VTI rapport 972
Utgivningsår 2018
www.vti.se/publikationer

Luftfartens klimatpåverkande utsläpp – differentierade marginalkostnader

En delrapport inom Samkost 3

Magnus Johansson

VTI rapport 972

Luftfartens klimatpåverkande utsläpp – differentierade marginalkostnader

En delrapport inom Samkost 3

Magnus Johansson

vti

Författare: Magnus Johansson, VTI, https://orcid.org/0000-0001-6520-3253
Diarienummer: 2017/0558-7.4
Publikation; VTI rapport 972
Omslagsbilder: Sergiusz Lach, Alessandro Rizzolli
Utgiven av VTI, 2018

Referat

Flygresor utrikes har ökat kraftigt de senaste 30 åren och prognoser pekar på att ökningstakten kan komma att hålla i sig kommande årtionden. Det är därför viktigt att det finns beräkningar av hur flygtrafiken påverkar klimatet och att de metoder som används för att beräkna kostnader för klimatutsläpp redovisas öppet och kan återupprepas i takt med att flygplan utvecklas och nya styrmedel kommer till. Det är också viktigt att metoderna tillåter studier av olika delar av flygmarknaden. Resultaten kan variera kraftigt beroende på vilka flygplan och motortyper som används på en flyglinje.

I denna rapport har uppgifter från Transportstyrelsen om samtliga flygrörelser till/från svenska flygplatser 2016 använts för att ta fram estimat över flygets kostnader för utsläpp av koldioxid och så kallade höghöjdseffekter. En metod har utvecklats som gör det möjligt att särredovisa resultat för passagerartrafik, fraktflyg och postflyg samt för att studera skillnader mellan exempelvis linjefart, charter och taxiflyg. I rapporten presenteras resultat för inrikesflyg, flyg från Sverige till flygplatser inom respektive utanför EU:s handelssystem för utsläppsrätter, resultat uppdelat på svenska flygplatser och för ett antal flyglinjer. Det redovisas även beräkningar för utsläpp från flygrörelser med tomma plan.

I rapporten presenteras både resultat kopplade till fordonen, det vill säga utsläpp per fordonskilometer och flygrörelse, och resultat relaterat till passagerare och last, det vill säga resultat per passagerare- och tonkilometer samt per passagerare och lastad vikt. Det senare är något som inte analyserats lika detaljerat tidigare.

Titel:	Luftfartens klimatpåverkande utsläpp – differentierade marginalkostnader
Författare:	Magnus Johansson (VTI, https://orcid.org/0000-0001-6520-3253)
Utgivare:	VTI, Statens väg och transportforskningsinstitut www.vti.se
Serie och nr:	VTI rapport 972
Utgivningsår:	2018
VTI:s diarienr:	2017/0558-7.4
ISSN:	0347–6030
Projektnamn:	MC3 - Flyg
Uppdragsgivare:	Näringsdepartementet
Nyckelord:	Luftfart, marginalkostnader, externa kostnader, klimat, höghöjdseffekter
Språk:	Svenska
Antal sidor:	56 + bilagor 42 sidor

Abstract

Air travel has increased sharply over the past 30 years, and forecasts indicate that the rate of growth may last for decades to come. Estimates of how air traffic affects the climate and methods used to calculate marginal costs are therefore of importance. The methods should also allow for the study of different parts of the airline market since results may vary extensively depending on aircraft and engine type used.

In this report, data from the Swedish Transport Agency comprising all air traffic movements to/from Swedish airports 2016 have been used to provide estimates of social costs for carbon dioxide emissions and costs related to non-CO_2 emissions at high altitude. A method has been developed that makes it possible to calculate results for passenger traffic, freight flights and postal flights separately and to study differences between, for example, regular traffic, chartered flights and air taxi. The report incorporates results for domestic flights and flights from Sweden to airports within or outside the EU emissions trading system. Results for different Swedish airports and for a couple of routes are presented. Climate effects from flight movements with empty planes are also considered.

The report presents results related to the vehicles, i.e. emissions per vehicle kilometre and per flight, and results related to passengers and cargo, i.e. per passenger- and tonne-kilometres and per passenger and loaded weight. The latter has not been analysed at same level of detail earlier.

Title:	Climate effects of domestic and international flights from Swedish airports - differentiated marginal costs
Author:	Magnus Johansson (VTI, https://orcid.org/0000-0001-6520-3253)
Publisher:	Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) www.vti.se
Publication No.:	VTI rapport 972
Published:	2018
Reg. No., VTI:	2017/0558-7.4
ISSN:	0347–6030
Project:	MC3 - Flyg
Commissioned by:	Ministry of Enterprise and Innovation
Keywords:	Aviation, marginal costs, external costs, climate, non-CO_2 climate impacts
Language:	Swedish
No. of pages:	56 + appendices 42 pages

Förord

Denna rapport utgör en del av VTI:s uppdrag att ta fram marginalkostnader för transportsektorns externa effekter, Regeringsbeslut N2017/01023/TS. Arbetet bygger vidare på tidigare arbeten inom VTI angående de samhällsekonomiska kostnader som flyget orsakar. I denna rapport ligger fokus på klimatpåverkande utsläpp.

Stockholm, maj 2018

Magnus Johansson
Projektledare

Kvalitetsgranskning

Rapporten presenterades på ett seminarium den 1 mars 2018 där inbjudan hade skickats till miljöer med inblick i och kunskap om frågorna samt till Samkosts referensgrupp. Extern granskning av rapporten har genomförts av Therése Sjöberg, Transportstyrelsen. Skriftliga synpunkter har också inhämtats från Luftfartsverket. Magnus Johansson har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus. Forskningschef Mattias Haraldsson har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering 20 april 2018. De slutsatser och rekommendationer som uttrycks är författarens egna och speglar inte nödvändigtvis myndigheten VTI:s uppfattning.

Quality review

A seminar with an open invitation was carried out on 1 Mars 2018. A special invitation was sent to members of the Samkost reference group. External peer review has been performed by Therése Sjöberg at The Swedish Transport Agency. The Swedish Civil Aviation Administration (LFV) has also been asked to review the report. Magnus Johansson has made alterations to the final manuscript of the report. The research director Mattias Haraldsson examined and approved the report for publication on 20 April 2018. The conclusions and recommendations expressed are the author’s and do not necessarily reflect VTI’s opinion as an authority.

Innehållsförteckning

Sammanfattning **9**

Summary **15**

1. Inledning **19**

2. Metodöversikt **20**

3. Utsläppsberäkningar för flygrörelser från svenska flygplatser **22**

3.1. Transportstyrelsens statistik över flygrörelser 22
3.2. Avstånd 26
3.3. Information om utsläpp från flygplan 28
3.3.1. Kalibrering mot FOI3-metoden 31
3.4. Validering av resultat 33
3.5. Höghöjdseffekter 36

4. Marginalkostnader för klimatpåverkande utsläpp **38**

4.1. Inrikes 38
4.2. Utrikes 48
4.2.1. Inom EU ETS 49
4.2.2. Utanför EU ETS 52

Referenser **55**

Bilaga 1. Flygplatser i Transportstyrelsens flygdata som 2016 tillhörde EU ETS **57**

Bilaga 2. Flygplanstyper som ersatts av en annan flygplanstyp **61**

Bilaga 3. Resultat med olika korrigeringar av avstånd respektive start- och landningscykler **63**

Sammanfattning

Luftfartens klimatpåverkande utsläpp – differentierade marginalkostnader

av Magnus Johansson, (VTI)

Som ett led i VTI:s regeringsuppdrag att ta fram marginalkostnader för transportsektorns externa effekter, Regeringsbeslut N2017/01023/TS, beräknas i denna rapport samhällsekonomiska kostnader för flygets klimatpåverkande utsläpp. Flygets miljö- och hälsopåverkande utsläpp studeras i ett separat projekt som publiceras senare under våren 2018. En utgångspunkt för detta projekt har varit de resultat som publicerades i Österström (2016).[1] Resultaten bygger på information från i huvudsak två datakällor:

1. Transportstyrelsens data över flygrörelser från svenska flygplatser år 2016 – avgående flyg inrikes (drygt 130 000 flygrörelser), avgående flyg från svenska flygplatser till flygplatser som omfattas EU ETS (drygt 115 000) och från svenska flygplatser till flygplatser som inte ingår i EU ETS (knappt 16 000). Uppgifterna i Transportstyrelsens data bygger på inrapporterade uppgifter från svenska flygplatser.
2. En databas med framräknad bränsleförbrukning och utsläpp av koldioxid för olika flygplanstyper. Informationen bygger på beräkningar med den motortyp som bedömdes vara mest vanlig 2015 och är uppdelad i utsläpp från en standardiserad start- och landningscykel samt utsläpp under väg för flera fast angivna distanser.

Målsättningen har varit att ta fram genomsnittliga kostnader per fordonskilometer, per flygrörelse, per flygstol, per passagerare och passagerarkilometer för utsläpp av koldioxid samt motsvarande kostnader för så kallade höghöjdseffekter. Den detaljerade information om enskilda flygrörelser som presenteras i Transportstyrelsens data har gjort det möjligt att ta fram resultat uppdelat på olika indelningar av flygmarknaden, det vill säga uppdelat på rörelseklasserna linjeflyg, charter och taxiflyg samt rörelsesubklasserna passagerarflyg, fraktflyg och postflyg. Det har också varit möjligt att inom dessa kategorier särskilja resultat för turbopropellerplan från resultat för flygplan med turbofläktmotorer. I rapporten används genomgående en värdering av koldioxid på 1,12 kronor per kilo i 2015 års prisnivå; den värdering som argumenterats för och använts i tidigare rapporter inom VTI:s arbete med att ta fram marginalkostnader för transportsektorns externa effekter.

Ett sekundärt mål har varit att utveckla ett system för beräkningar som relativt enkel ska kunna byggas ut med information om flygrörelser för fler år och korrigeras för att beakta introduktion av nya flygplan och/eller nya motoralternativ.

Metod

För att kunna ta fram resultat för olika indelningar av flygmarknaden har en utgångspunkt varit att metoden ska kunna generera en utsläppsberäkning för varje enskild flygrörelse. Ett första steg har därför varit att ta fram koordinater för varje flygplats i datamaterialet. Dessa har sedan använts för att beräkna avstånden mellan flygplatserna, ett så kallat storcirkelavstånd. Ett sådant kan sägas motsvara den kortaste vägen mellan olika flygplatser då jordens kurvatur tas i beaktande. Storcirkelavståndet har därefter, på tre olika sätt, korrigerats för att ta hänsyn till att faktisk flyglängd i de allra flesta fall avviker från storcirkelavståndet. Utsläpp från den flygplansmodell som använts har beräknats med hjälp av uppgifter i en databas som ges ut av Europeiska miljöbyrån i samband med publiceringen av

[1] VTI rapport 907.

EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. Beräkningarna har utförts av Eurocontrol[2]. Databasen innehåller en beräkning av utsläppsmängder under väg, som kan kopplas till avståndsberäkningen, och utsläpp från en standardiserad start- och landningscykel. För inrikes flygrörelser har det tagits fram resultat där utsläppen enligt den standardiserade start- och landningscykeln har reviderats ned. Detta eftersom den standardiserade start- och landningscykeln riskerar att överskatta utsläppen från starter och landningar på svenska flygplatser, som har relativt lite trafik.

Höghöjdseffekter har beräknats med utgångspunkt i en artikel av Azar och Johansson (2012) där de beräknar en global genomsnittlig höghöjdsfaktor till 1,7, det vill säga den faktor som koldioxidutsläppen ska räknas upp med för att inkludera en koldioxidekvivalent höghöjdseffekt. Denna faktor har antagits gälla även för Sverige. Vidare antas att höghöjdseffekter enbart uppstår på höjder över 8 000 meter och att det endast är flygplan med turbofläktmotorer som når denna gräns. Flugen sträcka över 8 000 meter approximeras med total flygsträcka minus 195 kilometer, vilket enligt Österström (2016) är den sträcka som går åt för att stiga till samt nedstiga från 8 000 meter.

Beräkningarna görs med andra ord ”bottom up” och baseras på avgående flygningar från svenska flygplatser. Redovisningen delas upp i inrikesflyg, flyg från svenska flygplatser till utländska flygplatser som omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter (EU ETS) samt flyg från svenska flygplatser till utländska flygplatser som inte är en del av EU ETS.

Rapporten innehåller även översiktliga beräkningar av tomflygens samhällsekonomiska kostnader och hur beräkningar för flygrörelser totalt samt för linjeflyg, charter och taxiflyg påverkas om tomflyg beaktas eller inte. I synnerhet påverkas resultaten för taxiflygen som i större utsträckning än övriga rörelseklasser har flygrörelser med tomma flygplan.

I sammanfattningen redovisas, om inget annat nämns, resultat från den metod som för inrikesflyget räknar upp beräknade storcirkelavstånd med 7,8 procent och korrigerar ned utsläppen från start- och landningscyklerna enligt den metod som i rapporten benämns LTO3, se avsnitt 3.3. För utrikes flygrörelser redovisas resultat baserade på avståndskorrigeringar enligt ett skattat samband mellan storcirkelavstånd och radaruppmätta avstånd, se avsnitt 3.2. Resultat från samtliga metodvarianter finns redovisade i bilaga 3.

Resultat för passagerarflyg inrikes

Koldioxidutsläpp från passagerarflyg inrikes beräknas, beroende på avståndskorrigering och korrigering av start- och landningscykler, ge upphov till en samhällsekonomisk kostnad per fordonskilometer på i genomsnitt 10,9 till 12,6 kronor. Vidare beräknas kostnaden per flygrörelse ligga på i genomsnitt mellan 5 200 och 6 100 kronor, kostnaden per flygstol mellan 51 och 59 kronor, kostnaden per passagerare mellan 80 och 92 kronor och kostnaden per personkilometer mellan 15 och 17 öre. Höghöjdseffekterna beräknas till 4,1 kronor per fordonskilometer, cirka 2 000 kronor per flygrörelse, 20 kronor per flygstol, 33 kronor per passagerare och 6 öre per passagerarkilometer om effekterna slås ut över samtliga inrikes flygrörelser med passagerare. Om de relateras till enbart turbofläktplan (turbopropellerplan bedöms inte ge upphov till några höghöjdseffekter) blir resultaten istället cirka 6,6 kronor per fordonskilometer, 3 600 kronor per rörelse, 26 kronor per stol, 43 kronor per passagerare och 8 öre per passagerarkilometer.

[2] Eurocontrol är en europeisk organisation för kontroll av luftrummet över delar av Europa. Eurocontrol är en överstatlig organisation med 41 medlemmar, inklusive EU:s 28 medlemsstater. Dessutom ingår Europeiska unionen som helhet i organisationen. Eurocontrol arbetar för att skapa ett gränslöst luftrum över de medverkande europeiska länderna.

Förutom att turbopropellerplan inte beräknas generera några höghöjdseffekter ger denna typ av flygplan resultat som skiljer sig från flygplanen med turbofläktmotorer (jetplanen) även då utsläpp av koldioxid värderas. För turbofläktplan i passagerartrafik beräknas kostnaderna per fordonskilometer och per flygrörelse till i genomsnitt 14,6 respektive 7 800 kronor. Detta kan jämfört med 5,8 och 2 200 kronor för turbopropellerplanen. Per passagerare och passagerarkilometer är skillnaderna inte lika stora. Turbofläktplanen beräknas i genomsnitt generera kostnader för koldioxidutsläpp på cirka 83 kronor per passagerare och 15 öre per passagerarkilometer. Motsvarande kostnader för turbopropellerplanen beräknas till 67 kronor respektive 17 öre.

Majoriteten av passagerarflygen går i linjefart och resultaten för flygen i linjefart stämmer därför bra överens med ovan redovisade resultat för passagerarflyget totalt. För flyg i charter beräknas kostnaderna för koldioxidutsläpp per fordonskilometer och flygrörelse något lägre än för flygen i linjefart, däremot beräknas den genomsnittliga kostnaden per passagerare, cirka 165 kronor, och per passagerarkilometer, 35 öre, högre än för linjefarten. Taxiflygen är per definition små och får därför beräknade kostnader per fordonskilometer och flygrörelse som ligger klart under beräknade kostnader för övriga rörelseklasser, cirka 70 procent lägre, men samtidigt blir de passagerarrelaterade kostnaderna högre. I genomsnitt beräknas kostnaden per passagerare i taxiflygen till cirka 700 kronor och kostnaden per passagerarkilometer till 1,6 kronor. Rörelseklasserna skiljer sig åt på ett liknande sätt också då höghöjdseffekterna värderas, se tabell 20 till 22.

Resultat för passagerarflyg utrikes

För passagerarflyg från svenska flygplatser till utländska flygplatser som är en del av EU ETS beräknas kostnaderna enligt följande; per fordonskilometer cirka 12,7, per flygrörelse drygt 15 800, per flygstol 105, per passagerare 140 och per passagerarkilometer cirka 0,09 kronor. Skillnaderna förklaras av att planen i genomsnitt är större än planen i inrikes trafik samtidigt som flugna distanser i genomsnitt är längre. Höghöjdseffekterna värderas till i genomsnitt cirka 7,9 kronor per fordonskilometer, 9 900 kronor per flygrörelse, 66 kronor per stol, 99 kronor per passagerare och 7 öre per passagerarkilometer.

Chartertrafiken och linjefarten beräknas i detta fall ge upphov till liknande kostnader per fordonskilometer. Kostnaderna per flygrörelse och passagerare beräknas däremot lite högre för chartertrafiken och kostnaden per personkilometer lite lägre.

Passagerarflyg från svenska flygplatser till flygplatser utanför EU ETS beräknas generera koldioxidutsläpp som enligt denna rapport kan värderas till 18,1 kronor per fordonskilometer, knappt 64 000 kronor per flygrörelse, 312 kronor per flygstol, 417 kronor per passagerare och 10 öre per passagerarkilometer. Eftersom i stort sett samtliga flygrörelser från svenska flygplatser till flygplatser utanför EU ETS sker med turbofläktplan, så beräknas höghöjdseffekterna till nästan samma nivå, i genomsnitt 14,4 kronor per fordonskilometer, 51 200 kronor per flygrörelse, 250 kronor per flygstol, 374 kronor per passagerare och 9 öre per passagerarkilometer. Charterflyget beräknas i detta fall ge upphov till lägre kostnader per fordonskilometer, passagerare och passagerarkilometer, men högre kostnader per rörelse och flygstol.

Resultat för frakt- och postflyg

Det har även gjorts beräkningar för frakt- och postflyg. Resultaten gäller i detta fall flygrörelser som klassificerats som frakt- eller postflyg eftersom en del post och frakt även transporteras med passagerarplan. För fraktflyg inrikes blir framräknade genomsnittskostnader något missvisande eftersom flygmarknaden är tydligt uppdelad mellan användning av små turbopropellerplan för kortare avstånd och större turbofläktplan för längre avstånd. I genomsnitt beräknas en kostnad för koldioxidutsläpp på 11,2 kronor per fordonskilometer, men delas beräkningen upp på de olika flygplanstyperna blir motsvarande siffra 18,5 för turbofläktplanen och 2,3 för turbopropellerplanen. Kostnaden per tonkilometer beräknas till i genomsnitt cirka 4,6 kronor om samtliga flygrörelser

inkluderas, men till 4,8 kronor om endast turbofläktplanen inkluderas och 3,4 om endast turbopropellerplanen inkluderas. Höghöjdseffekterna för fraktflygen inrikes beräknas orsaka klimatkostnader motsvarande 2,5 kronor per fordonskilometer och 1 krona per tonkilometer, men beaktas enbart turbofläktplanen värderas höghöjdseffekterna istället till 4,5 kronor per fordonskilometer och 1,15 krona per tonkilometer. Majoriteten av fraktflygen inrikes, cirka 85 procent av flygrörelserna, går i linjefart. I övrigt används nästan uteslutande taxiflyg.

För fraktflyg från svenska flygplatser till flygplatser inom EU ETS beräknas en kostnad för koldioxid på 19,3 kronor per fordonskilometer och cirka 2,9 kronor per tonkilometer. Höghöjdseffekterna beräknas till 10,1 kronor per fordonskilometer och cirka 1,5 kronor per tonkilometer. Till flygplatser utanför EU ETS beräknas motsvarande kostnader för koldioxid till 33,2 respektive 1,15 kronor och för höghöjdseffekter till 30,0 respektive 1,04 kronor. Även utrikes sker majoriteten av rörelserna med fraktflyg i linjefart, drygt 90 procent, men i detta fall utgörs undantagen av rörelser i chartrade plan.

Postflygningar inrikes sker i stor utsträckning med turbopropellerplan. Utsläppen av koldioxid värderas i detta fall till i genomsnitt 6,1 kronor per fordonskilometer och 3,6 kronor per tonkilometer. Eftersom det sker få flygningar med turbofläktplan hamnar kostnaderna för höghöjdseffekter, utslagna över samtliga flygrörelser, nära noll.

Det skedde få flygningar med postflyg från Sverige till andra länder 2016, så i dessa fall kan enskilda flygrörelser få större genomslag på här redovisade genomsnitt. Det saknas också uppgifter för att kunna beräkna kostnader per tonkilometer. För de flygningar som genomfördes beräknas kostnaden för koldioxidutsläpp till i genomsnitt 15,5 kronor per fordonskilometer, om destinationen var en flygplats inom EU ETS, och 20,8 om destinationen var en flygplats utanför EU ETS. Höghöjdseffekterna beräknas ge klimatkostnader som kan värderas till 10,9 respektive 19,1 kronor per fordonskilometer.

Resultat för avgående flyg från olika flygplatser

För avgående flyg inrikes blir det ganska stora skillnader i resultat om olika flygplatser jämförs, dels på grund av skillnader i genomsnittliga flygavstånd, dels på grund av skillnader i balansen mellan turbopropeller- och turbofläktplan. De flygplatser som 2016 saknade avgångar med turbofläktplan får inte heller några beräknade kostnader för höghöjdseffekter. Jämförs Arlanda och Bromma beräknas inrikesflygen från Arlanda i genomsnitt orsaka högre kostnader per fordonskilometer än flyg från Bromma, 13,1 kronor jämfört med 9,1 kronor för koldioxid och 6,1 jämfört med 2,7 kronor för höghöjdseffekter. Flyg från Arlanda har också högre genomsnittliga kostnader per flygrörelse. Det omvända gäller för kostnader per personkilometer där flyg från Bromma i genomsnitt genererar koldioxidutsläpp till ett värde av ungefär 16 öre per personkilometer och höghöjdseffekter till ett värde av 9 öre per personkilometer. Motsvarande siffror för flyg från Arlanda beräknas till 14 respektive 7 öre per personkilometer. Skillnaderna förklaras framförallt av att en högre andel turbopropellerplan används för flyg ifrån Bromma.

Drygt 60 procent av flygen till flygplatser inom EU ETS avgår från Arlanda och för dessa beräknas en genomsnittlig kostnad för koldioxidutsläpp per fordonskilometer i nivå med motsvarande kostnad för avgående flyg inrikes, 13,1 kronor. Kostnaden för höghöjdseffekter beräknas emellertid högre, i genomsnitt 9,1 kronor per fordonskilometer. Per flygrörelse och per passagerare beräknas kostnaderna högre än för inrikesflyget, för Arlanda cirka 3 gånger så högt per flygrörelse och cirka dubbelt så högt per passagerare. Kostnaderna per passagerarkilometer beräknas däremot lägre, 16 öre jämfört med 21 öre om både höghöjdseffekter och koldioxid beaktas. Även i detta fall skiljer sig Bromma från Arlanda. För avgående flyg från Bromma beräknas motsvarande kostnad till 30 öre.

Majoriteten av flygen från Sverige till flygplatser utanför EU ETS, knappt 80 procent, avgår från Arlanda och de klimatpåverkande utsläppen (CO_2 och höghöjdseffekter) beräknas i detta fall till i

genomsnitt 36,1 kronor per fordonskilometer, drygt 141 000 kronor per flygrörelse, 885 kronor per passagerare och 18 öre per passagerarkilometer.

Resultat för ett urval av flyglinjer

Möjligheterna att redovisa resultat per linje begränsas av sekretess. De linjer som studerats har valts ut i samråd med Transportstyrelsen. Inrikes gäller det linjerna Stockholm (Bromma och Arlanda) till/från Malmö samt Stockholm (Bromma och Arlanda) till/från Umeå. Utrikes har linjerna Arlanda till/från Amsterdam, Arlanda till/från Frankfurt, Arlanda till/från New York (samtliga flygplatser) och Arlanda till/från Phuket studerats.

Flygrörelserna på de inrikes linjerna och linjerna till norra Europa ger i liknande kostnader per fordonskilometer, mellan 20 och 24 kronor om både koldioxid och höghöjdseffekter beaktas. Kostnaderna per flygrörelse och per passagerare beräknas däremot högre för flygen till/från Europa på grund av att resorna görs med större plan. Nyttjandet av större plan gör emellertid att kostnaden per passagerarkilometer beräknas lägre, i genomsnitt 16 respektive 18 öre för flygen på linjerna till/från Amsterdam och Frankfurt jämfört med 21 respektive 23 öre för flygen på sträckorna Umeå respektive Malmö.

För flygen till/från New York beräknas kostnaden per fordonskilometer, inklusive höghöjdseffekter, uppgå till i genomsnitt 38 kronor och för flygen till/från Phuket knappt 46 kronor. Per flygrörelse beräknas kostnaderna till cirka 250 000 respektive 411 000 kronor och per passagerare till drygt 1 100 respektive 1 350 kronor. Kostnaderna per passagerarkilometer beräknas till 17 respektive 15 öre.

Summary

Climate effects of domestic and international flights from Swedish airports - differentiated marginal costs

by Magnus Johansson (VTI)

VTI has been commissioned to review the current knowledge of social marginal costs for using the country's national infrastructure, Government Decision N2017/01023/TS. In this report climate effects of domestic and international flights from Swedish airports are studied. The environmental and health impact of airplanes is studied in a separate project published later in spring 2018. A starting point for this project has been the results published in Österström (2016).

This study uses to primary data sources:

1. The Transport Agency's data over flight movements from Swedish airports 2016 – departing domestic flights (more than 130,000), departures from Swedish airports to airports participating in the EU emissions trading system (more than 115,000) and from Swedish airports to non-EU ETS airports (almost 16,000).
2. A database of calculated fuel consumption and carbon dioxide emissions from landings and take-offs and during flight for different aircraft types. The information is based on calculations with the engine type considered to be the most common in 2015.

The objective has been to produce average costs per vehicle-kilometre, per flight, per seat, per passenger and per passenger-kilometres due to carbon dioxide emissions and non-CO_2 emissions at high altitude. The detailed information on individual flight movements presented in the Transport Agency's data has made it possible to separately produce results for scheduled flights, charter and air taxi flights, as well as for passenger flights, freight flights and postal flights. It has also been possible to distinguish between results for turboprop planes and planes with turbofan engines. The valuation of CO_2 emissions used in this report is SEK 1.12 per kilo, the value argued for and used in previous reports related to VTI's commission to produce new calculations of social marginal costs.

A secondary goal has been to develop a system of calculations that can be relatively simple to repeat if new years of data is made available or more efficient airplanes should be introduced.

The method of approach has been to calculate fuel burnt, emissions of CO_2 and non-CO_2 emissions on high altitude for each individual flight movement in the Transport Agency's data for 2016. A first step has therefore been to assign coordinates to each individual airport in the data material and to calculate a so-called large circle distance for every flight relation in the data. A large circle distance corresponds to a straight line between two airports following the curvature of the earth. Three different ways to account for the deviations between actual flight length and the large circle distance has been tested. Emissions from the aircraft used has been calculated based on the information in a database issued by the European Environment Agency in connection to the work on the EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook. The database contains calculations of the amount of emissions underway, that can be linked to the distance calculation, and emissions from a standardized landing and take-off cycle. Since this standard cycle might overestimate emissions from take-offs and landings on Swedish airports, three different reduction schemes have been tested.

High altitude effects have been calculated based on an article by Azar and Johansson (2012). They calculate a global average emissions weighting factor (EWFs) of 1.7, i.e., the factor by which aviation CO_2 emissions should be multiplied to get the CO_2-equivalent emissions due to non-CO_2 emissions at high altitude. This factor has been assumed to apply also to Sweden. Furthermore, high altitude effects have been assumed to only occur at altitudes above 8,000 meters and that only airplanes with turbofan

engines reach flight altitudes above this limit. The flight distance above 8,000 meters has in turn been approximated with total flight distance minus 195 kilometres, which, like in Österström (2016), is the estimated distance needed to reach and descend from 8,000 meters.

The social cost of carbon dioxide emissions from domestic passenger flights is calculated to on average SEK 10.9 to 12.6 per vehicle-kilometre, depending on distance correction used and reduction scheme used for landing and take-off emissions. The cost per flight movement is estimated to between 5,200 and 6,100, the cost per seat to between 51 and 59, the cost per passenger between 80 and 92 and the cost per person kilometre between 0.15 and 0.17. High altitude effects are estimated to SEK 4.1 per vehicle-kilometre, approximately 2,000 per flight, 20 per seat, 33 per passenger and 0.06 per passenger-kilometre; if the effects are related to all domestic passenger flights. If related to flights by turbofan planes (turboprops planes are not expected to give rise to any non- CO_2 emissions at high altitude), high altitude effects are valued to on average SEK 6.6 per vehicle-kilometre, 3,600 per flight, 26 per seat, 43 per passenger and 0.08 per passenger-kilometre. The results per passenger-kilometre can be compared to those estimated for car travel and passenger traffic by train. Transport Analysis[3] (2018) calculates CO_2 emissions per passenger-kilometre to around SEK 0.15 for petrol cars, 0.11 for diesel cars and 0.01 for trains.

Average cost for CO_2 emissions from flights with turboprop planes differs from those from planes with turbofan engines (jet planes). For the latter, costs per vehicle-kilometre and per flight are calculated to SEK 14.6 and 7,800 respectively, which can be compared to SEK 5.8 and 2,200 for turboprop planes. Per passenger and per passenger-kilometre the differences are not as large. Per passenger, an average cost of approximately SEK 83 is calculated for the turbofan planes and 67 for the turboprop planes. Per passenger-kilometre, the cost is estimated to be approximately SEK 0.15 for turbofan planes and 0.17 for turboprop planes.

Most of the domestic passenger flights are scheduled. Results for scheduled passenger flights are therefore well in line with the above reported results for passenger flights in total. For chartered flights, the cost of carbon dioxide per vehicle and per flight is calculated slightly lower than for scheduled flights, but cost per passenger is calculated to on average SEK 165 and the cost per passenger-kilometre to SEK 0.35, which is clearly above the costs for scheduled flights. Air taxi planes are by definition small, giving lower costs per vehicle km and per flight but higher costs per passenger, SEK 700, and passenger-kilometre, SEK 1.6.

For passenger flights from Swedish airports to foreign airports within the EU ETS, costs due to CO_2 emissions are calculated to on average SEK 12.7 per vehicle-kilometre, 15 800 per flight, 105 per seat, 140 per passenger and 0.09 per passenger-kilometre. Compared to domestic flights, within Sweden, the differences can be explained by a more frequent use of larger airplanes and that flight distances on average are longer. High altitude effects are valued to on average SEK 7.9 per vehicle-kilometre, 9,900 per flight, 66 per seat, 99 per passenger and 0.07 per passenger-kilometre. Chartered flights and scheduled flights give rise to similar costs per vehicle-kilometre, but costs per flight and per passenger are higher for chartered flights. Unlike domestic flights the average cost per person kilometre is in this case lower for chartered traffic compared to scheduled flights, SEK 0.07 compared to SEK 0.09. As with domestic traffic, passenger related costs are much higher for air taxi flights.

Passenger flights from Swedish airports to airports outside EU ETS are estimated to generate carbon dioxide emissions which, according to this report, can be valued to SEK 18.1 per vehicle-kilometre, 64,000 per flight, 312 per seat, 417 per passenger and 0.1 per passenger-kilometre. Since virtually all flights from Swedish airports to airports outside EU ETS make use of turbofan planes, the costs due to non-CO_2 emissions at high altitude are on par with the costs related to CO_2 emissions, on average SEK 14.4 per vehicle-kilometre, 51,200 per flight, 250 per seat, 374 per passenger and 0.09 per passenger-

[3] A Swedish government agency for transport policy analysis.

kilometre. Charter flights are estimated to have slightly lower costs per vehicle-kilometre, passenger and passenger-kilometres, but higher costs per flight and per seat.

Costs for climate effects from freighters and mail flights has also been calculated. The results are for flights classified as freight or postal, as mail and cargo also gets transported with passenger planes.

It is difficult to calculate average effects for domestic freighters, as the airline market is divided between the use of small turboprop planes and larger turbofan planes. On average, a cost of SEK 11.2 per vehicle-kilometre is calculated, but for the turbofan freighters the corresponding figure is 18.5 and for the turboprop freighters 2.3. The cost per tonne-kilometre is estimated to SEK 4.6 if all freighters are considered. For the turbofan freighters an average of SEK 4.8 per tonne-kilometre is calculated, while the average for the turboprop planes is 3.4. For turbofan freighters the costs due to non-CO_2 emissions at high altitude are estimated to SEK 4.5 per vehicle-kilometre and SEK 1.15 per tonne-kilometre. Divided over all flight movements with freighters the effects will instead be valued to SEK 2.5 per vehicle-kilometre and SEK 1.0 per tonne-kilometre. Most of the domestic freight flights in Sweden are scheduled, but about 15 percent of the flight operations 2016 was done as air taxi flights. Charter was not used for domestic cargo flights 2016.

For freight flights from Swedish airports to EU ETS airports outside of Sweden, a cost of carbon dioxide emissions is estimated to SEK 19.3 per vehicle-kilometre and approximately SEK 2.9 per tonne-kilometre. High altitude effects are calculated to SEK 10.1 per vehicle-kilometre and approximately SEK 1.5 per tonne-kilometre. For international flights to airports outside the EU ETS, the corresponding figures due to carbon dioxide emissions is calculated to SEK 33.2 and SEK 1.15 and for high altitude effects to 30.0 and 1.04. Most of the international freighter flights are scheduled, slightly above 90 per cent, but in this case the exceptions are chartered planes.

Domestic postal flights are almost exclusively done with chartered turboprop planes. In this case, carbon dioxide emissions are valued to, on average, SEK 6.1 per vehicle-kilometre and SEK 3.6 per tonne-kilometre. Because of the limited use of turbofan planes the non-CO_2 emissions at high altitude is close to zero.

For international postal flights carried out in 2016, the cost of carbon dioxide emissions is estimated to an average of SEK 15.5 per vehicle-kilometre for flights to EU ETS airports and SEK 20.8 for flights to airports outside the EU ETS. The corresponding figures due to emissions at high altitude are calculated to SEK 10.9 and SEK 19.1. Costs per tonne-kilometre cannot be calculated since information on tonnes loaded is lacking in the data from the Transport Agency.

The report also contains estimates of climate impacts from empty flights and how the inclusion of empty flights affects average cost calculations for total departures in the different categories of flight movements.

The report also includes calculations for emissions caused by departures from different airports. For domestic flights, the results vary a lot between the different airports, partly due to differences in average aviation distances, partly to differences in the balance between turboprop and turbofan planes. Furthermore, airports not hosting flights with turbofan planes will not get any estimated costs for non-CO_2 emissions at high altitude. Comparing Arlanda and Bromma airports, flights from Arlanda are estimated to cause higher costs per vehicle-kilometre than flights from Bromma, on average SEK 13.1 compared to SEK 9.1 for CO_2 emissions and SEK 6.1 compared to SEK 2.7 for non-CO_2 emissions at high altitude. Domestic departures from Arlanda also have a higher average cost per flight. The reverse applies to the cost per passenger-kilometre, where flights from Bromma, on average, generate CO_2 emissions at a value of approximately SEK 0.16 per passenger-kilometre and non-CO_2 emissions at high altitude at a value of SEK 0.09 per passenger-kilometre. Corresponding figures for flights from Arlanda are calculated to SEK 0.14 and SEK 0.07.

International flights from Swedish airports to airports within the EU ETS give similar results per vehicle-kilometre as domestic flights. The costs for non-CO_2 emissions at high altitude effects are slightly higher. For departing flights from Arlanda, which handle more than 60 percent of the departures from Sweden to EU ETS airports, average cost per vehicle-kilometre, including high altitude effects, is estimated to SEK 22.2. For departing flights domestic, the corresponding figure is SEK 19.2. However, per flight and per passenger the costs are estimated to be higher, per flight approximately 3 times higher and per passenger approximately twice as high. The cost per passenger-kilometre is estimated to be slightly lower, SEK 0.16 compared to SEK 0.21 for domestic flights. As for domestic flights the cost per passenger-kilometre is on average higher for departures from Bromma, SEK 0,30.

Most of the flights from Sweden to airports outside EU ETS depart from Arlanda and the climate-related emissions (CO_2 and non-CO_2 at high altitude) are estimated to on average SEK 36.1 per vehicle-kilometre, just over 141,000 per flight, 885 per passenger and 0.18 per passenger-kilometre.

The ability to report average costs per route is limited by confidentiality issues. Therefore, in consultation with the Transport Agency, only a couple of routes have been selected for emissions calculations. Domestic routes being studied are Stockholm (Bromma and Arlanda) to/from Malmö and Stockholm (Bromma and Arlanda) to/from Umeå. Selected international routes are Arlanda to/from Amsterdam, Arlanda to/from Frankfurt, Arlanda to/from New York (all airports) and Arlanda to/from Phuket.

The domestic routes and the routes to/from northern Europe gives on average comparable costs per vehicle-kilometre, about SEK 20 and SEK 21 for the domestic routes, and SEK 23 and SEK 24 for the routes to/from northern Europe. The differences are mainly due to higher costs for non-CO_2 effects at high altitude for the flights to/from Northern Europe. Per flight and per passenger, the costs are on average higher for flights on the routes to/from northern Europe mainly due to the use of larger airplanes. Per passenger-kilometre, however, the costs are lower, SEK 0.16 and SEK 0.18 for the routes to/from Amsterdam and Frankfurt compared to SEK 0.21 and SEK 0.23 for the domestic routes.

For flights to/from New York, the cost per vehicle-kilometre is estimated to on average SEK 38 and the flights to/from Phuket to almost SEK 46. Per flight the costs are calculated to approximately 250,000 and 411,000 and per passenger to 1,100 and 1,350 respectively. The cost per passenger-kilometre is calculated to on average SEK 0.17 for the New York route and SEK 0.15 for the Phuket route.

1. Inledning

VTI har med hjälp av Transportstyrelsens data över flygrörelser till/från svenska flygplatser kunnat göra mer detaljerade bedömningar av luftfartens marginalkostnader. Upplägget för utsläppsberäkningar speglar det som används av Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) och följer samma principer som i tidigare VTI-rapport om luftfartens marginalkostnader. Metoden som presenteras här har tagits fram för att underlätta möjligheterna att kunna beräkna genomsnittliga utsläpp per flygning, per fordonskilometer, per passagerarkilometer och liknande för olika indelningar av flygrörelser till, från och inom Sverige. Målsättningen har varit att därigenom kunna lämna en mer detaljerad bild av flygets samhällsekonomiska marginalkostnader för utsläpp av klimatgaser och andra klimatpåverkande luftföroreningar. För att uppnå detta har information om flygrörelser till och från svenska flygplatser, information om avstånd mellan flygplatser och utsläppsprofiler för olika flygplanstyper kopplats samman i en databas. Det år som studeras är 2016. De beräkningar som görs är avgränsade till de externa effekter som härrör från flygplansrörelser. Utsläpp som orsakas av att passagerare måste ta sig till och från flygplatserna för att kunna genomföra en resa, terminalrelaterade marginalkostnader och liknande ingår inte. För terminalrelaterade marginalkostnader hänvisas till VTI rapport nr 959:2017. Utsläpp av hälsofarliga och miljöpåverkande utsläpp studeras i ett separat projekt som redovisas senare under våren 2018.[4]

[4] Kontaktperson för detta projekt är Lena Nerhagen.

2. Metodöversikt

Resultaten i denna rapport bygger på inrapporterade uppgifter från svenska flygplatser, information om flygplatsers koordinater och beräkningar av utsläppsprofiler för olika flygplansmodeller genomförda av Eurocontrol. Uppgifterna har länkats samman i en databas som möjliggör beräkningar av genomsnittliga utsläpp för olika grupperingar av flygrörelser från svenska flygplatser, både geografiska indelningar och indelningar i kategorier som exempelvis linjetrafik, passagerarflyg, fraktflyg och liknande kan studeras.

Utgångspunkt tas i den information om flygrörelser som Transportstyrelsen samlar in från svenska flygplatser. Transportstyrelsen registrerar uppgifter om rapporterande flygplats, om det gällde en avgång eller ankomst, avgångs-/ankomstflygplats, tidpunkt och datum för flygrörelsen, vilken flygplanstyp som använts, hur många flygstolar som anmälts, antal passagerare, samt vikt i ton för lastat gods eller postförsändelser. Rörelserna kategoriseras till tre rörelseklasser; linjefart, charter och taxiflyg, samt fyra rörelsesubklasser; passagerarflyg, fraktflyg, postflyg och tomflyg. Transportstyrelsens data innehåller bara uppgifter om första flygplats efter avgång (eller sista innan ankomst). Eftersom flygplatserna löpande rapporterar in uppgifter och kan korrigera tidigare inrapporterade uppgifter kan ett utsnitt för en viss tidsperiod skilja sig marginellt från ett annat om tidpunkterna för uttag skiljer sig åt. I detta fall används data för år 2016 daterat till den 16:e oktober 2017. Mer detaljer om uppgifterna från Transportstyrelsen redovisas i avsnitt 3.1.

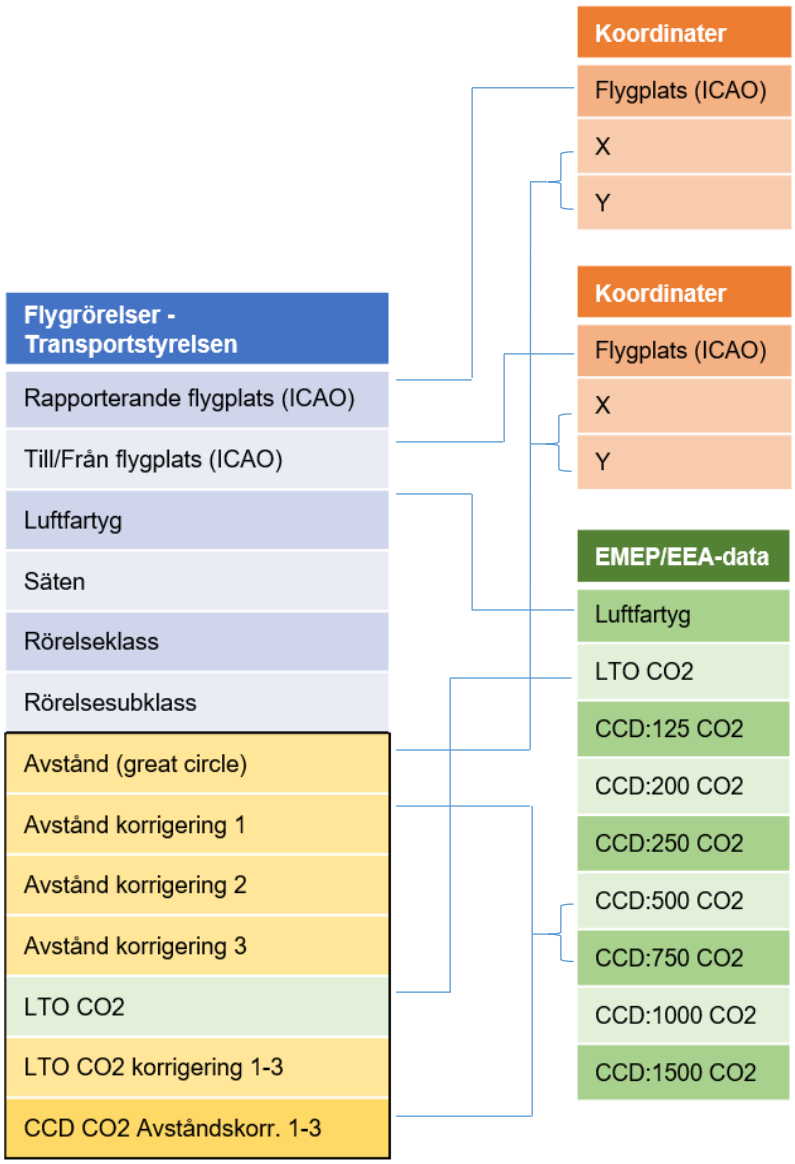
För att kunna göra en bedömning av bränsleförbrukning och utsläpp för varje rörelse i Transportstyrelsens data krävs en uppgift om avstånden mellan flygplatserna. Uppgifter om flygplatsernas koordinater har därför kopplats till datamaterialet och ett ”rakaste vägen”-avstånd har beräknats med beaktande av jordens kurvatur, ett så kallat storcirkelavstånd. Eftersom flygen sällan, på grund av annan trafik, väderförhållanden eller förbud att flyga över vissa territorier eller känsliga områden[5], kan välja kortaste avståndet mellan flygplatserna testas i denna studie tre olika varianter av avståndskorrigering. Dessa finns beskrivna i avsnitt 3.2.

Den bränsleförbrukning och de utsläpp som beräknas för varje flygrörelse bygger på den information om olika flygplans estimerade förbrukning och utsläpp som tagits fram under arbetet med EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Resultatet av arbetet publiceras av Europeiska miljöbyrån (EEA). EMEP står för The European Monitoring and Evaluation Programme och är ett samarbetsinitiativ för vetenskapligt baserad uppföljning av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP). Konventionen gäller minskningar av utsläppen av långväga transporterade luftföroreningar och har arbetats fram inom FN:s ekonomiska kommission för Europa (UNECE). Utsläppsberäkningarna har utförts av Eurocontrol. I dessa beräkningar använder Eurocontrol sina beräkningsmodeller BADA (Base of Aircraft Data – en modell som beräknar förbrukning mot bakgrund av olika flygplans prestanda) och AEM (Advanced Emissions Model – en modell som beräknar utsläpp). Resultaten finns samlade i en Excelbok där det för varje flygplanstyp går att utläsa beräknad förbrukning och utsläpp för standardiserade start- och landningscykler samt förbrukning och utsläpp under väg för olika avstånd. Uppgifter som kan kopplas till den information om flygrörelser som Transportstyrelsen samlar in. Redovisade uppgifter i EMEP/EEA ska motsvara genomsnittliga utsläpp för flygrörelser med en viss motor (den som beräknas vara mest använd för studerad flygplanstyp) och givet vissa antagna upplägg och förutsättningar för en flygning över ett visst avstånd. Mer information om datamaterialet från EMEP/EEA finns samlat under avsnitt 3.3. Totalförsvarets forskningsinstitut, som tar fram utsläppsberäkningar åt Transportstyrelsen, använder en annan metod för att beräkna flygplans prestanda och utsläpp (bland annat baserat på ett kommersiellt modellsystem som går under namnet PIANO). Detta gör att FOI kan anpassa beräkningarna efter de förhållanden som gäller för flygtrafik

[5] Hela norra Europa har numera etablerat Free Route Airspace, vilket gör att det numera finns mycket goda förutsättningar att flyga kortaste väg i de högre luftlagren.

på svenska flygplatser. FOI kan därmed göra mer exakta beräkningar för flygrörelser till/från svenska flygplatser. Att uppgifter från FOI inte används i denna studie följer av att uppgifterna inte är öppet tillgängliga på samma sätt som resultaten från EMEP/EEA. En fördel med att använda uppgifterna från EMEP/EEA är att det öppnar för möjligheten att ta fram jämförbara beräkningar för flygrörelser inom eller till/från ett annat land. Eftersom beräknade utsläpp från start- och landningscykler i EMEP/EEA inte är anpassade till det flertal mindre svenska flygplatser som i huvudsak hanterar inrikes flygningar har dessa nivåer, i en av de beräkningsmetoder som testas i rapporten, kalibrerats ned till en nivå som är mer i linje med den som beräknas av FOI, se avsnitt 3.3.1.

En schematisk bild över upplägget visas i Figur 1.



Figur 1. Schematisk bild av den databasstruktur som används.

Anm.: LTO representerar start och landningscykeln (Landing and Take Off) och CCD representerar utsläpp under väg (Climb, Cruise, Descend).

3. Utsläppsberäkningar för flygrörelser från svenska flygplatser

Beräkningarna i denna rapport bygger på data över flygrörelser 2016 och information om flygplans utsläpp vid vissa standardiserade upplägg för start och landning samt flygning under väg. Uppgifterna om flygrörelser har levererats av Transportstyrelsen och bygger på information som lämnas av de svenska flygplatserna. Informationen om flygplans utsläppsprofiler har sammanställts utifrån det data som togs fram till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016.

3.1. Transportstyrelsens statistik över flygrörelser

I ursprungsfilen från Transportstyrelsen fanns 522 702 poster med inrapporterade flygrörelser för år 2016. Bland dessa fanns emellertid ett antal så kallade tekniska returer, det vill säga planerade flygningar som fått någon form av felindikation vilket lett till att flygningen avbrutits. Dessa rapporteras som en flygning som avgår från och landar på samma flygplats. Dessa har plockats bort. Det ingår även flygrörelser där det saknas angivelse av mottagande flygplats vid avgång från eller avsändande flygplats vid ankomst till svensk flygplats. Totalt saknar 163 flygrörelser angivelse av flygplats.[6] Dessa har bibehållits i den databas som konstruerats och kontrolleras för i de beräkningar som utförs. Utöver detta innehåller Transportstyrelsens data information om flygningar med helikopter och små enmotoriga plan utan plats för passagerare. Även dessa har räknats bort. De poster som ingår är därmed reducerade till 522 145, se Tabell 1.

Tabell 1. Flygrörelser som ingår i analysen; antal 2016.

	Avgående	Ankommande	Totalt
Inrikes	130 193	130 163	260 356
Utrikes (inom ETS)	115 135	115 171	230 306
Utrikes (utanför ETS)	15 720	15 763	31 483
Samtliga	261 048	261 097	522 145

Källa: Transportstyrelsen.

I beräkningarna har utgångspunkten varit avgående flyg från svenska flygplatser, det vill säga 130 193 inrikes flygrörelser och 130 855 flygningar till utländsk flygplats. Det är en viss obalans mellan avgående och ankommande flyg, vilket kan bero på ovan nämnda korrigeringar, skillnader som kan uppstå vid årsskiften, men också att det kan smyga sig in fel i den rapportering som sker till Transportstyrelsen. Uppgifterna uppdateras löpande då fel upptäcks, så ett uttag kan skilja sig marginellt från ett annat. De uppgifter som används i denna analys dateras till den 16:e oktober 2017.

Transportstyrelsen delar in flygrörelserna i rörelseklasser (linjefart, charter och taxiflyg) samt rörelsesubklasser (fraktflyg, passagerarflyg, postflyg och tomflyg), vilket gör det möjligt att dela upp kostnadsberäkningarna för utsläpp på olika kategorier av flygrörelser. I Tabell 2 redovisas hur avgående flyg i inrikes trafik fördelade sig över klasserna 2016. Passagerarflyg i linjefart är den i särklass vanligaste typen av flygrörelse. Av samtliga avgående flyg inrikes 2016 var 88 procent passagerarflyg i linjefart. Den näst vanligaste kategorin för inrikes flygrörelser är chartrade postflyg som stod för knappt 5 procent av de inrikes flygrörelserna 2016.

[6] Två ICAO-koder har också ändrats. Dessa koder finns inte i ICAO:s register över koder och har därför antagits vara felaktigt angivna. UWLV har antagits vara UWLL och LKKZ har antagits vara LZKZ.

Vad som avses med rörelseklasserna finns beskrivet på Transportstyrelsens hemsida[7]. Där framgår att:

linjefart är luftfart i regelbunden trafik som består av en serie flygningar där varje flygning utförs med luftfartyg för befordran av passagerare, gods eller post mot betalning, på ett sådant sätt att det på varje flygning finns platser som allmänheten kan köpa på individuell basis (antingen direkt av lufttrafikföretaget eller av dess agenter eller återförsäljare); vidare bedrivs denna serie av flygningar så att den betjänar trafiken mellan samma flygplatser, två eller flera, antingen enligt en utgiven tidtabell, eller så regelbundet eller tätt att flygningarna utgör en tydlig och planmässig serie.

Taxiflyg och charter är besläktade i och med att båda är icke regelbundna lufttransporter mot betalning. Skillnaden ligger i att taxiflygen begränsas till luftfartyg som är typgodkända för befordran av högst tio passagerare, medan charterflygen ska vara typgodkända för befordran av mer än tio passagerare. Till skillnad från taxiflygen kan charterflygen också ansöka om tillstånd för serieflygning, vilket är fler än fyra charterflygningar inom två månader till samma destination. För båda kategorierna ska luftfartygen för frakt ha en startmassa på maximalt 5 700 kg. Bland de särskilda krav som gäller för taxiflyg och charter kan nämnas att luftfartygens hela utnyttjade kapacitet ska vara förhyrd av en eller flera chartrare, destinationen ska bestämmas av chartraren och att passagerarbiljetterna inte får erbjudas allmänheten direkt av lufttrafikföretaget eller dess agenter.

Tabell 2. Avgående flyg inrikes fördelade på rörelse- och rörelsesubklass; antal 2016.

	Linjefart	Charter	Taxiflyg	Samtliga
Fraktflyg	625	1	107	733
Passagerarflyg	115 024	1 300	474	116 798
Postflyg	1 098	6 124	13	7 235
Tomflyg	2 361	1 773	1 293	5 427
Totalt	119 108	9 198	1 887	130 193

Källa: Transportstyrelsen.

Flygrörelser till och från utlandet har delats upp i rörelser till/från flygplatser inom EU:s handelssystem för utsläppsrätter (EU ETS) och rörelser utanför systemet. Flygplatser tillhörande de 28 medlemsländerna inom EU samt Island, Lichtenstein och Norge ingår. Schweiz ingår inte (med undantag av flygplatsen i Basel som ligger på franskt territorium). Mycket tyder dock på att Schweiz kommer att integrera sitt system för utsläppshandel med EU:s system och då inkorporera flyget. Flera flygplatser i perifera områden, exempelvis Kanarieöarna, är undantagna (flyg mellan flygplatserna inom de perifera områdena ingår, men inte flyg till och från de perifera områdena). Information om detta finns på EU-kommissionens hemsida om aktioner för minskad klimatpåverkan.[8] De flygplatser som ingår i EU ETS redovisas i Bilaga 1. Antal flygrörelser från svenska flygplatser till flygplatser inom EU ETS fördelade på rörelse- och rörelsesubklasser 2016 redovisas i Tabell 3 och motsvarande uppgifter för avgående flyg till flygplatser utanför EU ETS redovisas i Tabell 4.

[7] https://www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Flygbolag/Trafiktillstand/

[8] https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/aviation_sv

Tabell 3. Avgående flyg från Sverige till land inom EU ETS fördelade på rörelse- och rörelsesubklass; antal 2016.

	Linjefart	Charter	Taxiflyg	Samtliga
Fraktflyg	2825	305	26	3 156
Passagerarflyg	96 642	9 243	606	106 491
Postflyg	2	20		22
Tomflyg	2 247	2 714	505	5 466
Totalt	101 716	12 282	1 137	115 135

Källa: Transportstyrelsen.

Tabell 4. Avgående flyg från Sverige till land utanför EU ETS fördelade på rörelse- och rörelsesubklass; antal 2016.

	Linjefart	Charter	Taxiflyg	Samtliga
Fraktflyg	319	14		333
Passagerarflyg	13 147	1 730	96	14 973
Postflyg		10		10
Tomflyg	112	283	9	404
Totalt	13 578	2 037	105	15 720

Källa: Transportstyrelsen.

Vilka flygplan som används mest frekvent har stor betydelse för beräkningarna av klimat- och miljöeffekter av flygtrafiken till och från svenska flygplatser. Framförallt har det stor betydelse om flygrörelserna sker med flygplan utrustade med turboprop- eller turbofläktmotorer. I Tabell 5 redovisas de 20 mest använda flygplanstyperna för inrikes flygrörelser 2016 och ungefär hälften av flygrörelserna skedde med flygplan utrustade med turbopropmotorer. Inom segmentet med turbofläktmotorer har Boeing 737-serien en stark ställning inom svenskt inrikesflyg, medan segmentet med turbopropmotorer är fördelat på flera tillverkare. De 20 flygplansmodeller som listas i Tabell 5 stod för 97 procent av samtliga flygrörelser inrikes 2016.

Tabell 5. De mest frekvent använda flygplanen för flygningar inrikes; avgående flyg 2016.

Flygplan	Motortyp	Antal flygningar	Andel (%)
Boeing 737-800	Turbofläkt	18 386	14,1
Boeing 737-600	Turbofläkt	14 931	11,5
ATR 72-600	Turboprop	13 406	10,3
BAE Systems AVRO RJ-100	Turbofläkt	13 167	10,1
SAAB 2000	Turboprop	11 535	8,9
Boeing 737-700	Turbofläkt	9 404	7,2
SAAB 340	Turboprop	8 191	6,3
ATR 72-500	Turboprop	7 681	5,9
British Aerospace Jetstream 32	Turboprop	7 047	5,4
Fokker 50	Turboprop	6 875	5,3
British Aerospace ATP	Turboprop	2 960	2,3
Bombardier CRJ-900	Turbofläkt	2 194	1,7
ATR 72-200	Turboprop	2 020	1,6
British Aerospace Avro RJ85	Turbofläkt	1 852	1,4
Beechcraft King Air 200	Turboprop	1 544	1,2
Embraer ERJ-145	Turbofläkt	1 163	0,9
Bombardier Dash 8	Turboprop	1 120	0,9
ATR 42-500	Turboprop	1 069	0,8

Flygplan	Motortyp	Antal flygningar	Andel (%)
Bombardier CRJ-700	Turbofläkt	942	0,7
Cessna 208	Turboprop	797	0,6

Källa: Transportstyrelsen.

I Tabell 6 redovisas de 20 flygplansmodeller som stod för majoriteten av rörelserna från svenska flygplatser till flygplatser utomlands som omfattas av EU ETS. Knappt 87 procent av flygrörelserna skedde med flygplan utrustade med turbofläktmotorer. Även i detta fall stod Boeing 737-serien för en stor del av flygrörelserna (knappt 42 procent), men även Airbus A320-serien användes ofta (knappt 24 procent av flygrörelserna). Totalt stod de 20 mest använda flygplanstyperna för 91 procent av flygrörelserna från svenska flygplatser till flygplatser inom EU ETS 2016.

Tabell 6. De mest frekvent använda flygplanen för flygningar från svenska flygplatser till utrikes flygplatser inom EU ETS; avgående flyg 2016.

Flygplan	Motortyp	Antal flygningar	Andel (%)
Boeing 737-800	Turbofläkt	32 485	28,2
Airbus A320	Turbofläkt	14 811	12,9
Boeing 737-700	Turbofläkt	7 663	6,7
Airbus A321	Turbofläkt	6 914	6,0
Boeing 737-600	Turbofläkt	6 000	5,2
Airbus A319	Turbofläkt	5 460	4,7
Embraer E190	Turbofläkt	4 735	4,1
ATR 72-600	Turboprop	4 531	3,9
Bombardier CRJ-900	Turbofläkt	4 317	3,7
ATR 72-500	Turboprop	2 486	2,2
Bombardier Dash 8	Turboprop	2 278	2,0
SAAB 340	Turboprop	2 208	1,9
Boeing 757-200	Turbofläkt	1 975	1,7
Boeing 767-300	Turbofläkt	1 909	1,7
BAE Systems AVRO RJ-100	Turbofläkt	1 656	1,4
Embraer ERJ-145	Turbofläkt	1 534	1,3
Boeing 737-400	Turbofläkt	1 275	1,1
ATR 72-200	Turboprop	948	0,8
Boeing 737-300	Turbofläkt	850	0,7
Embraer E170	Turbofläkt	811	0,7

Källa: Transportstyrelsen.

Tabell 7. De mest frekvent använda flygplanen för flygningar från svenska flygplatser till flygplatser utanför EU ETS; avgående flyg 2016.

Flygplan	Motortyp	Antal flygningar	Andel (%)
Airbus A320	Turbofläkt	3 801	24,2
Boeing 737-800	Turbofläkt	2 508	16,0
Airbus A330-300	Turbofläkt	1 580	10,1
Boeing 787-800	Turbofläkt	1 365	8,7
Airbus A321	Turbofläkt	1 293	8,2
Airbus A319	Turbofläkt	758	4,8
Boeing 777-300ER	Turbofläkt	734	4,7
Boeing 737-600	Turbofläkt	548	3,5
Boeing 737-700	Turbofläkt	491	3,1
Airbus A330-200	Turbofläkt	270	1,7
Boeing 767-300	Turbofläkt	196	1,2
Boeing 757-200	Turbofläkt	191	1,2

Flygplan	Motortyp	Antal flygningar	Andel (%)
Embraer E190	Turbofläkt	183	1,2
Bombardier CRJ200	Turbofläkt	150	1,0
Boeing 737-400	Turbofläkt	132	0,8
Fokker 100	Turbofläkt	130	0,8
Boeing 747-400	Turbofläkt	129	0,8
BAE Systems AVRO RJ-100	Turbofläkt	113	0,7
Boeing 737-300	Turbofläkt	109	0,7
Boeing 737-900	Turbofläkt	90	0,6

Källa: Transportstyrelsen.

Nästan samtliga flygrörelser från svenska flygplatser till flygplatser utanför EU ETS 2016 skedde med flygplan utrustade med turbofläktmotorer, se Tabell 7. Airbus och Boeing dominerar denna del av flygmarknaden. Av samtliga flygrörelser 2016 skedde 49 procent med ett flygplan från Airbus och 41 procent med ett flygplan från Boeing. Den mest använda flygplansmodellen 2016 var Airbus A320. Redovisade flygplan i Tabell 7 stod för 94 procent av rörelserna 2016.

3.2. Avstånd

Det som saknas i Transportstyrelsens data över flygrörelser är information om distans. En beräknad genomsnittlig flygsträcka mellan flygplatserna i databasen måste därför läggas till. De avståndsberäkningarna som gjorts för respektive flygrörelse tar som utgångspunkt det storcirkelavstånd, baserat på jordens medelradie, som kan beräknas mellan start- och målflygplatsernas koordinater. Flygplatsernas koordinater har hämtats från modellsystemet OpenFlights[9] och, i de fall det saknats information i OpenFlights, från angivna koordinater i Google maps. Avståndet beräknas enligt följande:

Om φ_i, λ_i och φ_{i+1}, λ_{i+1} motsvarar geografisk latitud och longitud (i radianer) för två punkter i och $(i+1)$ och den centrala vinkeln, $\Delta\sigma$, mellan de ovan nämnda punkterna, ges av den sfäriska cosinussatsen

$$\Delta\sigma = \cos^{-1}(\sin\varphi_i \cdot \sin\varphi_{i+1} + \cos\varphi_i \cdot \cos\varphi_{i+1} \cdot \cos(|\lambda_{i+1} - \lambda_i|)), \quad (1)$$

så ges avståndet *d*, dvs. båglängden, av ekvation (2):

$$d = R \cdot \Delta\sigma, \quad (2)$$

där *R* är Jordens medelradie.

Eftersom den faktiska sträckan i regel är längre än den sträcka som ges av storcirkelavståndet, framförallt beroende på hänsyn till annan trafik, väderförhållanden, buller, inflygningsriktningar etc., men också förbud att flyga över vissa områden eller territorier, militära övningar och liknande, måste ett tillägg göras. Internationella civila luftfartsorganisationen (ICAO) gör i sina utsläppsberäkningar korrigeringar enligt Tabell 1.

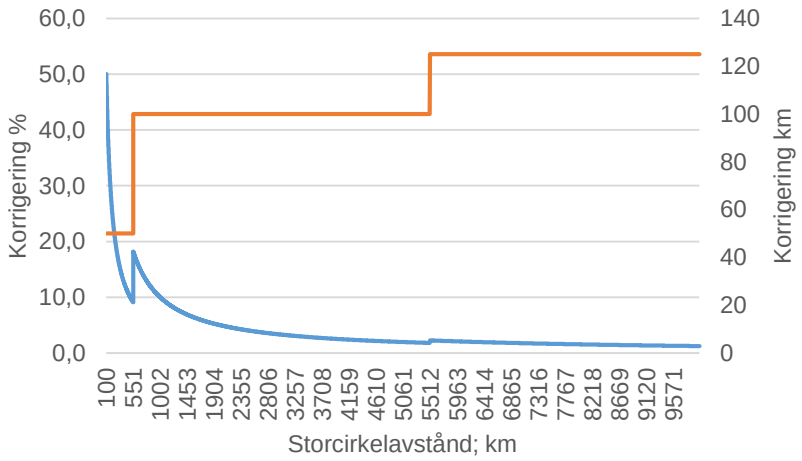
[9] https://openflights.org/

Tabell 8. Korrigering av storcirkelavstånd enligt Internationella civila luftfartsorganisationens metod för beräkningar av utsläpp.

Storcirkelavstånd	Korrigering
Mindre än 550 km	+ 50 km
550 till och med 5 500 km	+ 100 km
Över 5 500 km	+ 125 km

Källa: ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology, version 10.

Det var också den metod som användes i VTI:s tidigare rapport (Österström, 2016). Hur denna korrigering faller ut för olika storcirkelavstånd illustreras i Figur 2 nedan.



Figur 2. Korrigering av storcirkelavståndet enligt ICAO:s metod för utsläppsberäkning, absolut (orange linje) respektive procentuell (blå linje).

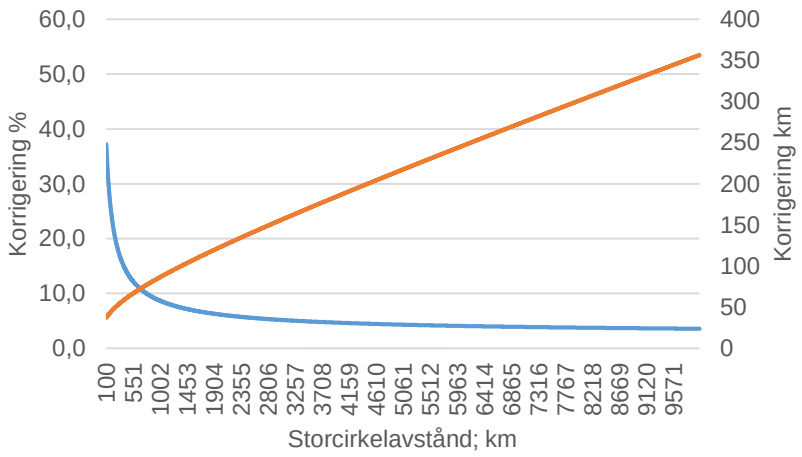
Källa: ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology, version 10.

För att undersöka och illustrera hur känsliga marginalkostnadsberäkningarna kan vara för olika metoder att korrigera storcirkelavstånden har ett par alternativa korrigeringar testats. I ett working paper från ICAO (2012) har storcirkelavstånd G jämförts med avståndsberäkningar baserade på radarmätning R och en avståndskorrigering enligt ekvation (3) tagits fram.

$$R = G \cdot (1{,}02458 + 6{,}88458 \cdot G^{-0{,}74854}) \quad (3)$$

Sambandet gäller avstånd i nautiska mil.

I Figur 3 illustreras hur detta samband korrigerar storcirkelavståndet (uttryckt i kilometer), både absolut och relativt.



Figur 3. Korrigering av storcirkelavståndet enligt samband mellan radarmätning och storcirkelavstånd, absolut (orange linje) respektive procentuell (blå linje).

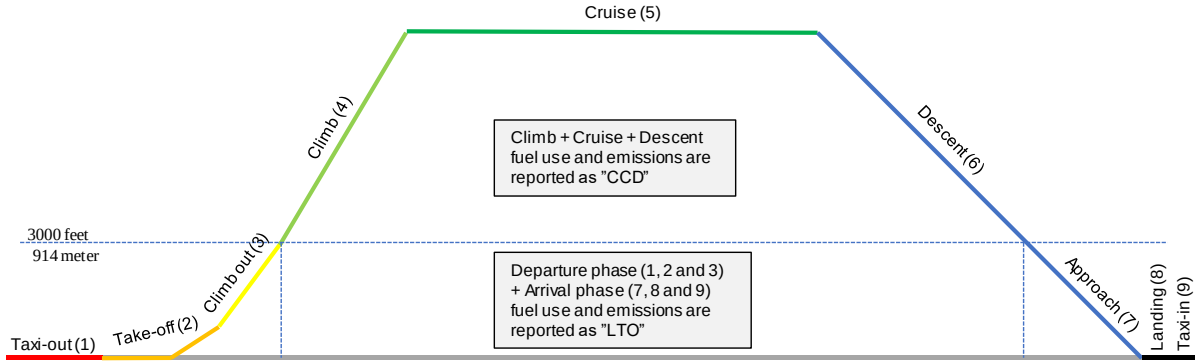
Källa: ICAO (2012).

En ytterligare möjlighet till korrigering av flygavstånden inrikes skulle vara att ta del av de avstånd som används i FOI:s metod för beräkning av avgasemissioner från flygtrafik, den så kallade FOI3-metoden. I ett projekt finansierat av Transportstyrelsen fick FOI via LFV tillgång till radarspåren från totalt 2 200 flygningar inrikes under några veckor 2016. Genom radarspåren har FOI kunnat förfina beräkningsmodellen genom att ta fram ett bättre samband mellan beräknad och faktiskt flugen sträcka. (FOI m.fl., 2016) Resultaten visade att radaruppmätta avstånd inrikes i genomsnitt var 7,8 procent längre än beräknade storcirkelavstånd, vilket används som ett tredje alternativ för avståndskorrigering i denna rapport. Detta innebär en betydligt mer moderat korrigering av korta avstånd jämfört med övriga metoder.

Även Luftfartsverket har utvecklad en metod för att uppskatta flygavstånd kallad ”City-Pair”. Metoden bygger på relationen mellan storcirkelavstånd och faktisk flygsträcka för över en miljon flygrörelser inrikes. Arbete pågår för att utveckla metoden till att inkludera sträckor för all trafik som startar och landar i Sverige. Resultat från Luftfartsverkets metod har inte varit tillgängligt under arbetet med denna rapport.

3.3. Information om utsläpp från flygplan

För att kunna beräkna utsläpp per flygrörelse behövs en uppskattning av använda flygplanstypers utsläpp vid start och landning samt under väg. De utsläppsberäkningar som används i denna rapport har utförts av Eurocontrol till arbetet med EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016. Resultatet av arbetet publiceras av Europeiska miljöbyrån (EEA). EMEP står för The European Monitoring and Evaluation Programme och är ett samarbetsinitiativ för vetenskapligt baserad uppföljning av FN:s Luftvårdskonvention (CLRTAP). För att genomföra beräkningarna har Eurocontrol använt sina beräkningsmodeller BADA (Base of Aircraft Data – en modell som beräknar förbrukning mot bakgrund av olika flygplans prestanda) och AEM (Advanced Emissions Model – en modell som beräknar utsläpp). Resultaten finns samlade i en Excelbok där det för varje flygplanstyp går att utläsa beräknad förbrukning och utsläpp vid start- och landning samt under väg för olika avstånd. Redovisade uppgifter ska motsvara genomsnittliga utsläpp för flygrörelser med en viss motor (den som beräknas vara mest använd för studerad flygplanstyp) och givet vissa antagna upplägg och förutsättningar för en flygning över ett visst avstånd. Informationen delas in i bränsleförbrukning och utsläpp för en start- och landningscykel samt undervägsrörelse, se Figur 4.



Figur 4. Beskrivning av de olika faser en flygning delas in i för redovisning av bränsleförbrukning och utsläpp, vilka faser som ingår i start- och landningscykeln (LTO) samt undervägsrörelse (CCD).

Källa: Egen bearbetning av information I EMEP/EEA (2016).

Utsläpp beräknas för en standardiserad start- och landningscykeln enligt Tabell 9.

Tabell 9. Motorpådrag och tidsåtgång för olika faser enligt ICAO:s standardiserade start- och landningscykel.

Fas	Motorpådrag	Tid (minuter)
Start (2)	100 %	0.7
Utflygning (3)	85 %	2.2
Inflygning och landning (7+8)	30 %	4.0
In- och uttaxning (1+9)	7 %	26.0

Källa: EMEP/EEA (2016).

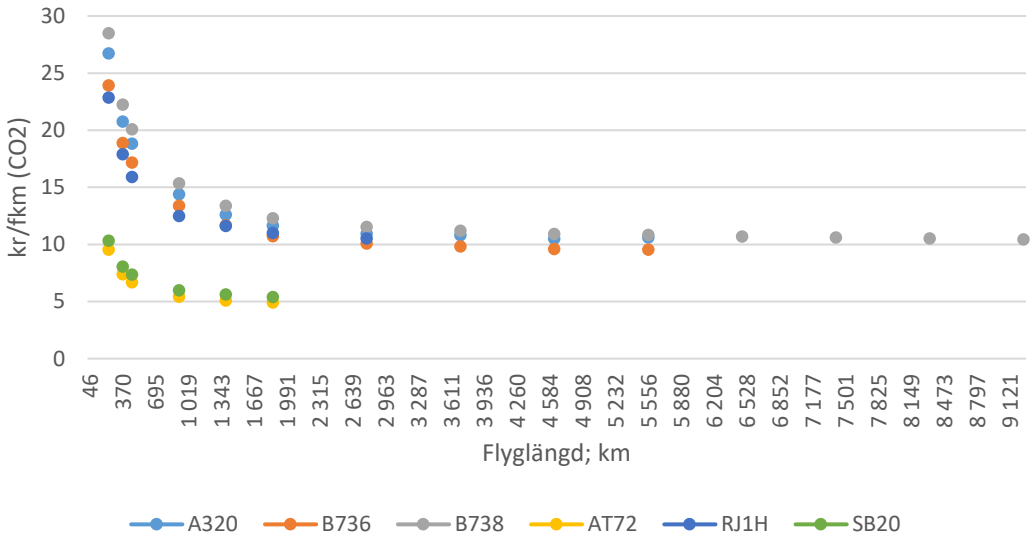
Underlaget till Eurocontrol:s beräkningar är ICAO:s ”Aircraft Engine Emissions Databank”. Databasen sköts och uppdateras av Europeiska byrån för luftfartssäkerhet (EASA). Information om utsläpp från flygfarkoster med turbofläktmotorer eller andra typer av jetmotorer samlas in av EASA direkt från tillverkare. Information om utsläpp från flygplan med turbopropmotorer hämtas in via Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI), som upprätthåller en sekretesskyddad databas med information från tillverkare. (EMEP/EEA, 2016)

Tabell 10. Exempel på hur informationen om flygplans förbrukning och utsläpp i EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 är strukturerad; förbrukning och utsläpp redovisas i kg.

	Tidsåtgång	Bränsle-förbrukning	CO_2	NOx	SOx	H_2O	CO	HC	PM
Start- och landning	hh:mm:ss								
Undervägs									
125 NM	hh:mm:ss								
200 NM	hh:mm:ss								
250 NM	hh:mm:ss								
500 NM	hh:mm:ss								
750 NM	hh:mm:ss								
1 000 NM	hh:mm:ss								
1 500 NM	hh:mm:ss								
2 000 NM	hh:mm:ss								

Resultaten av de beräkningar som Eurocontrol utfört och som finns publicerade i anslutning till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 ger underlag för att kunna beräkna

marginalkostnader för utsläpp av exempelvis koldioxid för enskilda flygplanstyper vid olika flyglängder. I Figur 5 redovisas en beräkning där varje förbrukat kilogram bränsle enligt EMEP/EEA ger upphov till 3,15 kilogram CO_2 och där varje kilogram CO_2 värderas till 1,12 kronor enlig Samkost 2. Figuren indikerar att marginalkostnaden per fordonskilometer är hög vi korta flygningar, det vill säga att en extra flugen kilometer vid flygsträckor under 70 mil värderas mycket högre än en extra flugen kilometer vid flygsträckor över exempelvis 200 mil. Detta har sin förklaring i att utsläppen från start- och landningsfasen får stort genomslag på de totala utsläppen vid korta flygsträckor. Av figuren framgår också att det är stora skillnader i klimatpåverkan mellan flygplan med turboprop-motorer och flygplan med turbofläkt-motorer, där marginalkostnaden för turbopropplanen är lägre än för turbofläktplanen. Nuvarande turbopropplan har emellertid begränsningar i form av passagerarkapacitet och kortare räckvidd, vilket gör att de inte kan användas till längre flygsträckor och inte blir ekonomiskt försvarbara på sträckor med hög efterfrågan. Klimatpåverkan per passagerare eller passagerarkilometer behöver därför inte vara sämre för turbofläktplanen. För flygsträckor på cirka 100 mil beräknas marginalkostnaden för redovisade flygplanstyper ligga mellan 12,5 och 15,3 kronor per flygplanskilometer för turbofläktplanen och mellan 5,4 och 6,0 kronor per flygplanskilometer för turbopropellerplanen.



Figur 5. Kostnad per fordonskilometer för utsläpp av CO_2 från olika flygplan utvärderad vid olika flyglängder; flygprofil och prestanda enligt EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016 samt värdering enligt Samkost 2 (1,12 kr/kg CO_2 i 2015 års prisnivå).

Anm.: A320 = Airbus A320, B736 = Boeing 737-600, B738 = Boeing 737-800, AT72 = ATR 72-200, RJ1H = BAE Systems AVRO RJ-100, SB20 = SAAB 2000.

I datamaterialet från EMEP/EEA presenteras resultat beräknade för ett antal fasta flygdistanser uttryckta i nautiska mil. För att kunna koppla resultaten till faktisk flugen sträcka per flygrörelse i datamaterialet från Transportstyrelsen har en linjär interpolation gjorts mellan de närmast liggande beräkningspunkterna i EMEP/EEA, det vill säga mellan de mätpunkter som framgår av Tabell 10. Vidare ingår inte alla flygplanstyper som finns med i datamaterialet från Transportstyrelsen och i dessa fall har beräknat utfall för ett liknande flygplan i EMEP/EEA använts. För att välja ett liknande flygplan har motorfabrikat, antal motorer och storlek varit riktmärken. Valda ersättningsplan framgår av bilaga 2.

I ett fåtal fall finns det flygrörelser i Transportstyrelsens datamaterial där flugen distans med angivet flygplan överstiger den beräkningspunkt i EMEP/EEA:s data med längst flygsträcka. Detta kan delvis bero på att valt ersättningsplan enligt ovan har kortare räckvidd än originalplanet i Transportstyrelsens data, men också på grund av att resultaten i EMEP/EEA:s data endast bygger på ett motoralternativ

per flygplanstyp (det motoralternativ som enligt EMEP/EEA är det mest använda). Vissa rörelser i Transportstyrelsens data kan ha skett med plan med motoralternativ som ger en ökad räckvidd. Även i dessa fall har en linjär interpolation gjorts för att kunna koppla resultateten i EMEP/EEA till informationen i materialet från Transportstyrelsen.

3.3.1. Kalibrering mot FOI3-metoden

Som tidigare nämnts gör Totalförsvarets forskningsinstitut liknande beräkningar som Eurocontrol, men anpassar modellerna för att fånga förhållandena för flygtrafik till och från svenska flygplatser. FOI använder en modell benämnd PIANO, ett mjukvaruverktyg för parametriska studier av flygplans-design, för att konstruera flygbanor och beräkna förbrukning för olika flygplan. (Mårtensson, T och Hasselrot, A., 2013) Genom att kunna simulera egna flygupplägg där motortyp, kabinfaktor, flyghöjd och liknande kan revideras i takt med att flygmarknaden förändras kan FOI teoretiskt göra mer precisa beräkningar för den svenska flygmarknaden. Även PIANO använder indata från ICAO:s ”Aircraft Engine Emissions Databank”. FOI har även frångått den standardiserade start- och landningscykeln, enligt Tabell 9, och gör egna beräkningar för de olika stegen i cykeln. Tider för taxning kan i vissa fall levereras av flygplatserna, men annars används de tider som redovisas i Tabell 11. Förutom tider för taxning kan också flygplatser erbjuda effektivare in- och utflygningsmöjligheter än vad standardcykeln antar.

Tabell 11. Taxningstider i FOI3-metoden; tid i minuter.

Flygplats	Uttaxning	Intaxning	Totalt
Stockholm - Arlanda	9,6	5,3	14,9
Göteborg - Landvetter	6,4	2,1	8,5
Malmö - Sturup	5	3	8
Övriga inrikes	5	3	8
Utrikes	13	13	26

Källa: Mårtensson, T och Hasselrot, A. (2013).

För att få en inblick i hur det upplägg som presenteras i denna rapport fungerar jämfört med FOI3-metoden redovisas i Tabell 12 fem olika varianter av beräknad bränsleförbrukning för en Boeing 737-600[10] på ett antal inrikes flyglinjer. De metoder som jämförs är:

- BADA – en beräkning FOI gjort med modellverktyget BADA[11] (den utsläppsmodell som används av Eurocontrol).
- FOI3 – den metod som används av FOI.
- VTI (ICAO) – den metod som används i denna rapport där beräknat storcirkelavstånd korrigerats med ett fast tillägg enligt Tabell 8.
- VTI (kontinuerlig) – här använd metod med en korrigering av storcirkelavståndet enlig ett fastställt samband mellan radaruppmätt avstånd och storcirkelavstånd.

[10] I FOI m.fl. (2016) finns även resultat för en Boeing 737-800, men med ett annat motoralternativ än det som nu används i EMEP/EEA:s air pollutant emission inventory guidebook. I EMEP/EEA:s databas används en motor av CFM International med beteckning CFM56-7B26, som anges ha varit det vanligaste motoralternativet 2015. Resultaten från FOI m.fl. (2016) bygger på en motorvariant med beteckningen CFM56-7B20. Den senare har en drivkraft på 91,6 kN jämfört med 117 kN för en CFM56-7B26. På grund av detta redovisas endast jämförelser för en Boeing 737-600.

[11] BADA är en modell som studerar flygplans prestanda i olika situationer. Modellen utvecklas och underhålls av Eurocontrol i nära samarbete med flygplansutvecklare och flygbolag, se www.eurocontrol.int.

- VTI (FOI) – här använd metod, men där avståndskorrigeringen inrikes gjorts via ett tillägg till storcirkelavståndet på 7,8 procent..

Utfallen för BADA och FOI3 är hämtade från FOI m.fl. (2016).

Av sammanställningen framgår att VTI:s metodik, oavsett metod för avståndskorrigering, som förväntat ligger närmare BADA än FOI3. Med undantag av flygsträckan Arlanda - Visby ger metod VTI (kontinuerlig) resultat som ligger mycket nära de resultat FOI får fram när de använder BADA. Varför FOI:s beräkning med BADA hamnar under beräkningen med FOI3-metoden för sträckan Arlanda - Visby framgår inte av FOI m.fl. (2016), men i ljuset av resultaten för framförallt VTI (kontinuerlig) framstår det som väl lågt.

Tabell 12. Jämförelse mellan beräknad bränsleförbrukning på utvalda sträckor och med utvalda flygplan mellan BADA, FOI3 och VTI:s metod med tre olika metoder för avståndskorrigering; förbrukning i kg 2016.

Flygplan	Från	Till	BADA	FOI3	VTI (ICAO)	VTI (kontinuerlig)	VTI (FOI)
B736	Arlanda	Landvetter	2 209	1 811	2 189	2 215	2 133
B736	Arlanda	Sturup	2 605	2 137	2 566	2 609	2 542
B736	Arlanda	Luleå	3 070	2 403	3 129	3 056	3 003
B736	Arlanda	Visby	1 307	1 372	1 686	1 680	1 590

Källa: FOI m.fl. (2016).

Anm.: FOI3 använder i denna jämförelse en avståndskorrigering av storcirkelavståndet med 7,8 procent, vilket också görs i beräkningen VTI (FOI).

Oavsett metod för avståndskorrigering beräknas bränsleförbrukningen högre än med FOI3-metoden. Även om avståndskorrigeringarna har en viss inverkan på resultaten krävs en korrigering av utsläppen från start- och landningscyklerna i EMEP/EEA:s data för att resultaten ska komma närmare dem som presenteras för FOI3-metoden. Utan säkra uppgifter om LTO-cykler på svenska flygplatser blir olika korrigeringar godtyckliga, men tre kalibreringar av den så kallade standardcykeln i EMEP/EEA har ändå testats. I det första fallet har utsläppsnivåerna för start- och landningsfaserna kalibrerats mot uppgifterna för flygningar mellan Arlanda och Visby i Tabell 12. Denna sträcka har valts eftersom LTO-cykeln i detta fall får stort genomslag på totalen. Resultatet av kalibreringen är att endast 70 procent av utsläppen från start- och landningscykeln i EMEP/EEA för inrikes flygningar till och från Arlanda ska inkluderas i beräkningarna. Om Arlanda, som en stor internationell flygplats, kan bedömas ligga nära standardcykeln innebär det att endast cirka 40 procent av utsläppen från standardcykeln ska användas för övriga inrikes flygplatser. Utfallet redovisas i Tabell 14 som FOI_LTO, där FOI indikerar att avståndet korrigerats med ett påslag på 7,8 procent. Utfallet för sträckan Arlanda - Visby hamnar då i nivå med FOI3-metoden, men för övriga sträckor hamnar beräknad bränsleförbrukning fortfarande aningen över resultaten från FOI3.

Ett annat underlag för att revidera LTO-cyklerna kan hämtas från EMEP/EEA:s LTO emissions calculator. I denna finns uppgifter om hur förändrade in- och uttaxningstider för 24 svenska flygplatser skulle påverka bränsleförbrukning och utsläppen från dessa flygplatsers LTO-cykel jämfört med standardcykeln. I Tabell 13 har LTO-totaler för rörelser med en Boeing 737-600 mellan Arlanda och annan inrikes flygplats, Bromma och annan inrikes flygplats samt mellan inrikes flygplatser exklusive Arlanda och Bromma räknats fram. Att Arlanda och Bromma är av särskilt intresse följer av att en stor del av flygrörelserna inrikes går till/från dessa flygplatser. År 2016 gick 26 procent av alla avgående flyg inrikes från Arlanda och 17 procent från Bromma. Förbrukning för start respektive landning för en ej specificerad flygplats representeras av ett genomsnitt för samtliga 24 flygplatser. Med hjälp av dessa LTO-totaler har en andel av standardcykeln kunnat tas fram (LTO2).

Tabell 13. Använd förbrukning vid start och landning för rörelser mellan svenska flygplatser för en Boeing 737-600; resultat baserat på EMEP/EEA:s LTO emissions calculator; kg 2015.

	Start	Landning	LTO-totalt	Andel av standardcykel (LTO2)	Nedreviderad andel av standardcykeln (LTO3)
Från Arlanda till övriga*	398	176	574	0,80	0,68
Från övriga* till Arlanda	357	201	557	0,77	0,66
Från Bromma till övriga*	385	176	561	0,78	0,66
Från övriga* till Bromma	357	181	538	0,75	0,63
Mellan övriga*	357	176	533	0,74	0,52

Anm.: Utsläpp för övriga utgör ett genomsnitt av utsläppen från samtliga 24 svenska flygplatser som ingår med reviderade in- och uttaxningstider i EMEP/EEA.

Utifrån scenario LTO2 har sedan ytterligare ett scenario skapats där utsläppen för cykler till och från Arlanda och Bromma reducerats med 15 procent och mellan övriga flygplatser med 30 procent. Detta har benämnts LTO3. Att förbrukningen från cykler mellan övriga flygplatser reducerats med 30 procent baseras på antagandet att flygplatser som saknas i EMEP/EEA är mindre än de som inkluderats och att en kraftigare reducering av standardcykeln mellan övriga flygplatser krävs för att total förbrukning och totala utsläpp av koldioxid ska hamna mer i nivå med officiellt redovisade siffror i avsnitt 3.4. Valet av att reducera standardcykeln för rörelser till och från Arlanda och Bromma med 15 procent har gjorts för att resultaten ska stämma relativt bra överens med resultaten från FOI m.fl. (2016) som finns redovisade i Tabell 14. För att underlätta beräkningarna används för båda kalibreringsalternativen ett genomsnitt för rörelserna till och från Arlanda och Bromma, 77 procent av standardcykeln för LTO2 och 66 procent av standardcykeln för LTO3.

Tabell 14. Jämförelse mellan FOI3 metoden och en VTI metod där avståndet korrigerats på samma sätt (+7,8 procent) och där bränsleförbrukningen från start- och landningsfasen kalibrerats så att totala förbrukningen för sträckan Arlanda-Visby överensstämmer; förbrukning i kg 2016.

Flygplan	Från	Till	FOI3	VTI (FOI_LTO)	VTI (FOI_LTO2)	VTI (FOI_LTO3)
B736	Arlanda	Landvetter	1 811	1 917	1 967	1 888
B736	Arlanda	Sturup	2 137	2 326	2 377	2 297
B736	Arlanda	Luleå	2 403	2 787	2 837	2 758
B736	Arlanda	Visby	1 372	1 374	1 424	1 345

3.4. Validering av resultat

På en mer aggregerad nivå kan resultaten jämföras med den officiella statistiken över bränsleförbrukning som redovisas av Energimyndigheten. Uppgifterna om bränsleförbrukning bygger på uppgifter om leveranser från oljebolag och andra s.k. lagringsskyldiga säljare av petroleumprodukter, större importörer av petroleumprodukter som inte tillhör den förstnämnda kategorin, samt leverantörer av biodrivmedel för transportändamål. Undersökningen är en

totalundersökning med svarsplikt. Uppgifterna om flygbränslen levereras uttryckta i kubikmeter. För att räkna om uppgifterna till förbrukning i kilogram har en densitet på 801 kg/m^3 använts.[12]

Vid beräkningen av totala utsläpp har det antagits att flygrörelser med tomma plan endast förbrukar hälften av redovisad bränsleförbrukning och utsläpp i EMEP/EEA:s datamaterial. Den totala bränsleförbrukningen bör också ligga lite under redovisade uppgifter från Energimyndigheten på grund av att småplan och helikoptrar inte tagits med i beräkningarna. Det finns naturligtvis också osäkerheter i Energimyndighetens uppgifter och jämförelsen ska därför ses som en övergripande avstämning av nivåerna.

I Tabell 15 redovisas hur beräknad bränsleförbrukning enligt fyra här testade metoder faller ut jämfört med redovisade uppgifter från Energimyndigheten. Korrigering av avstånd med fasta påslag enligt Tabell 8, VTI (ICAO), och avståndskorrigering enligt framtaget samband mellan storcirkelavstånd och avstånd enligt radarspår, VTI (kontinuerlig), ger liknande resultat. För inrikesflyget beräknas en högre bränsleförbrukning än vad Energimyndigheten redovisar. Utfallet inrikes stämmer något bättre med uppgifterna från Energimyndigheten då flygavstånden inrikes korrigeras enligt uppgift i FOI m.fl. (2016), det vill säga att storcirkelavståndet räknas upp med 7,8 procent. Dessa resultat redovisas som VTI (FOI). Metoderna med korrigerade utsläpp från start- och landningscyklerna för inrikesflyg, VTI (FOI_LTO), VTI (FOI_LTO2) och VTI (FOI_LTO3) ger resultat som ligger mer i nivå med den bränsleförbrukning Energimyndigheten redovisar för inrikesflyg. För utrikesflyg hamnar resultaten under redovisad förbrukning enligt Energimyndigheten.

Tabell 15. Jämförelse mellan officiell statistik över bränsleförbrukning och beräknad bränsleförbrukning enligt fyra metoder, tre med varierande angreppssätt för avståndskorrigering (fasta påslag i tre steg enligt ICAO:s metod, kontinuerlig korrigering enligt beräknat samband mellan radarberäknade avstånd och storcirkelavstånd samt en uppräkning med 7,8 procent enligt FOI) och tre varianter med korrigerade utsläpp från start- och landningscykler för inrikes flygningar; 1000-tals ton 2016.

	Inrikes	Utrikes	Totalt
VTI (ICAO)	211	794	1 005
VTI (kontinuerlig)	212	801	1 013
VTI (FOI)	204	801	1 006
VTI (FOI_LTO)	179	801	980
VTI (FOI_LTO2)	189	801	990
VTI (FOI_LTO3)	181	801	982
Energimyndigheten*	180	834	1 014

Anm.: Uppgifterna från Energimyndigheten har räknats om från kubikmeter till vikt genom att anta en densitet på 801 kg/m^3.

En ytterligare möjlighet till avstämning ligger i de av Naturvårdsverket publicerade siffrorna för utsläpp av koldioxid[13]. Uppgifterna är framtagna av SMED (Svenska MiljöEmissionsData) och bygger på de emissionsberäkningar som tas fram av Transportstyrelsen med hjälp av den metod som utvecklats av FOI (FOI3-metoden) samt rapporterade uppgifter om sålt bränsle enligt Energimyndigheten. SMED är ett konsortium inom vilket organisationerna IVL Svenska Miljöinstitutet AB, SCB (Statistiska centralbyrån), SLU (Sveriges lantbruksuniversitet) och SMHI (Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut) samarbetar. Uppgifterna utgör en del av underlagen för Sveriges klimatrapportering till UNFCCC (United Nations Framework Convention on

[12] I säkerhetsdatabeskrivning för flygbränsle Jet A1 (Jet A1 CAS 8008-20-6) framtagen under förordning 1907/2006/EG anges densiteten vid 15 grader ligga mellan 800 och 803 kg/m^3.

[13] http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-utrikes-sjofart-och-flyg/

Climate Change). Då Naturvårdsverkets uppgifter jämförs med de metoder där LTO-cykeln korrigerats ned för inrikesflyget stämmer de totala utsläppen av CO_2 relativt väl, se Tabell 16. Utsläppen från inrikes trafik beräknas dock något högre och utsläpp från utrikes trafik något lägre.

Tabell 16. En jämförelse av beräknad total mängd utsläpp av koldioxid från flygtrafik enlig här beskrivna metoder och Naturvårdsverkets redovisade uppgifter för flygets utsläpp av koldioxid; 1000-tals ton 2016.

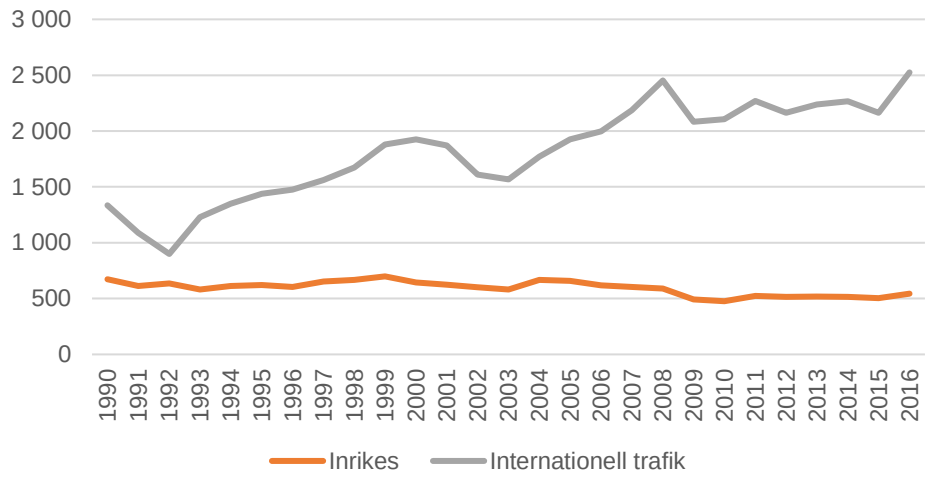
	Inrikes	Utrikes	Totalt
VTI (ICAO)	658	2 461	3 119
VTI (ICAO_LTO)	583	2 461	3 044
VTI (FOI_LTO)	565	2 484	3 049
VTI (FOI_LTO2)	596	2 484	3 080
VTI (FOI_LTO3)	571	2 484	3 055
Naturvårdsverket	544	2 525	3 069

Givet utgångspunkten att varje kilogram förbrukat flygbränsle leder till ett utsläpp av koldioxid på 3,15 kg[14] ger Energimyndighetens redovisade uppgifter om flygets bränsleförbrukning ett utsläpp av koldioxid på 567 kiloton för inrikes trafik och 2 627 kiloton för utrikes trafik. Skillnaderna kan, bland annat, bero på att allt förbrukat bränsle inte går till de flygrörelser som rapporteras in till Transportstyrelsen och att omräkningen av volym till kilogram med utgångspunkt i bränslets densitet inte blir helt korrekt.

De 13 flygoperatörer som Sverige är administrerande medlemsland för och som var rapporteringspliktiga inom EU ETS redogjorde för utsläpp av koldioxidekvivalenter motsvarande 2 876 kiloton 2016. Dessa uppgifter går emellertid inte att få uppdelade på inrikes- och internationell trafik. Det finns emellertid potentiellt bra uppgifter om faktiska utsläppsmängder för olika flygrelationer om rapporteringen inom EU ETS kunde göras mer detaljerad och att dessa uppgifter också offentliggörs.

Sett över tid är det utsläppen från utrikesflyget som ökat. Utsläpp av koldioxid från inrikes flygrörelser har sedan finanskrisen legat mellan cirka 480 och 540 kiloton per år, se

[14] I EMEP/EEA:s datamaterial är relationen mellan koldioxid och bränsleförbrukning 3,15 kilogram CO2 per kilogram förbrukat flygbränsle. Den omräkningsfaktor för CO2 som används för den svenska klimatrapporteringen är däremot 3,16 kg. Det är den faktorn som UNFCCC/IPCC använder och även den som FOI använder vid sina beräkningar åt Transportstyrelsen. Eftersom denna rapport använder uppgifter från EMEP/EEA används faktorn 3,15.



Figur 6. Utsläpp av koldioxid från flyg inrikes samt i internationell trafik; kiloton.
Källa: Naturvårdsverket

3.5. Höghöjdseffekter

Höghöjdseffekter är klimatpåverkande effekter av utsläpp, utöver koldioxid, som sker på hög höjd. Effekterna uppstår på grund av utsläpp av kväveoxider, vattenånga, sot och sulfatpartiklar. Dessa utsläpp har både uppvärmande och avkylande effekter, men de uppvärmande överväger. Störst inverkan har kväveoxider och kondensstrimmor. De senare påverkar tillsammans med utsläpp av sot och sulfatpartiklar även tillkomsten av cirrusmoln. Höghöjdseffekten brukar beräknas som en faktor med vilken klimateffekten av koldioxidutsläpp ska räknas upp, men det råder stor osäkerhet kring magnituden på denna faktor. Enligt beräkningar av Azar och Johansson (2012) bedöms faktorn med 90 procents säkerhet ligga i intervallet 1,3 till 2,9. Bland annat på grund av denna osäkerhet inkluderas inte höghöjdseffekter i EU ETS. I denna rapport har kostnader kopplad till höghöjdseffekter beräknats på samma sätt som i Österström (2016), det vill säga genom att utgå från den i Azar och Johansson (2012) presenterade globala genomsnittliga höghöjdsfaktorn på 1,7, anta att denna också gäller för svenska förhållanden och sedan skapa en höghöjdsfaktor för de flygningar som sker över 8 000 meters höjd så att genomsnittet på 1,7 för de totala utsläppen bibehålls. Genom att koppla höghöjdseffekten till enbart till den sträcka av respektive flygrörelser som sker över 8 000 meter skapas möjlighet att differentiera marginalkostnaden av höghöjdseffekter över olika kategorier av flygrörelser. Höghöjdsfaktorn för koldioxidutsläpp på hög höjd har skapats enligt följande:

$$HHF_{hh} = \frac{(CO2_{hh} + CO2_{tot} * (HHF - 1))}{CO2_{hh}}, \quad (4)$$

Där $CO2_{hh}$ är koldioxidutsläpp på hög höjd från avgående flyg från svenska flygplatser, det vill säga över 8 000 meter, $CO2_{tot}$ är de totala utsläppen av koldioxid från avgående flyg från svenska flygplatser, HHF är framräknad genomsnittlig höghöjdsfaktor för samtliga flygningar, i detta fall 1,7 enligt Azar och Johansson (2012). HHF_{hh} är höghöjdsfaktorn för utsläpp av CO_2 på hög höjd.

Räknat på utsläpp 2016 och med avståndskorrigering enligt FOI (tillägg på 7,8 procent) samt korrigerade utsläpp från start- och landningscyklerna för inrikes flygningar och avståndskorrigering enligt funktion (3) i avsnitt 3.2 för utrikes flygningar hamnar höghöjdsfaktorn HHF_{hh} på 2,0. Flygsträcka på hög höjd approximeras med flygsträckor för turbofläktplan som reducerats med 195 kilometer. Enligt Österström (2016) är detta en genomsnittlig sträcka för ett plan att stiga till och

nedstiga från 8 000 meters höjd. Mer detaljerade beräkningar av rörelser på hög höjd görs i ett VTI projekt som slutförs senare under våren 2018.[15]

När koldioxidekvivalenterna för höghöjdseffekterna värderas har resultaten för tomflyg, på samma sätt som för beräkningarna av koldioxidutsläpp, halverats på grund av att planen då är lättare och genererar mindre utsläpp.

[15] Kontaktperson för detta projekt är Lena Nerhagen.

4. Marginalkostnader för klimatpåverkande utsläpp

I följande avsnitt redovisas resultat från olika metoder som använts. Följande förkortningar används:

1. VTI (ICAO) – Utsläppsberäkningar där storcirkelavstånden har korrigerats enligt ICAO:s metod med fasta tillägg i tre steg. (ICAO, 2017)
2. VTI (kontinuerlig) – Utsläppsberäkningar där storcirkelavstånden har korrigerats enligt ett estimerat samband mellan avstånd beräknade från radarmätningar och storcirkelavstånd. (ICAO, 2012)
3. VTI (ICAO_LTO) – Utsläppsberäkningar där storcirkelavstånden har korrigerats enligt ICAO:s metod och utsläppen från start- och landningsfaserna för inrikes flygrörelser kalibrerats ned för att bättre följa redovisade utsläppsnivåer enligt FOI3-metoden.
4. VTI (FOI), (FOI_LTO), VTI (FOI_LTO2) och VTI (FOI_LTO3) – Utsläppsberäkningar där storcirkelavstånden för inrikes flygrörelser har korrigerats genom ett tillägg på 7,8 procent enligt FOI m.fl. (2016) och utsläppen från start- och landningsfaserna för inrikes flygrörelser kalibrerats ned för att bättre följa redovisade utsläppsnivåer enligt FOI3-metoden.
5. VTI (2016) – Resultaten från Österström (2016).

LTO korrigering används endast för inrikes flygningar.

4.1. Inrikes

Höghöjdseffekten för inrikesflyget beräknas till i genomsnitt 4,3 kronor per fordonskilometer och 1 936 kronor per flygrörelse om avståndet korrigeras enligt FOI m.fl. (2016). För inrikesflyget beräknas höghöjdsfaktorn, det vill säga den faktor som kan användas för att räkna upp värderingen av koldioxidutsläppen till en värdering inklusive höghöjdseffekter, till 1,40. Eftersom endast flygningar med turbofläktplan beräknas generera höghöjdseffekter blir denna faktor beroende av hur flugna kilometer och antalet flygrörelser ett visst år fördelar sig mellan turbofläktplan och turbopropellerplan. Eftersom flyg mellan svenska flygplatser ingår i EU:s handel med utsläppsrätter, och att ansvariga för flygrörelserna därigenom kan sägas internalisera den externa kostnaden för koldioxidutsläpp i sina beslut om priser och utbud, är höghöjdseffekterna särskilt intressanta eftersom den externa kostnaden för dessa inte hanteras inom EU ETS.

I Tabell 17 redovisas resultaten av ovan beskrivet angreppssätt med olika metoder för avståndskorrigering och i vissa fall korrigerade utsläpp från start- och landningscyklerna. Utsläppen av koldioxid har värderats enligt Samkost 2 (1,12 kr/kg i 2015 års prisnivå). Fordonskilometer, antal flygrörelser och antal flygstolar inrikes har räknats utifrån avgående flyg från svenska flygplatser 2016.

Med utsläpp för start- och landningscykler enligt EMEP/EEA och med avståndskorrigering enligt ICAO värderas koldioxidutsläppen för samtliga flygrörelser inrikes 2016 till i genomsnitt 11,8 kronor per fordonskilometer. De metoder som använder en reducerad utsläppsmängd från start- och landningscyklerna i EMEP/EEA värderar koldioxidutsläppen till mellan 10,5 och 11,3 kronor per fordonskilometer. För metod VTI (ICAO) hamnar kostanden per flygrörelse på 5 664 kronor och för metoderna med nedkalibrerade utsläpp från start- och landningscykeln hamnar resultaten på mellan 4 860 och 5 128 kronor per flygrörelse. Om Naturvårdsverkets publicerade uppgift om flygets totala utsläpp av koldioxidekvivalenter 2016 används som utgångspunkt hamnar en värdering enligt Samkost 2 på 10,3 kronor per fordonskilometer och 4 680 kronor per flygrörelse.

I den nedre delen av tabellen redovisas utfallet om tomflyg exkluderas. Marginalkostnaderna ökar då något, men det blir relativt små skillnader.

Höghöjdseffekten för inrikesflyget beräknas till i genomsnitt 4,3 kronor per fordonskilometer och 1 936 kronor per flygrörelse om avståndet korrigeras enligt FOI m.fl. (2016). För inrikesflyget beräknas höghöjdsfaktorn, det vill säga den faktor som kan användas för att räkna upp värderingen av koldioxidutsläppen till en värdering inklusive höghöjdseffekter, till 1,40. Eftersom endast flygningar med turbofläktplan beräknas generera höghöjdseffekter blir denna faktor beroende av hur flugna kilometer och antalet flygrörelser ett visst år fördelar sig mellan turbofläktplan och turbopropellerplan. Eftersom flyg mellan svenska flygplatser ingår i EU:s handel med utsläppsrätter, och att ansvariga för flygrörelserna därigenom kan sägas internalisera den externa kostnaden för koldioxidutsläpp i sina beslut om priser och utbud, är höghöjdseffekterna särskilt intressanta eftersom den externa kostnaden för dessa inte hanteras inom EU ETS.

Tabell 17. Genomsnittliga kostnader för utsläpp av koldioxid och CO_2-ekvivalent höghöjdseffekt per fordonskilometer respektive flygrörelse för inrikes flygrörelser 2016; värderat enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Värdering	VTI (ICAO)	VTI (ICAO_LTO)	VTI (FOI_LTO)			VTI (2016)*	NVV 2016 (FOI)
				LTO	LTO2	LTO3		
Per fkm	CO_2	11,8	10,5	10,7	11,3	10,8		10,3
	Höghöjds-effekt	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3		
Per flygrörelse	CO_2	5 664	5 012	4 860	5 128	4 912		4 680
	Höghöjds-effekt	2 065	2 065	1 936	1 936	1 936		
Per fkm (exkl. tomflyg)	CO_2	12,1	10,7	10,9	11,5	11,0	11,3	
	Höghöjds-effekt	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	3,4	
Per flygrörelse (exkl. tomflyg)	CO_2	5 850	5 180	5 025	5 299	5 077	5 867	
	Höghöjds-effekt	2 131	2 131	2 010	2 010	2 010	1 979	

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016).

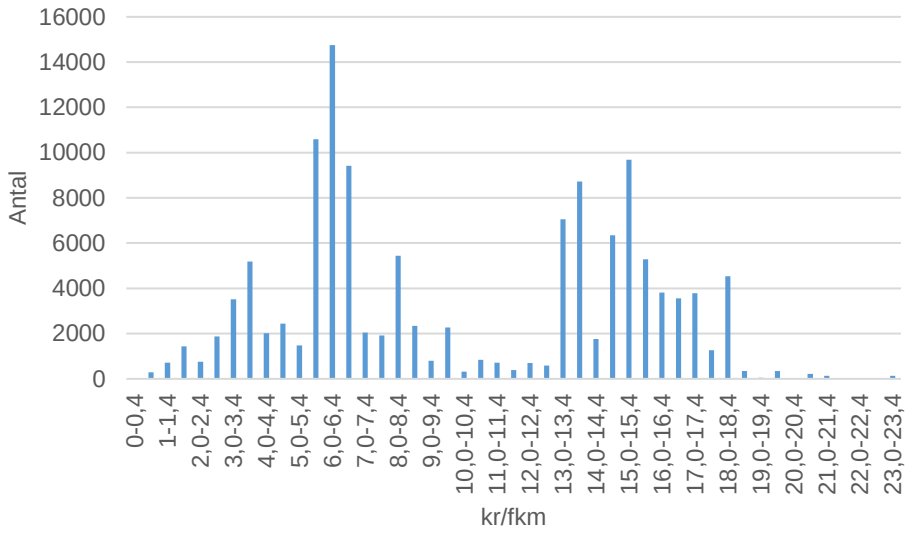
* VTI (2016) är de värden som presenterades i Österström (2016) och är värderade enligt ASEK 6, det vill säga 1,14 kronor per kg i 2014-års prisnivå.

Resultaten kan inte rakt av jämföras med de som presenterades i Österström (2016) eftersom beräkningarna där begränsades till enbart passagerarflyg i linjefart eller charter. Den metod som mest liknar den som användes i Österström (2016) är den som benämns VTI (ICAO) och om denna begränsas till att endast beakta passagerarflyg (fast i detta fall ingår, förutom linjeflyg och charter, även taxiflyg), se Bilaga 3, hamnar kostnaden per fordonskilometer på i genomsnitt 12,3 kronor per fordonskilometer och 6 053 kronor per flygrörelse enligt Samkost 2, det vill säga något högre än i Österström (2016). Eftersom utsläppen från start- och landningscyklerna i EMEP/EEA bedöms vara överskattade för svenskt inrikesflyg har resultat tagits fram där dessa reducerats enligt beskrivning i avsnitt 3.4. Resultat med reducerade utsläpp från start- och landningscyklerna, enligt metod LTO3, uppdelat på enbart passagerarflygplan redovisas i Tabell 19 där koldioxidutsläppen värderas till i genomsnitt 11,3 kronor per fordonskilometer enligt Samkost 2. Detta resultat tangerar det som redovisades i Österström (2016). Observera dock att resultaten i Österström värderades enligt ASEK 6, det vill säga till 1,14 kronor per kilogram koldioxid i 2014 års prisnivå, och inte enligt Samkost 2 där värderingen ligger på 1,12 kronor per kilogram i 2015 års prisnivå. Kostnaden per

flygrörelse för passagerarflyg enligt metod VTI (FOI_LTO3) hamnar också relativt nära Österström (2016), 5 258 kronor jämfört med 5 867 kronor. Höghöjdseffekterna beräknas i denna rapport högre än i Österström (2016), se Tabell 17. Framförallt beräknas genomsnittlig kostnad per kilometer högre än i Österström (2016). Det senare gäller även om resultaten begränsas till enbart passagerarflyg, se Tabell 19. För passagerarflyg beräknas den genomsnittliga kostnaden för höghöjdseffekter till 4,1 kronor per fordonskilometer, vilket kan jämföras med 3,4 kronor per kilometer i Österström (2016). Begränsas beräkningarna till enbart passagerarflyg blir emellertid utfallet per flygrörelse lägre än det som redovisas i Österström (2016).

I den fortsatta redovisningen används i huvudsak resultat från metod VTI (FOI_LTO3). Resultat från övriga metoder finns redovisade i Bilaga 3.

I Figur 7 redovisas hur flygrörelserna inrikes 2016 fördelar sig över olika intervall av värdering av koldioxidutsläpp per fordonskilometer enligt Samkost 2 och metod VTI (FOI_LTO3). Den skillnad i utsläppsprofiler mellan turbopropellerplan och turbofläktplan (jet) som diskuterades i avsnitt 3.3 framträder tydligt. Generellt är det också en relativt stor spridning i utfallet, vilket indikerar att marginalkostnadsberäkningar bör göras så differentierat som möjligt på olika typer av flygrörelser. Vissa delar av flygmarknaden kan emellertid ha få flygrörelser per år, vilket gör att enskilda flygupplägg får stort genomslag på resultaten. Resultaten kan också förändras mer från år till år då tillkomst och bortfall av flygupplägg får relativt stort genomslag på beräknade genomsnitt.



Figur 7. Antal inrikes flygrörelser 2016 som beräknas hamna i olika intervall av värderade externa kostnader av koldioxidutsläpp per fordonskilometer; kronor per fordonskilometer enligt Samkost 2.

Genomsnittliga utsläpp per fordonskilometer respektive per flygning med metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på turbopropellerplan och turbofläktplan redovisas i Tabell 18. Värderat enligt Samkost 2 beräknas genomsnittlig kostnad för koldioxidutsläpp per fordonskilometer från turbopropellerplan till 5,7 kronor och från turbofläktplan till 14,5 kronor. Kostnaderna per flygrörelse hamnar på 2 144 respektive 7 688 kronor. Dessa resultat ligger lägre än de som presenterades i Österström (2016).

Tabell 18. Genomsnittliga kostnader för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer respektive flygrörelse för avgående flyg inrikes 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på turbopropellerplan respektive turbofläktplan och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015 års prisnivå.

		VTI (FOI_LTO3)		VTI (2016)	
Motortyp	Utsläpp	Per fkm	Per flygning	Per fkm	Per flygning
Turboprop	CO_2	5,7	2 144	6,8	3 172
	Höghöjd	0,0	0	0,0	0
	Totalt	5,7	2 144	6,8	3 172
Turbofläkt	CO_2	14,5	7 688	17,0	9 399
	Höghöjd	7,3	3 869	7,9	4 572
	Totalt	21,8	11 557	24,9	13 971

En fördel med den beräkningsmetodik som används i denna rapport är att det går att ta fram resultat uppdelat på flera olika kategorier av flygrörelser. I Tabell 19 redovisas beräknade kostnader för passagerarflyg, fraktflyg, postflyg och tomflyg utan någon uppdelning i rörelseklasser. Resultaten delas även upp på turbofläkt- respektive turbopropellerplan.

Tabell 19. Genomsnittliga kostnader för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton, personkilometer/tonkilometer för avgående flyg i inrikes trafik oavsett rörelseklass 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp; värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,3	5 258	51	80	0,15
		Turbofläkt	14,6	7 859	55	83	0,15
		Turboprop	5,8	2 214	39	67	0,17
	Höghöjd	Samtliga	4,1	1 914	19	32	0,06
		Turbofläkt	6,6	3 546	25	42	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	11,2	2 266		1 359	4,57
		Turbofläkt	18,5	4 723		1 615	4,75
		Turboprop	2,3	384		545	3,36
	Höghöjd	Samtliga	2,5	498		299	1,00
		Turbofläkt	4,5	1 148		393	1,15
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,1	2 439		1 512	3,6
		Turbofläkt	17,3	7 129		-	-
		Turboprop	6,1	2 434		1 508	3,6
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3		-	-
		Turbofläkt	6,8	2 805		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	3,9	1 111	22		
		Turbofläkt	6,7	2 207	23		
		Turboprop	2,3	601	21		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	217	4		
		Turbofläkt	2,0	657	7		

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

Utsläppsprofilerna för flygplan i EMEP/EEA är i första hand anpassade efter passagerarplan, så resultaten för övriga rörelseklasser får bedömas som mer osäkra. Eftersom passagerarflyget får stort genomslag på totalen ligger utfallet för denna kategori ganska nära redovisat utfall i Tabell 17. Koldioxidutsläpp för turbofläktplan i passagerartrafik ska enligt denna metod värderas till 14,6 kronor per fordonskilometer. För turbopropellerplan i passagerartrafik är motsvarande siffra 5,8. Sett över samtliga flygplanstyper värderas koldioxidutsläppen för passagerartrafiken inrikes till i genomsnitt 11,3 kronor per fordonskilometer och 5 258 kronor per flygrörelse. Uppdelat på turbofläktplan och turbopropellerplan hamnar värderingen per flygrörelse på drygt 7 800 respektive 2 200 kronor. Eftersom turbopropellerplanen i regel har färre säten än turbofläktplanen blir skillnaden i koldioxidutsläpp per flygstol inte lika stora, de värderas till i genomsnitt 55 respektive 39 kronor. Sett över samtliga flygrörelser med passagerarplan hamnar den genomsnittliga kostnaden per flygstol på 51,2 kronor. Studeras värdering av koldioxidutsläpp per passagerare och passagerarkilometer är det relativt små skillnader mellan flygplanstyperna, 83 respektive 67 samt 0,15 respektive 0,17. Som tidigare nämnts beräknas den genomsnittliga kostnaden för höghöjdseffekter för passagerarplan till 4,1 kronor per fordonskilometer och 1 914 kronor per flygrörelse. Värderas höghöjdseffekten enbart mot flygrörelser från turbofläktplan i inrikes passagerartrafik blir utfallet 6,6 kronor per fordonskilometer och 3 546 kronor per flygrörelse. Höghöjdseffekterna per flygstol, passagerare och passagerarkilometer beräknas till 19, 32 respektive 0,06 om effekterna slås ut över samtliga rörelser, om det endast relateras till rörelser med jetplan blir utfallet 25, 42 respektive 0,08.

För fraktflyg inrikes beräknas den externa kostnaden för koldioxidutsläpp till 11,2 kronor per fordonskilometer och 2 266 kronor per flygrörelse. För fraktflygen är det stora skillnader mellan utfallen för jetplanen och turbopropellerplanen, 18,5 respektive 2,3 kronor per fordonskilometer, vilket förklaras av att nästan 90 procent av flygrörelserna med turbopropellerplan inom denna kategori utgörs av frakt mellan två relativt närliggande flygplatser med ett litet enmotorigt flygplan. Koldioxidutsläppen per ton beräknas till knappt 1 360 kronor och kostnaden per tonkilometer till knappt 4,6 kronor. För fraktflyg med turbofläktplan beräknas höghöjdseffekter ge en tillkommande samhällsekonomisk kostnad på i genomsnitt 4,5 kronor per kilometer, cirka 1 150 kronor per flygning, drygt 390 kronor per fraktat ton och cirka 1,15 kronor per tonkilometer.

Postflygningarna inrikes utförs nästan uteslutande av turbopropellerplan, vilket gör att höghöjdseffekterna för denna kategori i princip är noll. Höghöjdseffekten för de fåtal turbofläktplan som används beräknas till i genomsnitt 6,8 kronor per fordonskilometer och 2 805 kronor per flygning. Det saknas information i Transportstyrelsens data för att beräkna höghöjdseffekter per ton och tonkilometer. Utsläppen av koldioxid värderas till 6,1 kronor per fordonskilometer, cirka 2 430 kronor per flygning, cirka 1 500 kronor per ton och 3,6 kronor per tonkilometer. För turbopropellerplanen värderas kostnaden per fordonskilometer till 6,1 och för turbofläktplanen till 17,3 kronor.

Tomflygen beräknas ha en kostnad för koldioxidutsläpp på 3,9 kronor per fordonskilometer sett över samtliga flygplanstyper. För turbopropellerplanen beräknas kostnaden till 2,3 och för jetplanen till 6,7 kronor per fordonskilometer. Kostnaden för koldioxidutsläpp per flygstol beräknas däremot till ungefär samma genomsnittliga nivå för flygplanstyperna, 21 respektive 23 kronor. Höghöjdseffekten för tomflygen beräknas till 0,8 kronor per fordonskilometer, 217 kronor per flygning och 4 kronor per flygstol. För tomma jetplan beräknas höghöjdseffekterna till i genomsnitt 2 kronor per kilometer, 657 kronor per flygning och 7 kronor per flygstol.

I Tabell 20 särredovisas utfallet för flyg i linjefart. Inom linjefarten väger passagerarflygen tungt, vilket tar sig uttryck i att resultaten för passagerarflyget ligger nära resultaten för linjefart totalt (exklusive tomflyg), 11,3 kronor per fordonskilometer, cirka 5 250 kronor per flygrörelse. Knappt 97 procent av alla flygrörelser inom linjefarten 2016 var passagerarflyg. Kostnaden för koldioxid beräknas till cirka 80 kronor per passagerare och 0,15 kronor per passagerarkilometer. De genomsnittliga kostnaderna för fraktflyg i linjefart beräknas till 11,6 kronor per fordonskilometer, drygt 2 500 kronor per flygrörelse, cirka 1 300 kronor per fraktat ton och drygt 4,3 kronor per

tonkilometer. En förklaring till den relativt låga kostnaden per flygrörelse är de relativt frekventa korta fraktrörelserna med mindre turbopropellerplan som nämndes ovan. Höghöjdseffekterna för passagerarflyg och fraktflyg i linjefart beräknas till ungefär samma nivåer som redovisats för totala antalet flygrörelser i Tabell 19. De postflyg som går i linjefart använder i princip uteslutande turbopropellerplan och eftersom det bara är någon enstaka rörelse som görs med turbofläktplan redovisas inga beräkningar för denna motortyp. Utsläppen av koldioxid från postflygen värderas i denna rapport till i genomsnitt 6,5 kronor per fordonskilometer, 2 053 kronor per flygrörelse, drygt 1 500 kronor per ton och 4 kronor och 50 öre per tonkilometer. Det kan också konstateras att tomflyg inte har särskilt stor inverkan på beräknade genomsnitt för linjefarten totalt.

Tabell 20. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton samt personkilometer/tonkilometer för avgående flyg i linjefart inrikes 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,3	5 279	51	79	0,15
		Turbofläkt	14,7	7 926	56	83	0,15
		Turboprop	5,8	2 213	39	67	0,17
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 157	21	32	0,06
		Turbofläkt	7,4	4 017	28	42	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	11,6	2 518		1 291	4,33
		Turbofläkt	19,7	5 879		1 547	4,54
		Turboprop	2,2	365		476	2,93
	Höghöjd	Samtliga	2,7	583		299	1,00
		Turbofläkt	5,0	1 495		393	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,5	2 053		1 511	4,51
		Turbofläkt					
		Turboprop	6,5	2 049		1 507	4,50
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,1	1 053	20		
		Turbofläkt	8,4	2 933	21		
		Turboprop	2,5	602	18		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	204	4		
		Turbofläkt	2,9	1 008	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	11,2	5 151			
		Turbofläkt	14,7	7 880			
		Turboprop	5,7	2 147			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 099			
		Turbofläkt	7,4	3 984			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	11,3	5 234			
		Turbofläkt	14,7	7 918			
		Turboprop	5,8	2 197			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 128			
		Turbofläkt	7,4	4 007			

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

Det som utmärker charterflyget är den stora andelen postflygningar. Eftersom postflygningarna i stor utsträckning sker med turbopropellerplan beräknas marginalkostnaderna för charterflyget totalt lägre än för linjefarten, se Tabell 21. Totalt beräknas chartertrafiken i genomsnitt ha en kostnad för utsläpp av koldioxid på 6,6 kronor per fordonskilometer, vilket ligger närmare postflygets 6,0 än passagerarflygets 10,6 kronor per fordonskilometer.

Tabell 21. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton samt personkilometer/tonkilometer för avgående charterflyg inrikes 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	10,6	4 795	50	164	0,35
		Turbofläkt	12,7	5 506	49	175	0,40
		Turboprop	5,5	2 714	60	119	0,21
	Höghöjd	Samtliga	3,5	1 579	16	54	0,12
		Turbofläkt	4,9	2 118	19	67	0,15
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,0	2 512		1 512	3,53
		Turbofläkt	17,6	7 207		-	-
		Turboprop	6,0	2 507		1 508	3,52
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3		-	-
		Turbofläkt	6,9	2 822		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	5,2	1 724	23		
		Turbofläkt	6,5	2 104	24		
		Turboprop	2,8	984	23		
	Höghöjd	Samtliga	1,4	454	6		
		Turbofläkt	2,1	687	8		
Totalt	CO_2	Samtliga	6,6	2 683			
		Turbofläkt	9,8	3 655			
		Turboprop	5,7	2 387			
	Höghöjd	Samtliga	0,8	312			
		Turbofläkt	3,6	1 339			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	6,9	2 912			
		Turbofläkt	12,7	5 516			
		Turboprop	6,0	2 518			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	279			
		Turbofläkt	4,9	2 120			

Anm: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

Den höga andelen postflygningar med turbopropellerplan gör också att höghöjdeffekterna blir relativt små för chartertrafiken som helhet, 80 öre per fordonskilometer och 312 kronor per flygning. Exkluderas tomflyg, så att postflyget får ännu större genomslag, sjunker genomsnittliga kostnaden för

höghöjdseffekter till 70 öre per fordonskilometer och 279 kronor per flygrörelse. Passagerarflygen i chartertrafik beräknas i genomsnitt ha lägre kostnader för utsläpp per fordonskilometer och per flygrörelse än passagerarflygen i linjefart. Kostnaden per passagerare och passagerarkilometer beräknas däremot till ungefär det dubbla jämfört med linjefarten, 164 kronor respektive 35 öre. Att flygningarna i genomsnitt sker med färre passagerare för även genomslag på resultatet för höghöjdseffeterna.

Tabell 22. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton samt personkilometer/tonkilometer för avgående taxiflyg inrikes 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,7	1 526	177	697	1,59
		Turbofläkt	4,4	1 865	221	853	1,94
		Turboprop	2,8	1 023	107	424	1,03
	Höghöjd	Samtliga	1,3	539	62	246	0,56
		Turbofläkt	1,9	813	96	372	0,85
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	6,3	773		-	-
		Turbofläkt	7,9	857		-	-
		Turboprop	3,8	592		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3,4		-	-
		Turbofläkt	0,0	5,0		-	-
Postflyg	CO_2	Samtliga	2,0	462		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	2,0	462		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,4	376	37		
		Turbofläkt	1,9	640	75		
		Turboprop	1,5	359	33		
	Höghöjd	Samtliga	0,1	25	2		
		Turbofläkt	0,7	226	27		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,3	688			
		Turbofläkt	3,9	1 393			
		Turboprop	1,7	432			
	Höghöjd	Samtliga	0,5	153			
		Turbofläkt	1,5	542			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,8	1 367			
		Turbofläkt	4,6	1 675			
		Turboprop	2,8	880			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	431			
		Turbofläkt	1,8	661			

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

I Tabell 22 redovisas utfallet för taxiflygen. Dessa flygplan är per definition små, vilket avspeglas i utfallet. Totalt beräknas kostnaden för koldioxidutsläpp till 2,3 kronor per fordonskilometer och 688 kronor per flygning. Höghöjdseffekterna för inrikesflygningar beräknas till 50 öre per fordonskilometer och 153 kronor per flygning. Studeras passagerarflyg inom kategorin taxiflyg framgår emellertid att kostnaden per flygstol blir relativt hög, nästan 180 kronor. Vidare beräknas kostnaden för koldioxidutsläpp till nästan 700 kronor per passagerare och 1,6 kronor per passagerarkilometer. För höghöjdseffekterna beräknas kostnaden uppgå till i genomsnitt cirka 250 kronor per passagerare och 56 öre per passagerarkilometer. Utslaget på enbart jetplanen hamnar kostnaden på drygt 370 kronor per passagerare och 85 öre per passagerarkilometer. Noterbart är att många tomflygningar sker inom kategorin taxiflyg, och att många av dessa är turbopropellerplan, vilket gör att det blir relativt stora skillnader mellan att beräkna genomsnittskostnader för samtliga flygrörelser med taxiflyg och genomsnittskostnader då tomflyg exkluderas. Utan beaktande av tomflyg ökar genomsnittliga värderingen för taxiflygen till 3,8 kronor per fordonskilometer och 1 367 kronor per flygrörelse.

När det gäller utfall för flyglinjer är det endast möjligt att redovisa linjer som hade minst tre operatörer 2016. På inrådan av Transportstyrelsen redovisas därför endast utfall för passagerarflyg mellan Stockholm och Malmö samt mellan Stockholm och Umeå, där flyg från Stockholm kan ankomma och avgå från både Bromma och Arlanda. Beräkningarna bygger på samtliga flygrörelser i båda riktningarna 2016. Resultatet redovisas i Tabell 23. Eftersom dessa linjer tillhör de mest trafikerade i Sverige hamnar resultaten relativt nära genomsnitten för passagerarflyg totalt. Sett över samtliga flyglinjer inrikes varierar resultaten per fordonskilometer mellan cirka 5 och 24 kronor och per flygrörelse mellan 1 300 och 22 000. De lägre kostnaderna gäller för linjer med enbart mindre turbopropellerplan eller mindre jetplan som inte ger upphov till några höghöjdseffekter. Per passagerare varierar den genomsnittliga kostnaden i huvudsak mellan cirka 35 och 170 kronor och per passagerarkilometer mellan 11 och 30 öre. Det finns dock exempel på linjer som specialiserat sig på affärsflyg där kostnaderna per passagerare kan hamna över långt över 1 000 kronor och där kostnaden per passagerarkilometer kan vara flera kronor.

Tabell 23. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för passagerarflyg mellan Stockholm och Malmö respektive Stockholm och Umeå (båda riktningarna) 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Linje	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm-Malmö	13,9	7,4	21,3	7 756	4 113	11 870	84	44	128	0,15	0,08	0,23
Sthlm-Umeå	12,3	7,6	19,9	6 525	3 952	10 477	73	35	108	0,14	0,07	0,21

En jämförelse av svenska flygplatser för avgående passagerarflyg inrikes redovisas i Tabell 24. Tabellen har begränsats till flygplatser som hade minst 100 avgångar 2016. Det blir ganska stora skillnader i resultat på grund av skillnader i genomsnittliga flygavstånd och skillnader i balansen mellan turbopropeller- och turbofläktplan. De flygplatser som 2016 saknade avgångar med turbofläktplan får inte heller några beräknade kostnader för höghöjdseffekter. Den genomsnittliga kostnaden per fordonskilometer, inklusive höghöjdseffekter, varierar mellan cirka 3 och 22 kronor. De genomsnittliga kostnaderna per flygning varierar mellan drygt 300 kronor för de mindre flygplatserna med relativt korta flygsträckor till över 13 000 kronor för flygplatserna i norr där flygavstånden i regel är långa. Studeras genomsnittliga kostnader per passagerare varierar utfallet mellan drygt 50 kronor för avgående flyg från Visby till knappt 790 kronor för avgående flyg från Lycksele. Kostnaderna för koldioxid per passagerarkilometer rör sig för merparten av flygplatserna mellan cirka 11 till 20 öre, men en del mindre flygplatser har beräknade kostnader kring 45 öre och några enstaka har kostnader över en krona. I vissa fall kan höga kostnader per person och personkilometer förmodligen förklaras av en hög andel affärsflyg, exempelvis för flyg från Jönköping och Hagfors.

Tabell 24. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för avgående passagerarflyg inrikes från svenska flygplatser med över 100 avgångar 2016; Utsläpp enligt metod VTI (FOI_LTO3) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå och sorterat efter antal avgångar.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Flygplats	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm (ARN)	13,1	6,1	19,2	6 708	3 138	9 846	79	41	120	0,14	0,07	0,21
Sthlm (BRM)	9,1	2,7	11,9	3 960	1 185	5 145	73	43	116	0,16	0,09	0,25
Gbg/Landvetter	13,4	5,3	18,7	6 255	2 463	8 718	78	33	111	0,17	0,07	0,25
Malmö	13,4	6,8	20,2	7 278	3 702	10 980	85	44	130	0,15	0,08	0,23
Umeå	11,2	4,3	15,6	6 025	2 312	8 337	79	36	115	0,15	0,07	0,22
Luleå	13,9	8,5	22,4	10 388	6 356	16 745	91	56	147	0,12	0,07	0,20
Visby	8,6	0,2	8,8	2 146	53	2 199	43	9	52	0,17	0,04	0,21
Åre Östersund	10,8	3,6	14,4	5 043	1 682	6 725	79	34	112	0,16	0,07	0,24
Ängelholm	9,4	2,8	12,2	4 704	1 391	6 095	72	45	117	0,14	0,09	0,23
Sundsvall Timrå	9,0	1,6	10,6	3 653	644	4 296	73	24	96	0,19	0,07	0,26
Kalmar	8,0	0,7	8,7	2 791	249	3 040	59	28	88	0,17	0,08	0,24
Ronneby	9,7	2,6	12,3	4 129	1 096	5 225	75	38	113	0,17	0,09	0,26
Jönköping	5,8	0,2	6,0	1 680	64	1 743	149	125	274	0,42	0,19	0,61
Skellefteå	13,8	7,6	21,4	8 691	4 772	13 463	95	52	148	0,15	0,08	0,24
Karlstad	6,4	0,2	6,6	1 631	55	1 686	96	8	103	0,37	0,04	0,40
Halmstad	6,1	0,0	6,2	2 767	21	2 788	63	45	109	0,14	0,09	0,23
Arvidsjaur	9,9	3,4	13,2	4 512	1 547	6 059	338	157	495	0,48	0,22	0,71
Örnsköldsvik	6,3	0,0	6,3	2 867	16	2 882	83	145	228	0,18	0,30	0,48
Kiruna	13,3	8,9	22,2	12 328	8 256	20 584	102	68	171	0,11	0,07	0,18
Vilhelmina	4,9		4,9	1 728		1 728	236		236	0,49		0,49
Växjö/Kronoberg	6,8	0,2	7,0	2 457	70	2 526	60	64	124	0,17	0,12	0,29
Mora/Siljan	3,8	0,0	3,8	792	9	801	197	21	218	0,51	0,07	0,58
Kramfors-Sollefteå	4,7		4,7	1 428		1 428	292		292	0,72		0,72
Örebro	3,3	0,0	3,3	978	15	993	363	321	685	0,76	0,47	1,23
Trollhättan/Vbg	6,8	0,0	6,8	2 493	18	2 511	86	71	157	0,23	0,19	0,43
Borlänge	3,2	0,0	3,3	877	12	889	125	133	257	0,40	0,23	0,63
Hagfors	3,8		3,8	595		595	304		304	1,16		1,16
Lycksele	4,6	0,1	4,6	1 576	20	1 595	113	675	788	0,30	0,93	1,23
Gällivare	13,0	0,7	13,7	2 849	164	3 012	97	8	105	0,45	0,04	0,49
Kristianstad	5,7	0,1	5,8	2 883	66	2 949	106	145	251	0,21	0,30	0,50
Sveg	3,8		3,8	549		549	101		101	0,71		0,71
Hemavan Tärnaby	5,7		5,7	1 289		1 289	88		88	0,38		0,38
Pajala	3,0		3,0	636		636	259		259	1,23		1,23
Torsby	7,3		7,3	317		317	63		63	1,36		1,36

4.2. Utrikes

Marginalkostnaden för utrikes flygrörelser bygger i denna rapport, precis som i Österström (2016), på beräknade utsläpp från kompletta flygrörelser från svenska flygplatser till flygplatser i utlandet. Ett alternativ hade varit att beräkna marginalkostnader för utsläpp från flygrörelser till/från Sverige som sker över svenskt luftrum. Skillnaderna mellan dessa angreppssätt är att kostnaden per flygning och per flygstol blir betydligt högre om kompletta flygrörelser för avgående flyg beaktas jämfört med om enbart utsläpp över svenskt luftrum beaktas. Kostnaden per fordons- eller passagerarkilometer påverkas också av valet, men inte lika mycket eftersom utsläpp per kilometer från ett flygplan framförallt skiljer sig åt när kortare sträckor jämförs. För sträckor över cirka 100 mil beräknas utsläpp per kilometer till ungefär samma nivå oavsett tillkommande flygsträcka.

I Österström (2016) diskuteras även ett tredje alternativ; att försöka beräkna marginalkostnader för de utsläpp som svenska flygpassagerare orsakar, vilket skulle kräva information om andelen svenska passagerare på olika flygplan och dessutom information om svenska passagerare på flyg mellan utländska flygplatser. Detta alternativ har inte varit möjligt att välja med det data som varit tillgängligt till denna rapport.

Österström (2016) konstaterar att det inte finns någon norm för hur utsläpp från internationella flygresor ska hanteras och att valet blir avhängigt vad som för tillfället kan anses vara det mest sannolika angreppssättet för att internalisera den internationella trafikens externa effekter. Idag hanteras koldioxidutsläpp inom EES genom systemet för handel med utsläppsrätter, vilket innebär att flygbolag som ordnar flyg mellan flygplatser inom EU ETS behöver utsläppsrätter för den mängd koldioxid som flygresorna orsakar. Det är inte omöjligt att systemet i framtiden kommer att utvecklas för att successivt inkludera flyg till/från flygplatser även utanför EES. Det system som drivits fram inom ICAO och som nu föreslås som ett sätt att hindra CO_2-utsläppen från internationellt flyg från att stiga mer från och med år 2020 (CORSIA – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation) bygger också på att kontrollera CO_2-utsläpp per flygrutt. För höghöjdseffekter finns inget system för internalisering, men även här är det möjligt att en överstatlig lösningskulle sökas inom systemet för handel med utsläppsrätter. Ur detta perspektiv tycks det rimligt att för svenskt vidkommande redovisa marginalkostnader för den internationella trafikens klimatpåverkande utsläpp baserat på kompletta flygrörelser som avgår från svenska flygplatser.

Miljöpåverkande och hälsofarliga utsläpp är svårare att hantera eftersom dessa utsläpp måste kopplas till ett effektområde som kan finnas långt ifrån det ställe där utsläppet sker. Lokala externa effekter, som exempelvis buller, hanteras lämpligast, som idag, via flygplatsavgifter.

Resultaten för flygrörelser från svenska flygplatser till utländska flygplatser redovisas i denna rapport uppdelat på flygrörelser inom EU ETS och utanför EU ETS, men eftersom det finns möjlighet att stämma av resultaten mot Naturvårdsverkets redovisade resultat för totala utsläpp av koldioxidekvivalenter redovisas i Tabell 25 en beräkning baserad på utrikes flygrörelser totalt. Oavsett vald metod för avståndskorrigering tycks det angreppssätt som används i denna rapport (att räkna på utsläpp för varje enskild flygrörelse) på en aggregerad nivå ge jämförbara resultat med att fördela Naturvårdsverkets redovisade totala utsläpp av koldioxidekvivalenter på antal fordonskilometer och antal flygrörelser.

Tabell 25. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid per fordonskilometer respektive flygrörelse från avgående flyg utrikes 2016; Värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	VTI (ICAO)	VTI (kontinuerlig)	NVV 2016
Per fkm	14,1	14,1	14,4
Per flygning	21 066	21 265	21 612
Per fkm (exkl. tomflyg)	14,4	14,4	
Per flygning (exkl. tomflyg)	21 689	21 895	

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016).

4.2.1. Inom EU ETS

För flygningar utrikes är det viktigt att särskilja flygrörelser inom EU:s handelssystem för utsläppsrätter (ETS) eftersom flygbolag som trafikerar dessa, likt inrikesflyget, agerar inom ett system som ska internalisera den externa kostnaden för utsläpp av koldioxid. De flygplatser som i Transportsstyrelsens data över flygrörelser ingår i EU ETS, och därmed i denna sammanställning, finns redovisade i Bilaga 1.

Genomsnitt för samtliga avgående flyg från Sverige till flygplatser inom EU ETS, med och utan beaktande av tomflyg, finns redovisade i Tabell 26. Oavsett metod för avståndskorrigering beräknas genomsnittlig kostnad per kilometer till 12,5 kronor inklusive tomflyg och 12,8 kronor exklusive tomflyg. Kostnaden per flygrörelse hamnar strax över 15 000 kronor om tomflyg beaktas och strax under 16 000 om de exkluderas. Resultaten ligger något under de som presenterades i Österström (2016).

Tabell 26. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid och höghöjdseffekter per fordonskilometer respektive flygrörelse från avgående flyg utrikes inom EU ETS 2016; Värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Värdering	VTI (ICAO)	VTI (kontinuerlig)	VTI (2016)
Per fkm	CO_2	12,5	12,5	
	Höghöjds-effekt	8,9	8,7	
Per flygning	CO_2	15 265	15 330	
	Höghöjds-effekt	10 789	10 676	
Per fkm (exkl. tomflyg)	CO_2	12,8	12,8	13,6
	Höghöjds-effekt	8,9	8,9	8,7
Per flygning (exkl. tomflyg)	CO_2	15 715	15 784	16 490
	Höghöjds-effekt	10 954	11 021	11 958

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016).

Kostnaden för höghöjdseffekter beräknas till i genomsnitt 8,7 respektive 8,9 kronor per fordonskilometer beroende på hantering av tomflyg. Detta ligger i nivå med resultaten i Österström (2016). Den genomsnittliga kostnaden per flygrörelse beräknas något lägre än i Österström (2016), knappt 11 000 kronor jämfört med knappt 12 000 kronor per flygning. En höghöjdsfaktor för att räkna upp kostnaden för koldioxid till en kostnad inklusive höghöjdseffekter beräknas därmed till cirka 1,69.

Eftersom det blir små skillnader mellan metoderna för avståndskorrigering redovisas i fortsättningen endast resultaten från metod VTI (kontinuerlig).

I Tabell 27 redovisas genomsnittliga kostnader för avgående flyg från Sverige till flygplatser inom EU ETS uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg och tomflyg. Till skillnad från inrikesflyget sker merparten av flygningarna utomlands med turbofläktplan, vilket gör att snittet för samtliga flygrörelser hamnar närmare resultaten för denna flygplanskategori. Studeras kostnader per fordonskilometer är det fraktflyget som i genomsnitt har högst kostnader för utsläpp av koldioxid, 19,3 kronor per fordonskilometer. Postflyget, där samtliga flygrörelser 2016 skedde med turbofläktplan, beräknas i genomsnitt ha en kostnad på 15,5 kronor per fordonskilometer. Motsvarande siffra för passagerarplanen beräknas till 12,7. Kostnaden för koldioxid per flygrörelse beräknas till i genomsnitt cirka 15 800 kronor för passagerarplan, 14 000 kronor för fraktflyg och 27 900 kronor för postflyg. För passagerarplanen beräknas en genomsnittlig kostnad per flygstol till knappt 105 kronor, vilket är ungefär dubbelt så mycket som för passagerartrafiken inrikes. Skillnaderna beror dels på att flygsträckorna i genomsnitt är längre, dels på att andelen flygrörelser mer turbopropellerplan är lägre. Kostnaden för koldioxidutsläpp per passagerare beräknas till i genomsnitt 140 kronor, vilket kan jämföras med 80 kronor för inrikestrafiken. Eftersom utrikesresorna i regel är längre än inrikesresorna beräknas kostnaden per passagerarkilometer lägre för utrikes flygrörelser än inrikes, 9 öre jämfört med 15 öre.

Tabell 27. Genomsnittliga kostnader för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton samt personkilometer/tonkilometer 2016 för flyg utrikes inom EU ETS; Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	15 833	105	140	0,09
		Turbofläkt	13,0	17 740	108	143	0,09
		Turboprop	6,1	2 920	45	76	0,16
	Höghöjd	Samtliga	7,9	9 935	66	99	0,07
		Turbofläkt	8,4	11 402	70	119	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	19,3	14 031		2 066	2,91
		Turbofläkt	21,4	17 408		2 163	2,93
		Turboprop	5,7	2 565		1 015	2,56
	Höghöjd	Samtliga	10,1	7 371		1 086	1,53
		Turbofläkt	11,8	9 542		1 186	1,61
Postflyg	CO_2	Samtliga	15,5	27 910		-	-
		Turbofläkt	15,4	28 296		-	-
		Turboprop	15,6	19 800		-	-
	Höghöjd	Samtliga	10,9	19 604		-	-
		Turbofläkt	11,2	20 537		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,5	6 235	56		
		Turbofläkt	7,2	7 730	56		
		Turboprop	2,4	1 713	57		
	Höghöjd	Samtliga	3,5	3 356	30		
		Turbofläkt	4,1	4 408	32		

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

Höghöjdseffekterna per fordonskilometer beräknas ligga mellan 8 och 11 kronor beroende på kategori. Kostnaden per flygrörelse beräknas till cirka 7 300 för fraktflyg, 11 100 för passagerarflyg och 19 500 för postflyg. För passageraflygen beräknas en kostnad för höghöjdseffekter till i genomsnitt 99 kronor per passagerare och 7 öre per passagerarkilometer. För fraktflygen beräknas en kostnad per ton till i genomsnitt knappt 1 100 kronor och en genomsnittlig kostnad per tonkilometer till drygt 1,5 kronor. För postflyget saknas uppgifter för att beräkna kostnader per ton och tonkilometer.

Uppdelning på rörelsesubklasser inom linjefart, charter och taxiflyg redovisas i bilaga 3. De nivåskillnader som redovisades för inrikesflyget gäller i stort även för utrikesflyget.

På nästan samtliga svenska flygplatser erbjuds flyg utrikes till flygplatser inom EU ETS, se Tabell 28. Den genomsnittliga kostnaden per fordonskilometer för avgående flyg beräknas för de större flygplatserna ligga runt cirka 10 till 13 kronor för koldioxid och 20 till 22 kronor inklusive höghöjdseffekter. De genomsnittliga kostnaderna per flygrörelse varierar mycket, även bland de större flygplatserna. För Landvetter beräknas de till knappt 24 600 kronor inklusive höghöjdseffekter medan de för Malmö beräknas till ungefär 33 300 kronor. För Arlanda, som användes till cirka 63 procent av flygrörelserna 2016, beräknas motsvarande siffra till cirka 27 300. Bromma får lägre kostnader framförallt på grund av en högre andel flygningar med turbopropellerplan. Per passagerare beräknas den totala kostnaden, inklusive höghöjdseffekter, för avgående flyg från Arlanda till i genomsnitt cirka 240 kronor och för övriga flygplatser varierar kostnaden mellan drygt 200 och knappt 500 kronor. Kostnaden per personkilometer hamnar på mellan 8 och 17 öre för koldioxid och mellan 6 och 13 öre för höghöjdseffekter. Undantaget är Göteborg Säve som, förutom en stor del flygningar med turbopropellerplan 2016, hade relativt många flygningar med mindre jetplan vilket ger låga kostnader per fordonskilometer och flygrörelse, men höga kostnader per passagerare och passagerarkilometer.

Tabell 28. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för avgående passagerarflyg från svenska flygplatser med minst 100 avgångar till flygplatser inom EU ETS 2016; Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå och sorterat efter antal avgångar.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Flygplats	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO2**	**HHE**	**Totalt**	**CO2**	**HHE**	**Totalt**	**CO2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm (ARN)	13,1	9,1	22,2	16 137	11 180	27 317	139	100	239	0,10	0,07	0,16
Gbg/Landvetter	12,6	8,8	21,4	14 497	10 055	24 552	136	101	236	0,09	0,07	0,16
Sthlm (NYO)	13,0	9,4	22,5	18 995	13 771	32 766	123	90	213	0,08	0,06	0,14
Sthlm (BRM)	7,8	4,9	12,8	7 785	4 899	12 684	171	172	344	0,17	0,13	0,30
Malmö	12,9	9,5	22,4	19 236	14 150	33 386	138	101	239	0,08	0,06	0,15
Linköping	10,4	6,2	16,6	9 318	5 554	14 872	139	97	236	0,14	0,09	0,24
Jönköping	8,5	6,6	15,1	12 216	9 535	21 751	266	208	475	0,10	0,08	0,18
Örebro	11,4	8,8	20,2	15 206	11 645	26 851	235	180	416	0,09	0,07	0,15
Luleå	10,2	8,3	18,4	14 549	11 802	26 351	244	219	463	0,07	0,06	0,13
Sthlm (VST)	11,2	8,6	19,8	18 066	13 901	31 967	164	130	294	0,08	0,06	0,14
Norrköping	9,9	8,3	18,2	22 474	18 979	41 453	252	214	465	0,08	0,07	0,15
Växjö/Kronoberg	11,4	9,4	20,8	27 400	22 589	49 989	186	154	340	0,07	0,06	0,14
Umeå	11,1	9,2	20,3	27 265	22 773	50 039	234	220	454	0,07	0,06	0,13
Gbg/Säve	2,9	0,7	3,6	2 782	704	3 486	1 027	3 460	4 488	1,07	3,10	4,17
Arvidsjaur	9,7	7,5	17,2	18 876	14 737	33 613	276	216	492	0,14	0,11	0,25
Kalmar	10,5	8,6	19,0	22 814	18 674	41 488	219	191	410	0,07	0,06	0,14
Karlstad	11,2	9,7	20,9	31 445	27 121	58 567	243	210	452	0,07	0,06	0,13

Ett par exempel på utfall per flyglinje redovisas i Tabell 29. De genomsnittliga kostnaderna koldioxidutsläpp per fordonskilometer ligger i linje med de längre flygningarna inrikes, i genomsnitt cirka 14 kronor. Bland de mest trafikerade linjerna varierar kostnaden mellan cirka 9 och 21 kronor per fordonskilometer. Höghöjdseffekterna beräknas till mellan 4 och 11 kronor per fordonskilometer. Kostnaderna per flygrörelse beräknas dock högre än för inrikestrafiken, vilket delvis förklaras av att sträckorna trafikeras av större flygplan.

Tabell 29. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för passagerarflyg mellan Stockholm och Amsterdam respektive Stockholm och Frankfurt (båda riktningarna) 2016; Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Linje	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm (ARN)-Amsterdam	13,4	9,3	22,6	16 637	11 556	28 193	118	82	200	0,09	0,07	0,16
Sthlm (ARN)-Frankfurt	13,8	9,8	23,6	18 192	12 872	31 064	139	99	238	0,11	0,07	0,18

Kostnaderna per passagerarkilometer beräknas i genomsnitt ligga under motsvarande kostnader för inrikesflyget medan kostnaderna per passagerare beräknas högre. Det senare beror på att flygsträckorna i genomsnitt är längre än de inrikes sträckorna.

4.2.2. Utanför EU ETS

Flyg från/till en flygplats inom EU ETS till/från en flygplats utanför EU ETS är idag undantagna från systemet med utsläppsrätter, men undantaget kan i framtiden komma att plockas bort. Tills vidare är det emellertid relevant att titta på genomsnittliga kostnader för koldioxidutsläpp och höghöjdseffekter sammantaget.

Tabell 30. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid och höghöjdseffekter per fordonskilometer respektive flygrörelse från avgående flyg utrikes utanför EU ETS 2016; Värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

		VTI (ICAO)	**VTI (kontinuerlig)**	**VTI (2016)**
Per fkm	CO_2	18,2	18,2	
	Höghöjdseffekt	16,5	16,3	
	Totalt	34,7	34,5	
Per flygning	**CO_2**	63 559	64 732	
	Höghöjdseffekt	57 503	58 019	
	Totalt	121 062	122 741	
Per fkm (exkl. tomflyg)	**CO_2**	18,4	18,5	17,0
	Höghöjdseffekt	16,5	16,5	14,8
	Totalt	34,9	35,0	31,8
Per flygning (exkl. tomflyg)	**CO_2**	64 467	65 658	73 021
	Höghöjdseffekt	57 665	58 858	66 437
	Totalt	122 132	124 516	139 458

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016).

Med få undantag sker flyg från svenska flygplatser till flygplatser utanför EU ETS med turbofläktplan, vilket gör att de genomsnittliga kostnaderna för både koldioxidutsläpp och höghöjdseffekter blir

relativt höga. Med en värdering enligt Samkost 2 och den metodik som finns beskriven i denna rapport hamnar kostnaden på 18,2 kronor per fordonskilometer för koldioxid och 16,3 kronor per fordonskilometer för höghöjdseffekter. Totalt 34,5 kronor per fordonskilometer. Exkluderas tomflyg hamnar resultaten på 18,4 respektive 18,5 kronor per fordonskilometer, för koldioxid, beroende på metod för avståndskorrigering. För höghöjdseffekter beräknas kostnaden till 16,5 respektive 16,6 kronor per fordonskilometer och totalt till 34,9 respektive 35,1 kronor per fordonskilometer. Genomsnittlig kostnad per flygrörelse beräknas till mellan 120 000 och 125 000 kronor. Höghöjdsfaktorn för avgående flyg från Sverige till flygplatser utanför EU ETS beräknas till 1,90.

För passagerarflyg beräknas genomsnittliga kostnaden för CO_2-utsläpp till 18,1 kronor per fordonskilometer, knappt 64 000 kronor per flygrörelse, cirka 312 kronor per flygstol, 417 kronor per passagerare och 10 öre per personkilometer, se Tabell 31. Höghöjdseffekterna för passagerarflygen beräknas till i genomsnitt 14,4 kronor per fordonskilometer, knappt 51 200 kronor per flygrörelse, cirka 250 kronor per flygstol, drygt 370 kronor per passagerare och cirka 9 öre per personkilometer.

Fraktflyg beräknas i genomsnitt ha koldioxidutsläpp som enligt Samkost 2 ska värderas till 33,2 kronor per fordonskilometer, cirka 140 000 kronor per flygrörelse, knappt 5 000 kronor per ton och 1,15 kronor per tonkilometer. Höghöjdseffekterna beräknas i sin tur till 30,0 kronor per fordonskilometer, knappt 126 600 kronor per flygrörelse, drygt 4 400 kronor per ton och 1,04 kronor per tonkilometer.

Tabell 31. Genomsnittliga kostnader för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, flygstol, passagerare/ton samt personkilometer/tonkilometer 2016 för flyg utrikes utanför EU ETS; Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) uppdelat på passagerarflyg, fraktflyg, postflyg, tomflyg samt motortyp och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	18,1	63 967	312	417	0,10
		Turbofläkt	18,1	64 046	312	417	0,10
		Turboprop	3,2	4 906	191	577	0,35
	Höghöjd	Samtliga	14,4	51 177	250	374	0,09
		Turbofläkt	14,5	51 245	250	429	0,09
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	33,2	139 971		4 880	1,15
		Turbofläkt	33,2	140 335		4 885	1,15
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	30,0	126 440		4 408	1,04
		Turbofläkt	30,0	126 821		4 414	1,04
Postflyg	CO_2	Samtliga	20,8	124 217		-	-
		Turbofläkt	21,4	136 891		-	-
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	19,1	114 225		-	-
		Turbofläkt	19,8	126 917		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	8,8	29 629	266		
		Turbofläkt	9,0	31 988	268		
		Turboprop	4,0	6 226	185		
	Höghöjd	Samtliga	7,0	23 394	210		
		Turbofläkt	7,3	25 753	216		

Anm.: För ett tomflyg har förbrukning och utsläpp beräknats till hälften av den aktuella flygplanstypens förbrukning och utsläpp enligt de antaganden som gjorts, om bland annat kabinfaktor, i beräkningarna av Eurocontrol till EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook (2016). Ett ”-” indikerar att det saknas uppgifter i Transportstyrelsens data för att beräkna uppgiften.

För postflygen beräknas kostnaden för koldioxidutsläpp till 20,8 kronor per fordonskilometer och cirka 124 200 kronor per flygrörelse. Höghöjdseffekterna beräknas i genomsnitt till 19,1 kronor per fordonskilometer och 114 300 kronor per flygrörelse. För postflygen saknas uppgifter för att beräkna kostnader per ton och tonkilometer.

Resultat för svenska flygplatser redovisas i Tabell 32. Även i detta fall studeras enbart passagerarflyg. Majoriteten av flygrörelserna till flygplatser utanför EU ETS 2016, cirka 78 procent, avgick från Arlanda. Även Landvetter och Malmö hade relativt många flygningar till flygplatser utanför EU ETS. I övrigt var det endast Bromma och Skavsta som hade fler än 100 avgångar till flygplatser utanför EU ETS, övriga redovisade flygplatser hade färre än 50 avgående flyg 2016.

Tabell 32. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för avgående passagerarflyg från svenska flygplatser med minst 100 avgångar till flygplatser utanför EU ETS 2016; Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå och sorterat efter antal avgångar.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Flygplats	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm (ARN)	19,0	17,2	36,1	74 136	67 061	141 197	465	420	885	0,10	0,09	0,18
Göteborg	13,6	11,4	25,0	32 891	27 722	60 612	248	209	457	0,09	0,08	0,16
Malmö	11,9	9,1	21,0	20 214	15 398	35 612	139	106	245	0,08	0,06	0,15
Sthlm (NYO)	11,5	8,9	20,4	21 121	16 360	37 482	143	111	253	0,08	0,06	0,14
Sthlm (BRM)	4,2	3,5	7,7	9 858	8 229	18 087	2 707	2 265	4 972	1,11	0,93	2,04

Det är också för Arlanda som genomsnittliga kostnader för både koldioxidutsläpp och höghöjdseffekter från avgående flyg beräknas vara som högst, 19,0 respektive 17,2 eller totalt cirka 36 kronor per fordonskilometer. För övriga nämnda flygplatser beräknas kostnaden för koldioxid och höghöjdseffekter sammantaget ligga på i genomsnitt mellan cirka 20 och 25 kronor per fordonskilometer. Det är större variation i genomsnittliga kostnader per flygrörelse, men även här beräknas kostnaden för avgående flyg från Arlanda ligga särskilt högt med en sammanlagd kostnad på knappt 141 200 kronor per flygrörelse. Studeras kostnad per flygstol är det Bromma som sticker ut på grund av en relativt hög andel flyg med mindre jetplan. För Bromma beräknas kostnaden per passagerare till i genomsnitt cirka 5 000 kronor och 2,04 kronor per passagerarkilometer.

Resultat för ett par längre flygningar till/från Arlanda redovisas i Tabell 33. Flyg till/från New York beräknas generera en klimatkostnad på totalt 38 kronor per fordonskilometer, drygt 249 000 per flygrörelse, 1 115 kronor per passagerare och 17 öre per passagerarkilometer. För flyg till/från Phuket beräknas kostnaderna till knappt 45 kronor per fordonskilometer, 411 000 kronor per flygrörelse, 1 354 kronor per passagerare och 15 öre per passagerarkilometer.

Tabell 33. Genomsnittlig kostnad för utsläpp av koldioxid samt höghöjdseffekter per fordonskilometer, flygrörelse, passagerare och passagerarkilometer för passagerarflyg mellan Stockholm och New York respektive Stockholm och Phuket (båda riktningarna) 2016. Utsläpp enligt metod VTI (kontinuerlig) och värdering enlig Samkost 2; kronor i 2015-års prisnivå.

	Per fkm			Per flygning			Per passagerare			Per pkm		
Linje	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**	**CO_2**	**HHE**	**Totalt**
Sthlm/Arlanda-New York	19,8	18,3	38,0	129 635	119 683	249 318	580	535	1 115	0,09	0,08	0,17
Sthlm/Arlanda-Phuket	23,4	22,2	45,6	211 091	199 927	411 017	695	658	1 354	0,08	0,07	0,15

Referenser

Azar, C. & Johansson, D. J. (2012). Valuing the non-CO2 climate impacts of aviation. *Climatic Change,* 111 (3-4), ss 559-579.

Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP) & Modelling and Databases Group (MDG) (2012). *Development of a CAEP/10 Great Circle Adjustment* (CAEP/9-MDG/9-WP/9). Montréal: ICAO.

EUROCONTROL (2017). *EUROCONTROL method for estimating aviation fuel burnt and emissions*. Bryssel: EUROCONTROL.
https://www.eurocontrol.int/publications/eurocontrol-method-estimating-aviation-fuel-burnt-and-emissions

European Aviation Safety Agency (EASA), European Environment Agency (EEA) & EUROCONTROL (2016). *European Aviation Environmental Report 2016*. Köln: EASA.
https://www.easa.europa.eu/

ICAO (2017). *ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology: Version 10*. Montréal: ICAO.
https://www.icao.int

Mårtensson, T. & Hasselrot, A. (2013). *Beräkning av avgasemissioner från flygtrafik: Beskrivning av FOI3-metoden* (FOI-R—3677—SE). Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut.

Mårtensson, T., Sjöberg, T. & Bergviken, P. (2016). *Inrikesflygets klimatpåverkan – en analys av radarspår* (Projektrapport: TSA-2016-122). Norrköping: Transportstyrelsen.

Naturvårdsverket (2017). *National Inventory Report Sweden 2017: Greenhouse Gas Emission Inventories 1990-2015*. Stockholm: Naturvårdsverket.

Nilsson, J-E., Haraldsson, M. (2016). *SAMKOST 2: Redovisning av regeringsuppdrag kring trafikens samhällsekonomiska kostnader* (VTI rapport 914). Linköping: VTI.

The European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) & European Environment Agency (EEA) (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016: Technical guidance to prepare national emission inventories*, chapter 1.A.3.a Aviation 2016. Köpenhamn: EEA.
https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016

The European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) & European Environment Agency (EEA) (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016: Technical guidance to prepare national emission inventories*, chapter 1.A.3.a Aviation – Annex 5 – LTO emissions calculator 2016. Köpenhamn: EEA.
https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016

The European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) & European Environment Agency (EEA) (2016). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016: Technical guidance to prepare national emission inventories*, chapter 1.A.3.a Aviation – Annex 5 – Master emission calculator 2016. Köpenhamn: EEA.
https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016

Trafikanalys (2018). *Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader* (Rapport 2018:7). Östersund: Trafikanalys.

Österström, J. (2016). *Luftfartens marginalkostnader: En delrapport inom Samkost 2* (VTI rapport 907). Linköping: VTI

Bilaga 1. Flygplatser i Transportstyrelsens flygdata som 2016 tillhörde EU ETS

ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land
BIEG	Island	EDFH	Tyskland	EETU	Estonia
BIKF	Island	EDFM	Tyskland	EFET	Finland
BIRK	Island	EDFQ	Tyskland	EFEU	Finland
EBAW	Belgien	EDGE	Tyskland	EFHF	Finland
EBBR	Belgien	EDGS	Tyskland	EFHK	Finland
EBCI	Belgien	EDHI	Tyskland	EFIV	Finland
EBKT	Belgien	EDHK	Tyskland	EFJO	Finland
EBLG	Belgien	EDHL	Tyskland	EFJY	Finland
EBMB	Belgien	EDJA	Tyskland	EFKI	Finland
EBOS	Belgien	EDLD	Tyskland	EFKK	Finland
EDAB	Tyskland	EDLE	Tyskland	EFKS	Finland
EDAD	Tyskland	EDLN	Tyskland	EFKT	Finland
EDAH	Tyskland	EDLP	Tyskland	EFKU	Finland
EDAQ	Tyskland	EDLV	Tyskland	EFLP	Finland
EDAV	Tyskland	EDLW	Tyskland	EFMA	Finland
EDAY	Tyskland	EDMA	Tyskland	EFMI	Finland
EDAZ	Tyskland	EDMO	Tyskland	EFOU	Finland
EDBC	Tyskland	EDNY	Tyskland	EFPO	Finland
EDBM	Tyskland	EDQC	Tyskland	EFRO	Finland
EDCG	Tyskland	EDQG	Tyskland	EFSA	Finland
EDDB	Tyskland	EDQM	Tyskland	EFSI	Finland
EDDC	Tyskland	EDQT	Tyskland	EFTP	Finland
EDDE	Tyskland	EDRK	Tyskland	EFTU	Finland
EDDF	Tyskland	EDRS	Tyskland	EFUT	Finland
EDDG	Tyskland	EDRY	Tyskland	EFVA	Finland
EDDH	Tyskland	EDRZ	Tyskland	EGAA	Storbritannien
EDDK	Tyskland	EDSB	Tyskland	EGAC	Storbritannien
EDDL	Tyskland	EDTL	Tyskland	EGBB	Storbritannien
EDDM	Tyskland	EDTM	Tyskland	EGBE	Storbritannien
EDDN	Tyskland	EDTY	Tyskland	EGBJ	Storbritannien
EDDP	Tyskland	EDWC	Tyskland	EGBP	Storbritannien
EDDR	Tyskland	EDVE	Tyskland	EGCC	Storbritannien
EDDS	Tyskland	EDVK	Tyskland	EGCN	Storbritannien
EDDT	Tyskland	EDWO	Tyskland	EGDX	Storbritannien
EDDV	Tyskland	EDXW	Tyskland	EGFF	Storbritannien
EDDW	Tyskland	EEKE	Estonia	EGGD	Storbritannien
EDFE	Tyskland	EETN	Estonia	EGGP	Storbritannien

ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land
EGGW	Storbritannien	EHEH	Nederländerna	ENLK	Norge
EGHH	Storbritannien	EHGG	Nederländerna	ENML	Norge
EGHI	Storbritannien	EHLE	Nederländerna	ENMS	Norge
EGKA	Storbritannien	EHRD	Nederländerna	ENNM	Norge
EGKB	Storbritannien	EHTE	Nederländerna	ENNO	Norge
EGKK	Storbritannien	EHWO	Nederländerna	ENOL	Norge
EGLC	Storbritannien	EICK	Irland	ENOP	Norge
EGLF	Storbritannien	EIDW	Irland	ENRA	Norge
EGLK	Storbritannien	EINN	Irland	ENRK	Norge
EGLL	Storbritannien	EIWT	Irland	ENRO	Norge
EGMC	Storbritannien	EKAH	Danmark	ENRY	Norge
EGMD	Storbritannien	EKBI	Danmark	ENSG	Norge
EGNC	Storbritannien	EKCH	Danmark	ENSH	Norge
EGNE	Storbritannien	EKEB	Danmark	ENSO	Norge
EGNH	Storbritannien	EKKA	Danmark	ENTC	Norge
EGNJ	Storbritannien	EKOD	Danmark	ENTO	Norge
EGNM	Storbritannien	EKRK	Danmark	ENVA	Norge
EGNR	Storbritannien	EKRN	Danmark	ENZV	Norge
EGNT	Storbritannien	EKSB	Danmark	EPBY	Polen
EGNV	Storbritannien	EKSN	Danmark	EPGD	Polen
EGNX	Storbritannien	EKSP	Danmark	EPKK	Polen
EGPA	Storbritannien	EKYT	Danmark	EPKT	Polen
EGPD	Storbritannien	ELLX	Luxemburg	EPLB	Polen
EGPE	Storbritannien	ENAL	Norge	EPLL	Polen
EGPF	Storbritannien	ENAN	Norge	EPMO	Polen
EGPH	Storbritannien	ENAT	Norge	EPPO	Polen
EGPK	Storbritannien	ENBN	Norge	EPRA	Polen
EGPN	Storbritannien	ENBO	Norge	EPRZ	Polen
EGSC	Storbritannien	ENBR	Norge	EPSC	Polen
EGSH	Storbritannien	ENCN	Norge	EPSY	Polen
EGSS	Storbritannien	ENDU	Norge	EPWA	Polen
EGTE	Storbritannien	ENEV	Norge	EPWR	Polen
EGTF	Storbritannien	ENFG	Norge	EPZG	Polen
EGTK	Storbritannien	ENGM	Norge	ETAR	Tyskland
EGVN	Storbritannien	ENHD	Norge	ETEF	Tyskland
EGWU	Storbritannien	ENHK	Norge	ETHN	Tyskland
EHAM	Nederländerna	ENKB	Norge	ETNL	Tyskland
EHBD	Nederländerna	ENKJ	Norge	ETSI	Tyskland
EHBK	Nederländerna	ENKR	Norge	EVRA	Lettland

ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land
EVRS	Lettland	LERS	Spanien	LFMQ	Frankrike
EVVA	Lettland	LESO	Spanien	LFMT	Frankrike
EYKA	Litauen	LEST	Spanien	LFMU	Frankrike
EYPA	Litauen	LEVC	Spanien	LFMV	Frankrike
EYPR	Litauen	LEVD	Spanien	LFOB	Frankrike
EYSA	Litauen	LEVX	Spanien	LFOK	Frankrike
EYVI	Litauen	LEZG	Spanien	LFOT	Frankrike
GCFV	Spanien	LEZL	Spanien	LFOV	Frankrike
GCLA	Spanien	LFAC	Frankrike	LFPB	Frankrike
GCLP	Spanien	LFAV	Frankrike	LFPG	Frankrike
GCRR	Spanien	LFBD	Frankrike	LFPO	Frankrike
GCTS	Spanien	LFBE	Frankrike	LFQB	Frankrike
LBBG	Bulgarien	LFBH	Frankrike	LFQG	Frankrike
LBSF	Bulgarien	LFBO	Frankrike	LFQQ	Frankrike
LBWN	Bulgarien	LFBT	Frankrike	LFQT	Frankrike
LCLK	Cypern	LFBX	Frankrike	LFRB	Frankrike
LCPH	Cypern	LFBZ	Frankrike	LFRD	Frankrike
LDDU	Kroatien	LFCH	Frankrike	LFRG	Frankrike
LDPL	Kroatien	LFGA	Frankrike	LFRI	Frankrike
LDRI	Kroatien	LFGJ	Frankrike	LFRK	Frankrike
LDSB	Kroatien	LFJL	Frankrike	LFRM	Frankrike
LDSP	Kroatien	LFJR	Frankrike	LFRN	Frankrike
LDZA	Kroatien	LFKB	Frankrike	LFRS	Frankrike
LDZD	Kroatien	LFKC	Frankrike	LFRZ	Frankrike
LEAL	Spanien	LFKF	Frankrike	LFSB	Schweiz
LEAM	Spanien	LFKJ	Frankrike	LFSD	Frankrike
LEBB	Spanien	LFLA	Frankrike	LFST	Frankrike
LEBG	Spanien	LFLB	Frankrike	LFTH	Frankrike
LEBL	Spanien	LFLC	Frankrike	LFTW	Frankrike
LECO	Spanien	LFLL	Frankrike	LGAV	Grekland
LECU	Spanien	LFLP	Frankrike	LGIR	Grekland
LEGE	Spanien	LFLS	Frankrike	LGKF	Grekland
LEGR	Spanien	LFLU	Frankrike	LGKL	Grekland
LEIB	Spanien	LFLX	Frankrike	LGKO	Grekland
LEIZ	Spanien	LFLY	Frankrike	LGKP	Grekland
LEMD	Spanien	LFMD	Frankrike	LGKR	Grekland
LEMG	Spanien	LFML	Frankrike	LGKV	Grekland
LEMH	Spanien	LFMN	Frankrike	LGMK	Grekland
LEPA	Spanien	LFMP	Frankrike	LGPZ	Grekland

ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land	ICAO-kod	Land
LGRP	Grekland	LIRS	Italien	LZSL	Slovakien
LGSA	Grekland	LIRZ	Italien	LZTT	Slovakien
LGSK	Grekland	LJLJ	Slovenien		
LGSM	Grekland	LJMB	Slovenien		
LGSR	Grekland	LKHK	Tjeckien		
LGTS	Grekland	LKKU	Tjeckien		
LGZA	Grekland	LKKV	Tjeckien		
LHBP	Ungern	LKMT	Tjeckien		
LHDC	Ungern	LKPD	Tjeckien		
LHKE	Ungern	LKPR	Tjeckien		
LHPR	Ungern	LKTB	Tjeckien		
LIBD	Italien	LKVO	Tjeckien		
LIBR	Italien	LMML	Malta		
LICA	Italien	LOAN	Österrike		
LICC	Italien	LOWG	Österrike		
LICJ	Italien	LOWI	Österrike		
LICT	Italien	LOWK	Österrike		
LIEA	Italien	LOWL	Österrike		
LIEE	Italien	LOWS	Österrike		
LIEO	Italien	LOWW	Österrike		
LIMC	Italien	LPAZ	Portugal		
LIME	Italien	LPBJ	Portugal		
LIMF	Italien	LPCS	Portugal		
LIMJ	Italien	LPFR	Portugal		
LIML	Italien	LPPR	Portugal		
LIMP	Italien	LPPT	Portugal		
LIMZ	Italien	LRBC	Rumänien		
LIPE	Italien	LRBS	Rumänien		
LIPH	Italien	LRCL	Rumänien		
LIPO	Italien	LRCV	Rumänien		
LIPX	Italien	LROP	Rumänien		
LIPY	Italien	LRSB	Rumänien		
LIPZ	Italien	LRTM	Rumänien		
LIRA	Italien	LRTR	Rumänien		
LIRF	Italien	LSZM	Schweiz		
LIRI	Italien	LXGB	Gibraltar		
LIRN	Italien	LZIB	Slovakien		
LIRP	Italien	LZKZ	Slovakien		
LIRQ	Italien	LZPP	Slovakien		

Bilaga 2. Flygplanstyper som ersatts av en annan flygplanstyp

Flygplan i Transport-styrelsens data	Flygplan i EMEP/EEA som används istället	Flygplan i Transport-styrelsens data	Flygplan i EMEP/EEA som används istället
A359	A350	EVOT	GA7
A388	A380	F406	C404
AA5	GA7	GLEX	BD700
AC90	C340	H25B	LJ55
AC95	C340	H25C	G200
AEST	C340	HA4T	G200
ASTR	G100	J328	E135
AT43	ATR42	JS32	SA226
AT45	ATR42	M20P	GA7
AT72	ATR72	MD83	MD82
AT75	ATR72	MU2	PA42
AT76	ATR72	P180	BE300
B350	BE300	P210	GA7
B462	BAE146	P28A	GA7
B463	BAE146	P32R	GA7
B58T	C303	P46T	C208
B712	B717	PA32	GA7
B77L	B77W	PA46	GA7
BCS3	A320	PAY2	PA42
BE9L	BE90	PAY3	PA42
BE9T	BE90	RJ85	BAE146
C130	AN12	SR22	GA7
C17	B744	SU95	AN148
C172	GA7	SW4	SA227
C177	GA7	YK40	FA900
C206	C208		
C207	C208		
C25A	EMB300		
C25B	EMB300		
C25C	EMB300		
C55B	C550		
CL35	CL300		
CRJX	CL900RJ		
D228	BE99		
D328	ATR42		
DA40	GA7		
DA42	GA7		

Bilaga 3. Resultat med olika korrigeringar av avstånd respektive start- och landningscykler

För att lämna en fullständig bild av framtagna resultat redovisas i denna bilaga resultaten från de beräkningar som gjorts med andra avståndskorrigeringar och korrigerade start- och landningscykler än de som redovisas i rapportens löptext. Samtliga resultat gäller avgående flyg från svenska flygplatser.

Inrikes med avståndskorrigering enligt förslag från ICAO

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,4	6 073	59	91	0,17
		Turbofläkt	16,1	9 066	63	95	0,16
		Turboprop	6,4	2 609	46	78	0,19
	Höghöjd	Samtliga	4,7	2 285	22	34	0,06
		Turbofläkt	7,6	4 257	30	45	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	12,9	3 232		1 657	5,08
		Turbofläkt	23,0	7 521		1 980	5,41
		Turboprop	2,4	485		633	3,15
	Höghöjd	Samtliga	2,8	711		365	1,12
		Turbofläkt	5,6	1 821		479	1,31
Postflyg	CO_2	Samtliga	7,4	2 511		1 848	5,12
		Turbofläkt					
		Turboprop	7,3	2 506		1 843	5,11
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,5	1 311	25		
		Turbofläkt	9,5	3 568	26		
		Turboprop	2,9	772	23		
	Höghöjd	Samtliga	1,6	458	9		
		Turbofläkt	6,0	2 261	16		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,2	5 931			
		Turbofläkt	16,1	9 018			
		Turboprop	6,3	2 536			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 229			
		Turbofläkt	7,5	4 232			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,3	6 025			
		Turbofläkt	16,1	9 060			
		Turboprop	6,4	2 592			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 255			
		Turbofläkt	7,6	4 247			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,1	5 766	60	197	0,40
		Turbofläkt	14,5	6 666	59	211	0,45
		Turboprop	6,0	3 132	70	137	0,23
	Höghöjd	Samtliga	3,7	1 753	18	60	0,12
		Turbofläkt	5,1	2 351	21	75	0,16
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,7	2 954		1 778	3,94
		Turbofläkt	20,6	8 866			
		Turboprop	6,7	2 948		1 773	3,93
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	7,1	3 062			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	5,9	2 139	29		
		Turbofläkt	7,4	2 629	30		
		Turboprop	3,1	1 185	27		
	Höghöjd	Samtliga	2,8	1 011	14		
		Turbofläkt	4,3	1 530	17		
Totalt	CO_2	Samtliga	7,4	3 195			
		Turbofläkt	11,1	4 470			
		Turboprop	6,4	2 806			
	Höghöjd	Samtliga	1,0	445			
		Turbofläkt	4,7	1 904			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	7,7	3 447			
		Turbofläkt	14,5	6 679			
		Turboprop	6,6	2 958			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	309			
		Turbofläkt	5,1	2 354			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	4,1	1 808	209	824	1,77
		Turbofläkt	4,9	2 207	261	1 005	2,15
		Turboprop	3,1	1 219	127	506	1,14
	Höghöjd	Samtliga	1,3	585	68	267	0,57
		Turbofläkt	2,0	881	104	401	0,86
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	6,6	1 093		-	-
		Turbofläkt	8,4	1 266		-	-
		Turboprop	3,7	721		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	4,3			
		Turbofläkt	0,0	6,3			
Postflyg	CO_2	Samtliga	2,1	557		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	2,1	557		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,5	467	46		
		Turbofläkt	2,2	794	93		
		Turboprop	1,6	452	42		
	Höghöjd	Samtliga	0,2	54	5		
		Turbofläkt	1,3	477	56		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,6	841			
		Turbofläkt	4,4	1 695			
		Turboprop	1,9	535			
	Höghöjd	Samtliga	0,6	184			
		Turbofläkt	1,7	652			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	4,3	1 652			
		Turbofläkt	5,2	2 030			
		Turboprop	3,1	1 054			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	468			
		Turbofläkt	1,8	717			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,3	6 053	59	92	0,17
		Turbofläkt	16,0	8 995	63	96	0,16
		Turboprop	6,4	2 610	46	79	0,19
	Höghöjd	Samtliga	4,1	2 029	20	34	0,06
		Turbofläkt	6,7	3 759	27	45	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	12,3	2 923		1 754	5,38
		Turbofläkt	21,2	6 080		2 079	5,69
		Turboprop	2,5	505		717	3,57
	Höghöjd	Samtliga	2,5	607		364	1,12
		Turbofläkt	4,9	1 400		479	1,31
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,7	2 882		1 787	4,1
		Turbofläkt	20,2	8 703			
		Turboprop	6,7	2 877		1 782	4,1
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	7,0	3 040			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,3	1 380	28		
		Turbofläkt	7,6	2 731	29		
		Turboprop	2,6	755	26		
	Höghöjd	Samtliga	1,5	484	10		
		Turbofläkt	4,1	1 464	15		
Totalt	CO_2	Samtliga	11,8	5 664			
		Turbofläkt	15,9	8 808			
		Turboprop	6,3	2 531			
	Höghöjd	Samtliga	4,3	2 065			
		Turbofläkt	7,4	4 126			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,1	5 850			
		Turbofläkt	16,0	8 980			
		Turboprop	6,4	2 627			
	Höghöjd	Samtliga	4,4	2 131			
		Turbofläkt	7,5	4 196			

Inrikes med avståndskorrigering enligt förslag från ICAO samt korrigerad start- och landningscykel (LTO1)

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,0	5 385	52	81	0,15
		Turbofläkt	14,4	8 127	57	85	0,15
		Turboprop	5,4	2 210	39	66	0,16
	Höghöjd	Samtliga	4,7	2 285	22	34	0,06
		Turbofläkt	7,6	4 257	30	45	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	10,2	2 569		1 317	4,04
		Turbofläkt	18,2	5 960		1 569	4,29
		Turboprop	2,0	398		519	2,58
	Höghöjd	Samtliga	2,8	711		365	1,12
		Turbofläkt	5,6	1 821		479	1,31
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,3	2 145		1 578	4,38
		Turbofläkt					
		Turboprop	6,3	2 140		1 574	4,36
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	3,7	1 088	20		
		Turbofläkt	8,0	3 019	22		
		Turboprop	2,3	624	19		
	Höghöjd	Samtliga	1,6	458	9		
		Turbofläkt	6,0	2 261	16		
Totalt	CO_2	Samtliga	10,8	5 255			
		Turbofläkt	14,4	8 079			
		Turboprop	5,4	2 147			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 229			
		Turbofläkt	7,5	4 232			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	10,9	5 339			
		Turbofläkt	14,4	8 118			
		Turboprop	5,4	2 196			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 255			
		Turbofläkt	7,6	4 247			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	10,2	4 857	51	166	0,34
		Turbofläkt	12,1	5 573	49	177	0,38
		Turboprop	5,3	2 760	61	121	0,21
	Höghöjd	Samtliga	3,7	1 753	18	60	0,12
		Turbofläkt	5,1	2 351	21	75	0,16
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	5,8	2 589		1 558	3,45
		Turbofläkt	16,7	7 163			
		Turboprop	5,8	2 585		1 554	3,44
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	7,1	3 062			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,9	1 766	24		
		Turbofläkt	6,1	2 153	24		
		Turboprop	2,7	1 014	23		
	Höghöjd	Samtliga	2,8	1 011	14		
		Turbofläkt	4,3	1 530	17		
Totalt	CO_2	Samtliga	6,4	2 751			
		Turbofläkt	9,2	3 712			
		Turboprop	5,6	2 459			
	Höghöjd	Samtliga	1,0	445			
		Turbofläkt	4,7	1 904			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	6,7	2 987			
		Turbofläkt	12,2	5 583			
		Turboprop	5,8	2 594			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	309			
		Turbofläkt	5,1	2 354			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,5	1 524	177	695	1,49
		Turbofläkt	4,1	1 848	219	841	1,80
		Turboprop	2,6	1 033	108	428	0,97
	Höghöjd	Samtliga	1,3	585	68	267	0,57
		Turbofläkt	2,0	881	104	401	0,86
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	4,9	801		-	-
		Turbofläkt	6,0	906		-	-
		Turboprop	2,9	574		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	4,3			
		Turbofläkt	0,0	6,3			
Postflyg	CO_2	Samtliga	1,9	508		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	1,9	508		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,3	388	38		
		Turbofläkt	1,8	641	75		
		Turboprop	1,3	372	34		
	Höghöjd	Samtliga	0,2	54	5		
		Turbofläkt	1,3	477	56		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,1	698			
		Turbofläkt	3,6	1 392			
		Turboprop	1,6	444			
	Höghöjd	Samtliga	0,6	184			
		Turbofläkt	1,7	652			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,5	1 372			
		Turbofläkt	4,2	1 671			
		Turboprop	2,6	888			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	468			
		Turbofläkt	1,8	717			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO2	Samtliga	10,9	5 363	52	81	0,15
		Turbofläkt	14,4	8 056	57	86	0,15
		Turboprop	5,4	2 212	39	67	0,16
	Höghöjd	Samtliga	4,1	2 029	20	34	0,06
		Turbofläkt	6,7	3 759	27	45	0,08
Fraktflyg	CO2	Samtliga	9,7	2 314		1 388	4,26
		Turbofläkt	16,8	4 797		1 640	4,49
		Turboprop	2,0	412		586	2,92
	Höghöjd	Samtliga	2,5	607		364	1,12
		Turbofläkt	4,9	1 400		479	1,31
Postflyg	CO2	Samtliga	5,9	2 518		1 561	3,5
		Turbofläkt	16,5	7 134			
		Turboprop	5,9	2 513		1 557	3,5
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	7,0	3 040			
Tomflyg*	CO2	Samtliga	3,6	1 143	23		
		Turbofläkt	6,3	2 262	24		
		Turboprop	2,1	622	22		
	Höghöjd	Samtliga	1,5	484	10		
		Turbofläkt	4,1	1 464	15		
Totalt	CO2	Samtliga	10,5	5 012			
		Turbofläkt	14,2	7 880			
		Turboprop	5,3	2 152			
	Höghöjd	Samtliga	4,3	2 065			
		Turbofläkt	7,4	4 126			
Tot. exkl. tomflyg	CO2	Samtliga	10,7	5 180			
		Turbofläkt	14,4	8 040			
		Turboprop	5,5	2 235			
	Höghöjd	Samtliga	4,4	2 131			
		Turbofläkt	7,5	4 196			

Inrikes med avståndskorrigering enligt resultat från FOI m.fl. (2016)

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	5 915	57	89	0,17
		Turbofläkt	16,4	8 844	62	93	0,16
		Turboprop	6,6	2 523	44	76	0,19
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 157	21	32	0,06
		Turbofläkt	7,4	4 017	28	42	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	14,2	3 080		1 579	5,30
		Turbofläkt	24,1	7 210		1 898	5,57
		Turboprop	2,7	435		568	3,50
	Höghöjd	Samtliga	2,7	583		299	1,00
		Turbofläkt	5,0	1 495		393	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	7,6	2 393		1 761	5,26
		Turbofläkt					
		Turboprop	7,6	2 388		1 756	5,25
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,8	1 245	23		
		Turbofläkt	9,9	3 429	25		
		Turboprop	3,1	723	22		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	204	4		
		Turbofläkt	2,9	1 008	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,6	5 775			
		Turbofläkt	16,4	8 797			
		Turboprop	6,5	2 450			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 099			
		Turbofläkt	7,4	3 984			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,6	5 866			
		Turbofläkt	16,4	8 838			
		Turboprop	6,6	2 505			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 128			
		Turbofläkt	7,4	4 007			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,4	5 581	58	190	0,41
		Turbofläkt	14,8	6 450	57	204	0,46
		Turboprop	6,1	3 036	68	133	0,24
	Höghöjd	Samtliga	3,5	1 579	16	54	0,12
		Turbofläkt	4,9	2 118	19	67	0,15
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,8	2 853		1 717	4,01
		Turbofläkt	21,1	8 630			
		Turboprop	6,8	2 847		1 712	3,99
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,9	2 822			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,2	2 049	28		
		Turbofläkt	7,8	2 519	28		
		Turboprop	3,2	1 134	26		
	Höghöjd	Samtliga	1,4	454	6		
		Turbofläkt	2,1	687	8		
Totalt	CO_2	Samtliga	7,6	3 084			
		Turbofläkt	11,5	4 312			
		Turboprop	6,5	2 710			
	Höghöjd	Samtliga	0,8	312			
		Turbofläkt	3,6	1 339			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	7,9	3 331			
		Turbofläkt	14,9	6 462			
		Turboprop	6,8	2 857			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	279			
		Turbofläkt	4,9	2 120			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	4,2	1 743	202	797	1,82
		Turbofläkt	5,0	2 138	253	977	2,22
		Turboprop	3,2	1 170	122	485	1,17
	Höghöjd	Samtliga	1,3	539	62	246	0,56
		Turbofläkt	1,9	813	96	372	0,85
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	8,2	1 007		-	-
		Turbofläkt	10,6	1 145		-	-
		Turboprop	4,6	709		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3,4			
		Turbofläkt	0,0	5,0			
Postflyg	CO_2	Samtliga	2,2	514		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	2,2	514		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,6	438	43		
		Turbofläkt	2,3	758	89		
		Turboprop	1,7	423	39		
	Höghöjd	Samtliga	0,1	25	2		
		Turbofläkt	0,7	226	27		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,7	799			
		Turbofläkt	4,6	1 626			
		Turboprop	2,0	505			
	Höghöjd	Samtliga	0,5	153			
		Turbofläkt	1,5	542			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	4,4	1 584			
		Turbofläkt	5,4	1 951			
		Turboprop	3,3	1 013			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	431			
		Turbofläkt	1,8	661			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,6	5 894	57	89	0,17
		Turbofläkt	16,3	8 774	62	93	0,17
		Turboprop	6,6	2 523	44	76	0,19
	Höghöjd	Samtliga	4,1	1 914	19	32	0,06
		Turbofläkt	6,6	3 546	25	42	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	13,7	2 781		1 668	5,60
		Turbofläkt	22,8	5 813		1 988	5,84
		Turboprop	2,8	458		650	4,00
	Höghöjd	Samtliga	2,5	498		299	1,00
		Turbofläkt	4,5	1 148		393	1,15
Postflyg	CO2	Samtliga	6,9	2 779		1 723	4,1
		Turbofläkt	20,6	8 472			
		Turboprop	6,9	2 774		1 718	4,1
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,8	2 805			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,6	1 315	27		
		Turbofläkt	7,9	2 619	27		
		Turboprop	2,7	711	25		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	217	4		
		Turbofläkt	2,0	657	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,1	5 513			
		Turbofläkt	16,2	8 590			
		Turboprop	6,5	2 445			
	Höghöjd	Samtliga	4,3	1 936			
		Turbofläkt	7,3	3 869			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,3	5 695			
		Turbofläkt	16,3	8 759			
		Turboprop	6,6	2 539			
	Höghöjd	Samtliga	4,4	2 010			
		Turbofläkt	7,4	3 958			

Inrikes med avståndskorrigering enligt resultat från FOI m.fl. (2016) samt korrigering av start- och landningscykel (LTO1)

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,2	5 226	51	78	0,15
		Turbofläkt	14,6	7 905	55	83	0,15
		Turboprop	5,6	2 124	37	64	0,16
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 157	21	32	0,06
		Turbofläkt	7,4	4 017	28	42	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	11,1	2 417		1 239	4,16
		Turbofläkt	18,9	5 649		1 487	4,37
		Turboprop	2,1	348		453	2,79
	Höghöjd	Samtliga	2,7	583		299	1,00
		Turbofläkt	5,0	1 495		393	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,5	2 027		1 491	4,46
		Turbofläkt					
		Turboprop	6,4	2 022		1 487	4,44
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	3,9	1 022	19		
		Turbofläkt	8,3	2 880	21		
		Turboprop	2,4	575	17		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	204	4		
		Turbofläkt	2,9	1 008	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	11,1	5 099			
		Turbofläkt	14,6	7 858			
		Turboprop	5,5	2 062			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 099			
		Turbofläkt	7,4	3 984			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	11,2	5 181			
		Turbofläkt	14,7	7 896			
		Turboprop	5,6	2 109			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 128			
		Turbofläkt	7,4	4 007			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	10,4	4 672	49	159	0,34
		Turbofläkt	12,3	5 358	47	170	0,39
		Turboprop	5,4	2 663	59	117	0,21
	Höghöjd	Samtliga	3,5	1 579	16	54	0,12
		Turbofläkt	4,9	2 118	19	67	0,15
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	5,9	2 488		1 498	3,49
		Turbofläkt	16,9	6 927			
		Turboprop	5,9	2 484		1 494	3,48
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,9	2 822			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	5,0	1 676	23		
		Turbofläkt	6,3	2 044	23		
		Turboprop	2,7	962	22		
	Höghöjd	Samtliga	1,4	454	6		
		Turbofläkt	2,1	687	8		
Totalt	CO_2	Samtliga	6,5	2 641			
		Turbofläkt	9,5	3 554			
		Turboprop	5,7	2 362			
	Höghöjd	Samtliga	0,8	312			
		Turbofläkt	3,6	1 339			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	6,8	2 871			
		Turbofläkt	12,3	5 367			
		Turboprop	5,9	2 493			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	279			
		Turbofläkt	4,9	2 120			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,5	1 459	169	667	1,52
		Turbofläkt	4,2	1 778	210	813	1,85
		Turboprop	2,7	984	103	408	0,99
	Höghöjd	Samtliga	1,3	539	62	246	0,56
		Turbofläkt	1,9	813	96	372	0,85
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	5,8	715		-	-
		Turbofläkt	7,2	785		-	-
		Turboprop	3,6	562		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3,4			
		Turbofläkt	0,0	5,0			
Postflyg	CO_2	Samtliga	2,0	465		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	2,0	465		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,3	359	35		
		Turbofläkt	1,8	605	71		
		Turboprop	1,4	344	32		
	Höghöjd	Samtliga	0,1	25	2		
		Turbofläkt	0,7	226	27		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,2	656			
		Turbofläkt	3,7	1 322			
		Turboprop	1,6	413			
	Höghöjd	Samtliga	0,5	153			
		Turbofläkt	1,5	542			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,6	1 303			
		Turbofläkt	4,4	1 591			
		Turboprop	2,7	847			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	431			
		Turbofläkt	1,8	661			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,2	5 205	51	79	0,15
		Turbofläkt	14,6	7 836	55	83	0,15
		Turboprop	5,5	2 125	37	64	0,16
	Höghöjd	Samtliga	4,1	1 914	19	32	0,06
		Turbofläkt	6,6	3 546	25	42	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	10,7	2 172		1 303	4,38
		Turbofläkt	17,8	4 530		1 549	4,55
		Turboprop	2,2	365		519	3,19
	Höghöjd	Samtliga	2,5	498		299	1,00
		Turbofläkt	4,5	1 148		393	1,15
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,0	2 415		1 497	3,6
		Turbofläkt	16,8	6 904			
		Turboprop	6,0	2 410		1 493	3,6
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,8	2 805			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	3,8	1 078	22		
		Turbofläkt	6,5	2 150	22		
		Turboprop	2,2	578	20		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	217	4		
		Turbofläkt	2,0	657	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	10,7	4 860			
		Turbofläkt	14,4	7 663			
		Turboprop	5,5	2 066			
	Höghöjd	Samtliga	4,3	1 936			
		Turbofläkt	7,3	3 869			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	10,9	5 025			
		Turbofläkt	14,6	7 819			
		Turboprop	5,6	2 147			
	Höghöjd	Samtliga	4,4	2 010			
		Turbofläkt	7,4	3 958			

Inrikes med avståndskorrigering enligt resultat från FOI m.fl. (2016) samt korrigering av start- och landningscykel (LTO2)

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,8	5 506	53	83	0,16
		Turbofläkt	15,3	8 244	58	86	0,15
		Turboprop	6,1	2 335	41	70	0,18
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 157	21	32	0,06
		Turbofläkt	7,4	4 017	28	42	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	12,7	2 761		1 415	4,75
		Turbofläkt	21,6	6 452		1 698	4,99
		Turboprop	2,4	397		518	3,19
	Höghöjd	Samtliga	2,7	583		299	1,00
		Turbofläkt	5,0	1 495		393	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	7,0	2 188		1 610	4,81
		Turbofläkt					
		Turboprop	7,0	2 183		1 605	4,80
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,4	1 131	21		
		Turbofläkt	9,0	3 126	23		
		Turboprop	2,8	654	20		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	204	4		
		Turbofläkt	2,9	1 008	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	11,7	5 374			
		Turbofläkt	15,3	8 198			
		Turboprop	6,0	2 266			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 099			
		Turbofläkt	7,4	3 984			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	11,8	5 460			
		Turbofläkt	15,3	8 237			
		Turboprop	6,1	2 318			
	Höghöjd	Samtliga	4,6	2 128			
		Turbofläkt	7,4	4 007			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,3	5 116	53	175	0,38
		Turbofläkt	13,5	5 891	52	187	0,42
		Turboprop	5,7	2 848	63	125	0,22
	Höghöjd	Samtliga	3,5	1 579	16	54	0,12
		Turbofläkt	4,9	2 118	19	67	0,15
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,3	2 646		1 592	3,72
		Turbofläkt	19,1	7 831			
		Turboprop	6,3	2 641		1 588	3,70
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,9	2 822			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	5,6	1 857	25		
		Turbofläkt	7,0	2 274	26		
		Turboprop	3,0	1 045	24		
	Höghöjd	Samtliga	1,4	454	6		
		Turbofläkt	2,1	687	8		
Totalt	CO_2	Samtliga	7,0	2 843			
		Turbofläkt	10,5	3 923			
		Turboprop	6,0	2 514			
	Höghöjd	Samtliga	0,8	312			
		Turbofläkt	3,6	1 339			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	7,3	3 079			
		Turbofläkt	13,6	5 902			
		Turboprop	6,3	2 651			
	Höghöjd	Samtliga	0,7	279			
		Turbofläkt	4,9	2 120			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,9	1 617	187	739	1,69
		Turbofläkt	4,7	1 979	234	904	2,06
		Turboprop	2,9	1 086	113	450	1,09
	Höghöjd	Samtliga	1,3	539	62	246	0,56
		Turbofläkt	1,9	813	96	372	0,85
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	7,1	880		-	-
		Turbofläkt	9,1	989		-	-
		Turboprop	4,2	646		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3,4			
		Turbofläkt	0,0	5,0			
Postflyg	CO_2	Samtliga	2,1	480		-	-
		Turbofläkt					
		Turboprop	2,1	480		-	-
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,5	403	39		
		Turbofläkt	2,1	689	81		
		Turboprop	1,6	387	36		
	Höghöjd	Samtliga	0,1	25	2		
		Turbofläkt	0,7	226	27		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,5	735			
		Turbofläkt	4,2	1 492			
		Turboprop	1,8	464			
	Höghöjd	Samtliga	0,5	153			
		Turbofläkt	1,5	542			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	4,1	1 459			
		Turbofläkt	4,9	1 792			
		Turboprop	3,0	938			
	Höghöjd	Samtliga	1,2	431			
		Turbofläkt	1,8	661			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	11,8	5 486	53	83	0,16
		Turbofläkt	15,2	8 177	58	87	0,15
		Turboprop	6,1	2 335	41	70	0,18
	Höghöjd	Samtliga	4,1	1 914	19	32	0,06
		Turbofläkt	6,6	3 546	25	42	0,08
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	12,3	2 489		1 493	5,02
		Turbofläkt	20,4	5 193		1 776	5,22
		Turboprop	2,6	417		593	3,65
	Höghöjd	Samtliga	2,5	498		299	1,00
		Turbofläkt	4,5	1 148		393	1,15
Postflyg	CO_2	Samtliga	6,4	2 572		1 595	3,8
		Turbofläkt	18,7	7 704			
		Turboprop	6,4	2 567		1 591	3,8
	Höghöjd	Samtliga	0,0	3			
		Turbofläkt	6,8	2 805			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	4,2	1 195	24		
		Turbofläkt	7,2	2 373	25		
		Turboprop	2,5	648	23		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	217	4		
		Turbofläkt	2,0	657	7		
Totalt	CO_2	Samtliga	11,3	5 128			
		Turbofläkt	15,1	8 003			
		Turboprop	6,0	2 262			
	Höghöjd	Samtliga	4,3	1 936			
		Turbofläkt	7,3	3 869			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	11,5	5 299			
		Turbofläkt	15,2	8 162			
		Turboprop	6,1	2 350			
	Höghöjd	Samtliga	4,4	2 010			
		Turbofläkt	7,4	3 958			

Utrikes till flygplatser inom EU ETS med avståndskorrigering enligt förslag från ICAO

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	14 059	94	129	0,10
		Turbofläkt	13,1	15 840	98	132	0,10
		Turboprop	6,3	2 913	44	75	0,16
	Höghöjd	Samtliga	8,5	9 396	63	86	0,07
		Turbofläkt	9,0	10 897	67	91	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	18,6	14 208		2 249	2,86
		Turbofläkt	20,5	17 960		2 395	2,88
		Turboprop	5,9	2 431		930	2,53
	Höghöjd	Samtliga	10,4	7 906		1 251	1,59
		Turbofläkt	11,9	10 425		1 390	1,67
Postflyg	CO_2	Samtliga	-	-		-	-
		Turbofläkt	-	-		-	-
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	-	-		-	-
		Turbofläkt	-	-		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	7,8	7 257	50		
		Turbofläkt	8,5	8 636	51		
		Turboprop	2,5	1 481	35		
	Höghöjd	Samtliga	9,5	8 808	61		
		Turbofläkt	10,7	10 910	65		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,7	13 913			
		Turbofläkt	13,2	15 742			
		Turboprop	6,1	2 848			
	Höghöjd	Samtliga	8,7	9 607			
		Turbofläkt	9,1	10 886			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	14 064			
		Turbofläkt	13,3	15 893			
		Turboprop	6,3	2 890			
	Höghöjd	Samtliga	8,5	9 354			
		Turbofläkt	9,1	10 886			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	34 314	187	212	0,07
		Turbofläkt	12,8	35 308	187	212	0,07
		Turboprop	3,4	3 069	118	257	0,32
	Höghöjd	Samtliga	10,7	28 944	158	179	0,06
		Turbofläkt	10,8	29 865	159	179	0,06
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	29,0	14 646		1 252	2,93
		Turbofläkt	33,1	15 210		1 227	2,95
		Turboprop	6,3	7 027		3 011	2,31
	Höghöjd	Samtliga	8,7	4 396		376	0,88
		Turbofläkt	10,3	4 721		381	0,92
Postflyg	CO_2	Samtliga	15,9	28 385		-	-
		Turbofläkt	15,9	28 833			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	11,0	19 715			
		Turbofläkt	11,4	20 753			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,0	6 392	61		
		Turbofläkt	6,5	7 263	60		
		Turboprop	2,8	2 276	86		
	Höghöjd	Samtliga	7,3	7 711	74		
		Turbofläkt	8,4	9 343	77		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,1	27 646			
		Turbofläkt	12,3	29 339			
		Turboprop	3,2	2 715			
	Höghöjd	Samtliga	10,4	23 627			
		Turbofläkt	10,6	25 232			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	33 674			
		Turbofläkt	12,9	34 678			
		Turboprop	3,7	3 394			
	Höghöjd	Samtliga	10,7	28 142			
		Turbofläkt	10,8	29 075			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,1	3 889	467	1 134	0,90
		Turbofläkt	3,2	4 336	530	1 310	0,96
		Turboprop	2,2	1 980	218	516	0,55
	Höghöjd	Samtliga	2,1	2 594	311	756	0,60
		Turbofläkt	2,3	3 131	382	946	0,69
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	1,8	1 729		-	-
		Turbofläkt	3,5	2 796		-	-
		Turboprop	1,3	1 331		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,5	447,8			
		Turbofläkt	2,1	1663,3			
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,2	697	73		
		Turbofläkt	1,5	1 456	197		
		Turboprop	1,1	801	71		
	Höghöjd	Samtliga	0,7	395	42		
		Turbofläkt	1,9	1 863	252		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,5	2 422			
		Turbofläkt	3,0	3 818			
		Turboprop	1,5	1 180			
	Höghöjd	Samtliga	1,6	1 568			
		Turbofläkt	2,3	2 894			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,0	3 800			
		Turbofläkt	3,2	4 314			
		Turboprop	2,0	1 866			
	Höghöjd	Samtliga	2,0	2 505			
		Turbofläkt	2,3	3 111			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	15 759	104	140	0,09
		Turbofläkt	13,0	17 657	108	143	0,09
		Turboprop	6,1	2 911	44	76	0,16
	Höghöjd	Samtliga	7,9	9 870	65	98	0,07
		Turbofläkt	8,3	11 327	69	118	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	19,2	14 148		2 085	2,87
		Turbofläkt	21,3	17 596		2 187	2,89
		Turboprop	5,7	2 537		999	2,54
	Höghöjd	Samtliga	10,2	7 506		1 106	1,52
		Turbofläkt	11,8	9 736		1 210	1,60
Postflyg	CO_2	Samtliga	15,5	27 595		-	-
		Turbofläkt	15,5	27 962			
		Turboprop	15,6	19 889		-	-
	Höghöjd	Samtliga	10,8	19 277			
		Turbofläkt	11,2	20 195			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,5	6 221	55		
		Turbofläkt	7,2	7 712	56		
		Turboprop	2,4	1 709	56		
	Höghöjd	Samtliga	6,9	6 684	60		
		Turbofläkt	8,2	8 780	63		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,5	15 265			
		Turbofläkt	12,9	17 241			
		Turboprop	5,7	2 810			
	Höghöjd	Samtliga	8,9	10 789			
		Turbofläkt	9,4	12 496			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	15 715			
		Turbofläkt	13,1	17 658			
		Turboprop	6,1	2 893			
	Höghöjd	Samtliga	8,9	10 954			
		Turbofläkt	9,4	12 612			

Utrikes till flygplatser inom EU ETS med avståndskorrigering enligt skattat samband mellan storcirkelavstånd och radaruppmätt avstånd

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	14 092	95	130	0,10
		Turbofläkt	13,1	15 877	98	132	0,10
		Turboprop	6,3	2 924	44	75	0,16
	Höghöjd	Samtliga	8,5	9 428	63	87	0,07
		Turbofläkt	9,0	10 934	67	91	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	18,7	14 078		2 227	2,90
		Turbofläkt	20,7	17 753		2 368	2,92
		Turboprop	5,9	2 442		939	2,53
	Höghöjd	Samtliga	10,3	7 761		1 228	1,60
		Turbofläkt	11,9	10 212		1 362	1,68
Postflyg	CO_2	Samtliga	-	-		-	-
		Turbofläkt	-	-		-	-
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	-	-		-	-
		Turbofläkt	-	-		-	-
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	7,8	7 268	50		
		Turbofläkt	8,5	8 649	51		
		Turboprop	2,5	1 484	35		
	Höghöjd	Samtliga	4,7	4 416	31		
		Turbofläkt	5,4	5 470	32		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,7	13 941			
		Turbofläkt	13,2	15 773			
		Turboprop	6,1	2 858			
	Höghöjd	Samtliga	8,6	9 534			
		Turbofläkt	9,0	10 803			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	14 092			
		Turbofläkt	13,3	15 924			
		Turboprop	6,2	2 900			
	Höghöjd	Samtliga	8,5	9 381			
		Turbofläkt	9,1	10 916			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	34 816	190	215	0,07
		Turbofläkt	12,8	35 827	190	215	0,07
		Turboprop	3,4	3 042	117	255	0,32
	Höghöjd	Samtliga	10,7	29 450	161	182	0,06
		Turbofläkt	10,8	30 387	161	182	0,06
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	29,1	14 602		1 248	2,94
		Turbofläkt	33,2	15 164		1 224	2,97
		Turboprop	6,3	7 002		3 001	2,32
	Höghöjd	Samtliga	8,7	4 349		372	0,88
		Turbofläkt	10,2	4 670		377	0,91
Postflyg	CO_2	Samtliga	15,8	28 724		-	-
		Turbofläkt	15,8	29 194			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	11,0	20 067			
		Turbofläkt	11,4	21 123			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,1	6 407	61		
		Turbofläkt	6,5	7 286	60		
		Turboprop	2,8	2 254	85		
	Höghöjd	Samtliga	3,7	3 877	37		
		Turbofläkt	4,2	4 697	39		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,1	28 027			
		Turbofläkt	12,3	29 747			
		Turboprop	3,2	2 692			
	Höghöjd	Samtliga	10,0	23 161			
		Turbofläkt	10,2	24 733			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	34 159			
		Turbofläkt	12,9	35 180			
		Turboprop	3,7	3 367			
	Höghöjd	Samtliga	10,7	28 631			
		Turbofläkt	10,8	29 580			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,1	3 894	467	1 136	0,90
		Turbofläkt	3,2	4 342	530	1 312	0,95
		Turboprop	2,2	1 978	218	516	0,55
	Höghöjd	Samtliga	2,1	2 599	312	758	0,60
		Turbofläkt	2,3	3 138	383	948	0,69
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	2,4	2 208		-	-
		Turbofläkt	3,5	2 746		-	-
		Turboprop	2,1	2 042		-	-
	Höghöjd	Samtliga	0,5	432,3			
		Turbofläkt	2,1	1605,7			
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,2	719	76		
		Turbofläkt	1,5	1 452	196		
		Turboprop	1,2	871	77		
	Höghöjd	Samtliga	0,3	196	21		
		Turbofläkt	1,0	927	125		
Totalt	CO_2	Samtliga	2,6	2 445			
		Turbofläkt	3,0	3 822			
		Turboprop	1,6	1 268			
	Höghöjd	Samtliga	1,6	1 482			
		Turbofläkt	2,1	2 736			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,1	3 825			
		Turbofläkt	3,2	4 320			
		Turboprop	2,2	1 989			
	Höghöjd	Samtliga	2,0	2 510			
		Turbofläkt	2,3	3 117			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	12,7	15 833	105	140	0,09
		Turbofläkt	13,0	17 740	108	143	0,09
		Turboprop	6,1	2 920	45	76	0,16
	Höghöjd	Samtliga	7,9	9 935	66	99	0,07
		Turbofläkt	8,4	11 402	70	119	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	19,3	14 031		2 066	2,91
		Turbofläkt	21,4	17 408		2 163	2,93
		Turboprop	5,7	2 565		1 015	2,56
	Höghöjd	Samtliga	10,1	7 371		1 086	1,53
		Turbofläkt	11,8	9 542		1 186	1,61
Postflyg	CO_2	Samtliga	15,5	27 910		-	-
		Turbofläkt	15,4	28 296			
		Turboprop	15,6	19 800		-	-
	Höghöjd	Samtliga	10,9	19 604			
		Turbofläkt	11,2	20 537			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	6,5	6 235	56		
		Turbofläkt	7,2	7 730	56		
		Turboprop	2,4	1 713	57		
	Höghöjd	Samtliga	3,5	3 356	30		
		Turbofläkt	4,1	4 408	32		
Totalt	CO_2	Samtliga	12,5	15 330			
		Turbofläkt	12,9	17 315			
		Turboprop	5,7	2 820			
	Höghöjd	Samtliga	8,7	10 676			
		Turbofläkt	9,2	12 365			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	12,8	15 784			
		Turbofläkt	13,1	17 734			
		Turboprop	6,1	2 904			
	Höghöjd	Samtliga	8,9	11 021			
		Turbofläkt	9,4	12 689			

Utrikes till flygplatser utanför EU ETS med avståndskorrigering enligt förslag från ICAO

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	18,6	62 903	304	413	0,10
		Turbofläkt	18,6	62 903	304	413	0,10
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	16,6	56 133	271	369	0,09
		Turbofläkt	16,6	56 133	271	369	0,09
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	33,1	137 788		4 845	1,14
		Turbofläkt	33,1	137 788		4 845	1,14
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	29,9	124 303		4 371	1,03
		Turbofläkt	29,9	124 303		4 371	1,03
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	10,6	27 067	194		
		Turbofläkt	11,0	28 869	196		
		Turboprop	2,3	3 640	90		
	Höghöjd	Samtliga	18,1	46 076	330		
		Turbofläkt	18,9	49 621	337		
Totalt	CO_2	Samtliga	19,0	64 367			
		Turbofläkt	19,0	64 403			
		Turboprop	2,3	3 640			
	Höghöjd	Samtliga	17,5	59 038			
		Turbofläkt	17,0	57 685			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	19,1	64 677			
		Turbofläkt	19,1	64 677			
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	17,0	57 747			
		Turbofläkt	17,0	57 747			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	14,8	65 159	322	383	0,08
		Turbofläkt	14,9	65 570	323	383	0,08
		Turboprop	3,8	6 269	170	553	0,32
	Höghöjd	Samtliga	13,5	59 132	293	348	0,07
		Turbofläkt	13,5	59 545	293	348	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	34,3	134 331		3 926	1,27
		Turbofläkt	35,6	143 210		3 995	1,29
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	30,5	119 531		3 494	1,13
		Turbofläkt	32,0	128 726		3 591	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	20,8	121 767		-	-
		Turbofläkt	21,4	134 179			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	19,1	111 776			
		Turbofläkt	19,8	124 195			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	8,4	30 794	298		
		Turbofläkt	8,5	33 141	300		
		Turboprop	4,7	7 592	222		
	Höghöjd	Samtliga	15,0	55 036	532		
		Turbofläkt	15,6	60 604	549		
Totalt	CO_2	Samtliga	14,2	61 138			
		Turbofläkt	14,3	62 211			
		Turboprop	4,5	7 540			
	Höghöjd	Samtliga	13,8	59 237			
		Turbofläkt	13,9	60 423			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	15,0	66 033			
		Turbofläkt	15,0	66 505			
		Turboprop	4,2	7 442			
	Höghöjd	Samtliga	13,6	59 914			
		Turbofläkt	13,7	60 396			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,4	6 419	768	2 021	1,02
		Turbofläkt	3,5	6 746	811	2 191	1,06
		Turboprop	2,1	2 828	323	665	0,49
	Höghöjd	Samtliga	2,6	4 993	598	1 571	0,79
		Turbofläkt	2,8	5 447	655	1 769	0,86
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,4	1 592	194		
		Turbofläkt	1,4	1 901	278		
		Turboprop	-	-	-		
	Höghöjd	Samtliga	1,6	1 837	223		
		Turbofläkt	2,1	2 756	403		
Totalt	CO_2	Samtliga	3,3	6 006			
		Turbofläkt	3,4	6 437			
		Turboprop	1,9	2 323			
	Höghöjd	Samtliga	2,6	4 722			
		Turbofläkt	2,8	5 275			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,4	6 419			
		Turbofläkt	3,5	6 746			
		Turboprop	2,1	2 828			
	Höghöjd	Samtliga	2,6	4 993			
		Turbofläkt	2,8	5 447			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	18,0	62 802	306	409	0,10
		Turbofläkt	18,0	62 879	306	409	0,10
		Turboprop	3,2	4 893	191	576	0,35
	Höghöjd	Samtliga	14,4	50 135	244	366	0,09
		Turbofläkt	14,4	50 202	245	420	0,09
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	33,2	137 643		4 799	1,15
		Turbofläkt	33,2	138 000		4 804	1,15
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	29,9	124 102		4 327	1,03
		Turbofläkt	30,0	124 476		4 333	1,04
Postflyg	CO_2	Samtliga	20,8	121 767		-	-
		Turbofläkt	21,4	134 179			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	19,1	111 776			
		Turbofläkt	19,8	124 195			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	8,8	29 110	261		
		Turbofläkt	9,0	31 420	264		
		Turboprop	4,0	6 201	184		
	Höghöjd	Samtliga	13,9	45 864	412		
		Turbofläkt	14,5	50 488	423		
Totalt	CO_2	Samtliga	18,2	63 559			
		Turbofläkt	18,2	63 775			
		Turboprop	3,8	6 038			
	Höghöjd	Samtliga	16,5	57 503			
		Turbofläkt	16,5	57 720			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	18,4	64 467			
		Turbofläkt	18,4	64 552			
		Turboprop	3,6	5 764			
	Höghöjd	Samtliga	16,5	57 665			
		Turbofläkt	16,5	57 748			

Utrikes till flygplatser utanför EU ETS med avståndskorrigering enligt skattat samband mellan storcirkelavstånd och radaruppmätt avstånd

Linjefart	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	18,7	64 067	310	421	0,10
		Turbofläkt	18,7	64 067	310	421	0,10
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	16,7	57 298	277	376	0,09
		Turbofläkt	16,7	57 298	277	376	0,09
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	33,1	140 106		4 927	1,14
		Turbofläkt	33,1	140 106		4 927	1,14
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	29,9	126 631		4 453	1,03
		Turbofläkt	29,9	126 631		4 453	1,03
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	10,6	27 449	196		
		Turbofläkt	11,0	29 280	199		
		Turboprop	2,3	3 646	90		
	Höghöjd	Samtliga	9,1	23 421	168		
		Turbofläkt	9,5	25 223	171		
Totalt	CO_2	Samtliga	19,0	65 551			
		Turbofläkt	19,0	65 588			
		Turboprop	2,3	3 646			
	Höghöjd	Samtliga	17,5	60 059			
		Turbofläkt	17,0	58 682			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	19,1	65 868			
		Turbofläkt	19,1	65 868			
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga	17,1	58 941			
		Turbofläkt	17,1	58 941			

Charter	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	14,8	66 394	328	391	0,08
		Turbofläkt	14,8	66 814	329	391	0,08
		Turboprop	3,8	6 294	170	555	0,32
	Höghöjd	Samtliga	13,5	60 372	299	355	0,07
		Turbofläkt	13,5	60 793	299	355	0,07
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	34,3	136 903		4 001	1,27
		Turbofläkt	35,6	145 960		4 072	1,29
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	30,6	122 091		3 568	1,14
		Turbofläkt	32,1	131 483		3 668	1,16
Postflyg	CO_2	Samtliga	20,8	124 217		-	-
		Turbofläkt	21,4	136 891			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	19,1	114 225			
		Turbofläkt	19,8	126 917			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	8,4	31 383	303		
		Turbofläkt	8,5	33 786	306		
		Turboprop	4,7	7 628	223		
	Höghöjd	Samtliga	7,5	28 106	272		
		Turbofläkt	7,8	30 949	280		
Totalt	CO_2	Samtliga	14,2	62 298			
		Turbofläkt	14,3	63 394			
		Turboprop	4,5	7 580			
	Höghöjd	Samtliga	12,9	56 577			
		Turbofläkt	13,0	57 711			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	15,0	67 286			
		Turbofläkt	15,0	67 767			
		Turboprop	4,2	7 489			
	Höghöjd	Samtliga	13,6	61 171			
		Turbofläkt	13,7	61 663			

Taxiflyg	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	3,4	6 466	774	2 035	1,01
		Turbofläkt	3,5	6 797	817	2 207	1,06
		Turboprop	2,1	2 824	323	664	0,49
	Höghöjd	Samtliga	2,6	5 040	603	1 586	0,79
		Turbofläkt	2,8	5 498	661	1 785	0,86
Fraktflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Postflyg	CO_2	Samtliga					
		Turbofläkt					
		Turboprop					
	Höghöjd	Samtliga					
		Turbofläkt					
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	1,4	1 580	192		
		Turbofläkt	1,4	1 896	278		
		Turboprop	-	-	-		
	Höghöjd	Samtliga	0,8	915	111		
		Turbofläkt	1,0	1 373	201		
Totalt	CO_2	Samtliga	3,3	6 047			
		Turbofläkt	3,4	6 484			
		Turboprop	1,9	2 312			
	Höghöjd	Samtliga	2,5	4 686			
		Turbofläkt	2,7	5 235			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	3,4	6 466			
		Turbofläkt	3,5	6 797			
		Turboprop	2,1	2 824			
	Höghöjd	Samtliga	2,6	5 040			
		Turbofläkt	2,8	5 498			

Samtliga	Värdering	Motortyp	/fkm	/flygning	/flygstol	/pax; /ton	/pkm; /tkm
Passagerarflyg	CO_2	Samtliga	18,1	63 967	312	417	0,10
		Turbofläkt	18,1	64 046	312	417	0,10
		Turboprop	3,2	4 906	191	577	0,35
	Höghöjd	Samtliga	14,4	51 177	250	374	0,09
		Turbofläkt	14,5	51 245	250	429	0,09
Fraktflyg	CO_2	Samtliga	33,2	139 971		4 880	1,15
		Turbofläkt	33,2	140 335		4 885	1,15
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	30,0	126 440		4 408	1,04
		Turbofläkt	30,0	126 821		4 414	1,04
Postflyg	CO_2	Samtliga	20,8	124 217		-	-
		Turbofläkt	21,4	136 891			
		Turboprop	-	-		-	-
	Höghöjd	Samtliga	19,1	114 225			
		Turbofläkt	19,8	126 917			
Tomflyg*	CO_2	Samtliga	8,8	29 629	266		
		Turbofläkt	9,0	31 988	268		
		Turboprop	4,0	6 226	185		
	Höghöjd	Samtliga	7,0	23 394	210		
		Turbofläkt	7,3	25 753	216		
Totalt	CO_2	Samtliga	18,2	64 732			
		Turbofläkt	18,2	64 953			
		Turboprop	3,9	6 064			
	Höghöjd	Samtliga	16,3	58 019			
		Turbofläkt	16,4	58 238			
Tot. exkl. tomflyg	CO_2	Samtliga	18,5	65 658			
		Turbofläkt	18,5	65 745			
		Turboprop	3,6	5 792			
	Höghöjd	Samtliga	16,5	58 858			
		Turbofläkt	16,6	58 943			

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), is an independent and internationally prominent research institute in the transport sector. Its principal task is to conduct research and development related to infrastructure, traffic and transport. The institute holds the quality management systems certificate ISO 9001 and the environmental management systems certificate ISO 14001. Some of its test methods are also certified by Swedac. VTI has about 200 employees and is located in Linköping (head office), Stockholm, Gothenburg, Borlänge and Lund.

HEAD OFFICE
LINKÖPING
SE-581 95 LINKÖPING
PHONE +46 (0)13-20 40 00

STOCKHOLM
Box 55685
SE-102 15 STOCKHOLM
PHONE +46 (0)8-555 770 20

GOTHENBURG
Box 8072
SE-402 78 GOTHENBURG
PHONE +46 (0)31-750 26 00

BORLÄNGE
Box 920
SE-781 29 BORLÄNGE
PHONE +46 (0)243-44 68 60

LUND
Medicon Village AB
SE-223 81 LUND
PHONE +46 (0)46-540 75 00

vti