

# FLYGT TENDENSER

| STATISTIK, ANALYS OCH INFORMATION FRÅN TRANSPORTSTYRELSEN 01/2017

TEMA:  
Miljö

SID 9

ICAO:s globala  
**klimatstyrmedel**

SID 27

**Minskad klimatpåverkan**  
genom operationella åtgärder

## TEMA: MILJÖ

Flyget bidrar på många sätt positivt till samhällsutvecklingen men har även en viss negativ inverkan på miljön, klimatet och vår hälsa. Transportstyrelsen har som regelgivande myndighet en mycket viktig roll i arbetet för att minska flygets negativa miljöpåverkan.

.....

## INNEHÅLL

- 3 Ledare
- 4 Flygets miljöpåverkan
- 6 Sammanfattning av ICAO:s miljökommittés tionde möte februari 2016
- 9 ICAO:s globala klimatstyrmedel
- 13 En korg full av klimatåtgärder
- 17 Miljöförbättrande teknik i flygplan
- 23 Vad händer på flygbullersidan?
- 27 Minskad klimatpåverkan genom operationella åtgärder
- 30 Miljöpåverkan från mindre luftfartyg
- 33 Hållbara alternativa bränslen för flyget
- 34 Hur anpassar vi flyget till ett förändrat klimat?
- 37 Mänskliga faktorer och Människa-Teknik-Organisation
- 44 Flygsäkerhetsinfo
- 50 Trafikutveckling



# Viktiga kliv framåt för att göra flyget mer hållbart

Utvecklingen av ett hållbart transportsystem är en framtidsfråga för vårt samhälle. Om vi ska kunna nå målen om drastiskt minskade koldioxidutsläpp, och på sikt även få en fossilfri transportsektor, krävs att även flyget är med och bidrar till dessa mål. Flyget bidrar på många sätt positivt till samhällsutvecklingen men har även en viss negativ inverkan på miljön, klimatet och vår hälsa. Transportstyrelsen har som regelgivande myndighet en mycket viktig roll i arbetet för att minska flygets negativa miljöpåverkan. Luftfartsnäringsen är global och mycket av vårt arbete sker därför genom internationella förhandlingar. År 2016 har varit ett historiskt år för arbetet med att minska flygets miljö- och klimatpåverkan. Flygets FN-organ International Civil Aviation Organization

(ICAO) har under året lyckats besluta om en helt ny standard för koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>) från nyproducerade flygplan samt beslutat om att införa ett globalt marknadsbaserat klimatstyrmedel för det internationella flyget. Detta nummer av Flygtendenser ägnas helt åt arbetet med att minska flygets negativa inverkan på miljön, klimatet och människors hälsa. Eftersom klimatfrågan är en av vår tids största utmaningar, har vi valt att i detta nummer lägga särskilt fokus på arbetet att begränsa koldioxidutsläppen från flyget. Vi har även en artikel om hur vi kan komma att behöva anpassa flyget i framtiden till ett förändrat klimat.

*Ingrid Cherfils*  
Sjö- och luftfartsdirektör

# Flygets miljöpåverkan – i går, i dag och i morgon

Att vi kan resa med flyg ger oss fantastiska möjligheter att uppleva nya saker, att utbyta kunskap och erfarenheter och att öka vår förståelse för den globala värld vi lever i. Flyget bidrar på många sätt positivt till samhällsutvecklingen, men har även en viss negativ inverkan på miljön, klimatet och vår hälsa.

**TEXT** THERÉSE SJÖBERG, [therese.sjoberg@transportstyrelsen.se](mailto:therese.sjoberg@transportstyrelsen.se)

## Hur påverkar flygresandet miljön, klimatet och vår hälsa?

Luftfartens förbränning av flygbränsle är en av orsakerna till uppvärmningen av klimatet. Förbränningen bildar främst koldioxid (CO<sub>2</sub>) och vattenånga (H<sub>2</sub>O). Eftersom utsläppen sker till största delen på hög höjd i atmosfären bidrar även utsläpp av andra ämnen, exempelvis kväveoxider (NO<sub>x</sub>), samt bildandet av kondensstrimmor, till att flygets totala påverkan på klimatet är omkring dubbelt så stor som enbart effekten av dess koldioxidutsläpp.

Förbränningen av flygbränsle leder även till utsläpp av andra ämnen, så som kolmonoxid (CO), svaveloxider (SO<sub>x</sub> och olika typer av kolväten (HC). Dessa utsläpp påverkar främst luftkvaliteten på och i närheten av flygplatserna, men har även en viss försurande och övergödande inverkan på mark och vatten.

Flygtrafiken påverkar oss också genom det buller den för med sig. Flygbuller i boendemiljö kan upplevas som störande och försvåra samtal, koncentration, vila och sömn. Det finns också forskning<sup>1</sup> som visar på ett samband mellan flygbuller och försämrad inlärning hos barn, liksom en ökad risk för kroniskt högt blodtryck bland vuxna som bor vid flygplatser. Enligt den senaste nationella beräkningen<sup>2</sup> exponeras omkring 18 700 personer i Sverige för flygbullernivåer (FBN<sup>3</sup>) på 55 dB(A) eller högre. Ett betydligt högre antal exponeras för maximal ljudnivå överstigande 70 dB(A).

## Utvecklingen avseende flygets koldioxidutsläpp

Tack vare forskning och teknisk utveckling är dagens flygplan omkring 70 procent mer bränsleeffektiva än de var för 40 år sedan. I takt med att utbudet av och

<sup>1</sup> Exempel på forskning: Charlotta Eriksson, Karolinska Institutet, 2012, "Cardiovascular and metabolic effects of long-term traffic noise exposure"

<sup>2</sup> Naturvårdsverket 2014-06-30: Kartläggning av antalet överexponerade för buller

<sup>3</sup> FBN eller flygbullernivå är ett slags beräknat medelvärde på ljudnivån under ett dygn

efterfrågan på framför allt internationella flygresor har ökat, har dock de faktiska utsläppen av CO<sub>2</sub> från det internationella flyget ökat. Mellan åren 2000 och 2014 ökade dessa CO<sub>2</sub>-utsläpp från det internationella flyget från Sverige med 18 procent. Under samma period minskade dock utsläppen från inrikes flygresor med 20 procent.

Trendanalyser utförda av ICAO:s miljökommitté, Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP), förutspår en fortsatt effektivisering av flygets bränsleförbrukning med upp till 1,5 procent per år fram till 2040. Dock kommer denna effektivisering sannolikt att ätas upp av den förväntade utvecklingen vad gäller passagerarflygningar, vilka beräknas öka med omkring 4–5 procent per år fram till 2030.

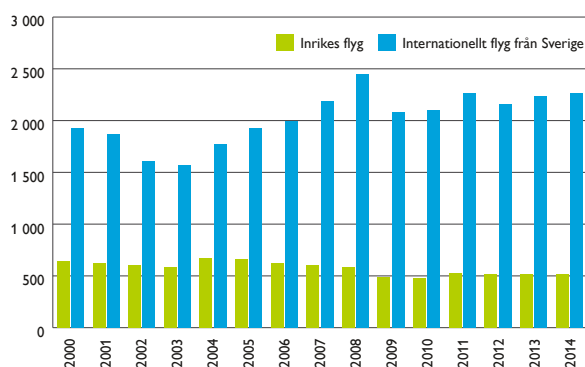


Diagram: Utsläpp av koldioxid (tusen ton CO<sub>2</sub>) från svenskt inrikesflyg samt från internationella flygningar från Sverige, 2000–2014, baserat på Naturvårdsverkets officiella klimatrapporering.

## Utsläppen av kväveoxider från flyget i Sverige

Utsläppen av kväveoxider (NO<sub>x</sub>) från flyget i Sverige har utvecklats i en positiv riktning. NO<sub>x</sub>-utsläppen från inrikesflyget i Sverige har minskat med knappt 41 procent mellan åren 2000 och 2014. Under samma period har utsläppen av NO<sub>x</sub> från de internationella flygningarna från Sverige minskat med drygt 5 procent.

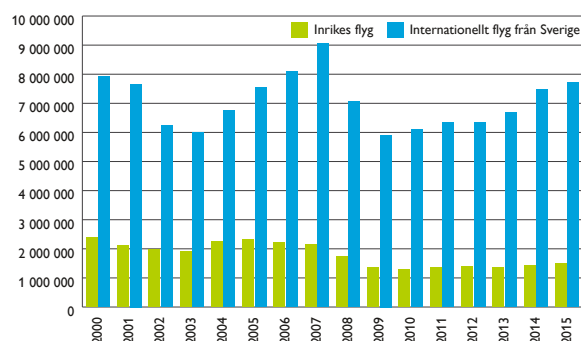


Diagram: Utsläpp av kväveoxider (kg NO<sub>x</sub>) från svenskt inrikesflyg samt från internationella flygningar från Sverige, 2000–2014. Uppgifter från Transportstyrelsens emissionsberäkningar.

## Trendbrott på gång avseende flygbullrets utveckling?

Forskning och utveckling har lett till att flygplan är betydligt tystare i dag, i genomsnitt 70 procent tystare än för 40 år sedan. År 2013 fattade ICAO också beslut om att skärpa nuvarande bullerstandard med 7 dB(A) jämfört med nivån för kapitel-4-flygplan<sup>4</sup>.

Transportstyrelsen har tagit fram ett bullerverktyg<sup>5</sup> för att undersöka hur bullersituationen kring de svenska flygplatserna påverkas med anledning av hur flygplansflottan utvecklas. Utifrån data om flygrörelser har myndigheten gjort en första beräkning av det utfallet för år 2010 och jämfört med utfallet för år 2014 vid de åtta största flygplatserna i Sverige. Beräkningen indikerar att trots att flygtrafiken har ökat med omkring 6 procent mellan 2010 och 2014 på de undersökta flygplatserna, så har bullret från flyget minskat något.

Trenden har under lång tid gått mot att mängden flygrörelser ökar men även samtidigt mot att varje enskild flygrörelse avger mindre buller. Transport styrelsens beräkningar mellan åren 2010 och 2014 visar nu också på att ett ökat antal flygrörelser inte behöver betyda att FBN-nivåerna ökar.

Teknikutvecklingen har onekligen påverkat flygets utveckling i en positiv riktning vad gäller flygplanens utsläpp till luften och hur mycket de bullrar. Trots teknikutvecklingen fortsätter dock de totala utsläppen från flyget, särskilt det internationella flyget, att öka i takt med den ökade efterfrågan på flygresor. Det behövs därmed mer arbete inom alla områden och fortsatta ansträngningar för att minska flygets påverkan på miljön, klimatet och vår hälsa.

<sup>4</sup> ICAO Annex 16, Volym 1, kapitel 4, där krav på högsta ljudnivå från flygplanstyper som certifieras mellan åren 2006 och 2017/2020 anges

<sup>5</sup> Om du vill veta mer om Transportstyrelsens bullerverktyg "Indikator för kallbuller från trafik", kan du läsa mer på: <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Publikationer/Lufifart/Miljo/Indikator-for-kallbuller-fran-trafik/>

# Sammanfattning av ICAO:s miljökommittés tionde möte februari 2016

**TEXT** MARIE HANKANEN, marie.hankanen@transportstyrelsen.se

I februari 2016 samlades ICAO:s miljökommittés (Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP) medlemmar och observatörer och deras rådgivare under två veckor i Montreal, Kanada, för att arbeta fram kommande miljöstandarder och miljöåtgärder för det internationella flyget. Flera hundra personer var på plats för att försöka nå dessa nödvändiga globala överenskommelser.

Den svenska delegationen bestod av fem medarbetare från Transportstyrelsen: Marie Hankanen (medlem i miljökommittén) samt rådgivarna Anna Petersson, Magnus Molitor, Jenny Blomberg och Therése Sjöberg. Denna delegation arbetade på uppdrag av det svenska regeringskansliet.



**BILD 1** Svenska delegationen under vecka 2: CAEP-medlemmen Marie Hankanen (i mitten) med sina två rådgivare Jenny Blomberg (till vänster) och Therése Sjöberg (till höger).

## Historiska beslut

Vid detta miljökommittés tionde möte fattades två historiska beslut: nya flygplan kommer att behöva uppfylla krav på högsta tillåtna mängd koldioxidutsläpp, och en ny partikelstandard för flygplan ska införas.

## Koldioxidstandard

Det viktigaste resultatet av mötet var beslutet om en ny koldioxidstandard för flygplan. Detta var även den viktigaste målsättningen för Sverige. Långa natt- och helgmanglingar bar till sist frukt i form av en global överenskommelse. Detta får ses som en stor framgång, inte minst som en respons på Parisavtalet från 2015<sup>1</sup>.

Beslutet måste nu godkännas av ICAO:s generalförsamling och råd, och av EU. Den slutliga standarden kommer att bli gällande från år 2020 respektive år 2023, beroende på flygplanets storlek och om det handlar om en helt ny flygplanstyp eller en flygplanstyp som serietillverkas idag.

## Partiklar

Det har konstaterats att utsläpp av partiklar påverkar klimatet vid flygning på högre höjder, men partiklarna påverkar också den lokala luftkvaliteten kring flygplatserna. Därför enades mötet också om att rekommendera en helt ny partikelstandard för flygmotorer. Miljökommittén kommer nu att arbeta vidare med denna standard, för att göra den mer exakt och se till att den verkligen får effekt.

## Ett helhetsgrepp om det hållbara flyget

Miljökommittén behandlade även ett antal andra frågor med syftet att det internationella flyget ska bli långsiktigt hållbart.

<sup>1</sup> Den 30 november till 11 december 2015 samlades världens länder i Paris för COP21, det tjugoförsta partsmötet under FN:s klimatkonvention. Vid mötet enades länderna om ett nytt globalt klimatavtal som ska gälla från år 2020.

## FAKTARUTA OM ICAO:S MILJÖKOMMITTÉ

ICAO har en miljökommitté, Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) vars främsta uppgift är att bistå ICAO:s råd med att ta fram nya policies och anta nya standarder vad gäller utsläpp och buller från luftfarten. Av ICAO:s 191 medlemsstater är det idag 24 stater som har medlemmar i miljökommittén; Sverige är det enda nordiska land som har en medlem i CAEP. Norge har observatörsstatus tillsammans med ett fåtal andra länder, EU och

ett flertal branschorganisationer. Miljökommittén arbetar i cykler på tre år, och varje cykel avslutas med ett formellt beslutsmöte. Däremellan möts medlemmarna minst en gång per år i en styrgrupp. Miljökommittén sorterar direkt under ICAO:s råd, och beslut fattade vid beslutsmötena måste få rådets godkännande. Arbetet i miljökommittén bedrivs huvudsakligen i arbetsgrupper, där Transportstyrelsen deltar.

### Utveckling av marknadsbaserat styrmedel...

Någon form av globalt marknadsbaserat styrmedel (Global Market-based Measure, GMBM) är en viktig åtgärd för att så snart som möjligt kunna hantera flygets klimatpåverkan. Miljökommittén har stöttat detta arbete genom att ta fram analyser och rekommendationer om hur styrmedlet ska fungera (mätning, rapportering och verifiering), samt kvalitetskrav för utsläppskrediter. Efter mycket diskussion, med flera ifrågasättanden från Rysslands sida, godkände mötet detta arbete för överlämnande och vidare beslut i ICAO:s råd.

### ...och alternativa bränslen

Ökad användning av alternativa bränslen skulle kunna ge en mer långsiktig lösning på problemet med koldioxidutsläpp från flygplan. Därför beslutade miljökommittén att arbetet inom detta område ska fortsätta, med fokus på livscykelanalyser och hållbarhetskriterier. Mötet konstaterade att arbetet är fortsatt viktigt men att det inte får försena utvecklingen av ett globalt marknadsbaserat styrmedel.

### Kommande skärpningar av bullerstandarder

Den fråga som miljökommittén har arbetat med under längst tid är bullerfrågan. Den är alltid aktuell eftersom många människor blir störda av flygbuller; aktuell forskning visar också att flygbuller påverkar människors hälsa. Av den anledningen har det uppstått aktionsgrupper mot flyget, vilka i sin tur redan nu påverkar tillgängligheten till flygplatser.

Miljökommittén arbetar för att kontinuerligt se över de internationella bullerstandarderna för flygplan och ta fram goda exempel på hur operativa procedurer samt ban- och flygvägsanvändning kan utformas för att minska bullerpåverkan. Vid detta möte beslutade miljökommittén att arbetet med att utvärdera dagens helikopterbullerstandard ska fortsätta. Kommittén beslutade också att låta oberoende experter göra en översyn och bedömning av framtida

tekniska möjligheter att minska buller från civila underljudsplan. Denna expertöversyn ska sedan ligga till grund för kommande skärpningar av bullerstandarderna.

### Flyget i en klimatförändrad värld

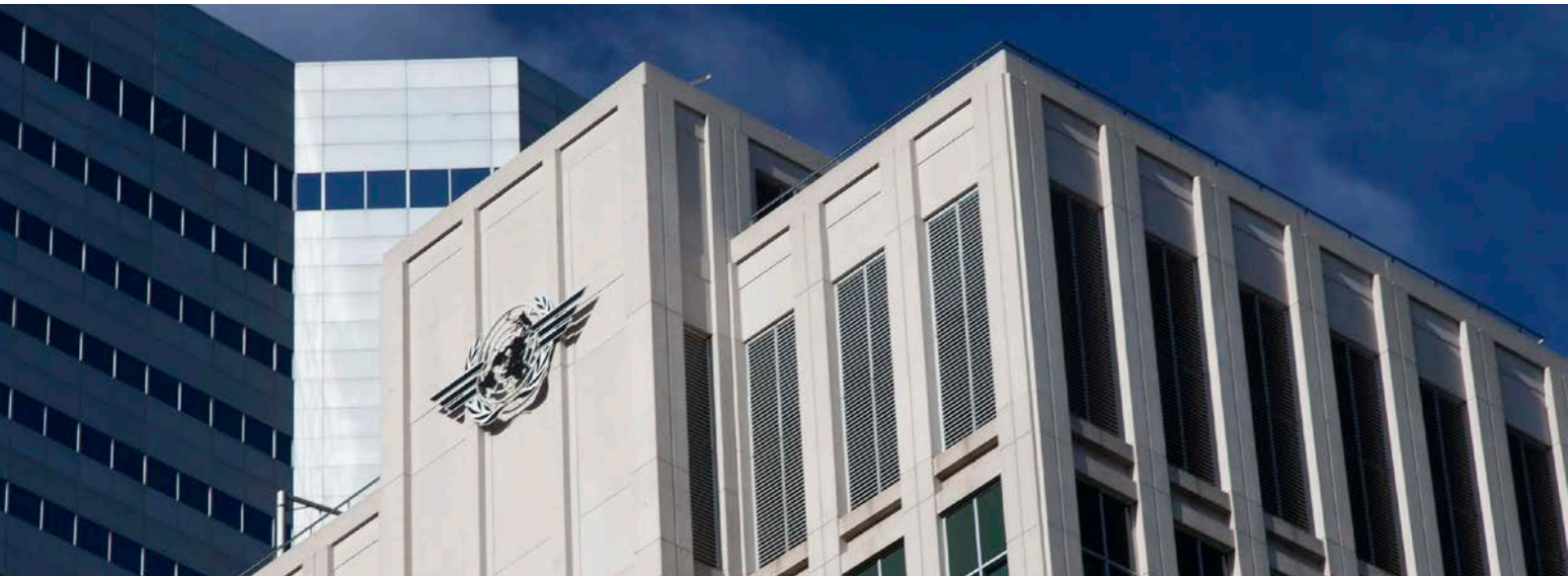
De klimatförändringar som förutspås kan komma att påverka flyget både ur säkerhets-, miljö- och tillgänglighetsperspektiv. Den svenska delegationen tryckte på för att miljökommittén ska arbeta mer för att synliggöra detta och ge goda exempel på hur man kan anpassa flyget till ett förändrat klimat. Och klimatanpassningen av flyget blev också en ny beslutad arbetsuppgift för miljökommittén under treårsperioden fram till nästa beslutsmöte. Delegationen från Transportstyrelsen fick därmed igenom de svenska önskemålen.

### Aktuell forskning

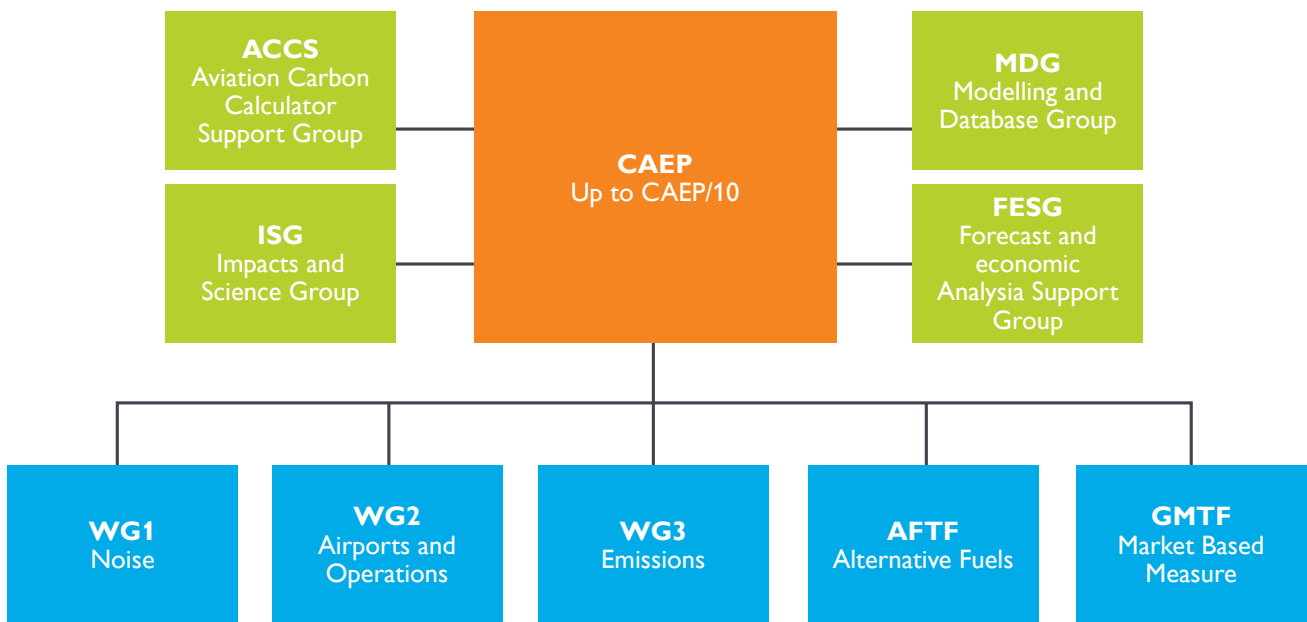
Vid mötet presenterades också den senaste forskningen om klimatets inverkan på flyget, flygets inverkan på klimatet och effekter av flygbuller. En del av detta arbete finns sammanställt i ICAO:s miljörapport från 2016, som även innehåller annan miljöinformation som behandlades vid miljökommitténs tionde möte. Läs mer om detta här: <http://www.icao.int/environmental-protection/Pages/ENV2016.aspx>



BILD 2 CAEP:s medlemmar och observatörer under CAEP/10



**BILD 3** ICAO-huset i Montreal, där CAEP-mötet i februari 2016 hölls



**BILD 4** CAEP:s organisation under den tionde cykeln



# ICAO:s globala klimatstyrmedel

För 15 år sedan togs för första gången frågan om hur flygets klimatpåverkan skulle kunna regleras upp på högsta nivå inom ICAO<sup>1</sup>. Nu har ICAO:s generalförsamling till slut lyckats fatta beslut<sup>2</sup> om att införa ett unikt globalt marknadsbaserat styrmedel, som ska reglera det internationella flygets koldioxidutsläpp (CO<sub>2</sub>). Vad innebär då det nya globala styrmedlet, och hur är det tänkt att det ska fungera?

**TEXT** THERÉSE SJÖBERG, therese.sjoberg@transportstyrelsen.se

## Vad innebär det nya globala styrmedlet mer konkret?

Det globala styrmedlet som ICAO nu beslutat om innebär i korthet att det internationella flygets koldioxidutsläpp tillåts växa fram till år 2020. Därefter måste flygbolagen köpa utsläppskrediter för de utsläpp som överstiger 2020 års nivå, vilket då bidrar till utsläppsminskningar inom andra sektorer istället för inom det internationella flyget. Med denna åtgärd skulle det internationella flyget få en så kallad koldioxidneutral tillväxt efter år 2020.

## Vad är det som regleras?

ICAO kan bara reglera flygningar mellan olika länder, det vill säga internationella flygningar. Det nu beslutade klimatstyrmedlet, Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), omfattar därför enbart internationellt flyg. Internationellt flyg står för drygt 60 procent av flygets totala klimatpåverkan. Styrmedlet reglerar bara utsläppen av koldioxid.

## Vilken tidsram omfattar styrmedlet?

För dem som omfattas är CORSIA obligatoriskt att delta

i från och med år 2027, efter två frivilliga infasningsperioder mellan år 2021 och 2026. Enligt beslutet ska ICAO analysera systemet ingående år 2032, och utifrån resultatet av analysen avgöra om styrmedlet ska tas bort eller fortsätta att gälla efter år 2035.

## Vem deltar om det är frivilligt?

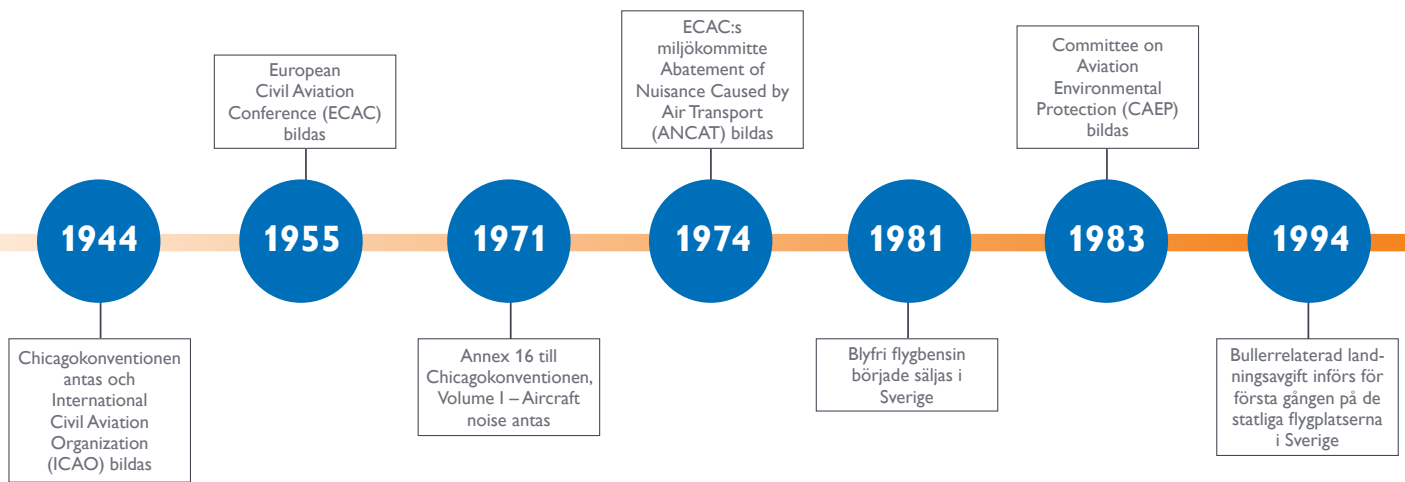
66 stater (varav 44 europeiska), som tillsammans står för nära 87 procent av den internationella flygtrafiken, har redan meddelat att de avser att delta frivilligt i systemet från början. Enbart omkring 7 stater tillkommer i den obligatoriska fasen år 2027.

## Vad är målet med CORSIA?

Målet med styrmedlet är att stabilisera det internationella flygets utsläpp av koldioxid på 2020 års nivå, och att det internationella flyget därefter ska vara koldioxidneutralt. Alla utsläpp som går över 2020 års nivå ska flygbolagen kompensera för, genom att köpa utsläppskrediter som motsvarar samma mängd utsläppsminskningar någon annanstans. Detta mål kallas Carbon Neutral Growth (CNG) 2020.

<sup>1</sup> Flygets FN-organ International Civil Aviation Organization

<sup>2</sup> Beslutet fattades den 6 oktober 2016



### Hur ska varje flygbolags åtagande beräknas?

Det flygbolagen ska kompensera för baseras inledningsvis helt på hur utsläppen från det internationella flyget i sin helhet utvecklas. Det innebär att om utsläppen från det internationella flyget växer med till exempel 4 procent mellan åren 2021 och 2022, så får alla flygbolag köpa utsläppskrediter för motsvarande 4 procent av sina egna utsläpp år 2022. Detta oavsett om deras egna utsläpp ökar mer eller mindre än dessa 4 procent. Det här har i ICAO-förhandlingarna kallats för en sektorsbaserad lösning, till skillnad från en helt individuell lösning där flygbolagens åtaganden baseras helt på deras egna utsläpp.

### Finns det några undantag inom systemet?

Ja, följande länder är undantagna från systemet: de allra fattigaste länderna, små önationer, länder utan havskust<sup>3</sup>, samt länder med mycket låg andel internationell flygtrafik. De undantagna länderna måste dock ändå rapportera sina utsläpp inom systemet.

För att inte systemet ska bli alltför administrativt betungande för de allra minsta operatörerna, så undantas även flygningar med flygplan mindre än 5,7 ton, flygoperatörer som släpper ut mindre än 10 000 ton CO<sub>2</sub> per år samt medicinska, humanitära och brandbekämpande flygningar. Likaså undantas nya operatörer på marknaden från deltagande i systemet i tre år.

### Vilka flygningar omfattas av systemet?

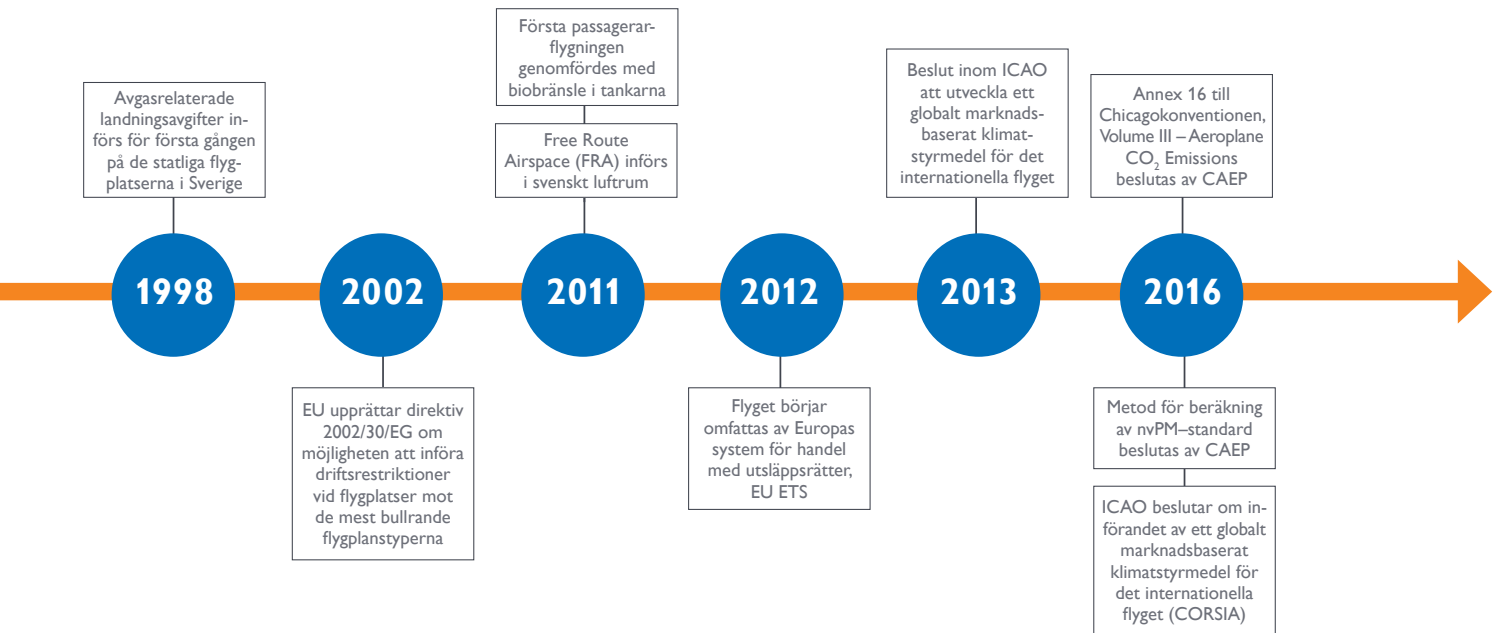
Systemet utgår ifrån grundprincipen att alla som flyger på samma flyglinjer ska ha samma förutsättningar och följa samma regler, för att minska risken för snedvriden konkurrens mellan flygbolagen. Det innebär att det i praktiken är flygrutterna mellan länderna som ingår i systemet, såvida de inte är uttryckligen undantagna. Undantagen gäller därmed själva flygrutterna till, från och mellan undantagna länder. Om ett flygbolag från ett land som undantagits från deltagande i systemet flyger på en linje mellan två länder som ingår i systemet, så måste även flygbolaget från det undantagna landet kompensera för utsläppen på flygrutten som ingår i systemet.

### Är utformningen av systemet låst eller kan det justeras?

Systemet är inte låst vid nuvarande utformning, utan kommer att ses över vart tredje år och vid behov justeras. Justeringarna kommer att göras dels utifrån hur systemet påverkar flygbolagens ekonomi och konkurrenskraft, dels utifrån hur systemet presterar i förhållande till sitt mål om att nå en koldioxidneutral tillväxt från år 2020.

Det finns också en möjlighet att genom denna revideringsprocess vid behov skärpa upp systemets mål för att det bättre ska kunna bidra till de ambitiösa mål om att minska den mänskliga påverkan på klimatet som fastställdes genom undertecknandet av Parisavtalet, särskilt dess långsiktiga temperaturmål. Denna möjlighet är mycket viktig för Europa, eftersom den öppnar för möjligheten att över tid höja ambitionsnivån i systemet.

<sup>3</sup> Undantaget från systemet baseras på Världsbankens definitioner av Least Developed Countries (LDCs), Small Island Developing States (SIDS) samt Land Locked Developing Countries (LLDCs)



## Hur är det tänkt att kraven inom systemet ska implementeras?

För att säkerställa att alla flygbolag redovisar sin bränsleförbrukning, och därmed sina koldioxidutsläpp, på samma sätt har CAEP<sup>4</sup> tagit fram rekommendationer för hur kraven på övervakning, rapportering och verifiering inom systemet bör utformas. Dessa krav, samt kraven på de utsläppskrediter som ska få handlas inom systemet, kommer att fastställas genom standarder och rekommendationer, eller genom guidematerial. En särskild grupp inom CAEP arbetar med att färdigställa rekommendationerna för hur dessa krav bör utformas. Det blir sedan upp till ICAO:s råd att avgöra vad som ska implementeras genom standarder respektive genom rekommendationer<sup>5</sup> eller guidematerial. Varje land måste sedan implementera dessa standarder och rekommendationer i sina nationella regelverk. Europa driver linjen att merparten av reglerna behöver implementeras genom standarder, då det finns en risk att länderna väljer att implementera reglerna på olika sätt om kraven enbart ställs genom rekommendationer eller guidematerial.

## Vad tycker flygbranschen om det nya klimatstyrmedlet?

Något som kan anses vara unikt under förhandlingarna om att införa ett globalt klimatstyrmedel för det internationella flyget är att flygindustrin under hela processen varit mycket aktiv och drivande och även efterfrågat detta styrmedel. Den internationella flygbolagsorganisationen International Air Travel Association (IATA) ser etablerandet av ett globalt styrmedel som mycket mer kostnads-effektivt än framväxten av ett mycket mer kostsamt och

administrativt betungande lapptäcke av olika former av regleringar runt om i världen. IATA har även i många fall haft en mer ambitiös linje än många av ICAO:s medlemsländer, då de gärna velat se ett system med en hög miljöambition och så få undantag som möjligt.

## Miljörörelsen då, vad tycker de om CORSIA?

Ett relativt stort antal miljöorganisationer har följt och deltagit i de förhandlingar som slutligen mynnat ut i CORSIA. De har upprepade gånger understrukit att målet om en koldioxidneutral tillväxt för flyget från 2020 inte är tillräckligt och inte i linje med de ambitiösa mål som fastställdes genom undertecknandet av Parisavtalet. De har även beklagat att CORSIA inte helt lyckats nå upp till sitt egna mål.

Majoriteten av de inblandade parterna verkar ändå acceptera det framförhandlade CORSIA som en bra utgångspunkt för det fortsatta arbetet, och menar att det viktigaste ändå varit att få en acceptabel överenskommelse på plats.

Miljörörelsens och IATA:s engagemang har varit avgörande för förhandlingsresultatet, och har spelat en viktig roll i det historiska beslutet att även det internationella flyget i framtiden ska vara med och bidra till att minska den mänskliga påverkan på klimatet. Det första viktiga beslutet är nu fattat. Nu börjar arbetet med att få CORSIA att fungera i praktiken och leva upp till de krav och mål som världens länder varit med och ställt på det internationella flyget.

<sup>4</sup> ICAO:s miljökommitté *Committee on Aviation Environmental Protection*

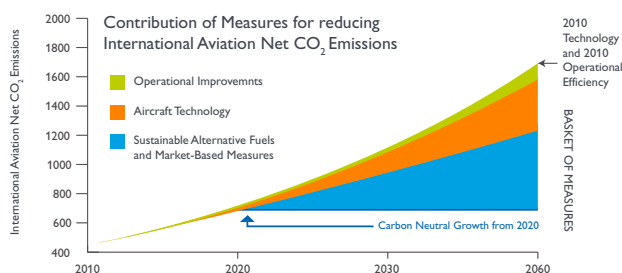
<sup>5</sup> *Standards And Recommended Practices (SARPs)*



# En korg full av klimatåtgärder

Det globala flyget står för omkring 2 procent av världens samlade utsläpp av koldioxid (CO<sub>2</sub>). Flyget är dock en växande bransch, och det finns risk för att flygets koldioxidutsläpp kommer att tredubblas fram till år 2040 om inte kraftiga åtgärder vidtas. ICAO har därför valt att arbeta parallellt med flera olika kompletterande åtgärdsområden inom en så kallad åtgärdsorg<sup>1</sup> (Basket of Measures) för att ta ett samlat grepp om flygets klimatpåverkan.

**TEXT** THERÉSE SJÖBERG, therese.sjoberg@transportstyrelsen.se



**FIGUR 1** Källa: www.icao.int. Grafen visar en trendanalys gjord av CAEP av det internationella flygets förväntade utsläpp av koldioxid, samt de åtgärder som skulle kunna bidra till att minska utsläppen.

## Mål och visioner för minskad klimatpåverkan från flyget

ICAO antog år 2010 ett mål om att det internationella flygets bränsleförbrukning ska effektiviseras med 2 procent per år fram till år 2020. Samtidigt antogs en mer visionär målsättning<sup>2</sup> om koldioxidneutral tillväxt för flyget efter år 2020<sup>3</sup>. Dock pekar utvecklingen mot att flyget kommer att vara långt ifrån att ha stabiliserat sina utsläpp år 2020, då bränsleeffektiviseringen snarare kommer att nå omkring 1,5 procent per år, och flygets koldioxidutsläpp förväntas öka med omkring 3–4 procent per år. Ytterligare åtgärder måste därför vidtas för att flyget ska kunna nå målet om en koldioxidneutral tillväxt efter år 2020.

<sup>1</sup> En uppsättning åtgärder att välja bland för att uppnå ett visst mål

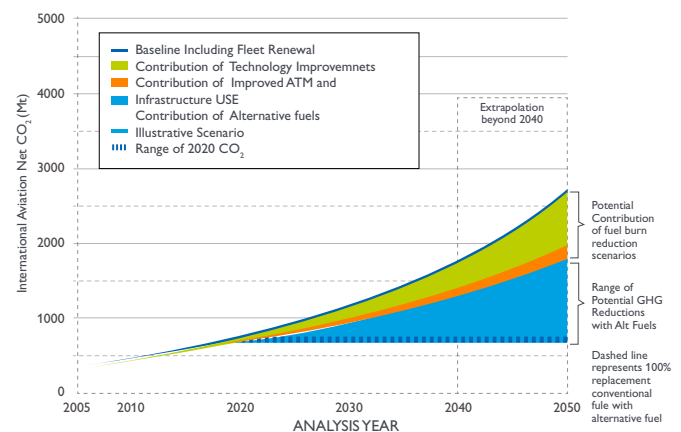
<sup>2</sup> Inom ICAO benämns detta som "aspirational goal"

<sup>3</sup> Carbon Neutral Growth 2020

## ICAO:s åtgärdsorg (Basket of Measures)

För att ta ett samlat grepp om de åtgärder som kan vidtas för att minska flygets klimatpåverkan myntade ICAO år 2010 begreppet åtgärdsorg (Basket of Measures), vilket omfattar utsläppsreducerande åtgärder inom fyra områden:

- teknisk utveckling av flygplan och motorer
- effektivare flygvägar och optimerat användande av luftrummet
- användande av hållbara alternativa bränslen
- marknadsbaserade styrmedel



**FIGUR 2** Utsläppsminskningar varje åtgärdsområde skulle kunna bidra med för att nå målet om en koldioxidneutral tillväxt för det internationella flyget från år 2020.



### Teknisk utveckling – viktig men otillräcklig

Eftersom kostnaden för flygbränslet utgör en väsentlig del av flygbolagens kostnader finns starka incitament från flygbranschen att minska flygplanens bränsleförbrukning. Enligt ICAO:s miljökommitté CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) kommer den tekniska utvecklingen av flygplan och motorer i bästa fall att ge en effektivare bränsleförbrukning på i genomsnitt 1,5 procent per år fram till år 2040. Bränsleförbrukningen är direkt kopplad till utsläppen av koldioxid.

I februari 2016 lyckades CAEP, efter flera års hårt arbete, att besluta om en ny internationell standard för hur mycket koldioxid flygplan får släppa ut. Från och med år 2020 omfattar standarden nya flygplanstyper med en vikt över 60 ton. Från och med 2023 omfattar standarden inte bara helt nya flygplanstyper utan även alla flygplanstyper med en vikt över 60 ton som redan är i produktion. Alla flygplanstyper som tillverkas efter år 2028 måste uppfylla den nya standarden. En koldioxidstandard med något lägre miljöambition har även tagits fram för flygplanstyper under 60 ton.

Bedömningen från CAEP är att den nya koldioxidstandarderna kommer att spara 650 miljoner ton koldioxid mellan åren 2020 och 2040. Det kan jämföras med att ta bort 140 miljoner bilar från vägarna under ett år. Hur stor effekten kommer att bli är dock beroende av bland annat marknadens utveckling och bränslepriset.

### Effektivare flygvägar och optimerat luftrum kräver samordning

Utsläppen från flyget kan även minskas genom exempelvis mer effektiva in- och utflygningsvägar till flygplatserna och hur luftrummet planeras. Denna förbättringspotential är dock svårare att beräkna då det är många faktorer som samverkar vad gäller hur flygplanen används både på marken och i luften.

Faktorer som påverkar flygplanens bränsleförbrukning under själva driften är bland annat

- flygplatsernas miljövillkor
- regelverket för användning av luftrummet inom olika regioner i världen
- trängsel i luftrummet
- möjligheten för flygplan och piloter att använda den nyaste tekniken vad gäller exempelvis olika in- och utflygningsprocedurer
- samspelet mellan olika flygtrafikledningscentraler.

Piloten har stor inverkan på flygplanets bränsleförbrukning, både på marken och i luften. Undersökningar har visat att olika piloter som flyger med samma flygplanstyper på samma sträckor och under samma förhållanden kan ge upphov till stora skillnader i bränsleförbrukningen. Sedan finns alltid en risk att den utsläppsbesparing som uppstår, genom exempelvis optimering av luftrummet, ”äts upp” av att fler flygplan får plats inom luftrummet och att flygtrafiken därmed kan öka ytterligare. Enligt CAEP:s uppskattningar skulle dock effektivare flygoperationer i bästa fall kunna ge en global bränsleeffektivisering med mellan 9 och 15 procent år 2040, om alla stater införde de mest bränslebesparande åtgärderna vid flygplatserna och i luftrummet.

### Användandet av hållbara alternativa bränslen – branschens hopp

Redan idag är det möjligt att blanda in upp till 50 procent biobränsle i tankarna på den befintliga flygplansflottan. Användningen av biobränsle, i den mån det biobaserade bränslet i sig är hållbart framställt, har därmed en potential att minska flygets klimatpåverkan långt mer än vad både den tekniska utvecklingen och förbättrade flygoperationer kan göra tillsammans. Därför har flygbranschen stora positiva förväntningar på användningen av biobränsle och ser den som en av de viktigaste klimatåtgärderna. Det som begränsar användningen av hållbara biobränslen inom



flyget är dock tillgången på själva biobränslet. I dagsläget prioriteras inte flyget som användare av biobränsle, utan nära nog allt biobränsle går till vägtrafiken.

Kombinationen av begränsad tillgång på biomassa och högre framställningskostnader gör även att priset på hållbara biobränslen är flera gånger högre än priset på konventionellt fossilbaserat flygbränsle. Särskilt nu då priset på olja är väldigt lågt. En högre kostnad för inköp av biobränslet leder till minskad efterfrågan på biobränsle från flygbolagen. Det här leder i sin tur till minskad produktion, vilket slutligen leder till bristande tillgång och högre pris på den lilla mängd biobränsle som trots allt produceras för flyget.

Det råder stor osäkerhet kring hur mycket biobränsle som i framtiden kommer att viga åt flyget, och hur betalningsvilligt flyget kommer att vara för att få tillgång till biobränslet. Detta har lett till att CAEP har haft stora svårigheter att bedöma hur mycket de totala utsläppen skulle kunna minskas genom användningen av biobränsle. Därav det relativt stora grönskiftande området i figur 2 som visar hur mycket utsläppen skulle kunna minska enligt CAEP:s bedömning av de olika åtgärdsområdena.

### Marknadsbaserade styrmedel – nödvändigt för att nå målet

ICAO har sedan 2001 diskuterat hur flygets klimatpåverkan skulle kunna regleras genom någon form av globalt marknadsbaserat styrmedel. Flera olika typer av styrmedel har sedan dess diskuterats och analyserats. Ett införande av någon form av styrmedel för att reglera flygets utsläpp har dock mötts av varierande grad av motstånd från både medlemsstater och flygindustrin. Av denna anledning benämns ofta just denna åtgärd som ett komplement till de övriga åtgärderna, eller som en ”gap filler”, om inte

tekniska eller operationella åtgärder är tillräckliga för att minska flygets klimatpåverkan.

År 2013 beslutade ICAO att utveckla ett globalt marknadsbaserat styrmedel för att reglera det internationella flygets klimatpåverkan. Efter tre års intensiva förhandlingar lyckades till slut ICAO:s generalförsamling i år, med brett stöd från en överväldigande majoritet av medlemsstater, besluta om införandet av ett globalt marknadsbaserat klimatstyrmedel<sup>4</sup>. Styrmedlet bygger på målet att det internationella flyget ska ha en koldioxidneutral tillväxt från år 2020. Eventuella utsläpp som överstiger 2020 års nivå ska flygbolagen kompensera för genom att köpa utsläppskrediter för motsvarande mängd utsläppsminskningar inom andra områden.

### Alla åtgärder krävs och varje utsläppsminskning räknas

Det är tydligt att det inte räcker med satsningar på teknisk utveckling eller på mer effektiva flygvägar och optimerat luftrum för att minska flygets klimatpåverkan ner till 2020 års nivå. Osäkerheten kring tillgången och priset på hållbara biobränslen för flyget gör att inte heller användandet av biobränslen ensamt kan förväntas räcka för att det internationella flyget ska nå målet om en koldioxidneutral tillväxt från år 2020. Graferna i figur 1 och 2 i denna artikel visar tydligt att det krävs en kompletterande åtgärd i form av ett globalt marknadsbaserat styrmedel för att flyget ska kunna utvecklas i en hållbar riktning. Eftersom kostnaden för bränslet fortsatt kommer att utgöra en stor kostnad för flygbolagen finns dock incitament för att fortsätta arbetet inom alla dessa åtgärdsområden med att minska flygets bränsleförbrukning, och därigenom minska flygets klimatpåverkan.

<sup>4</sup> Mer information om detta nya styrmedel går att läsa i en separat artikel i detta nummer av Flygtendenser





# Arbete med miljöförbättrande teknik i flygplan

Att minska utsläpp från flygplan utgör en av pelarna i ICAO:s åtgärdsprogram för att minska flygets miljöpåverkan. Utmaningen är att hantera alla de beroenden mellan miljöpåverkande åtgärder som uppstår på ett balanserat sätt. Att minska utsläppen av kväveoxider kan till exempel innebära att bullret från flygmotorerna ökar istället. Genom att använda motorer med så kallad "open-rotor"<sup>1</sup> kan man minska koldioxidutsläppen betydligt. Men hur ska man hantera att sådana motorer oftast bullrar mer? Denna artikel tar översiktligt upp de krav på området som ställs inom ICAO och hur industrin kontinuerligt arbetar med framtida förbättringar.

**TEXT** MARIE HANKANEN, marie.hankanen@transportstyrelsen.se

## Flygets utsläpp

Luftfarten har en del i uppvärmningen av klimatet genom den förbränning av flygbränsle som sker under flygningar. Vid förbränningen bildas främst koldioxid (CO<sub>2</sub>) och vattenånga (H<sub>2</sub>O), som till största delen släpps ut på hög höjd. Effekten av att dessa utsläpp sker på hög höjd kombinerat med att utsläppen även innehåller andra ämnen är att flygets totala påverkan på klimatet tros vara omkring dubbelt så stor som enbart flygets utsläpp av koldioxid.

Ett exempel är utsläpp av kväveoxider (NO<sub>x</sub>), som också bildas vid förbränningen av flygbränsle. NO<sub>x</sub> påverkar främst den lokala luftkvaliteten kring flygplatser, men NO<sub>x</sub>-utsläppen har även till viss del en påverkan på försurning och övergödning av mark och vatten. NO<sub>x</sub>-utsläpp på hög höjd bidrar även indirekt till en uppvärmning av klimatet.

Ett annat exempel är de kondensstrimmor som bildas när ett flygplans varma avgaser blandas med den omgivande

kalla luften och bildar ispartiklar. Kondensstrimmor kan ha samma klimatuppvärmande effekt som tunna höga moln.

Ytterligare ett exempel är utsläpp av partiklar. Frågan om partikelutsläpp har aktualiserats, och det har påvisats<sup>2</sup> att utsläpp av ultrafina partiklar påverkar arbetsmiljön på flygplatser negativt. Flygets utsläpp av partiklar kan också påverka uppkomsten av höga cirrusmoln om atmosfärens sammansättning förändras så att moln kan bildas.

Ett sista exempel är buller från flygplan och flygmotorer. När utsläpp till luft regleras internationellt behöver reglerna konsekvensbedömas och balanseras gentemot bullerkraven av ICAO.

## Internationella regler idag

ICAO Annex 16 innehåller miljöregler för det internationella flyget, och syftet med reglerna är att skydda miljön i möjligaste mån.

<sup>1</sup> En motor som inte är inkapslad

<sup>2</sup> Fackföreningar på Köpenhamns flygplats har påvisat att utsläpp av ultrafina partiklar påverkar arbetsmiljön på flygplatser negativt



BILD 1 ICAO Annex 16.

Annexet består numera av tre volymer. Volym I kom år 1971 och omfattar flygbuller. Volym II kom år 1981 och omfattar utsläpp. Den innehåller krav gällande högsta utsläppsnivåer av kväveoxider, koloxid och kolväten från flygplansmotorer, samt krav som reglerar partikelutsläpp. År 2016 kom det ut en tredje volym, som reglerar koldioxidutsläpp från flygplan.

Reglerna i samtliga volymer förbättras och skärps upp kontinuerligt genom arbetet i ICAO:s miljökommitté, CAEP<sup>3</sup>. Bild 2 nedan illustrerar detta kontinuerliga arbete, och där kan man se att bullerkraven skärps upp betydligt sedan 70-talet.

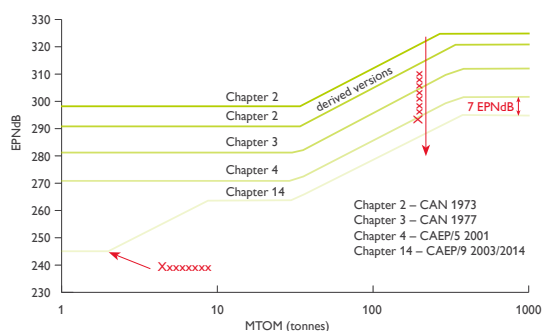


BILD 2 Utveckling av ICAO:s bullerkrav. Källa ICAO Miljörapport 2016.

Det finns även så kallade ”Environmental Technical Manuals” kopplade till ICAO Annex 16. Dessa manualer vägleder certifieringsmyndigheter och sökanden i certifieringsprocedurer, så att procedurerna utförs så likformigt som möjligt. EASA:s certifieringsspecifikationer refererar för närvarande direkt till Annex 16.

### De senaste uppdateringarna i ICAO Annex 16

#### Ny koldioxidstandard

De senaste sex åren har ICAO:s miljökommitté arbetat hårt på att ta fram en koldioxidstandard för flygplan och när man lyckades enas om en rekommendation i februari 2016 var det en stor framgång. Transportstyrelsen har varit med i arbetet hela tiden och bland annat haft ledande positioner i arbetet med att ta fram certifieringsprocedurer.

Koldioxidstandarden omfattar både nydesignade flygplanstyper och flygplanstyper i produktion. Underljudsplan över 5,7 ton och propellerflygplan över 8,618 ton omfattas. Standarden ska börja gälla år 2020 för de nydesignade typerna (med undantag av flygplan med 19 säten eller färre, som får tre år till på sig) och från och med år 2023 för flygplanstyper i produktion som designändras så att koldioxidutsläppen förändras. År 2028 måste de flygplanstyper i produktion som inte uppfyller standarden sluta att tillverkas.

<sup>3</sup> Committee on Aviation Environmental Protection

Standarden består av ett mått (Metric Value, MV) för ett flygplans koldioxidutsläpp. Detta mått definieras :

$$MV = (1/SAR)_{AVG} / RGF^{0.24}$$

där SAR står för "Specific Air Range", vilket är detsamma som TAS/Wf, där TAS står för "True air speed" i km/h och Wf för "Total aeroplane fuel flow" i kg/h. 1/SAR mäts för tre referensvikter som därefter medelvärdesbildas (AVG). RGF står för "Reference geometric factor", vilket är ett definerat mått på flygplanets golvyta.

Kravet på 1/SAR är sedan satt i relation till flygplanets vikt, i analogi med bullerkrav som också relateras till vikt ("Maximum Take off Mass", MTOM). Man accepterar därmed ett högre utsläpp och högre buller för ett högre transportarbete. Med transportarbete menas passagerare och frakt, och ju fler passagerare och ju mer frakt desto tyngre blir flygplanet. (se bild 3).

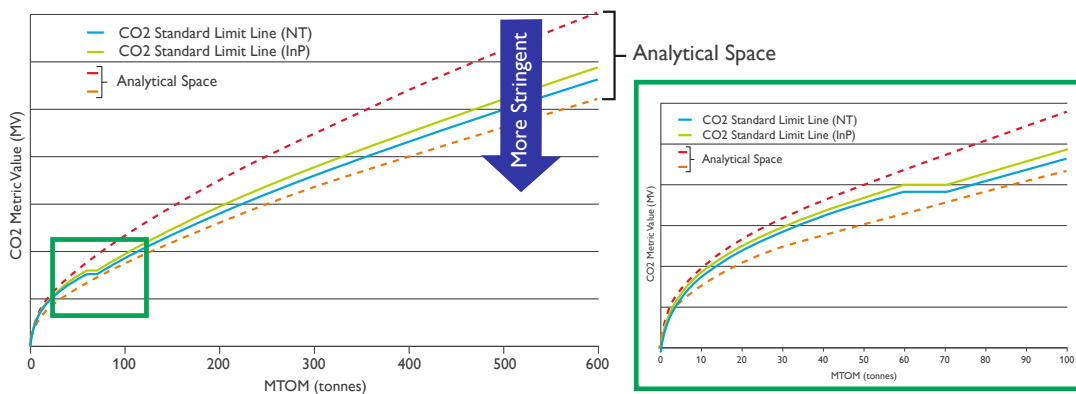
Bedömningar har gjorts som visar att denna nya koldioxidstandard kan spara i storleksordningen 650 miljoner ton koldioxid mellan år 2020 och 2040. Denna uppskattning är dock beroende av marknadens utveckling, bränslepriser etc. Historiskt har bränslepriserna varit så höga att det inte

funnits något behov av regler på detta område. Marknaden har styrt efterfrågan mot bränsleeffektiva flygplan ändå. Men i tider av lägre bränslepriser kommer standarden att fylla en större funktion. Miljökommittén kommer att följa upp framöver.

Standardens ambitionsnivå är lägre för lättare flygplan (60 ton eller mindre) och högre för tyngre flygplan. Detta beror dels på att den tekniska/ekonomiska påverkan som en ambitiös standard har är större när det gäller de lättare flygplanen, dels på att de lättare flygplanens koldioxidutsläpp utgör mindre än 10 procent av flygets koldioxidutsläpp. De tyngre flygplanen står för över 90 procent av utsläppen.

I standarden finns det en möjlighet för nationella flygmyndigheter att medge undantag från kraven. Dessa undantag ska vara få om avvikelserna gentemot standarden är stora, men ett större antal undantag kan medges om avvikelserna är små. Troligen är det främst Ryssland och Ukraina som avser att använda sig av denna möjlighet.

Syftet med koldioxidstandarderna är inte att utgöra bas för operativa restriktioner och/eller avgifter. Operativa restriktioner och avgifter skulle kunna utgöra ett incitament för att öka användningen av bränsleeffektiva flygplan, varför Europa och Sverige anser det ändå vara viktigt att ha kvar möjligheten tillgripa operativa restriktioner och avgifter.



**BILD 3** Koldioxidstandardens uppbyggnad. Källa: ICAO Miljörapport 2016.

### Ny partikelstandard

Vid CAEP:s tionde möte togs även beslut om en helt ny partikelstandard. Sedan tidigare fanns (i ICAO Annex 16, Volym II) visserligen ett "smoke number measurement" (SN) och en "smoke number standard" att uppfylla. Denna standard mätte den synliga röken i ett slags filter. Men eftersom vetenskaplig forskning nu visat att både partiklarnas antal och storlek är betydelsefulla, så har ett omfattande arbete lagts ned på att förbättra mätmetoden. Den nya standarden omfattar icke-flyktiga partiklars massa (mikrogram/m<sup>3</sup>) och innehåller en begäran om rapportering av antalet partiklar per kg bränsle. Den nya partikelstandardens omfattar krav på turbojet och turbofanmotorer, med thrust<sup>4</sup> > 26,7 kN, tillverkade från och med år 2020.

Den föreslagna partikelstandardens för flygmotorer (ny text i Annex 16, Volym II) har godkänts av CAEP som en rekommendation till ICAO:s råd. Fortsatt arbete med en mer stringent partikelstandard ligger på arbetsprogrammet för närvarande. I detta arbete ingår att analysera förluster av partiklar från motor till mätprob, inverkan av bränslevariation och omgivningsfaktorer som påverkar mätresultatet.

### EU:s målsättning i "Flightpath 2050"

Den främsta effekten av regleringarna ovan är att de mest "miljöovänliga" flygplanen gradvis försvinner från marknaden. Men för att arbeta framåt behövs också olika typer av målsättningar. I den så kallade "Flightpath 2050" har EU satt upp följande fem målsättningar för ett hållbart flyg<sup>5</sup>:

1. Ett luftfartyg och dess procedurer år 2050 ska släppa ut 75 procent mindre koldioxid per passagerarkilometer, 90 procent mindre kväveoxider och flygbullret ska ha minskat med 65 procent jämfört med samma flygplan och procedur år 2000.
2. Flygplansrörelser ska vara utsläppsfria under taxning.
3. Luftfartyg ska konstrueras och tillverkas så att återvinning är möjlig.
4. Europa är etablerat som ett "center of excellence" för hållbara alternativa bränslen, inklusive bränslen för flyget.
5. Europa ligger i framkant vad gäller forskning och etablerande av globala miljöstandarder.

### Forskningsprogram

Tillverkningsindustrin arbetar förstås på högtryck både med att uppfylla dagens och morgondagens regler, samt att sträva mot de målsättningar som bland annat EU har satt upp för att utveckla hållbara, och därmed konkurrenskraftiga, produkter på marknaden. Det europeiska forskningsprogrammet CleanSky 2 och den amerikanska motsvarigheten CLEEN är exempel på forskningsprogram där olika typer av tekniklösningar för att möta miljöutmaningarna tas fram.

### Arbete för att minska bränsleåtgång

För att minska bränsleåtgången (och därmed koldioxidutsläppen) studeras till exempel areodynamik i vindtunnlar, ny teknik för framdrivning och minskning av vikt genom att välja lätta material. I forskningsprogrammen har forskarna funnit att mycket små räfflor på vingarna kan möjliggöra laminär strömning<sup>6</sup> som är mer gynnsam än turbulens strömning. Man tittar även på flexibla, så

<sup>4</sup> Dragkraft

<sup>5</sup> <http://www.acare4europe.org/sria/flightpath-2050-goals/protecting-environment-and-energy-supply-0>

<sup>6</sup> Strömning som till skillnad från turbulent strömning följer linjer



kallade winglets, för att minska bränsleåtgången. Vad gäller framdrivning så har flygmotortillverkarna länge arbetat på att öka den så kallade "By-pass-ratio" (BPR) i motorerna. Motorer för regionaljet och medelstora jetflygplan år 2020 bedöms nå BPR 9–12, vilket kan bespara i storleksordningen 15 procent av bränslet jämfört med dagens motortyper, där BPR ligger på ungefär 5. Motorteknik med så kallad "Open Rotor" skulle kunna ge över 25 procentiga bränslebesparingar jämfört med dagens teknik.

På längre sikt tittar man också på elektriska hybrider och solenergi. Och slutligen, för att minska vikten på flygplanen, så forskar universitet/högskolor/forkningsinstitut på nya material såsom kompositer, lätta legeringar, kolfiber som ändrar form beroende av omgivning med mera. Och att byta ut en stor mängd kablar och istället övergå till trådlös teknik är också en lösning som gör flygplanet lättare och därmed möjliggör minskar bränsleförbrukningen.

### Bullerforskning

Motsvarande forskning pågår också på bullerområdet. Här studeras till exempel fläktbuller, jetbuller och turbulensbuller runt landningsställ. Utmaningen är, och kommer att bli än större i en framtid, att hitta åtgärder som helst samverkar så att alla miljöutmaningarna kan tas om hand.

### Arbete på GKN

Sveriges största tillverkare på flygmotorsidan heter GKN Aerospace Engine Systems-Sweden och finns i Trollhättan. Där arbetar man med att utveckla och tillverka komponenter till jetmotorer som sitter på 90 procent av alla större passagerarflygplan. Företaget har under de senaste femton åren utvecklat titan och nickel-komponenter med

10–15 procent sänkt vikt till de senaste motorerna som har upp till 20 procent lägre bränsleförbrukning och 21 dB lägre buller än lagkrav. Motorer med dessa komponenter säljs och flyger redan nu på tex Boeing 787, Airbus 350 och Airbus 320NEO.

Nu arbetar GKN:s 600 ingenjörer med forskning och utveckling av lättare och mer aerodynamiska komponenter av bland annat kolfiber till motorer som kommer de närmaste femton åren och skall ge en ny stegförbättring med 10–15 procent lägre bränsleförbrukning och lägre buller.

Företaget driver också aktivt nätverk med forskningsinstitutioner i exempelvis Sverige, Tyskland, England och Frankrike. Dessa stöder företagets egen utveckling och arbetar med avancerad teknik som kommer i perioden 2030–2050 för att nå EU:s miljömål. Exempel på tekniska lösningar är mycket höga förbränningstryck och minskad turbinkylning. En annan idé är fläktar som accelererar luften närmast flygplanet, vilka kan drivas elektriskt av ström som genereras ombord av flygplanets huvudmotorer.

### Oberoende expertöversyn

CAEP beslutade vid sitt senaste möte att en ny så kallade oberoende expertöversyn ("Independent Expert Review") gällande buller och bränsleeffektivitet bör genomföras under kommande CAEP-cykel. Denna översyn innebär bedömningar av möjliga tekniska åtgärder för att minska kväveoxider och partiklar (motornivå) samt buller och bränsleförbrukning (flygplansnivå) i en framtid. Den stora utmaningen i denna översyn är att hantera de inneboende beroendena mellan de olika kraven och åtgärderna sinsemellan. Detta arbete kommer sedan att ligga till grund för kommande uppskärpningar av Annex 16- standarderna.



WARNING!  
STAND CLEAR OF  
GEARS WHILE

GBE



# Vad händer på flygbullersidan?

Hur kan flygbuller dämpas? I den här artikeln beskrivs översiktligt en internationellt vedertagen bullerstrategi, vad som händer inom Internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO) på detta område, och hur frågan hanteras i Sverige.

**TEXT** MARIE HANKANEN, marie.hankanen@transportstyrelsen.se

## Bullerstrategi

ICAO har tagit fram en strategi (Balanced Approach to Aircraft Noise Management) för att minska problemen med flygbuller. Strategin består av åtgärder som kan tillämpas i väl avvägda kombinationer på det sätt som lämpar sig bäst för varje enskild flygplats. Åtgärderna har kategoriserats enligt följande:

1. *Bullerbegränsning vid källan*, alltså i själva luftfartygen. I Annex 16 anger ICAO högsta tillåtna bullernivåer för olika typer av luftfartyg. Flygplatsernas startavgifter står ofta i relation till luftfartygens bullernivå, vilket innebär att ett tystare luftfartyg får en lägre startavgift. Syftet är att stimulera flygbolagen att använda tystare flygplanstyper.
2. *Fysisk planering och markförvaltning*. Trafikverket är den myndighet i Sverige som har i uppgift att peka ut områden av riksintresse för kommunikationer, med därtill hörande influensområden. Ett syfte med att utpeka till exempel en anläggning som riksintresse är att den ska skyddas mot åtgärder som försvårar tillkomsten eller utnyttjandet av anläggningen. Influensområdena innehåller information om områden som kan komma att bli bullerexponerade över våra nationella riktvärden i en framtid, och därför bör kommunen undvika att planera bostadsbebyggelse i dessa områden. En annan åtgärd för att minska störande buller är bullerisoleringsprojekt av bostäder. Denna åtgärd är dock bara effektiv så länge bostadens fönster är stängda.
3. *Operativa förfaranden för minskat buller*, vilket innebär att man planerar flygtrafiken så att bullernivåerna blir så låga som möjligt. Till exempel kan vissa start- och landningsförfaranden föreskrivas i Aeronautical Information

Publication (AIP) Sweden, som innehåller flygregler för piloter som flyger till och från svenska flygplatser och i svenskt luftrum. Vidare kan olika banor och flygvägar användas vid olika tider för att "bullerbördan" ska spridas. Miljödomstolarna har enligt Miljöbalken möjlighet att besluta om villkoren för de operativa förfarandena, men flygvägar och flygförfaranden måste enligt luftfartslagstiftningen även säkerhetsgodkännas av Transportstyrelsen.

4. *Driftsrestriktioner* innebär att man utfärdar förbud mot att använda de mest bullrande flygplanen. Åtgärden kan gälla alla flygplan av en viss typ, eller vara kopplad till vissa tider på dygnet (vanligen natten), eller till en viss bana eller flygväg. Miljödomstolarna kan besluta om villkor för detta, men de måste beakta EG-förordning 1008/2008<sup>1</sup>. För flygplatser med över 50 000 flygrörelser per år med flygplan över en viss vikt finns det möjlighet att begränsa tillträdet till flygplatsen för de mest bullrande flygplanstyperna. Detta med stöd av EU-förordning 598/2014<sup>2</sup>.

En åtgärd som inte påverkar själva ljudnivån i decibel är information. Information kan påverka hur störd man blir av bullret. Flygplatser som arbetar aktivt med information om flygrörelser, ljudnivåer, isoleringsprojekt med mera, blir ofta mer accepterade av folk i närheten.

## ICAO:s miljökommittés arbete med flygbuller

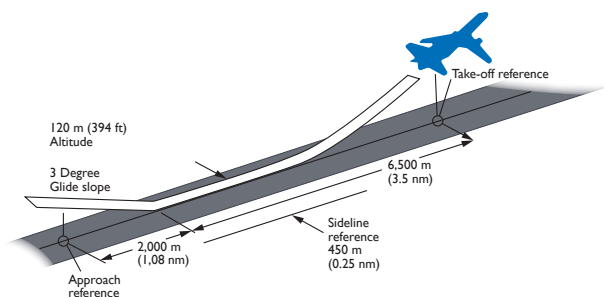
Det är miljökommittén (Committee on Aviation Environmental Protection, CAEP) som arbetar med flygbullerfrågorna inom ICAO. I det arbetet deltar också Transportstyrelsen.

<sup>1</sup> Förordning (EG) nr 1008/2008 om gemensamma regler för tillhandahållande av lufttrafik i gemenskapen

<sup>2</sup> Förordning (EU) nr 598/2014 om regler och förfaranden för att av bullerskäl införa driftsrestriktioner vid flygplatser i unionen inom en välavvägd strategi och om upphävande av direktiv 2002/30/EG

## Skärpta krav

Miljökommittén fattade under sitt nionde möte (år 2013) beslut om en skärpning av kraven gällande buller från jet- och propellerdrivna flygplan med en maximal startmassa<sup>3</sup> över 8 618 kg. Skärpningen består i att de högsta tillåtna bullernivåerna har sänkts med sammantaget 7 EPNdB<sup>4</sup> på de tre mätpunkterna jämfört med de tidigare kraven i ICAO Annex 16, kapitel 4, och med minst 1 EPNdB per mätpunkt jämfört med kraven i ICAO Annex 16, kapitel 3. Se även bild nedan.



**BILD 1** De tre mätpunkter som används vid bullercertifiering av flygplan. Krav på högsta tillåtna bullernivå finns för varje punkt och även för den sammanlagda ljudnivån i de tre punkterna.

Kraven gäller från och med 31 december 2017 för tyngre flygplan (med maximal startmassa på 55 000 kg eller mer) som ska typcertifieras, och från och med 31 december 2020 för övriga flygplan (med maximal startmassa under 55 000 kg) som ska typcertifieras. De högsta tillåtna bullernivåerna för jetflygplan med en startmassa under 8 618 kg har också sänkts.

Kraven som vi har tagit upp här finns i kapitel 14, Annex 16 till Chicagokonventionen. Analyser har visat att skärpningarna kommer att göra att cirka en miljon färre människor i världen exponeras för medelljudnivåer på 55 dBA DNL<sup>5</sup> eller högre år 2036 jämfört med år 2020, trots att flygtrafiken ökar.

## Oberoende expertöversyn

Analyser har också visat att ICAO:s miljökommittés mål för buller på medellång sikt redan har nåtts när det gäller tyngre flygplan (fyra- respektive tvåmotoriga jetflygplan som flyger långdistans). Och eftersom det är lång ledtid från det att ny standard beslutas till det att den får effekt, så är det angeläget

att redan nu påbörja arbetet med en ny uppdatering av kapitel 14-standarderna. Därför ska miljökommittén låta en oberoende expertgrupp göra en översyn för att bedöma de framtida tekniska möjligheterna att dämpa buller. ICAO:s miljökommittés övriga arbete på flygbullerområdet:

- *Helikopterbuller.* Miljökommittén har tagit fram en statusrapport om teknik för att minska helikopterbuller: Helicopter Noise Reduction Technology Status Report. Rapporten finns att läsa på ICAO:s webbplats. Just nu arbetar man med att jämföra verkliga operativa förfaranden med de förfaranden som tillämpas vid bullercertifiering. Man undersöker också buller från hovring.
- *Buller från överljudsplan.* Industrin driver på för att det ska komma en bullerstandard för nästa generation överljudsplan. Det finns flera idéer för mindre affärsjet, som antingen ska utformas så att överljudsbangar<sup>6</sup> inte kan uppstå alternativt flygas så att bangarna inte uppstår<sup>7</sup>.

Det är viktigt att personer som exponeras för buller från överljudsplan tycker att bullret är acceptabelt. Det rör sig nämligen om ett stort antal människor, eftersom bullret från överljudsplan följer med hela flygsträckan och fortplantar sig utåt i korridorer som kan vara i storleksordningen tio mil breda.



**BILD 2** Koncept på överljudsplan. Källa NASA

- ICAO kommer att publicera en uppdaterad version av Document 9911, med en beskrivning av hur beräkningar av flygbuller runt flygplatser ska göras. Här tillåter man tills vidare två varianter av standarder för atmosfärdämpning.
- *Buller från obemannade luftfartyg (drönare).* Denna fråga ska hanteras av miljökommittén. En fullskalig bullercertifiering av små drönare är inte rimlig.

<sup>3</sup> Maximum Take-off Mass = MTOM, den högsta vikten flygplanstypen får ha vid start

<sup>4</sup> EPNdB = Effective Perceived Noise in decibels, ett decibelmätt som bland annat tar hänsyn till ljudets frekvens och varaktighet

<sup>5</sup> DNL = Day-night level, en dygnsvägd medelljudnivå

<sup>6</sup> En överljudsbang (sonic boom) är ett transient (hastigt övergående) ljud från ett överljudsplan. Ungefär som när svallvågorna från en båt når strandkanten, när ljudvågorna från överljudsplanet mottagaren på marken

<sup>7</sup> Endast lite över ljudhastigheten och på hög höjd



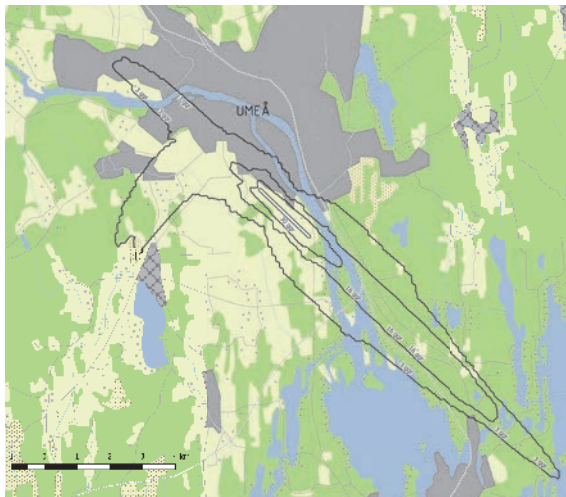
## Nationellt arbete

På nationell nivå hände det mycket på bullerområdet 2015. Flera regleringar för trafikbuller togs fram i syfte att öka förutsägbarheten i myndigheternas beslut om trafikbuller, men också för att fler bostäder ska kunna byggas. Behovet av nya bostäder i Sverige är stort, men ibland har nybyggnation omöjliggjorts på grund av ambitionen att undvika bullriga miljöer.

## Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader

Transportstyrelsen deltog i arbetet med denna förordning, som innehåller riktvärden för buller utomhus för spårtrafik, vägar och flygplatser vid bostadsbyggnader. Förordningen säger bland annat att buller från flygplatser inte bör överskrida 55 dBA FBN<sup>8</sup> och 70 dBA maximal ljudnivå<sup>9</sup> från flygtrafik vid en bostadsbyggnads fasad. Om 70 dBA ändå överskrids, bör detta inte ske mer än 16 gånger mellan kl. 06 och 22, respektive 3 gånger mellan kl. 22 och 06. Bromma flygplats är undantagen rekommendationen om högst 16 gånger mellan kl. 06 och 22.

En viktig nyhet i denna förordning är möjligheten att frångå rekommendationen på 70 dBA maximal ljudnivå flygtrafik högst 16 gånger mellan kl. 06 och 22. Tidigare fanns ingen tydlig reglering på området, och man tillämpade praxis om högst 3 överskridanden, vilket resulterade i att stora områden runt flygplatserna inte kunde bebyggas med bostäder.



**BILD 3** Exempel på områden runt Umeå flygplats som exponeras för 70 dBA. En kurva visar hur stort influensområdet blir om 30 överskridanden av 70 dBA tillåts, en annan visar influensområdets storlek om 16 överskridanden tillåts. Om endast 3 överskridanden skulle tillåtas ses på bilden att influensområdet blir betydligt större än för 30 respektive 16 tillåtna överskridanden.

<sup>8</sup> FBN står för flygbullernivå, en slags dygnsvägd medelljudnivå

<sup>9</sup> Maximal ljudnivå är den högsta ljudnivån som inträffar under en flygbullerhändelse

<sup>10</sup> Källa: Swedavia

Ett exempel är Linköpings kommun, där det blev mycket svårt att hitta områden för nybyggnation, eftersom kommunen har två flygplatser att ta hänsyn till. På bild 3 illustreras den stora påverkan på geografiska områden som antalet tillåtna gånger en maximal ljudnivå på 70 dBA eller högre har. Detta exempel är hämtat från Umeå flygplats.

För buller från väg- och spårtrafik anges i samma förordning att maximal ljudnivå 70 dBA kan överskridas med högst 10 dBA högst fem gånger per timme dag- och kvällstid. Reglerna tillåter alltså högre bullernivåer från väg- och spårtrafik än från flyg. Detta är motiverat, eftersom forskning har visat att människor ofta blir mer störda av buller från flyg, men Transportstyrelsen anser ändå att det är rimligt att skillnaden i hantering mellan de olika trafikslagen har minskat något jämfört med tidigare.

## Transportstyrelsens arbete

Transportstyrelsen har i uppdrag att arbeta för de transportpolitiska målen i Sverige, som har att göra med tillgänglighet, säkerhet samt miljö och hälsa. Vi yttrar oss därför i miljöprövningsärenden för flygplatser. Om fler bostäder byggs kring svenska flygplatser, så blir det sannolikt fler klagomål gällande buller. Det är inte ovanligt med aktionsgrupper mot flyget. Aktionsgrupperna driver sina frågor inom ramen för flygplatsernas miljötillståndsärenden, och ibland leder detta till beslut om förbud mot att använda vissa flygvägar, förbud mot vissa flygplanstyper, nattförbud med mera. Därför var det betydelsefullt att Förordning (2015:216) om trafikbuller vid bostadsbyggnader kompletterades med regler till skydd för verksamhetsutövaren (alltså flygplatsen), så att tillgängligheten inte försämras. Enligt regeringens mening är det inte rimligt att en verksamhetsutövare, i samband med att ett miljötillstånd omprövas, ändras eller förnyas, enbart på grund av att ny bostadsbebyggelse uppförs, ska behöva acceptera strängare villkor än vad som följer av den bedömning som har gjorts i samband med planläggningen eller bygglovsprövningen enligt plan- och bygglagen.

Sammantaget kan sägas att bullerkraven på luftfartyg kontinuerligt skärps på internationell nivå, men att det också behövs många andra bulleråtgärder för att problemen med bullerstörningar inte ska öka. De transportpolitiska målen i Sverige innehåller utmaningar gällande rimliga avvägningar mellan buller och andra målsättningar, som till exempel minskade utsläpp, behov av nya bostäder och tillgängliga flygplatser.



# Minskad klimatpåverkan genom operationella åtgärder

Det finns stora vinster i att arbeta med operationella åtgärder för att minska flygets klimatpåverkan. Att optimera och förkorta in- och utflygningsvägar till flygplatser minskar flygplanens bränsleförbrukning och därmed deras koldioxidutsläpp. Det är av stor vikt att främja flygplatsernas och flygtrafikledningens initiativ till ett mera klimatsmart flygande om Sverige på ett effektivt sätt ska kunna bidra till en koldioxidneutral tillväxt för flyget efter år 2020.

**TEXT** JENNY BLOMBERG, jenny.blomberg@transportstyrelsen.se  
NICLAS WIKLANDER, LFV

För att nå en koldioxidneutral tillväxt för flyget efter år 2020 är det avgörande att branschen arbetar på flera fronter. ICAO<sup>1</sup> pratar om en korg med åtgärder (Basket of Measures), där de beskriver vad som krävs för att flygets tillväxt ska bli koldioxidneutral efter år 2020. Det handlar om att utveckla flygplansteknologin, att utöka produktionen och användningen av biobränslen och att sätta in operationella åtgärder. Det handlar också om att börja tillämpa CORSIA som är ett marknadsbaserat styrmedel genom vilket flygets koldioxidutsläpp kan hanteras, efter 2020.

## Free Route Airspace

I Sverige har vi kommit långt i arbetet med att förkorta flygvägarna på hög höjd, och sedan år 2011 tillämpas Free Route Airspace (FRA) i svenskt luftrum. FRA innebär att flygplanen inte längre behöver följa utpekade flygvägar,

utan kan välja att flyga den kortaste eller mest effektiva vägen genom luftrummet. Sverige och Danmark har ett gemensamt luftrum (FAB, Functional Airspace Block) och sedan år 2012 tillämpas FRA i hela det dansk-svenska luftrummet. Flygplanen behöver således inte heller passera specifika in- och utpasseringspunkter vid nationsgränserna.

År 2012 bildades Borealis<sup>2</sup>, vilket är en koalition mellan flygtrafikledningen i DK/SE FAB (Sverige och Danmarks gemensamma luftrumsblock), NEFAB<sup>3</sup> (Norges, Estlands, Lettlands och Finlands gemensamma luftrumsblock), och UK/Ireland FAB (Storbritanniens och Irlands gemensamma luftrumsblock) samt Islands flygtrafikledning. Koalitionen bildades i syfte att öka samarbetet över nationsgränserna, att skapa en effektivare flygtrafikledning samt för att bidra till att skapa ett gemensamt europeiskt luftrum (Single European Sky).

<sup>1</sup> International Civil Aviation Organization

<sup>2</sup> [www.borealis.aero](http://www.borealis.aero)

<sup>3</sup> North European Functional Airspace Block



Sedan i juni år 2016 tillämpas så kallat seamless FRA<sup>4</sup> mellan DK/SE FAB och NEFAB. Det gör att flygbolagen kan optimera sina flygningar och därmed spara flygtimmar, bränsle och kostnader. År 2021 planeras en utökning av området för seamless FRA till att även innefatta UK/Ireland FAB och Islands luftrum. När det är genomfört beräknas man spara 4 700 000 nautiska mil per år i flygsträcka, vilket motsvarar ca 26 000 ton bränsle och 83 000 ton koldioxid<sup>5</sup>.

### Viktigt att ge flygplatserna möjlighet till klimatsmarta flygningar

Genom att optimera en flygplats in- och utflygningsvägar (STAR och SID) kan stora bränslebesparingar göras. Dock låter det enklare än vad det i många fall visar sig vara. På lägre flyghöjder är det inte bara utsläpp till luft som måste hanteras, utan även buller. Det är inte alltid möjligt att flyga den kortaste eller mest effektiva vägen till och från en flygplats, om man samtidigt vill minimera bullret för dem som bor i närheten av flygplatsen.

En flygplats in- och utflygningsvägar regleras miljömässigt i flygplatsernas miljötillstånd medan de godkänns ur

säkerhetssynpunkt av Transportstyrelsen. För att skapa så miljömässigt effektiva in- och utflygningsvägar som möjligt bör det ske en god avvägning mellan buller och utsläpp till luft i flygplatsernas miljöprövningar. Med dagens situation, där klimatfrågan är en av de största frågorna för flygbranschen att hantera, är det viktigt att inte låsa fast flygplatsernas möjligheter till klimatsmarta in- och utflygningar i deras miljötillstånd. Att i miljö-tillstånden tillåta att flygplanen får avvika från utflygningsvägen (SID), för att därigenom få en kortare flygsträcka, när beslutade riktvärden för buller på marken är uppnådda är ett exempel på hur en god avvägning mellan buller och utsläpp till luft kan göras. På Malmö Sturup Airport tillämpas den principen fullt ut med mycket goda resultat.

Ur ett miljöperspektiv är det under inflygningen oftast gynnsamt att undvika planflygning, framför allt på lägre höjder. När ett luftfartyg planflyger finns oftast ett ökat behov av gaspådrag jämfört med då ett luftfartyg kontinuerligt sjunker mot marken. Ett kontinuerligt sjunk minskar också bullernivåerna under flygstråket. Att flyga klimatsmart kan alltså också vara positivt ur bullersynpunkt!

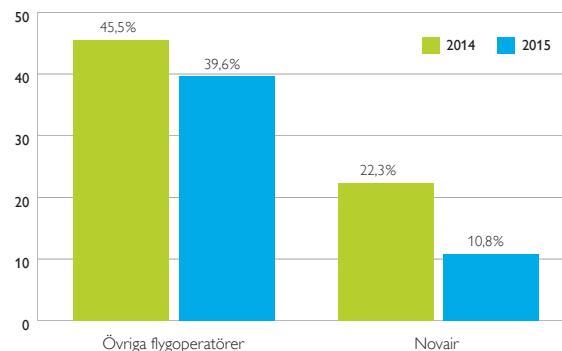
<sup>4</sup> Seamless FRA mellan funktionella luftrumblock (FAB) möjliggör att flygplanen inte behöver passera specifika in- och utpasseringspunkter vid passagen mellan olika FAB

<sup>5</sup> [www.borealis.aero](http://www.borealis.aero)

## LFV samarbetar med flygbolag

Under åren 2014–2015 arbetade LFV tillsammans med flygbolaget Novair för att aktivt förbättra flygbolagets miljöprestanda och därmed också minska tiden i planflygning. Samarbetet utfördes vid Göteborg Landvetter flygplats och parterna använde sig av radardata och färdplansuppgifter tagna ur LFV:s verktyg GAIA<sup>6</sup>. Under perioden arbetade Novair strukturerat med sina piloter i frågan. Detta skedde bland annat genom diskussioner, nyhetsbrev, råd/tips samt månatlig uppföljning.

Under testperioden mer än halverades tiden som flygplanen befann sig i planflygning och under samma period skedde en minskning med cirka 10 procent för övriga flygoperatörer. Resultatet visar tydligt att flygbolagets insatser faktiskt resulterat i bättre miljöprestanda.



Sekunder i genomsnitt i planflygning under sjunkfasen till Göteborg Landvetter Airport under perioderna april–december 2014 och april–december 2015. Jämförelse mellan Novair och övriga flygbolag (källa LFV/GAIA).

Exemplet var ett samarbete i det mindre formatet. Det vi gjorde är att betrakta som ett slags test, säger Niclas Wiklander, miljöexpert på LFV. Jag tycker det är väldigt roligt att se, att det system LFV har för att spara och analysera radardata har visat att det kan bidra till mer miljöoptimerade flygningar.

Novair är ett litet flygbolag där det är relativt enkelt för den som arbetar med miljöprestanda att nå ut till alla piloter. Dock kan det vara värt mödan att utföra denna typ av arbete också inom större flygbolag, då det finns en potentiell miljöbesparing att göra. Om ett flygbolag med exempelvis 10 000 landningar per år skulle kunna minska sin tid i planflygning från 40 till 20 sekunder, så skulle det innebära en minskad bränsleförbrukning med 150 ton bränsle vilket motsvarar cirka 475 ton koldioxid<sup>7</sup>. Detta utgör ju givetvis också en ekonomisk besparing för flygbolagen.

De bränslebesparingar och därmed minskningar av koldioxidutsläpp som flygbolag kan göra genom att flyga bränsleoptimalt och genom att välja effektiva flygvägar är inte att förringa i det stora sammanhanget. Tillsammans kan vi göra skillnad och på så sätt bidra till en koldioxidneutral tillväxt för flyget efter år 2020.

<sup>6</sup> Green ATM (Air Traffic Management) Interactive Analysis

<sup>7</sup> Förbränning av 1 kg flygbränsle ger 3,16 kg koldioxid

Bränslet är uppbyggt av kol (C) och väte (H). Kol har atommassan 12 och väte har atommassan 1

Vad som händer vid förbränningen är att kolet (C) binder sig med syret (O) från luften. Syre har atommassan 16 och väger alltså 16 gånger mer än vätet (H) som kolet (C) tidigare var bundet till i bränslet

Kolet väger tillsammans med syret alltså mer efter förbränningen än det (kolet) gjorde när det var bundet till väte i bränslet. Förenklat: en kolatom, som binder två väteatomer, väger  $12+1+1=14$  atommasseenheter

Efter förbränningen väger en kolatom bunden till två syreatomer  $12+16+16=44$  atommasseenheter. Detta förklarar varför ett kilo flygbränsle ger upphov till så stor mängd CO<sub>2</sub>

Modell för beräkning. Antagande att flygmaskinen flyger med gaspådrag på FL30 (3 000 fot) med 240 KIAS (0,06955 NM/s). Flygplanstyp: A321, massa = 71000 kg

Bränsleförbrukningen cirka 45 kg/min, vilket är 15 kg/20 s. Ett flygbolag antas göra 10000 inflygningar och minska tid i planflygning på FL30 med 20 s, vilket motsvarar 15 kg/inflygning. 10000 flygningar · 15 kg/flygningar = 150000 kg bränsle. 150000 kg bränsle · 3,16 kg CO<sub>2</sub>/kg bränsle = 474000 kg CO<sub>2</sub>

Det finns många olika scenarier för hur detta ska beräknas och det är en komplex uppgift med många variabler såsom luftrumsutformning, pilotkultur, flygtrafikledning, motor-transienter etc. Detta är bedömt som en realistisk avvägning



# Miljöpåverkan från mindre luftfartyg

Verksamheten med mindre luftfartyg<sup>1</sup> påverkar miljön, framför allt vad gäller buller och utsläpp av bly. Långsiktig hållbarhet är idag en överlevnadsfråga för flyget och verksamheten med mindre luftfartyg måste vara miljövänlig om den ska kunna fortsätta att bedrivas och passa i morgondagens samhälle.

**TEXT** JENNY BLOMBERG, ANNIKA LINDELL,  
jenny.blomberg@transportstyrelsen.se, annika.lindell@transportstyrelsen.se

För att bidra till en minskad miljöpåverkan från verksamheten med mindre luftfartyg, främst vad gäller buller och utsläpp av bly, har Transportstyrelsen genomfört ett projekt där myndigheten utfört en enkätundersökning för att få större vetskap om attityder kring miljöpåverkan från mindre luftfartyg.

Enkäter skickades ut till flygklubbar, flygplatser, flygskolor, tillsynsmyndigheter och intresseorganisationer. I projektet ingick också att ta fram förslag på åtgärder för att minska bullret på platser där det uppfattas som ett problem samt åtgärder för att minska användningen av blyad flygbensin.

## Buller från mindre luftfartyg

Enkätundersökningen visar att buller från mindre luftfartyg med stor sannolikhet kan ses som ett mindre problem i Sverige idag. Kring vissa flygplatser finns det dock en del bullerproblem till följd av flygningar med mindre luftfartyg. På de platserna kan man sätta in punktinsatser för att minska bullret och skapa en bättre miljö.

Undersökningen visar också att det förekommer klagomål på alla typer av flygningar med mindre luftfartyg, såväl skolflygningar som privata flygningar, uppvisningsflygningar och helikopterflygningar.

Det människor störs mest av är överflygning av bebyggelse, men man störs också av buller i samband med start och landning.

När det kommer till klagomål som rör buller utanför flygplatserna, så är dessa klagomål i de allra flesta fall kopplade till att luftfartygen flyger för lågt. Huruvida flygplanen flyger under eller över gällande minimihöjd kan vara svårt att avgöra från marken, men även om luftfartygen håller sig över gällande minimihöjd kan det finnas människor som blir störda. En vanlig källa till bullerstörningar är gästande piloter som ofta har sämre kännedom om de lokala förhållandena vid den flygplats de besöker vilket kan innebära att de inte följer de rekommendationer som finns för flygplatsen.

## Vad kan man göra för att minska buller från mindre luftfartyg?

Det finns flera åtgärder att ta till när det gäller att minska bullerstörningar på de platser där det anses nödvändigt. Inom ICAO<sup>2</sup> har man kommit överens om en metod för att minska flygbullret. Metoden kallas ”Balanced

<sup>1</sup> I begreppet ”mindre luftfartyg” inbegrips i denna artikel helikoptrar och kolmotor drivna propellerflygplan

<sup>2</sup> International Civil Aviation Organization

Approach” eller på svenska ”den välavvägda strategin”. Strategin beskriver hur arbetet med att minska flygbuller bör bedrivas och är uppbyggd av fyra typer av åtgärder:

- bullerminskning vid källan
- restriktioner
- operativa åtgärder
- åtgärder hos mottagaren

*Bullerminskning vid källan* handlar om att reducera det buller som uppstår från själva framdriften av luftfartyget. Att montera ljuddämpare och byta till flerbladiga propellrar är effektiva åtgärder mot sådant buller. *Restriktioner* innebär exempelvis att man inför begränsningar för antalet flygrörelser eller för möjligheten att flyga vissa tider eller dagar på året. På så sätt vet människor i förväg vilka tider de kan förvänta sig att inte bli störda av flygbuller. Genom *operativa åtgärder* kan man styra bort flygtrafiken från bullerkänsliga områden. En sådan operativ åtgärd kan vara att lägga om trafikvarvet, en annan att sätta upp bestämmelser om vilka områden piloterna bör undvika att flyga över eller på vilka höjder det är tillåtet att flyga. *Åtgärder hos mottagaren* handlar främst om att bullerisolera bostäder för att få en tystare inomhusmiljö och om att bulleravskärma uteplatser.

För att skapa en så god situation som möjligt är det också viktigt med en god kommunikation mellan verksamhetsutövarna och dem som påverkas av bullret. God kommunikation, information och transparens ökar chanserna för att man ska kunna förstå varandra bättre. Enkätundersökningen visar dock att intresset för information från flygklubbar och flygplatser på många håll är svagt.

### Användning av blyfri flygbensin

Blyutsläppen från flygbensin år 2012 var ca 1,3 ton, vilket motsvarade ungefär 14 procent av de totala blyutsläppen till luft i Sverige. Bly är ett grundämne som är särskilt farligt för människan och miljön. Bly och dess föreningar kan lagras i kroppen och leda till förgiftning. Många av de som svarat på enkätundersökningen anser inte att användningen av blyad flygbensin är ett stort problem i Sverige idag, eftersom det används i så pass liten mängd. Men bly klassas, som nämnts ovan, som ett särskilt farligt ämne som enligt det svenska miljömålssystemet så långt som möjligt ska fasas ut fram till 2018. Och trots att dagens användning av blyad flygbensin är liten, så står luftfarten för en relativt stor del av de totala blyutsläppen i Sverige. Generellt sett minskar blyutsläppen till luft från andra sektorer i samhället, vilket medför att luftfartens

andel riskerar att öka om inte luftfartssektorn också minskar sina utsläpp. Frågan om hur blyutsläppen från flygbensin ska kunna minska behöver därför lyftas upp och diskuteras i samråd med berörda aktörer. Verksamheten med mindre luftfartyg kan bidra till att minska Sveriges användning av bly genom att, i de fall det är möjligt, använda sig av blyfri flygbensin.

Det finns ett tydligt intresse från flygklubbar, flygskolor och flygplatser att använda och tillhandahålla blyfri flygbensin i större utsträckning än idag. Men många anger i enkätundersökningen att de upplever problem med att få leveranser till hela landet samt under vintertid.

### Hur kan användningen av blyad flygbensin minska?

Att eliminera användningen av blyad flygbensin fram till 2018 är med största sannolikhet inte möjligt, eftersom det finns ett antal mindre luftfartyg som av säkerhetsskäl inte kan drivas med blyfri bensin. Dessutom har tillgången på oblyad flygbensin hittills inte varit tillräckligt stor och distribueringen inte tillräckligt täckande.

Det finns emellertid stora möjligheter att minska användandet av blyad flygbensin, men frågan är komplex och inte helt enkel att lösa. För att kunna minska användningen behöver branschen få information om möjligheterna att övergå till blyfri flygbensin. EASA<sup>3</sup> har gett ut två Safety Information Bulletines, EASA SIB No: 2011-01R2 samt EASA SIB No:2010:13. Bulletinerna anger att om en motortillverkare har godkänt att deras motorer tankas med blyfri flygbensin<sup>4</sup> så antas godkännandet gälla för hela flygplanet. EASA har även gjort en fullständig genomlysning av alla flygplansmodeller och kommit fram till att ett stort antal luftfartyg som enligt drifthandboken ska drivas på blyad flygbensin även kan drivas på blyfri flygbensin, utan att säkerheten påverkas. Att sprida information om bulletinerna, så att fler piloter blir medvetna om möjligheten att övergå till blyfri flygbensin, är en bra väg att gå i försöken att minska användningen av blyad flygbensin.

Vill du läsa mer om detta och ta del av Transportstyrelsens projekt så finns rapporten ”Miljöpåverkan från mindre luftfartyg” i sin helhet att ladda ner på Transportstyrelsens webbplats, [transportstyrelsen.se](http://transportstyrelsen.se)

<sup>3</sup> European Aviation Safety Agency

<sup>4</sup> UL 91, 91/96 UL eller 91/98 UL





# Hållbara alternativa bränslen för flyget – ett sätt att minska flygets klimatpåverkan

Frågan om hållbara alternativa bränslen för flyget är högaktuell. Både flygbranschen och ICAO<sup>1</sup> ser användningen av biobränsle som en viktig pusselbit i arbetet för en hållbar utveckling inom flyget och en minskning av flygets klimatpåverkan.

**TEXT** ANNIKA LINDELL, annika.lindell@transportstyrelsen.se

De senaste åren har forskningen kring och utvecklingen av alternativa bränslen tagit fart, inte minst vad gäller biobränslen för den kommersiella flygtrafiken. Hittills har det genomförts mer än 2500 kommersiella passagerarflygningar med biobränsle inblandat i tankarna och det finns flygplatser som kontinuerligt levererar jetbränsle med inblandning av biobränsle vid tankning. Flygmotorerna är redan anpassade till att flyga på biobränsle och det är idag möjligt att blanda in upp till 50 procent biobaserat bränsle i det konventionella fossila jetbränslet<sup>2</sup>.

## Minskade koldioxidutsläpp

Ett hållbart biobränsle minskar koldioxidutsläppen vid produktionsprocessen när det är en förnybar biologisk, i stället för en fossil, råvara som används. Utsläppsminskningarna sker således inte i samband med förbränningen av bränslet. Detta beror på att bränslespecifikationerna kräver att biobränslet har samma egenskaper som det fossila bränslet under förbränningsfasen.

## Säkerhet

Säkerhetsaspekten är avgörande för flygsektorn och de speciella förhållandena för flyget ställer hårda krav på det bränsle som används. Biobränslen måste vara helt kompatibla med de standarder som gäller för fossilt flygbränsle. Det finns i dag fem olika tillvägagångssätt<sup>3</sup> för att producera alternativa flygbränslen som är godkända av det amerikanska standardiseringsinstitutet ASTM (American Society for Testing Materials International) och fler är under utvärdering.

## Tillgång och pris

Det är således tekniskt möjligt att flyga på biobränsle och detta kan vara ett led i arbetet med att minska flygets klimatpåverkan<sup>4</sup>. En förutsättning för detta är dock att biobränslet är hållbart producerat, att det finns bränsle att tillgå samt att priset är konkurrensmässigt för flygbolagen.

Tillgången på biobränslen för flyget är idag knapp och utmaningen är att få igång kommersiell produktion av biobränslen för att möta flygets behov. Samtidigt är priset för hållbart producerat biojetbränsle i dag avsevärt högre än för konventionellt fossilt jetbränsle. Världen över pågår det dock många aktiviteter som syftar till att öka biobränsletillverkningen och flygets användning av biobränsle.

## Ett svenskt exempel

Ett svenskt exempel är *Fly Green Fund*<sup>5</sup> vars mål är att få igång marknaden för bioflygbränslen i Norden. Fly Green Fund gör det möjligt för företag, organisationer och enskilda att flyga mer hållbart genom att erbjuda en möjlighet att betala hela eller en del av den extrakostnad som det innebär att flyga med biobränsle i tankarna och därigenom minska resans klimatpåverkan. Av de pengar som betalas in till Fly Green Fund används 75 procent till att finansiera merkostnaden för inköp av biobränsle. De resterande 25 procenten används dels till att stötta utvecklingsprojekt för lokal tillverkning av bioflygbränslen i Norden, dels till att stötta forskning som bidrar till ökad kunskap om och förståelse för bioflygbränsle och dess tillverkning.

<sup>1</sup> Flygets FN-organ International Civil Aviation Organization

<sup>2</sup> Hur stor del biobränsle man kan blanda in i det fossila bränslet beror på vilket tillvägagångssätt som använts för framställningen av bränslet

<sup>3</sup> Fischer Tropsch (FT) Synthetic Paraffinic Kerosene (FT-SPK), Fischer Tropsch (FT) Synthetic Kerosene with Aromatics (FT-SKA), Hydroprocessed Esters and Fatty Acids (HEFA), Synthetic Iso-paraffin from Fermented Hydroprocessed Sugar (SIP) och Alcohol to Jet SPK (ATJ-SPK)

<sup>4</sup> Om du vill läsa mer om hur biobränslen kan bidra till att minska flygets klimatpåverkan, se även artikeln "En korg full av klimatåtgärder" i detta nummer av Flygtendenser

<sup>5</sup> Mer information om Fly Green Fund finns på deras hemsida [www.flygreenfund.se](http://www.flygreenfund.se)



# Hur anpassar vi flyget till ett förändrat klimat?

Sverige kommer i framtiden sannolikt att få ett allt varmare och våtare klimat. I samhället i stort har man under flera års tid diskuterat och arbetat med frågan om hur vi på bästa sätt anpassar samhället till ett förändrat klimat. Genom god samhällsplanering går det att anpassa bostäder och infrastruktur så att samhället klarar det framtida klimatet, utan att drabbas av stora ekonomiska kostnader, olyckor och i värsta fall dödsfall. Men hur anpassar vi flyget till ett förändrat klimat?

**TEXT** JENNY BLOMBERG, [jenny.blomberg@transportstyrelsen.se](mailto:jenny.blomberg@transportstyrelsen.se)

Att luftfarten påverkar klimatet har vi länge varit medvetna om, men att ett förändrat klimat också påverkar luftfarten är det inte lika många som reflekterar över. Det är inte bara bostäder och infrastruktur, såsom vägar och järnvägar, som kommer att behöva säkras mot ett sannolikt allt våtare och varmare klimat. Även luftfarten kommer att behöva klimatanpassas.

Det kan tyckas motsägelsefullt att anpassa luftfarten till ett förändrat klimat. Kanske anser man att flygtrafiken i stället borde minska, för att på så sätt bidra till en minskad

klimatpåverkan? Luftfartssektorn arbetar intensivt med att minska flygets klimatpåverkan, men i framtiden måste flyget sannolikt också anpassas till det klimat som kommer att utvecklas och som sannolikt kommer att skilja sig från det klimat vi är vana vid idag.

Flyget är ett transportmedel som kommer att finnas även i framtiden. För att det fortsatt ska vara lika säkert att flyga som idag måste vi säkerställa att klimatförändringarna inte påverkar säkerheten inom luftfarten på ett negativt sätt.

## Hur påverkar det förändrade klimatet luftfarten?

Ett förändrat klimat kommer sannolikt att påverka luftfarten på flera sätt. Globalt kan vi till exempel se högre temperaturer i marknivå, vilket gör att luftens bärkraft (densitet) minskar. Det gör i sin tur att flygplanen kan få minskad lyftkraft och därmed kan få svårare att starta från kortare eller högt belägna startbanor. För att kompensera detta kan flygplanen komma att behöva sänka sin maximala startvikt, till exempel genom att minska sin bränslevolymer eller bagagevikt.<sup>1</sup>

Globalt kan luftfarten också komma att påverkas av ett förändrat vindmönster och ökade extrema väder, såsom åska, stormar och hagelstormar. Ett förändrat vindmönster kan få påverkan på flygvägarna och luftrummet kapacitet. Stora områden med kraftiga oväder kan medföra att flygplanen måste ta omvägar och då måste det finnas beredskap för det. Ett förändrat vindmönster med kraftiga sidvindar kan innebära säkerhetsrisker vid start och landning.

Globalt kan vi också se att ett varmare klimat, där permafrost och polaris smälter, kan påverka stabiliteten hos radarutrustning. Att säkra upp sådan utrustning kan vara extremt kostsamt. Issmältningen gör också att havsnivåerna höjs och att risken för översvämningar i kustnära områden ökar, vilket kan medföra problem för kustnära flygplatser och rullbanor.

## Hur påverkas svensk luftfart?

Sverige är inte det land som kommer att drabbas hårdast av ett förändrat klimat. Men sannolikt kommer Sverige att bli varmare och våtare i framtiden. Den största skillnaden förväntas uppstå vintertid i norra Sverige, där temperaturerna förmodligen kommer att vara flera grader högre än idag och nederbörden rikligare. Dock behövs det mer forskning på området innan det går att avgöra hur luftfarten kommer att påverkas.

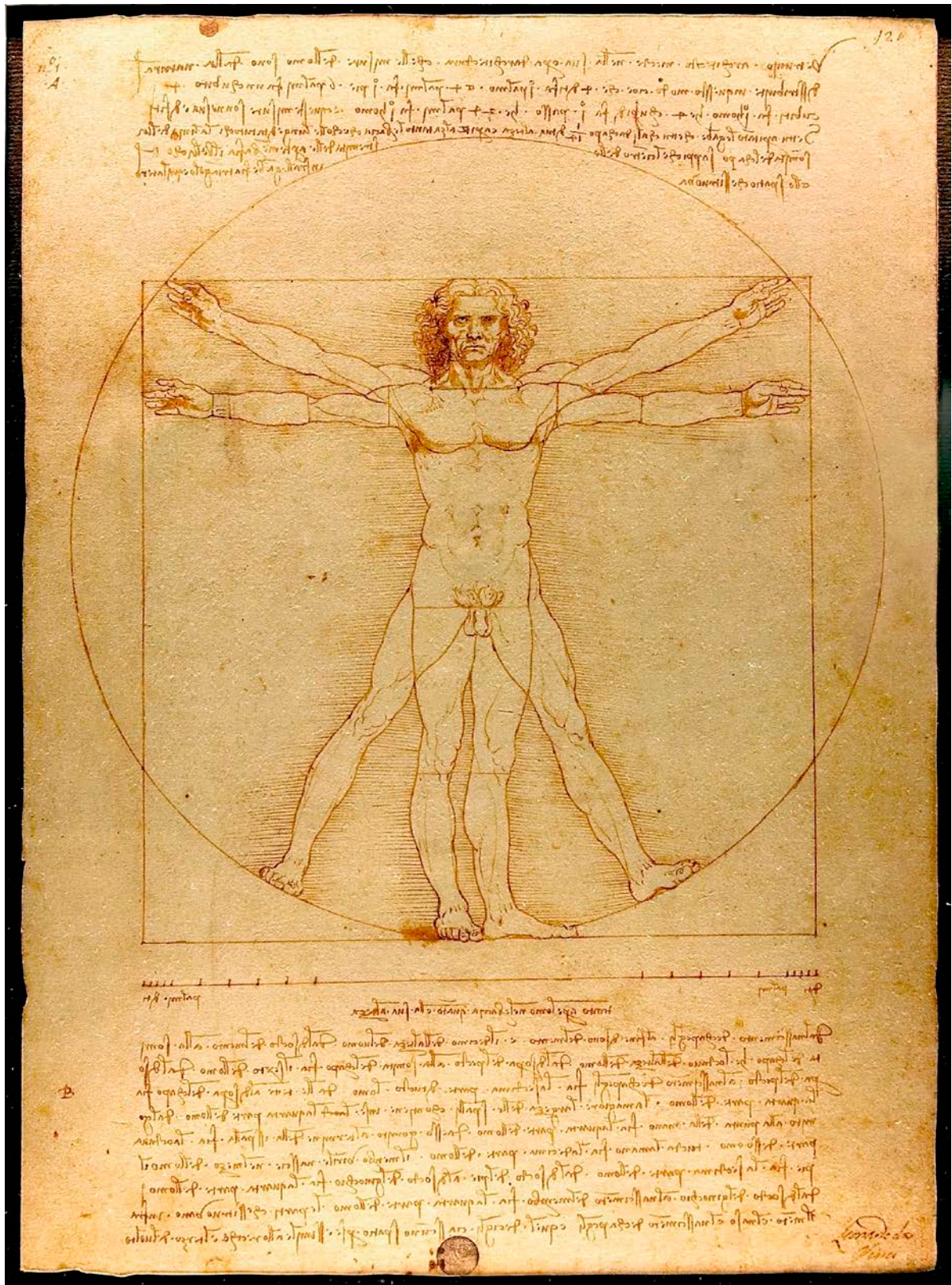
En förändrad vädersituation, där temperaturen allt oftare pendlar kring nollstrecket under ett och samma dygn, ökar risken för sättningar på rullbanor och uppställningsplattor, det ökar också risken för frostbildning och halka. Dessutom kan allt större nederbörds mängder leda till att rullbanor och uppställningsplattor översvämmas. Det här måste hanteras om inte luftfarten ska drabbas av säkerhetsrisker eller förseningar. Intensifierade snöstormar med efterföljande snöröjning kan också behöva hanteras för att bibehålla säkerheten.

Inom CAEP<sup>2</sup> arbetar man just nu med att undersöka och sammanställa dels hur vi kan förvänta oss att luftfarten mer precist kommer att drabbas av klimatförändringarna, dels vilka åtgärder som kan komma att krävas för att flygsäkerheten inte ska minska. Experter från stora delar av världen deltar i arbetet för att kunna samla in så mycket information och data som möjligt.

Frågan är inte längre om vi ska klimatanpassa flyget, utan snarare hur vi ska göra det. Vi bör ta reda på vad som behöver göras för att kunna bibehålla flygsäkerheten och ge förutsättningar för god kapacitet i luftrummet och på flygplatserna samtidigt som vi bidrar till en kontinuerligt minskad klimatpåverkan från flyget.

<sup>1</sup> On board a sustainable future, ICAO 2016 Environmental report

<sup>2</sup> Committee on Aviation Environmental Protection



# Mänskliga faktorer och Människa-Teknik-Organisation

Luftfartssystemet är ett komplext system med målet att transportera människor och gods med minimala negativa konsekvenser för säkerhet, hälsa och miljö. Systemet är komplext i den bemärkelsen att det består av flera olika faktorer som på olika sätt samverkar. En central faktor i systemet är människan.

**TEXT** NICKLAS SVENSSON, [nicklas.svensson@transportstyrelsen.se](mailto:nicklas.svensson@transportstyrelsen.se)

I säkerhetsarbetet inom olika transportsystem benämns ofta samverkan mellan människor och andra delar i systemet som Human Factors (HF) och/eller Människa-Teknik-Organisation (MTO). Det finns liknelser och beröringspunkter mellan HF/MTO och andra områden som klimatarbete och social-ekologiska system. Precis som HF/MTO anammar ett systemperspektiv där flera faktorer samverkar och påverkar varandra, betonar konceptet social-ekologiska system människan-i-naturen-perspektivet<sup>1</sup> och att man måste beakta systemen som samverkande och inte skilda.

Den senare tiden har ett nytt begrepp introducerats som kan berika nuvarande systemperspektiv inom miljö- och flygsäkerhetsområdet. Begreppet kallas resiliens. Den här artikeln beskriver resiliens och ger exempel på dess användning inom miljö- och klimatarbetet samt flygsäkerhetsarbetet.

## Kort bakgrund

Flygsäkerhetsarbete inom HF/MTO har utvecklats från att ha präglats av en traditionell riskhantering där fokus

legat på att omhänderta olika negativa händelser, identifiera och hantera olika faror samt beräkna sannolikheter för negativa händelser. Detta beskrivs ofta som en reaktiv ansats. Ett senare komplement till detta är ett mer proaktivt förhållningssätt där man strävar efter att förebygga uppkomsten av negativa händelser och risker. Gemensamt för de båda arbetssätten är kartläggning av vad som gått fel (reaktivt) för att kunna förebygga uppkomsten av liknande eller nya misstag (proaktivt). Exempel på ett proaktivt arbetssätt inom HF/MTO kopplat till flygsäkerhet är utformning av tekniska system som tar hänsyn till människa, teknik och organisation.

De senaste årtiondena har resiliens som ett nytt sätt att tänka i säkerhetssammanhang vunnit stor mark inom flyget och förekommer även i olika omfattning inom andra områden. Några exempel är patientsäkerhet, miljöarbete och forskning i social ekologiska system<sup>2</sup>. Exempel på ett resiliens arbetssätt inom miljöarbete kan vara en ekosystem-baserad förvaltning som tar hänsyn till alla interaktioner i ett ekosystem, inklusive människor, snarare än att fokusera isolerat på enstaka frågor, arter eller ekosystemtjänster.

<sup>1</sup> Ett perspektiv som beskriver ett ömsesidigt beroendeförhållande mellan människa och natur där vi dels påverkar varandra dels är beroende av varandra

<sup>2</sup> Ett integrerat system av människor och natur med ömsesidigt beroende

## Vad är resiliens?

Begreppet resiliens härstammar från det latinska ordet *resilire*, vilket kan översättas med att studsa tillbaka och har genom franskans *résilier* (dra tillbaka, upphäva) införts i engelskan som *resile* (dra sig tillbaka, återgå till ursprunglig position)<sup>3</sup>.

Resiliens används inom många olika områden och har olika betydelse beroende på det sammanhang det används inom och förekommer inom kontexter på system-, individ-, samhälls- och organisationsnivå.

Begreppet definieras och beskrivs ofta som en förmåga hos ett system eller hos en individ att kunna hantera förändrade och oväntade situationer och samtidigt fortsätta att utvecklas. Sett ur ett organisationsperspektiv kan det handla om hur individer, arbetsteam och organisationen i stort hanterar, anpassar sig och agerar vid till exempel oönskade händelser som olyckor och tillbud, men även vardagliga inslag som konkurrensutsatthet och ökade sparkrav.

Resiliens innefattar både systemens förmåga att stå emot störningar eller förändring och att återuppbygga viktiga funktioner efteråt. I längden kräver detta en förmåga att anpassa sig och förnya sig.

Inom flygbranschen används ofta begreppet Resilience Engineering<sup>4</sup> och definieras som:

*”The ability of a system to adjust its functioning prior to, during, or following changes and disturbances, so that it can sustain required operations under both expected and unexpected conditions”*

Resilience Engineering handlar om att söka vägar för att förbättra förmågan inom en organisations (till exempel ett flygbolags) alla nivåer för att skapa processer som på en och samma gång är robusta och flexibla. Syftet är att

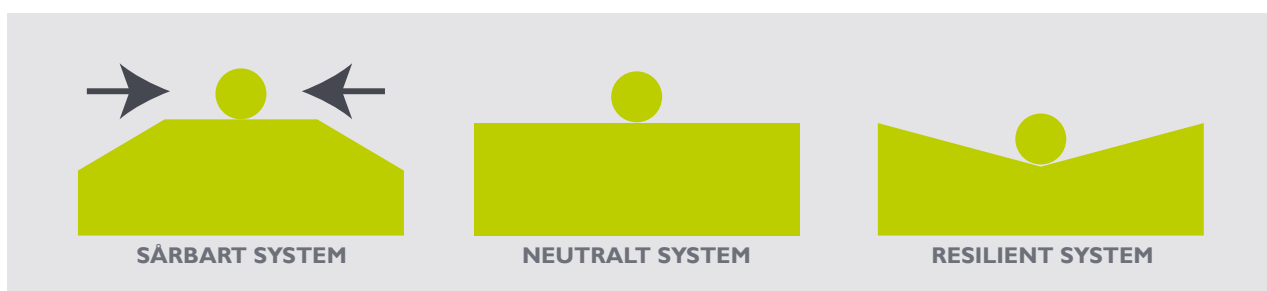
övervaka och revidera riskmodeller samt använda resurser för det förebyggande (proaktiva) säkerhetsarbetet. Det används även inom pilotutbildning där resiliens är en del av modulen besättningssamarbete, även kallat CRM (Crew Resource Management).

Inom miljösektorn används bland annat begreppet ekologisk resiliens<sup>5</sup> och det definieras av miljödepartementet som:

*”Förmågan hos ett ekosystem att möta förändringar och störningar utan att övergå till ett annat tillstånd. Ekologisk resiliens möjliggör återuppbyggnad och förnyelse efter en störning”*

Exempel på störningar kan vara hur en skog återhämtar sig efter storm, bränder och föroreningar. Biologisk mångfald<sup>6</sup> beskrivs som en förutsättning för ekosystemens resiliens eftersom det innebär en spridning av riskerna och större möjlighet till omorganisation efter en störning. Ett intressant exempel på resiliens inom byggnation och miljö är flytande bostäder som anpassar sig till förändrade vattennivåer. Vid eventuella översvämningar eller tsunamis kan det förhindra och begränsa skador på människor och egendom<sup>7</sup>.

Bild 1 nedan ger en förenklad beskrivning av tre olika nivåer av kapacitet för återhämtning genom att visa hur motståndskraftig en kula kan vara mot olika störningar och förändringar. Hur motståndskraftig den är beror på hur underlaget som den vilar på är utformat. Den första illustrationen visar ett sårbart system, som präglas av en begränsad förmåga till anpassning. I ett sådant system behöver man vidta åtgärder efter en förändring för att inte hamna för långt utanför sina gränser och för att kunna återgå till ursprungsläget. Det andra illustrationen beskriver ett neutralt system, där ingen anpassning eller återhämtning sker men inte heller nödvändigtvis någon negativ utveckling. Den tredje illustrationen beskriver ett



**BILD 1** Förenklad bild av olika nivåer av återhämtnings- och anpassningskapacitet. Källa: James Reason (2008), *The Human Contribution*. Aldershot, UK: Ashgate Publishing.

resilient system med en god kapacitet för återhämtning. Systemet är utformat på ett sådant sätt att återhämtningsförmågan har blivit en del av systemets ”dna” så att säga och sker av sig självt.

Om vi applicerar resonemanget på flygsäkerhet kan kulan liknas vid ett flygbolag och underlaget vid hur väl bolagets säkerhetsarbete motstår olika störningar och förändringar. Sett ur ett miljöperspektiv kan en liknelse vara att sätta gränsvärden för spridning av avfallsprodukter människan producerar. Syftet är att ge systemet (till exempel en sjö) möjlighet att återhämta sig.

### Varför är resiliens viktigt?

Resiliens handlar om att skapa system som är robusta under variation och förändring. I komplexa system, som till exempel flygtrafiktjänst och föränderliga miljöer där ibland snabba (och katastrofala) händelser inträffar, behöver systemen kunna återhämta sig och omorganisera. En flygbesättning måste till exempel kunna rikta sin uppmärksamhet mot säkerhetskritisk information i händelse av en nödsituation och fatta beslut för att snabbt återgå till det normala. Inom miljöarbete kan det handla om olika typer av ekosystemtjänster som att skogar och våtmarker kan buffra mot översvämningar. Enligt en studie av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) bidrar ett bevarande av ekosystemens förmåga att hantera stress och chocker (d.v.s. deras resiliens) till att skydda oss från naturkatastrofer. Minskad resiliens kan däremot leda till oönskade förändringar i ett system. Några exempel är korallrev som förvandlas till algäckta grushögar och övergödda sjöar, vilket kan resultera i fiskdöd och spridning av giftiga alger.

Sedan 1970-talet har fokus på miljöfrågorna ökat och sedan FN:s toppmöte 1992 i Rio finns gemensamma överenskommelser om att arbeta för global hållbar utveckling. Resiliens kan ses som ett sätt att hantera det komplexa samspelet mellan de tre delarna av hållbar utveckling: det ekonomiska, sociala och ekologiska perspektivet. Den globala flygsäkerheten är idag väldigt hög. Flygbranschen beskrivs bland annat som ett ultra-säkert system där

sannolikheten för olyckor och tillbud är väldigt liten. Säkerhet kan inte bara mätas i antal olyckor, tillbud och avvikelser, utan vi behöver vidga våra referensramar för att kunna förstå vad som orsakar dem, och framförallt förebygga uppkomsten av dem. Traditionellt säkerhets- och utredningsarbete har i stort fokuserat på att finna grundorsaken vilket fungerar väl i enkla system där en förenklad olycksprojektion med identifierade orsaker ritas upp med facit i hand. Med dagens komplexa socio-tekniska system<sup>9</sup> krävs ett annat tillvägagångssätt som belyser hur flera olika komponenter, till exempel tekniska, organisatoriska kan sammanfalla under oförutsägbara tillfällen. Systemets egenskaper är ett resultat av en samverkan mellan de enskilda komponenterna i systemet och kan inte förklaras eller förutsägas genom egenskaperna hos de enskilda komponenterna.

Resiliens kan erbjuda ett nytt syn- och angreppssätt på säkerhets- och miljöfrågor. Men hur uppnår vi ett resilient system?

### Vad krävs för att uppnå ett resilient system?

För att kunna tillämpa och uppnå resiliens krävs kunskap om hur vi skapar förutsättningar för att hantera plötsliga förändringar. Plötsliga förändringar i system är något som kan ske ofta och är i mångt ett vanligt inslag, framför allt inom komplexa system som socio-tekniska och social-ekologiska system. Inom flyget ser vi till exempel fler avancerade tekniska system och komplexa organisationsstrukturer som skapar nya och flera utmaningar och med dessa även förändringar. De flesta förändringar är inte olyckor eller tillbud utan till exempel olika krav på leverans, målkonflikter, avvägningar mellan säkerhet och ekonomi. För att förstå systemen (och vad som gått ”fel”) måste vi förstå hur aktörer inom systemet tänker, och hur de anpassar sig till de många olika förändringarna. Det handlar inte bara om att agera på det negativa (avvikelser, tillbud etc.) utan hur och vad det är som aktören behöver anpassa sig till i det dagliga arbetet. Den främsta anledningen till att framgång nås i de många olika systemen beskrivs ofta inom flyget som aktörens (till exempel flygledarens) adaptiva förmåga.

<sup>3</sup> Se även studien ”Resiliens” utgiven av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Publikationsnummer MSB569 – 2013

<sup>4</sup> Se bl.a. Hollnagel, E. et al. (2011). ”Resilience Engineering in Practice”. Aldershot, UK: Ashgate Publishing

<sup>5</sup> Resiliens och hållbar utveckling, Miljödepartementet

<sup>6</sup> Se bl.a. Stockholm Resilience Centre. ”Resiliens i praktiken”

<sup>7</sup> ”Resiliens” utgiven av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Publikationsnummer MSB569 – 2013

<sup>8</sup> Stockholm Resilience Centre. ”Vad är resiliens – En introduktion till forskning om social-ekologiska system”

<sup>9</sup> Ett komplext system beskrivs som ett system som består av ett stort antal olika komponenter eller delsystem som påverkar varandra genom många, ofta okända, samband. För att understryka betydelsen av interaktionen mellan teknik, människor och organisationer talar man ibland om komplexa socio-tekniska system

Man behöver hitta former för att kunna dra lärdomar av alla de gånger det går bra och inte se fel som unika händelser eller avvikelser utan snarare ett utfall av den dagliga variationen i systemen och den anpassning som krävs. Inom miljöområdet har resiliens implementerats på olika sätt. Stockholm Resilience Center<sup>10</sup> har i sin rapport "Resiliens i praktiken" sammanfattat sju principer<sup>11</sup> som anses stärka resiliens och beskrivit vad som ligger bakom principerna och hur dessa kan tillämpas i praktiken. Sju övergripande principer som stärker resiliens på övergripande nivå:

1. Att bevara mångfald och redundans (till exempel olika arter/beståndsdelar i ett system som kan kompensera för varandras funktion).
2. Att förvalta konnektivitet (till exempel i vilken utsträckning olika systemdelar som arter, aktörer med flera migrerar eller interagerar med varandra).
3. Att hantera långsamma variabler och återkopplingsmekanismer (t.ex. långsam förändringstakt och en process/mekanism som inverkar på systemets initierande del).
4. Att främja förståelsen av adaptiva komplexa system (till exempel system av sammankopplade delar med bland annat anpassningskapacitet efter interna störningar).
5. Att uppmuntra lärande (till exempel olika sorters kunskap och kunskapskällor värderas och beaktas när olika lösningar tas fram).
6. Att bredda deltagandet (till exempel skapa en bra samverkansprocess med bred representation bland aktörer).
7. Att främja polycentriska styrelseformer (till exempel flera styrande organ i samverkan med varandra i olika nivåer och strukturer så att problem kan lösas snabbt och av rätt person vid rätt tillfälle).

Ett "resilienstänk" beskrivs som en förståelse för hur social-ekologiska system på bästa sätt kan förvaltas för en hållbar och resilient tillgång till de väsentliga ekosystemtjänster människan är beroende av<sup>12</sup>. Man poängterar att innan man tillämpar någon av principerna är det viktigt att veta var det är man vill skapa resiliens och för vad (till

exempel bränder, översvämningar, föroreningar) och att det inte finns en universallösning utan en nyanserad förståelse. Inom flyget finns liknande principer som till exempel att uppmuntra lärande och förståelse av adaptiva system<sup>13</sup>. Vidare anses förståelse för systemen (organisation, teknik etc.) viktig eftersom merparten av olyckorna och tillbudet är systeminducerade<sup>14</sup>.

Exempel på principer för resiliens inom flyget är:

1. Komplexa system består av flera olika länkade komponenter.
2. Komplexa system beter sig på ett oförutsägbart sätt.
3. Det tänkta arbetssättet ("work-as-imagined") skiljer sig från det som tillämpas ("work-as-done").
4. Systemet kan inte göras säkrare genom regler för alla eventualiteter.
5. Kapacitet för att hantera förändringar kommer från de komponenter inom systemet som har störst förmåga att anpassa sig, det vill säga människor.
6. Vi bör inte bara fokusera på när saker går fel, utan även när saker går rätt, det vill säga när komponenter (till exempel individen, organisationen) i systemet framgångsrikt hanterar förändringar.

### Exempel på resiliens inom miljöarbete

Stockholm Resilience Center beskriver hur resiliens kan uppnås utifrån deras sju framtagna principer (jfr ovan). Fallstudien nedan tar utgångspunkt i princip nummer 3, dvs. att hantera långsamma variabler och återkopplingsmekanismer<sup>15</sup> och hur dessa kan stärka resiliens.

Fallstudien handlar om att restaurera Ringsjön, en sötvattensjö i Skåne. Sjöns vatten hade skiftat från klart till grumligt och kraftigt övergött. Förändringen orsakades bland annat av långsam ackumulering av näringsämnen i bottensedimentet och otillräcklig avloppsrening i närliggande hus. Dessa långsamma variabler gav upphov till en ny uppsättning av återkopplingar som fick sjön att stabiliseras i ett tillstånd med bland annat giftiga alger. Detta påverkade i sin tur fiskbeståndet och förändrade sammansättningen av fiskarter. Arbetet som kopplas till resiliens innebär att man "drev" tillbaka systemet till sitt ursprungliga tillstånd och i det skapade en annan uppsätt-

<sup>10</sup> Stockholm Resilience Centre vid Stockholms universitet är ett internationellt tvärvetenskapligt center för forskning kring social-ekologiska system, dvs. system där människa och natur ses som en integrerad helhet

<sup>11</sup> Principerna kommer från boken "Principles for building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems" och är publicerad av Cambridge University Press, 2015

<sup>12</sup> Stockholm Resilience Center. "Resiliens i praktiken – Sju principer som bygger resiliens i social-ekologiska system"

<sup>13</sup> Se bl.a. EUROCONTROL (2013). "From Safety-I to Safety II: A white paper"

<sup>14</sup> Systeminducerade i sammanhanget innebär att de många olika interaktioner mellan systemets komponenter orsakar olycka/tillbudet och inte en enskild komponent

<sup>15</sup> En mekanism, process eller signal som föder tillbaka till och har inverkan på den del av systemets som initierade mekanismen eller processen eller skickar ut signalen (Ref: Stockholm Resilience Centre: "Resiliens i praktiken")



ning av återkopplingar som kunde göra systemet (sjön) mer adaptivt och behålla sitt ursprung trots förändringar. För att uppnå en sådan "resiliens" genomfördes en stor biomanipulation vilket i sammanhanget innebar att stora andelar av vitfiskarter togs bort. Enligt rapporten har metoden tillämpats tidigare på liknande sjöar och resulterat i att fiskbeståndet ökat betestrycket från djurplankton på skadliga alger. Sistnämnda förväntas bidra till balansen i återkopplingsmekanismer mellan plankton och alger.

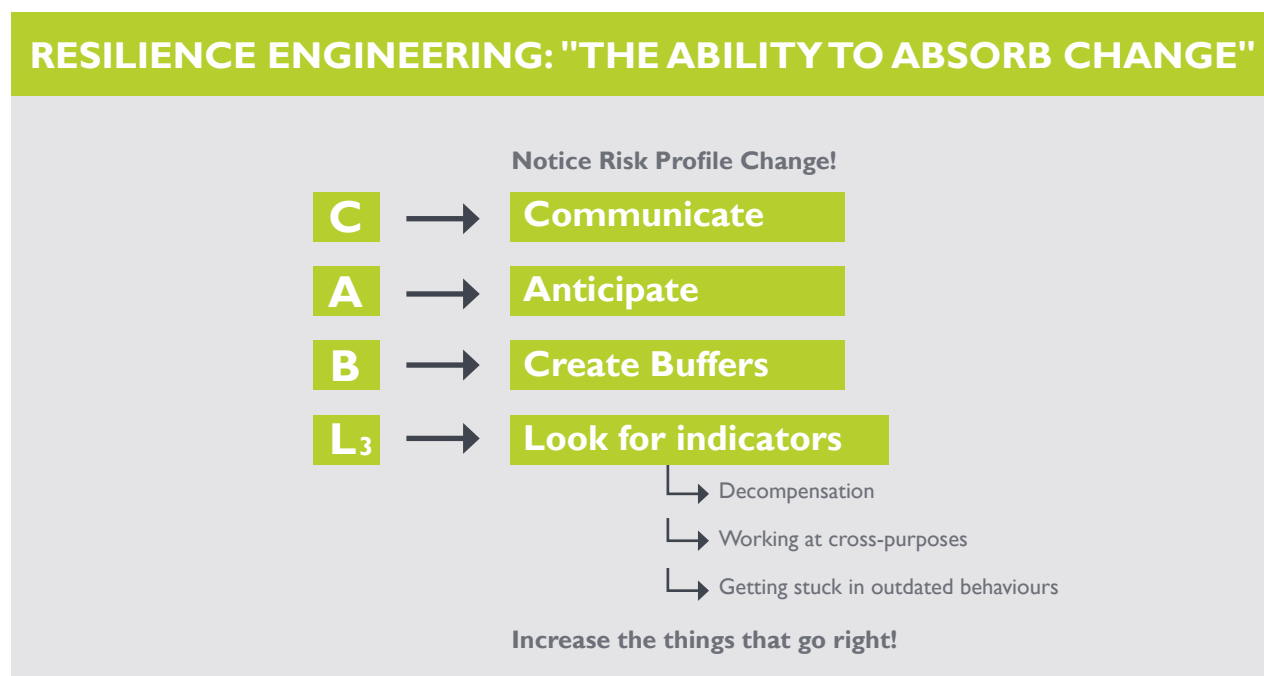
### Exempel på resiliens inom flygsäkerhetsarbete

En resilient organisation, till exempel ett flygbolag kan beskrivas som en organisation som har förmåga att anpassa sig till avvikelser och störningar utan att allvarliga olyckor och tillbud inträffar. Ett vanligt redskap för säkerhetsarbetet är organisationens säkerhetsledningssystem. I ett sådant sammanhang handlar resiliens om att arbeta proaktivt och komplettera det reaktiva säkerhetsarbetet med det som fungerar bra och varför det är så. Ett sådant synsätt kan även appliceras på individnivå. Om det går rätt under svåra förhållanden, är det främst på grund av

individens anpassningsförmåga; deras förmåga att känna igen, anpassa sig till och absorbera förändringar och störningar. Ett arbetssätt och/eller teori för att uppnå detta kallas för "Safety I to Safety II"<sup>16</sup> där bland annat fel (till exempel mänskliga misstag) inte ses som unika händelser, utan snarare ett utfall av den dagliga variationen och där säkerhetsarbetet strävar efter att hitta former för att kunna dra lärdomar av alla de gånger det går bra. Man söker svar i individens interaktion med omgivningen snarare än i individen.

Bild 2 visar steg som besättningarna tränas i för att anpassa sig så bra som möjligt när det inträffar förändringar som kan påverka flygsäkerheten negativt.

Sett ur ett säkerhetsarbete kopplat till flygoperativ verksamhet, till exempel besättningssamarbete mellan piloter och kabinpersonal (även kallat CRM<sup>17</sup>), ses handlingar som utfördes innan till exempel ett tillbud eller en olycka, även som en vanlig del av arbetet och som oftast leder till att det blir rätt, det vill säga det är inte handlingen i sig utan systemets status (kopplingar, interaktion) vid tillfället som resulterar i till exempel ett tillbud. Det beror



**BILD 2.** Beskrivning av LuxAirs redskap för att uppnå resiliens, CABL3 (Källa: LuxAir Human Factors Training Team, 2013).

<sup>16</sup> Se bl.a. Hollnagel, E. (2014). "Safety-I and Safety-II – The past and future of Safety Management". Aldershot, UK: Ashgate Publishing

<sup>17</sup> CRM: Crew Resource Management. Kan beskrivas som Human Factors i tillämpad form och handlar inte primärt om teknisk kunskap utan om människans fysiska, mentala och sociala förutsättningar och hur dessa kan inverka positivt och negativt på flygsäkerheten



på att förutsättningarna ständigt skiftar och att det råder stor variation i hur arbetet utförs och hur det var tänkt att utföras (till exempel enligt en checklista, regelverk).

Ett exempel på ett flygbolag som har introducerat resiliens i sin CRM-utbildning och omsatt den i piloternas vardag är LuxAir. 2013 påbörjade flygbolagets Human Factors Training Team under ledning av deras Human Factors Manager Gunnar Steinhardt arbetet. Arbetet, som delades upp i tre etapper, fördelades på 3 år. Den första fokuserade på teori och begreppet resiliens. Mycket snabbt förstod man vikten av att ta fram kopplingar till flygbesättningens vardag vilket resulterade i områden som förenade teori med praktik.

Den andra delen utvecklade och förstärkte den praktiska kopplingen till begreppet. Olika fallstudier analyserades för att identifiera områden där resiliens passade in. Olyckor och tillbud gick även igenom med syfte att åskådliggöra hur applicering av resiliens kunde ändrat förloppet och möjligtvis förhindrat olyckan/tillbudet. Fokus låg på att öka besättningens kunskap om och förståelse för resiliens. För att lyfta den praktiska delen till en högre nivå där besättningsmedlemmar verkligen anammar resiliens i arbetet och har konkreta verktyg för ett sådant arbete förde man in begreppet i olika arbetsmaterial.

Den tredje delen innebar en integrering av resiliens i LOFT -träning som sker i simulatorn.<sup>18</sup> Under passet ställs besättningen inför ett antal olika situationer där

man övar resiliens och medvetandegör hur begreppet kan användas och vad fördelarna är.

I klassrummet tillför begreppet resiliens en ytterligare (och i mångt ny) nivå av proaktivt säkerhetsarbete kopplat till den operativa flygverksamheten. Konkret innebär det att man fokuserar mer på situationer där en förändring kräver en eller flera anpassningar och som slutar väl, det vill säga vad är det som bidrar till att förändringen omhändertas väl? Stegen som används i och under beslutsprocessen utgår ifrån CABL3-redskapet.

### Sammanfattning

Resiliens beskrivs som en långsiktig förmåga hos ett system att hantera förändringar och fortsätta att utvecklas. Resiliensteorin beskriver bland annat att kärnan i många befintliga och återkommande problem är en bristande förståelse för att flera av de system vi befinner oss i eller förvaltar är föränderliga och sammanvävda. Ökad kunskap om hur vi kan stärka resiliensen inom olika områden som miljö- och flygsäkerhetsarbete blir allt viktigare i och med klimatförändringar och ökad komplexitet i flygbranschen. Ett ”resilienstänk” kan bidra till att bättre hantera förändringar i ett långsiktigt perspektiv. Att investera i resiliens kan därför ses som en försäkring.

Resiliens är enligt forskare och utövare applicerbart på flera områden. Miljö- och flygsäkerhetsarbete är några exempel där resiliens introducerats och nått framgång vilket kan vara en bra markör för begreppets potential.

## RESILIENS UR ETT SOCIAL EKOLOGISKT PERSPEKTIV

”Resiliens är kapaciteten hos ett system, vare sig det är en skog, en stad eller en ekonomi, att hantera förändringar och fortsätta att utvecklas. Det handlar alltså om både motståndskraft och anpassningsförmåga samt om förmågan att vända chocker och störningar, som en finanskris eller klimatförändringar, till möjligheter till förnyelse och innovativt tänkande. Resilienstänkande omfattar lärande, mångfald och framför allt insikten att människor och natur är så pass starkt kopplade att de bör uppfattas som ett helt sammanvävt socialekologiskt system”

(Ref: Stockholm Resilience Center, Stockholms universitet)

<sup>18</sup> A LOFT står för Line Oriented Flight Training och lägger tonvikt på samarbete mellan besättningsmedlemmar. Sessionen är vanligtvis baserad på en flyglinje som besättningen vanligtvis genomför eller kommer att genomföra i den ”skarpa” flygproduktionen

# Flygsäkerhetsinfo

**TEXT** MARTINA KIELÉN, [martina.kielen@transportstyrelsen.se](mailto:martina.kielen@transportstyrelsen.se)

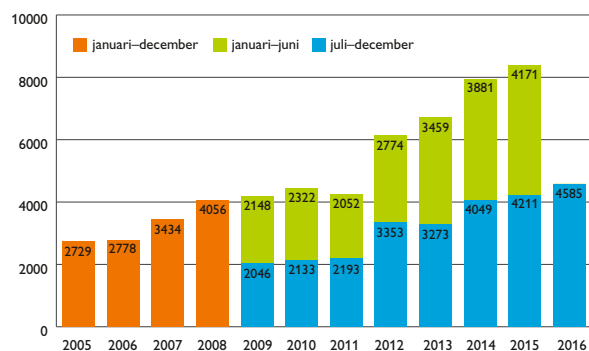
I Flygsäkerhetsinfo redovisas luftfartshändelser inom svensk luftfart. Här presenteras även aktuella frågor inom luftfartsområdet som Transportstyrelsen arbetar med.

## Allmänt om händelserapportering till Transportstyrelsen

En viktig del i flygsäkerhetsarbetet är rapportering av händelser inom flyget. Händelserna delas in i tillbud, allvarliga tillbud och olyckor beroende på allvarlighetsgrad och utfall. Systemet med händelserapportering bygger på att lärdomar av inträffade händelser ska leda till att de inte inträffar igen och på så sätt ska flygsäkerheten bli bättre. Sedan juli 2007 är rapportering av samtliga händelsetyper obligatorisk inom svensk luftfart. Från och med 2007 noteras också en ökning totalt av antalet rapporterade händelser (figur 1). Sedan maj år 2013 läggs även rapporter relaterade till luftfartsskydd<sup>1</sup> in i den gemensamma databasen. För första halvåret 2016 utgör dessa omkring sexton procent av det totala antalet rapporter.

Kravet på vilka händelser som ska rapporteras och vem som är skyldig att rapportera finns huvudsakligen i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om rapportering av händelser inom civil luftfart (LFS 2007:68). Från och med den 15 november 2015 kommer inrapporteringen att styras av den nya regleringen Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 376/2014<sup>2</sup>. De delar som inte omfattas av denna förordning (EU) 376/2014 regleras istället av Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om rapportering av händelser inom civil luftfart (LFS 2007:68).

**FIGUR 1** Antal inrapporterade händelser januari 2005–juni 2016



Den ökade rapporteringen under 2012–2015 beror troligen framför allt på en ökad återkoppling från Transportstyrelsen till branschen genom exempelvis branschmöten, webbsidor och publikationer, ett ökat sekretesskydd för rapportören samt förenklad rapportering via webbformulär. Ökningen ger ett bättre underlag för det proaktiva säkerhetsarbetet och ses därför som positiv av Transportstyrelsen. Under januari–juni 2016 har antalet inrapporterade händelser ökat med 9 procent, jämfört med samma period året innan.

Transportstyrelsen kodar varje enskild rapport som kommer in i ett internationellt system och informationen matas in i en databas (ECCAIRS), som är gemensam för de europeiska staterna. Därefter analyserar Transportstyrelsen händelsen och bedömer om eventuella åtgärder ska initieras. Uppgifter i databasen är avidentifierade och används för att ta fram statistik som ger värdefull information i flygsäkerhetsarbetet.

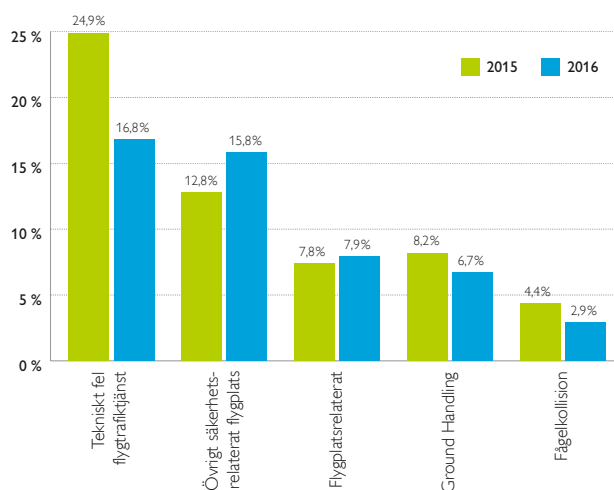
Den statistik som Transportstyrelsen tar från händelserapporteringen redovisas i en årlig flygsäkerhetsöversikt och i Flygtendenser. Myndigheten följer också utvecklingen av statistiken från händelserapporteringen genom kontinuerlig trendbevakning.

<sup>1</sup> Luftfartsskydd, eller "security" som det heter på engelska, handlar om de åtgärder som syftar till att förhindra kriminella och olagliga handlingar riktade mot flyget

<sup>2</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 376/2014 om rapportering, analys och uppföljning av händelser inom civil luftfart om ändring av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 996/2010 och om upphävande av Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/42/EG, kommissionens förordningar (EG) nr 1321/2007 och (EG) nr 1330/2007

De som rapporterar är bland andra flygplatser, flygledning, piloter, flygbolag, verkstäder och flygklubbar. Inflödet av rapporter varierar över året. Av de händelser som rapporterats in under januari–juni 2016<sup>3</sup> var händelsetypen *Tekniskt fel flygtrafikföretag* vanligast och utgjorde 16,8 procent av alla händelser. Därefter kommer händelsetyperna *Övrigt säkerhetsrelaterat* (15,8 procent), *Flygplatsrelaterat* (7,9 procent), *Ground Handling* (6,7 procent), och *Fågelkollision* (2,9 procent) se vidare i figur 2 nedan. De fem redovisade kategorierna i figuren utgör 50 procent av alla rapporterade händelser.

**FIGUR 2** De fem mest vanliga händelsetyperna under januari–juni 2015 respektive 2016



## Olyckor och allvarliga tillbud under 2016

ICAO (International Civil Aviation Organization) har i Chicagokonventionens bilaga 13 (Annex 13) definierat vad en olycka är. Det finns även en definition i Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 996/2010 av den 20 oktober 2010 om utredning och förebyggande av olyckor och tillbud inom civil luftfart.

För att en händelse ska klassas som olycka krävs att luftfartyget används i avsikt att flyga och att:

- någon person omkommer eller skadas allvarligt genom händelsen och/eller;
- luftfartyget får omfattande strukturella skador eller skador som påverkar luftfartygets flygegenskaper väsentligt och/eller;
- luftfartyget saknas eller inte kan lokaliseras.

Det som skiljer olycka från allvarligt tillbud är händelsens utgång. Klassificeringen av allvarlighetsgraden i en händelse görs med utgångspunkt i en internationellt fastställd standard.

Under första halvåret 2016 inträffade totalt sex olyckor med svenskregistrerade luftfartyg jämfört med åtta under samma period 2015. Se tabell 1 nedan.

Luftfartygskategori	Jan–juni 2015	Jan–juni 2016
Flygplan	3	4
Helikopter	0	2
Gyroplan	0	0
Ultralätt	1	0
Ballong	0	0
Segelflyg	0	0
Skärm/hängflyg	4	0
Totalt	8	6

**TABELL 1** Antal olyckor inom svensk luftfart per kategori januari–juni 2015 respektive 2016

Statens haverikommission har startat sju utredningar kring olyckor och allvarliga tillbud under första halvåret 2016. Motsvarande för 2015 var fyra.

## Säkerhetsnyckeltal inom luftfarten

De säkerhetsnyckeltal inom luftfarten som Transportstyrelsen redovisar, bygger på de händelserapporter vi fått in. Det kan förekomma ett visst mörkertal, även om antalet inte uppskattas vara stort. Under första halvåret 2016 ökade rapporteringen av händelser med åtta procent, jämfört med samma period året innan. Orsaken bedöms vara en ökad rapporteringsvilja och en större medvetenhet kring de nya kraven som följer av EU-förordningen nr 376/2014.

Säkerhetsnyckeltalen redovisas för perioden januari 2011–juni 2016 i detta avsnitt. Trafiken under första halvåret 2016 mätt i totalt antal starter och landningar på Sveriges 39 trafikflygplatser som rapporterar in till Transportstyrelsen, inklusive Touch and Go-landings<sup>4</sup> ökade jämfört med 2015 (3 procent). Analysen innefattar även utvecklingen av säkerhetsnyckeltalen justerade för trafikutvecklingen.

<sup>3</sup> All statistik baseras på uppgifter som var kända i samband med publiceringstillfället

<sup>4</sup> Landning där efterföljande start sker utan att luftfartyget taxar ut på taxibana

**Transportstyrelsen har bevakat följande säkerhetsnyckeltal under januari 2011 – juni 2016 på en övergripande nivå:**

1. Antal rapporterade händelser
2. Olyckor
3. Allvarliga tillbud
4. Omkomna
5. Allvarligt skadade
6. Avåkningar
7. Intrång på bana
8. Luftrumsintrång
9. Laserhändelser
10. Drönare/RPAS<sup>5</sup>
11. Kvalitetssystem, ledningsfunktion och säkerhetskultur

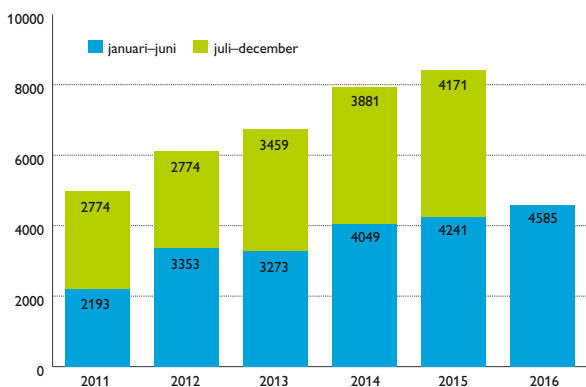
Dessa nyckeltal har följts upp kontinuerligt på månads- eller tertialbasis. Nedan redovisas ett urval av ovanstående nyckeltal, vilka vi också kommenterar mer detaljerat i respektive avsnitt.

**Antal rapporterade händelser**

Med händelser avses driftsavbrott, defekt, fel eller annan onormal omständighet som har inverkat eller kan inverka på flygsäkerheten men inte har lett till sådana luftfartsolyckor eller tillbud som avses i lagen (1990:712) om undersökning av olyckor<sup>6</sup>.

Figur 3 visar antalet inkomna händelserrapporter januari 2011–juni 2016 (unika händelser). Antalet inrapporterade händelser första halvåret 2011 var 2193 stycken, samma period 2016 var antalet 4585 vilket är mer än en fördubbling. Jämfört med första halvåret 2015 är denna ökning åtta procent. Justerat för antal starter och landningar var ökningen fem procent.

**FIGUR 3** Antal rapporterade händelser per år januari 2011 – juni 2016

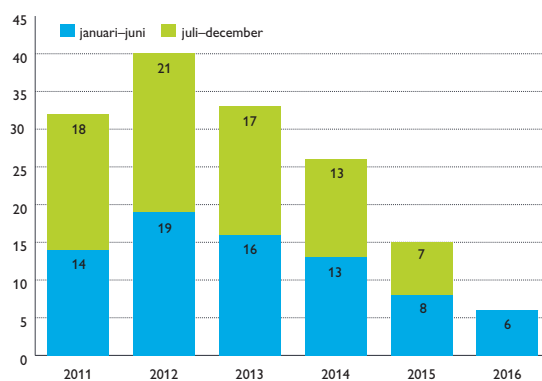


<sup>5</sup> Remotely Piloted Aircraft Systems  
<sup>6</sup> LFS 2007:68

**Olyckor (svenskregistrerade luftfartyg)**

Figur 4 visar antal olyckor januari 2011–juni 2016 med svenskregistrerade luftfartyg. Antalet ökade mellan 2011 och 2012. Efter 2012 har antalet olyckor minskat i antal varje år. Under första halvåret 2016 har sex olyckor rapporterats vilket är det lägsta antalet under den redovisade perioden. Justerat för trafikutvecklingen är mönstret detsamma. Av de sex olyckorna under första halvåret 2016 skedde fyra inom fritidsflygsverksamheten, ett inom skolflygsverksamhet och ett inom den kommersiella luftfarten.

**FIGUR 4** Antal olyckor per år januari 2011 – juni 2016



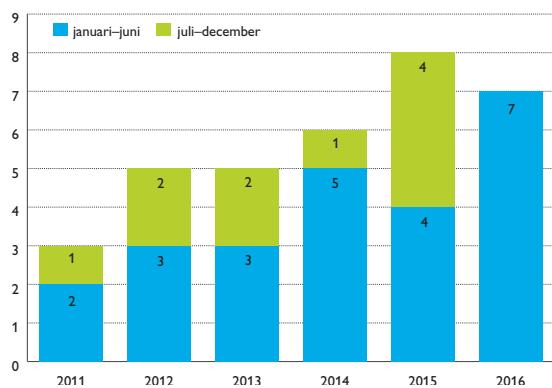
**Allvarliga tillbud (svenskregistrerade luftfartyg)**

För att en händelse ska betraktas som en allvarlig händelse enligt Chicagokonventionens bilaga 13 (Annex 13) ska det ha varit nära att en olycka inträffat. Det vill säga att alla så kallade säkerhetsbarriärer förbrukats och att olyckan undveks till stor del beroende på lyckliga omständigheter.

Rådets förordning (EU) nr 996/2010 definierar ett allvarligt tillbud som "ett tillbud som har samband med handhavandet av ett luftfartyg, där omständigheterna pekar på att det förelåg en hög sannolikhet för att en olycka skulle inträffa".

Den administrativa rutinen för klassning av händelser som kan definieras som allvarliga tillbud förändrades under år 2010. Syftet var att Transportstyrelsen och SHK i huvudsak ska ha en enad bedömning om klassning av de allvarliga tillbud. Under första halvåret 2016 inträffade sju allvarliga tillbud och olyckor med svenskregistrerade luftfartyg som utreds av SHK (figur 5).

**FIGUR 5** Antal allvarliga tillbud och olyckor som utreds av SHK per år januari 2011–juni 2016.

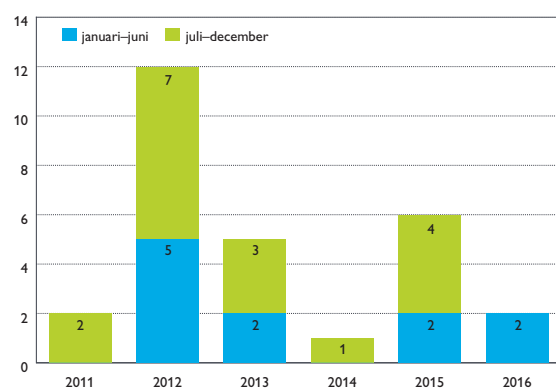


## Omkomna (svenskregistrerade luftfartyg)

Omkomna och allvarligt skadade definieras av rådets förordning (EU) nr 996/2010. Omkomna, eller skada med dödlig utgång, innebär en skada som en person ådragit sig vid en olycka, och som har till följd att personen i fråga avlider inom 30 dagar efter dagen för olyckan.

Antalet omkomna inom svensk luftfart var 2012 betydligt högre jämfört med övriga år som redovisas i figur 6. Under 2012 omkom 12 personer; Under 2015 omkom sex personer och under första halvåret 2016 har två personer omkommit vilket är lika många som motsvarande period året innan.

**FIGUR 6** Antal omkomna per år januari 2011–juni 2016.



## Allvarligt skadade (svenskregistrerade luftfartyg)

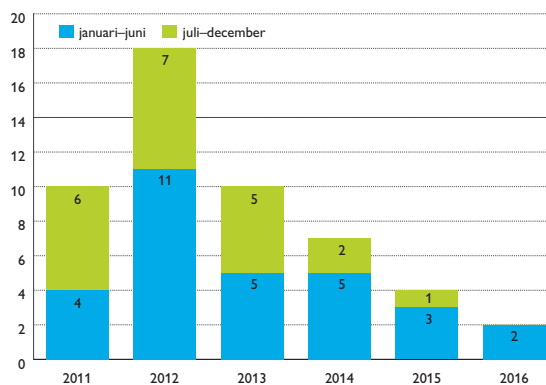
Rådets förordning (EU) nr 996/2010 definierar allvarlig skada

som en skada en person ådragit sig vid en olycka och som

- kräver sjukhusvistelse i mer än 48 timmar; med början inom sju dagar efter den dag som skadan uppkom,
- resulterar i en fraktur (undantaget okomplicerade brott på fingrar, tår eller näsa),
- medför sår som förorsakar allvarlig blödning eller nerv-, muskel- eller senskada,
- medför skada på ett inre organ,
- medför brännskador av andra eller tredje graden, eller brännskador som omfattar mer än 5 procent av kroppsytan,
- medför bestyrkt utsättande för smittoämnen eller skadlig strålning.

Antal allvarligt skadade var som högst 2012 (18 stycken) sett till den redovisade perioden, figur 7 nedan. Under det första halvåret 2016 har två personer skadats allvarligt vilket är det lägsta antalet under 2011–2016.

**FIGUR 7** Antal allvarligt skadade per år januari 2011–juni 2016.



## Avåkning från rullbana

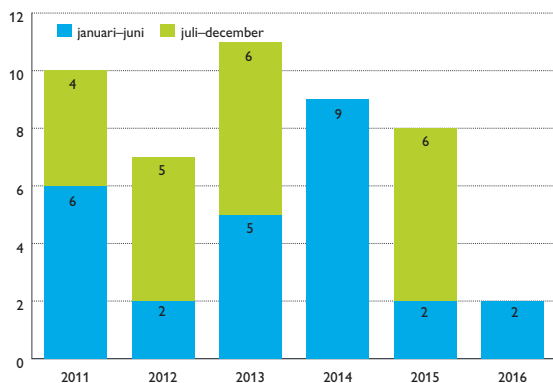
En avåkning från rullbana kan få mycket allvarliga konsekvenser, i synnerhet om luftfartyget befinner sig i en kritisk del av start- eller landningsfasen. ICAO definierar avåkning från rullbana (runway excursion) som "A veer off or overrun off the runway surface".

Antalet avåkningar var två första halvåret 2016, se figur 8 på nästa sida, vilket är lika många jämfört med samma period året innan. Båda händelserna 2016 klassas som allvarliga tillbud och skedde inom den kommersiella luftfarten.

<sup>7</sup> <http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/avakning-bana/avakning-av-bana-2012-2014-ver-01.01.pdf>

Transportstyrelsen har under år 2015 genomfört en analys av inträffade avåkningar under åren 2012–2014<sup>7</sup> för att inhämta mer kunskap om bakomliggande orsaker. Analysen innehåller också ett antal rekommendationer med möjliga riskreducerande åtgärder. Transportstyrelsen följer i vissa delar upp hur rekommendationerna omhändertas.

**FIGUR 8** Antal avåkning från rullbana per år januari 2011–juni 2016.



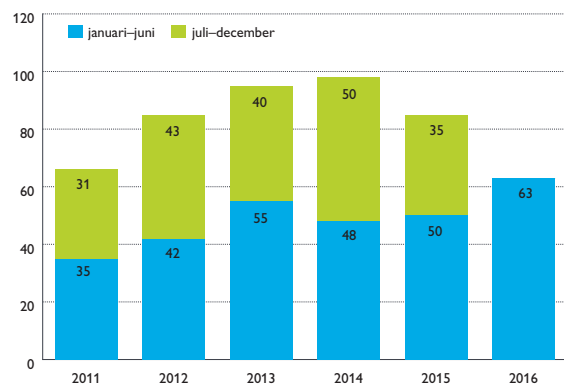
### Rullbaneintrång

Ett intrång på bana inträffar när ett luftfartyg, ett fordon eller en person utan klarering/tillstånd befinner sig på det skyddade området för start och landning på en flygplats. Det skyddade området omfattar rullbanan och en buffertzoon kring denna.

Figur 9 visar att antalet intrång på bana i Sverige varierat mellan 66 och 98 stycken på helårsbasis under perioden 2011–2015. Under första halvåret 2016 inträffade 63 rullbaneintrång vilket är den högsta siffran under den redovisade perioden. Jämfört med samma period 2015 är detta en ökning med 26 procent, justerat för trafikutvecklingen är ökningen något mindre (22 procent).

Under år 2014 genomfördes en fördjupad analys av intrång på bana<sup>8</sup>. Analysen mynnade ut i ett antal rekommendationer vars syfte är att ge information om möjliga riskreducerande åtgärder i det proaktiva flygsäkerhetsarbetet. Under år 2015 har en uppföljning av dessa rekommendationer skett vid Transportstyrelsens tillsynsverksamhet samt vid ett flertal seminarier.

**FIGUR 9** Antal rullbaneintrång per år januari 2011–juni 2016.



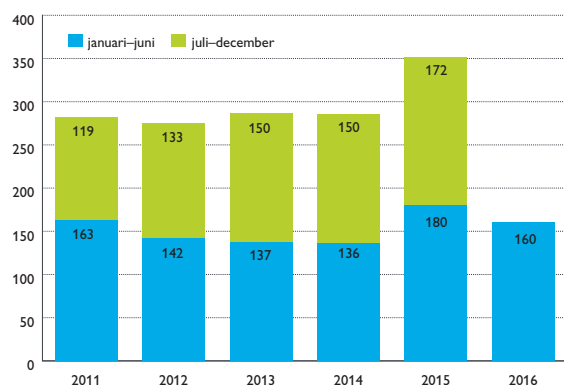
### Luftrumsintrång

Ett luftrumsintrång inträffar när ett luftfartyg flyger i

- kontrollerat luftrum utan klarering,
- trafikinformationszon (TIZ) utan upprättad dubbelriktad radiokommunikation,
- trafikinformationsområde (TIA) utan upprättad dubbelriktad radiokommunikation,
- avgränsade områden för militär övnings- och träningsverksamhet utan föregående samordning och utfärdat tillstånd, i till exempel farligt område (D-område), restriktionsområde (R-område) och tillfälligt reserverade områden (TRA).

Antal luftrumsintrång har varit färre än 300 per år under perioden 2011–2014. År 2015 ökade antalet och uppgick till 352 stycken. Ser man till utvecklingen av luftrumsintrång under januari–juni 2015 jämfört med 2016 ses en minskning med 11 procent. Då man justerar för trafikutvecklingen är minskningen 14 procent.

**FIGUR 10** Antal luftrumsintrång per år jan 2011–juni 2016



<sup>7</sup> <http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/avakning-bana/avakning-av-bana-2012-2014-ver-01.01.pdf>

<sup>8</sup> <http://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/intrang-pa-bana.pdf>



## Laserhändelser

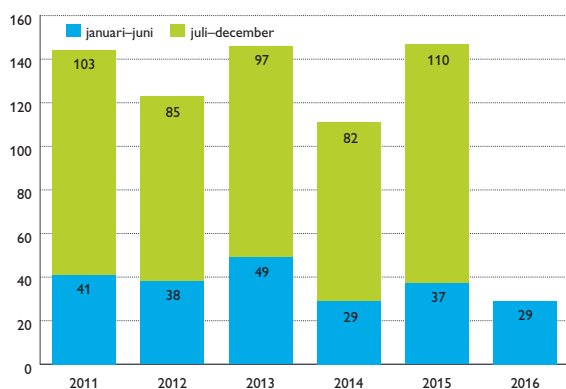
Laserhändelser innebär att privatpersoner använder så kallade laserpekare (oftast grön laser) och riktar dessa mot luftfartyg. Detta kan få till följd att besättningens synmöjligheter påverkas negativt, och i värsta fall kan det även skada synen hos drabbade piloter.

Antalet laserhändelser har fluktuerat mellan som minst 111 och som mest 147 under perioden 2011–2015, figur 11 nedan. Färre laserhändelser har skett under januari–juni jämfört med juli–december för alla år i den redovisade perioden. Under första halvåret 2016 har 29 laserhändelser inträffat vilket är åtta färre än för 2015. Denna minskning motsvarar 22 procent, när man justerar för trafikutvecklingen är minskningen 24 procent.

Sedan den 1 januari 2014 är det förbjudet att hantera starka laserpekare utan tillstånd från Strålsäkerhetsmyndigheten, exempelvis att använda, inneha, sälja och importera. Den som bryter mot bestämmelserna riskerar böter eller fängelse i högst två år. I januari 2015 kompletterades lagen med en föreskrift som innebär att lagen även innefattar laserpekare med fästankordning såsom t.ex. ett vapenfäste.

För att reducera laserbelysning av luftfartyg har ICAO rekommenderat medlemsstaterna att höja medvetenheten om faran med laserbelysning genom att bl.a. lagföra laserbelysning när sådan bevisligen har skett och ändra lagstiftningen så att laserbelysning blir straffbart. Dessa åtgärder har antagits av berörda myndigheter i Sverige.

**FIGUR 11** Antal laserhändelser per år jan 2011–juni 2016

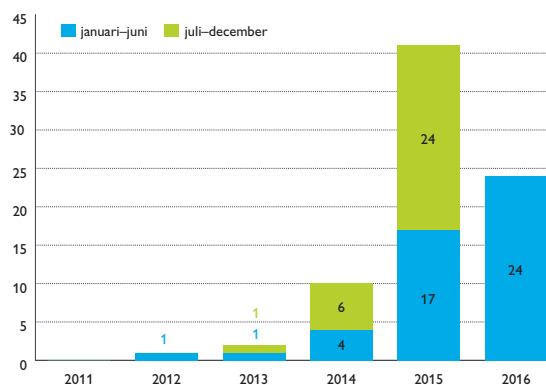


## Händelser med drönare/RPAS<sup>9</sup>

Ett obemannat luftfartyg kan flyga av sig själv eller fjärrstyras av en förare på annan plats. Den vanligaste benämningen på obemannade luftfartyg i dag är drönare. Andra benämningar för obemannade luftfartyg är t.ex. modellflyg, UAV<sup>10</sup>, UAS<sup>11</sup> och RPAS. Vilka regler som gäller och om det krävs tillstånd beror främst på vad drönaren ska användas till<sup>12</sup>.

Under januari-juni 2016 har 24 händelser med bäring på RPAS/UAS rapporterats till Transportstyrelsen. Detta är störst antal händelser under första halvåret för hela den redovisade perioden. Jämfört med samman period 2015 är detta en ökning med 41 procent, justerat för antalet starter och landningar så är ökningen 37 procent.

**FIGUR 12** Antal händelser med drönare/RPAS per år under januari 2011–juni 2016.



## Kvalitetssystem, ledningsfunktion och säkerhetskultur

Inspektörerna inom Transportstyrelsen bedömer hur tillståndshavarnas kvalitetsledningssystem, ledningsfunktion och säkerhetskultur fungerar efter genomförd verksamhetskontroll. Varje år sammanställs och redovisas resultaten från inspektörernas bedömningar bland annat i publikationen "Säkerhetsöversikt 2015"<sup>13</sup> som går att hitta på Transportstyrelsens webbsida.

<sup>9</sup> Remotely Piloted Aircraft Systems

<sup>10</sup> Unmanned Aerial Vehicle

<sup>11</sup> Unmanned Aircraft Systems

<sup>12</sup> <http://www.transportstyrelsen.se/luftfart/Luftfartyg-ochluftvardighet/Obemannade-luftfartyg-UAS>

<sup>13</sup> [http://www.transportstyrelsen.se/Global/Publikationer/Luftfart/Sakerhets%c3%b6versikt\\_2013.PDF](http://www.transportstyrelsen.se/Global/Publikationer/Luftfart/Sakerhets%c3%b6versikt_2013.PDF)



# Trafikutvecklingen

**TEXT** HÅKAN BROBECK, hakan.brobeck@transportstyrelsen.se

## Passagerarutvecklingen

Antalet passagerare på de svenska flygplatserna uppgick till närmare 17,3 miljoner under det första halvåret 2016. Jämfört med första halvan föregående år är det en ökning med 5,6 procent och motsvarar cirka 920 000 fler passagerare. Inrikestrafiken ökade med 3,3 procent och uppgick till drygt 3,8 miljoner passagerare, utrikestrafiken ökade med 6,3 procent och uppgick till drygt 13,4 miljoner passagerare.

Passagerarvolymen ökade på 26 av de 39 svenska trafikflygplatserna. Den största relativa ökningen hade Pajala och Sveg flygplats med en fördubbling av antalet passagerare jämfört med året innan. Bland de större flygplatserna hade Stockholm/Skavsta den bästa tillväxten med närmare 18 procent fler passagerare.

När det gäller inrikeslinjer till och från Stockholm så ökade passagerarvolymen på åtta av de 10 mest passagerartunga linjerna. Den största ökningen hade Stockholm – Östersund med drygt 8 procent. På sträckan Stockholm – Kiruna minskade antalet med 8 procent.

Bland de länder som Sverige trafikerar var Tyskland det land dit de flesta flög under det första halvåret 2016. Totalt flög då drygt 1,6 miljoner passagerare till och från Tyskland. De största relativa passagerarökningarna hade Polen och Danmark med plus 20 respektive 15 procent. Den sämsta utvecklingen, bland de 10 mest trafikerade länderna, hade trafiken till och från Turkiet. Där minskade passagerarantalet med närmare 30 procent jämfört med första halvåret 2015.

## Antal avgångar, utbudna flygstolar och kabinfaktorer

Antalet passagerarflygningar i linje- och chartertrafik från de svenska flygplatserna uppgick under första halvåret till cirka 117 900. Jämfört med 2015 är det en ökning med 2,7 procent. Antalet utrikes avgångar ökade med 3 procent. För inrikestrafiken var motsvarande ökning drygt 2 procent.

Antalet utbudna flygstolar uppgick till drygt 24,6 miljoner, det är närmare en miljon fler stolar än under samma period 2015. I utrikestrafiken ökade utbudet med 5,5 procent och svarade för den övervägande delen av ökningen. För inrikestrafiken var ökningen 0,7 procent.

Kabinfaktorn som mäter graden av beläggning på en flygning var i genomsnitt 0,8 procentenhet högre under första halvåret i år jämfört med föregående år och uppgick till 69,9 procent. I utrikestrafiken var den genomsnittliga kabinfaktorn 72,3 procent och i inrikes 62,8 procent.

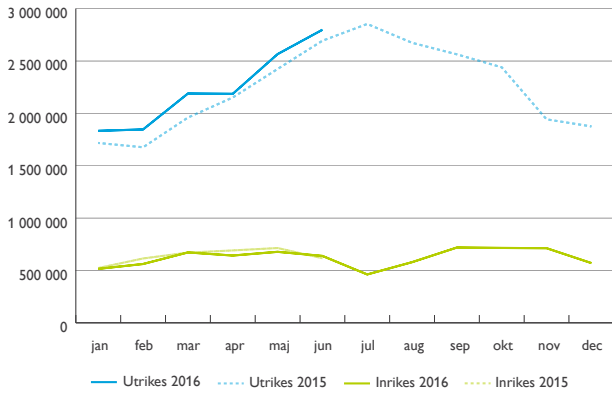
## Marknadsandelar

Norwegian fortsätter att vinna marknadsandelar i såväl in- som utrikestrafiken. SAS har tappat inrikes, men har å andra sidan ökat sin andel utrikes något. Malmö Aviation/ BRA har i det närmaste lyckats behålla sin andel på inrikesmarknaden.

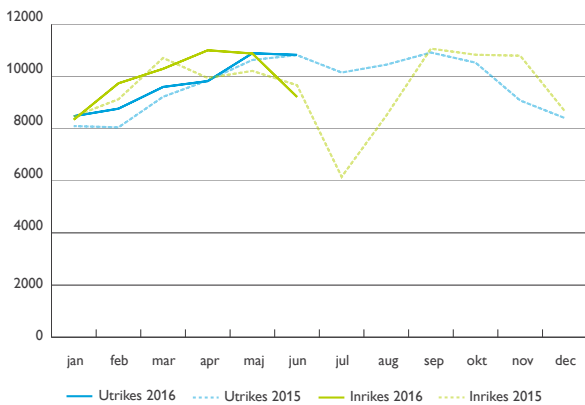
Antal ankommande och avresande passagerare i linje-och chartertrafik på svenska flygplatser:

Flygplats	2015	2016	Diff	Förändring, %
Arvidsjaur	35 974	40 647	4 673	13,0%
Borlänge	18 795	13 928	-4 867	-25,9%
Gällivare	17 241	17 353	112	0,6%
Göteborg/Landvetter	2 918 116	3 040 096	121 980	4,2%
Göteborg/Säve	1 543	781	-762	-49,4%
Hagfors	922	1 493	571	61,9%
Halmstad	57 251	62 085	4 834	8,4%
Hemavan	7 693	8 552	859	11,2%
Jönköping	49 228	54 122	4 894	9,9%
Kalmar	109 529	116 812	7 283	6,6%
Karlstad	46 297	42 476	-3 821	-8,3%
Kiruna	138 563	130 984	-7 579	-5,5%
Kramfors-Sollefteå	7 671	4 877	-2 794	-36,4%
Kristianstad	18 461	15 909	-2 552	-13,8%
Linköping	80 248	79 524	-724	-0,9%
Luleå	576 705	585 130	8 425	1,5%
Lycksele	9 300	7 940	-1 360	-14,6%
Malmö	1 012 216	1 078 841	66 625	6,6%
Mora/Siljan	3 569	4 854	1 285	36,0%
Norrköping/Kungsängen	42 909	38 094	-4 815	-11,2%
Pajala	421	850	429	101,9%
Ronneby	107 901	115 607	7 706	7,1%
Skellefteå	149 491	136 386	-13 105	-8,8%
Stockholm/Arlanda	11 057 501	11 694 325	636 824	5,8%
Stockholm/Bromma	1 234 826	1 262 211	27 385	2,2%
Stockholm/Skavsta	803 046	945 710	142 664	17,8%
Stockholm/Västerås	50 842	60 674	9 832	19,3%
Sundsvall-Timrå	135 386	140 917	5 531	4,1%
Sveg	1 588	3 196	1 608	101,3%
Torsby	1 124	1 983	859	76,4%
Trollhättan-Vänersborg	23 255	23 367	112	0,5%
Umeå	512 114	528 508	16 394	3,2%
Vilhelmina	9 101	8 021	-1 080	-11,9%
Visby	188 815	193 327	4 512	2,4%
Växjö/Kronoberg	89 152	77 632	-11 520	-12,9%
Åre Östersund	245 235	265 058	19 823	8,1%
Ängelholm	201 875	202 460	585	0,3%
Örebro	40 135	48 135	8 000	19,9%
Örnsköldsvik	40 928	38 840	-2 088	-5,1%

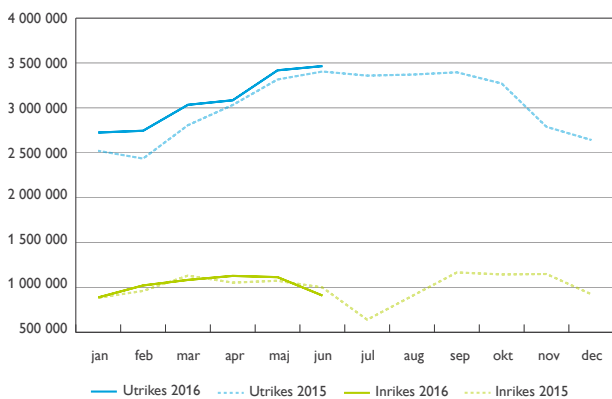
**FIGUR 1** Antal passagerare i linje- och chartertrafik på svenska flygplatser



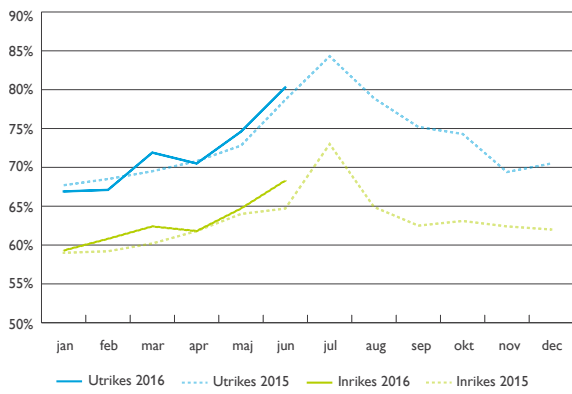
**FIGUR 2** Antal landningar (endast passagerarflygningar) i linje- och chartertrafik på svenska flygplatser



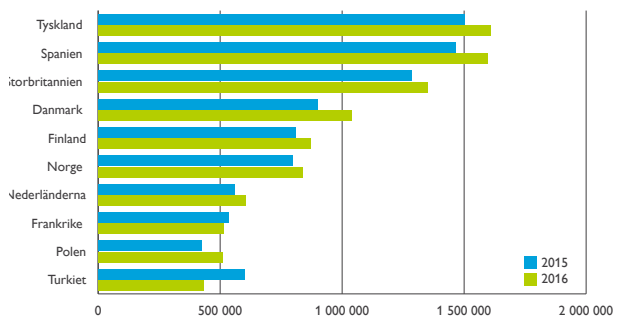
**FIGUR 3** Antal avgående flygstolar i linje- och chartertrafik på svenska flygplatser



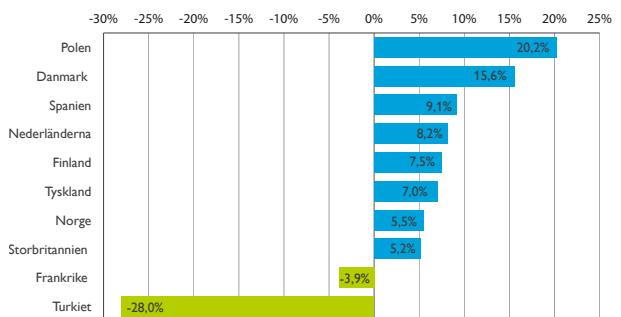
**FIGUR 4** Kabinfaktorns utveckling i linje- och chartertrafiken



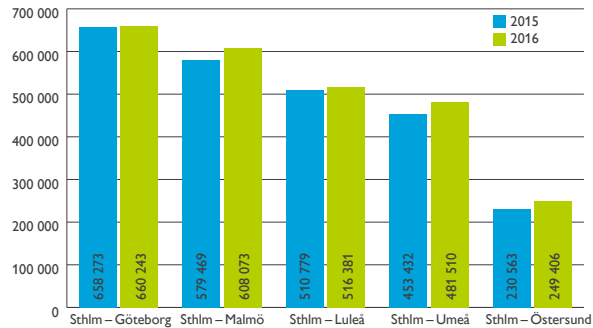
**FIGUR 5** Antal ankommande och avresande passagerare till/från de tio största länderna (första destination) första halvåret 2015 och 2016



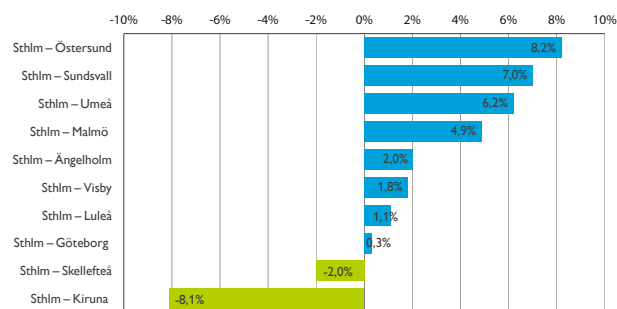
**FIGUR 6** Relativ förändring för de passagerarmässigt tio största länderna under första halvåret 2016



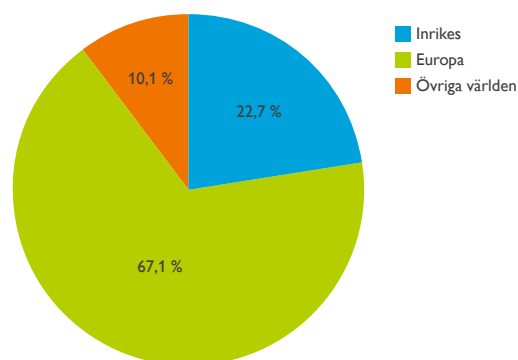
**FIGUR 7** Antal passagerare på de fem största inrikessträckorna under första halvåret 2015 och 2016



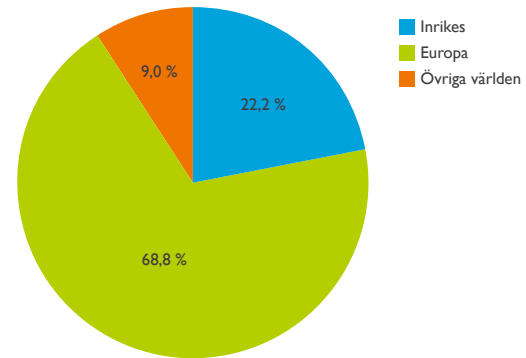
**FIGUR 8** Relativ förändring på de 10 passagerarmässigt största inrikessträckorna under första halvåret 2016



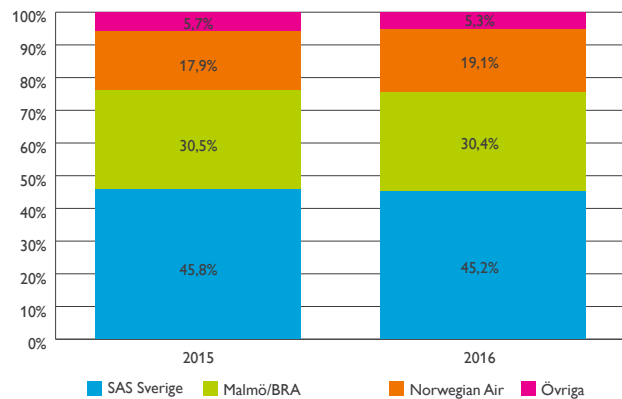
**FIGUR 9** Passagerarnas fördelning efter region under första halvåret 2015 (första destination)



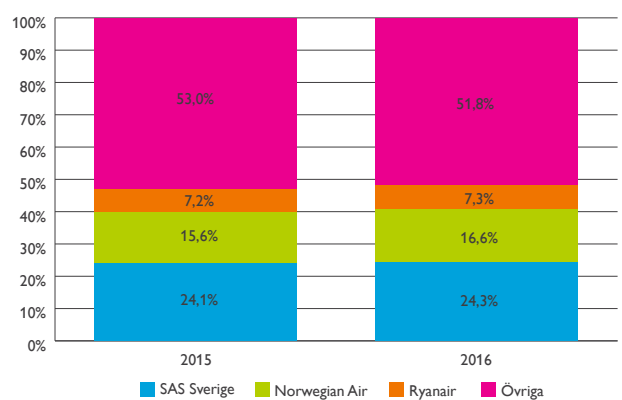
**FIGUR 10** Passagerarnas fördelning efter region under första halvåret 2016 (första destination)



**FIGUR 11** Marknadsandelar i inrikes trafik första halvåret 2015 och 2016



**FIGUR 12** Marknadsandelar i utrikes trafik första halvåret 2015 och 2016





## FLYGTENDENSER – TIDIGARE PUBLIKATIONER

- |  |  |
|--|--|
| 01/2007 Tema: Lågkostnadsbolag                           | 01/2010 Tema: Luftfartens kostnader      |
| 02/2007 Tema: Liberalisering och konkurrens              | E/2010 Aviation Trends                   |
| 03/2007 Tema: Morgondagens flygplatssystem               | 02/2010 Tema: Svenskt flyg 100 år        |
| E/2007 Flygsäkerhetstendenser (till branschdagarna 2007) | 03/2010 Tema: ICAO                       |
| 04/2007 Tema: Miljö                                      | 04/2010 Tema: Bruksflyg                  |
| 01/2008 Tema: Inrikesflyg                                | 01/2011 Tema: Flygsäkerhet               |
| 02/2008 Tema: Utrikesflyg                                | 02/2011 Tema: Flygteknik                 |
| 03/2008 Tema: Krisberedskap                              | E/2012 Aviation Trends 2012              |
| 04/2008 Tema: Allmänflyg                                 | 01/2012 Tema: Resenären                  |
| 01/2009 Tema: Finanskris                                 | 01/2013 Tema: Marknad                    |
| E/2009 Aviation Trends                                   | 02/2013 Tema: Ny teknik                  |
| E/2009 EU-special (inför svenska ordförandeskapet)       | 01/2014 Tema: Säkerhetsledning           |
| 02/2009 Tema: Inrikesflygets framtid                     | 02/2014 Tema: Utbildning                 |
| 03/2009 Tema: Säkerhetskultur                            | 01/2015 Tema: Internationell samordning  |
| 04/2009 Tema: Fraktflyg                                  | 01/2016 Tema: Registrering av luftfartyg |



 **TRANSPORT  
STYRELSEN**

transportstyrelsen.se  
telefon 0771-503 503