnan mot norr, passerar genom 3 000 fot och stiger med 3 300 fot/minut. Nu får besättningen i B777:an en trafikvarning (TA) på grund av Cessnan. Trots att det inte krävs, rapporterar piloten i B777:an detta till flygledaren. Under den här radiosändningen genereras en RA med instruktion om att sjunka genom ett annat luftfartygs höjd.

Flygledaren som har hand om B777:an ser konflikten och misstänker att en RA redan kan ha genererats (men ännu inte rapporterats). Han är medveten om att han inte bör ge några instruktioner till luftfartyg som har fått RA:er, så han frågar besättningen i B777:an om de kan avbryta sitt sjunk och stiga till 5 000 fot, istället för att beordra dem att stiga. Strax därefter ändras RA:n ombord på B777:an till ”öka sjunkhastighet” [”Increase descent”].

Besättningen i B777:an svarar inte på RA:erna utan luftfartyget planar ut på 4 000 fot. Kaptenen har senare angett att han, när han såg det andra luftfartyget på TCAS-skärmen, blev orolig för att en plané skulle göra att han kom närmare Cessnan.

Luftfartygen passerar varandra på motsatt kurs, bara 0,5 NM<sup>2</sup> ifrån varandra (horisontellt) och 100-200 fot<sup>3</sup> vertikalt. Bara några sekunder innan de passerar varandra får B777:an en ”Stig NU”-RA [”Climb NOW”]. Besättningen på B777:an svarar på RA:n, men då befinner sig Cessnan redan bakom dem.

#### Lärdomar för besättningen ombord på B777:an:

- **”Öka sjunkhastighet” [”Increase descent”] eller ”Öka stighastighet” [”Increase climb”] (dvs. förstärkt RA):** Man måste alltid prioritera att följa en RA. En första RA kommer att förstärkas om reaktionen på den första RA:n är otillräcklig. Piloterna måste vara beredda att svara på förstärkta RA:s inom 2,5 sekunder.
- **”Stig NU” [”Climb NOW”] eller ”Sjunk NU” [”Descend NOW”] (dvs. ”motsatt” RA):** presenteras när luftfartygen manövrerar vertikalt i riktning mot varandra och den aktuella RA:n inte bedöms vara relevant längre. ”Motsatt” RA är ovanliga (mindre än 1 % av alla RA:er). Piloterna måste vara beredda att svara på ”motsatt” RA inom 2,5 sekunder.
- **TCAS-display i cockpit:** bör inte användas för att försöka avgöra graden av kollisionsrisk.
- **Rapportering till flygtrafikledningen (ATC):** RA:er som kräver en avvikelse från en aktuell klarering eller instruktion från ATC måste rapporteras till ATC. TA:s behöver inte rapporteras till ATC.

#### Lärdomar för besättningen ombord på Cessnan:

- **Vertikal hastighet:** 1 000 fot före utplaning bör inte den vertikala hastigheten överstiga 1 500 fot/minut, om flygbesättningen blir medveten om ett annat luftfartyg vid, eller som närmar sig, en intilliggande höjd eller flygnivå.

---

<sup>2</sup> Motsvarar ca 1 000 m

<sup>3</sup> Motsvarar ca 30-60 m

## Lärdomar för ATC:

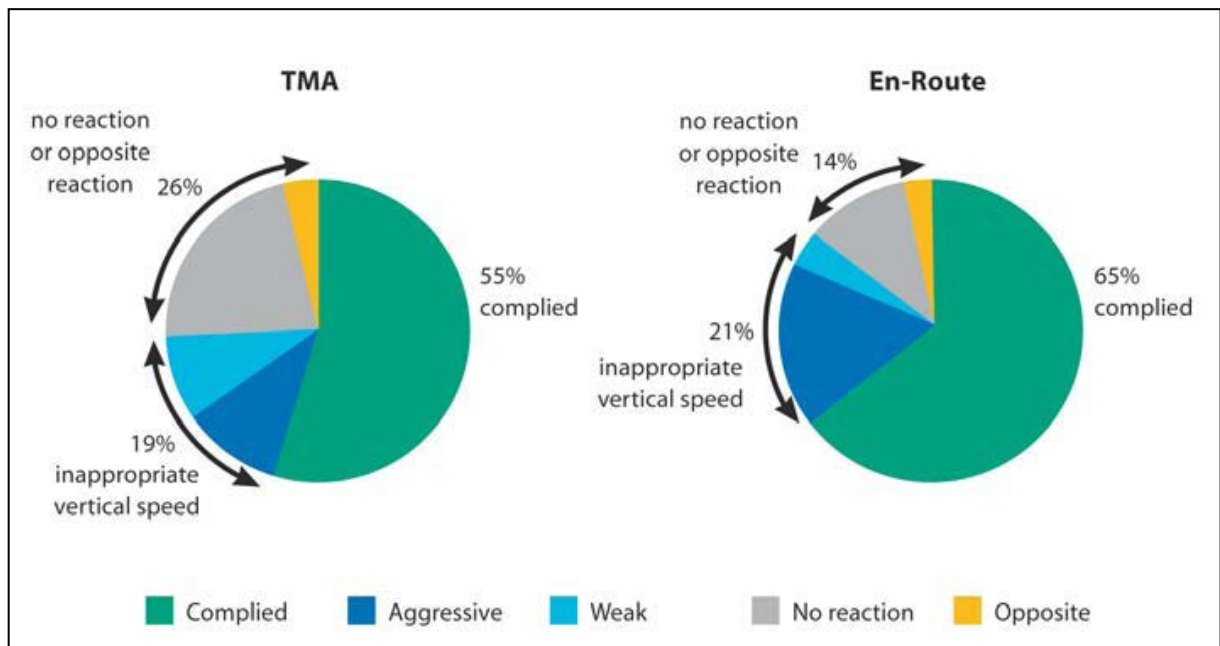
- **Om en RA-rapport saknas:** ATC-instruktioner som rör undanmanövrer har ingen påverkan på TCAS II RA.

## Forskning visar vikten av pilotutbildning

### Agerar piloter alltid på RA och är reaktionerna alltid korrekta?

Aktuell forskning från Eurocontrol visar att stig- och sjunk-RA följs korrekt i 65 procent av fallen i det övre luftrummet och endast i 55 procent av fallen i terminalområdena. Bilden nedan visar en analys av RA:er som inte följs korrekt i det övre luftrummet och i terminalområden.

ACAS-utbildning är avgörande för att säkerställa att piloter tolkar och agerar på RA:er på ett korrekt sätt, och ACAS-utbildningen för piloter är mycket viktig. Snabbt och korrekt agerande på RA är avgörande. De potentiella konsekvenserna av uteblivna reaktioner på en RA är uppenbara, och reaktioner som är för svaga eller för kraftiga kan ha negativa konsekvenser för hur effektivt TCAS fungerar.



Undersökningsresultat för stig- och sjunk-RA:s

I 19 procent av fallen i terminalområden och 21 procent i det övre luftrummet följs stig- och sjunk-RA:er, men med en felaktig vertikal hastighet – antingen för hög eller för låg. I 26 procent av fallen i terminalområden och 14 procent i det övre luftrummet saknas respons från besättningen eller så får man en motsatt reaktion.

## Utbildningsmaterial

”Replay Interface for TCAS Alerts” (RITA2) är ett verktyg som är utformat för ACAS II-utbildning för flygledare och som extramaterial för att förbättra flygbesättningarnas ACAS-utbildning.

## ICAO-vägledning för repetitionsutbildning

ICAO:s vägledning för ACAS fastställer både praktisk träning i simulatorer/eller vid datorer och teoriutbildning för piloter. ACAS bör ingå i repetitionsutbildningar och flygbesättningar måste testas för att säkerställa att de är helt förtrodda med ACAS-utrustningens procedurer, möjligheter och begränsningar och för att de ska veta hur de ska svara på RA:er på ett korrekt sätt.

ICAO:s vägledning för pilotutbildning i ACAS/TCAS finns i Doc 9863 och i bilagorna till PANS-OPS Doc 8168. De relevanta delarna av dessa dokument, liksom utbildningsmaterial, finns även på Eurocontrols webbplats: [www.eurocontrol.int/acas](http://www.eurocontrol.int/acas)

## Utbildningsmaterial för piloter

Många operatörer har tagit fram eget utbildningsmaterial, men det finns också annat material. Exempelvis finns Eurocontrols uppdaterade ”Overview of ACAS II” för piloter, som innehåller:

- hur TCAS fungerar.
- hur piloter bör svara på TA:er och RA:er, och
- exempel på vanliga problem och lärdomar

## Utbildningsmaterial för flygledare

Utbildningsmaterial om ACAS finns också i Eurocontrols IANS E-learningssystem. Det är från början utvecklat för flygledare, men det innehåller också information som är relevant för piloter, inklusive:

- en översikt över ACAS-begreppet,
- en beskrivning av ansvarsfördelningen mellan piloter och flygledare under en situation med TCAS och RA, och
- en beskrivning av hur TCAS II fungerar.

## TCAS-videor

Det finns videoklipp för utbildningssyfte som tagits fram av NATS och Flight Safety Foundation på SKYbrary: [www.skybrary.aero](http://www.skybrary.aero)

## Sammanfattning

- RA:er är sällsynta, men när de inträffar kan situationen vara allvarlig och korrekta åtgärder måste vidtas. Repetitionsutbildningar förbättrar piloternas förståelse för hur TCAS fungerar och vilka begränsningar som finns, samt ger information om hur piloterna bör reagera på en RA.
- Övervakningsprogram har identifierat ett antal situationer där piloternas åtgärder är felaktiga. Operatörer och utbildningsorganisationer bör överväga att lägga fokus på dessa situationer i sina repetitionsutbildningspass.
- Det finns en mängd tillgängligt utbildningsmaterial för både piloter och flygledare att ta del av i utbildnings- och kompetensutvecklingssyfte.