



CHALMERS



Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor Metodutveckling och resultat för 1990 – 2014

Anneli Kamb, Jörgen Larsson, Jonas Nässén och Jonas Åkerman

Sammanfattning

Flygets klimatpåverkan är stor och ökande för rika länder som Sverige. Dagens produktionsbaserade uppföljningssystem bygger på hur mycket flygplanen tankar i respektive land (bunkring) och återspeglar bara utsläppen till första mellanlandning. I denna rapport utvecklas en beräkningsmetod som återspeglar utsläppen från den svenska befolkningens internationella flygresor. Metodiken appliceras sedan för tidsperioden 1990-2014 med hjälp av både resvaneundersökningar och totalstatistik.

Beräkningarna visar att antalet internationella resor som svenska invånare gör har ökat med 130 % från 1990 till 2014. Den genomsnittliga flygsträckan för en tur-och-returresa har emellertid inte förändrats avsevärt under tidsperioden. Utsläppen per person-km har dock minskat med 37 % mellan 1990 och 2014. År 2014 var utsläppen 190g CO₂-ekvivalenter per person-km. En betydande andel av denna effektivisering kan tillskrivas en ökning av kabinfaktorn. De totala utsläppen från svenska invånares internationella flygresor ökade drastiskt 1993-2000, fluktuerade kring samma nivå under perioden 2000-2009, för att sedan åter öka från 2010. När effekterna av utsläpp på hög höjd inkluderas så närmar sig utsläppen 11 Mt CO₂-ekvivalenter för 2014 vilket ungefär motsvarar utsläppen från alla personbilstransporter i Sverige.

Utvecklingen av utsläpp från flyget kan jämföras med de totala klimatpåverkande utsläppen som Sverige orsakar. Medan utsläppen från svenska invånares internationella flygresor har ökat med 61 % sedan 1990 så har Sveriges officiellt rapporterade totala utsläpp från samtliga sektorer minskat med 24 %. Utan effektiva klimatstyrmedel för flyget riskerar utsläppen från flygandet att bli större än de totala officiella utsläppen redan år 2040.

Innehållsförteckning

1	INTRODUKTION	4
2	METODVAL OCH DATA FOR SVERIGE 1990 – 2014	5
2.1	ÖVERGRIPANDE METODVAL	5
2.2	ANTAL RESOR.....	6
2.3	MEDELAVSTÅND.....	6
2.4	UTSLÄPP PER PERSON-KM	7
3	RESULTAT: SVENSKA BEFOLKNINGENS INTERNATIONELLA FLYGRESOR 1990-2014	8
3.1	ANTAL RESOR.....	8
3.2	MEDELAVSTÅND.....	10
3.3	UTSLÄPP PER PERSON-KM	10
3.4	UTSLÄPP FRÅN SVENSKA BEFOLKNINGENS INTERNATIONELLA FLYGRESOR	12
4	FRAMTIDA UTSLÄPP FRÅN FLYGET	13
4.1	BUSINESS-AS-USUAL SCENARIO	13
4.2	KLIMATMÅL OCH STYRMEDEL INOM LUFTFART	15
5	FRAMTIDA UPPFÖLJNING	16
5.1	VIDAREUTVECKLING AV UPPFÖLJNINGSMETOD	17
5.1.1	<i>Antal resor</i>	17
5.1.2	<i>Medelavstånd</i>	18
5.1.3	<i>Utsläpp per person-km</i>	18
6	REFERENSER	19

Det arbete som ligger bakom denna rapport har delvis finansierats av Naturvårdsverket. En motsvarande vetenskaplig artikel kommer att publiceras.

1 Introduktion

Under 2010 stod den globala luftfarten för 2,6 % av alla energirelaterade CO₂-utsläpp (IPCC 2014, p. 603 och 646). För rika länder kan dock luftfarten utgöra en betydligt större andel. En analys av svenska hushåll fann att flyget stod för så mycket som 17 % av växthusgasutsläppen från den privata konsumtionen (Nässén, Andersson et al. 2015). I denna analys omfattades dock inte bara klimatpåverkan från koldioxid. På hög höjd har framförallt utsläpp av kväveoxider, kondensstrimmor och flyginducerad molnighet betydande effekter på klimat (IPCC 2007, Lee, Fahey et al. 2009, Azar & Johansson 2012, ICAO 2013). Det finns ingen tveka om att dessa höghöjdseffekter existerar, däremot så finns det en osäkerhet om hur stora de är (se vidare avsnitt 2.4).

Medan de totala globala utsläppen av växthusgaser har planat ut 2013-2015 (IEA 2016) fortsätter utsläppen från luftfarten sannolikt att växa på grund av fortsatt stora årliga ökningarna i passagerarvolymerna (6 % mellan 2013 och 2014) (ICAO 2015). Utsläppen från luftfarten har ökat med 40 % mellan 1990 och 2010 (IPCC 2014). Antalet flygpassagerare globalt förväntas öka med 4 % per år de kommande 20 åren (IATA 2015) och med en relativt långsammare effektivitetsförbättring kommer utsläppen fortsätta att öka. International Civil Aviation Organization (ICAO) har beräknat att bränsleförbrukningen kommer att öka med 200 % under de närmsta 30 åren om utvecklingen fortsätter i samma spår (ICAO 2013). Om detta inträffar, och om landbaserade utsläpp följer en utsläpps bana som ligger i linje med 2°C målet, kan utsläppen från internationell luftfart komma att motsvara över 20 % av de globala utsläppen 2050 (Cames, Graichen et al. 2015).

Om flyget inte ska äventyra de globala klimatmålen måste effektiva styrmedel införas. Eftersom en stor del av flygresandet är internationellt, ca 65 % av bränsleförbrukningen används för internationellt flyg (ICAO 2013), och på grund av den globala karaktären hos flygindustrin, finns ett behov av internationella styrmedel. I väntan på tillräckligt kraftfulla internationella styrmedel så kan "temporära" nationella och EU-baserade styrmedel användas.

Dagens produktionsbaserade uppföljningssystem bygger på hur mycket flygplanen tankar i respektive land (bunkring). Det som avser inrikesflyg ingår i de officiella nationella utsläppen, medan det som avser utrikesflyg rapporteras separat (IPCC 2006). I denna statistik omfattas bara utsläpp från flyg till första transferflygplats. Utsläpp från svenskarnas flygande därefter allokeras till andra länder. Statistiken omfattar dessutom alla passagerare, både svenska och utländska invånarna. Vi anser därför att det behövs en kompletterande uppföljning.

Syftet med den här rapporten är att utveckla en uppföljningsmetodik som återspeglar utsläppen från den svenska befolkningens internationella flygresor, och att tillämpa denna för Sverige under perioden 1990 – 2014. Detta är viktigt för att bidra till en ökad medvetenhet om flygresornas klimatpåverkan och hur de utvecklas över tid. Denna typ av uppföljning kan också vara relevant som komplement till bunkringsstatistiken för att följa upp effekterna av olika styrmedel.

2 Metodval och data for Sverige 1990 – 2014

2.1 Övergripande metodval

När det gäller metoder för att utforma kompletterande uppföljning finns det framförallt två alternativ; allokering av utsläppen till boendeland för *passageraren*, eller till *slutkonsumenten* av den vara/tjänst som produceras. Alternativet med allokering baserat på boendeland för passageraren har identifierats som ett alternativ av UNFCCC för uppföljning av internationella resor (UNFCCC 1996). Alternativet med allokering till boendeland för slutkonsumenten är den metod som används i konsumtionsbaserade analyser, som Naturvårdsverket var tidiga med att publicera (Naturvårdsverket 2008).

När det gäller flygresor som utförs i privata syften (semester, besöka släkt/vänner etc.) så blir det ingen skillnad mellan dessa två alternativ, men för resor i tjänsten innebär de olika allokering. I alternativet boendeland så är det Sverige som tillskrivs utsläppen även för tjänsteresor, men i alternativet slutkonsumenten tillskrivs utsläppen det land där konsumenten av produkten/tjänsten bor; om t.ex. en anställd som arbetar på Volvo i Sverige flyger till en konferens så ska utsläppen från denna resa fördelas på de länder där köparna av Volvos bilar bor.

Två centrala kriterier för val av uppföljningsmetod är datatillgång och datasäkerhet. När det gäller alternativet allokering till slutkonsumenten så används så kallade "miljöexpanderade input-output modeller". Denna metod används flitigt och utvecklas kontinuerligt. I dagsläget kan den till exempel användas för att ge en bild av hur den totala konsumtionens klimatpåverkan skiljer sig mellan olika länder. Att bryta ner siffrorna till specifika sektorer, t.ex. flyg, innebär dock större osäkerheter. En annan nackdel med detta alternativ är att transparensen är relativt låg.

Alternativet med boendeland prövades inte av UNFCCC på grund av brist på data (UNFCCC 1996), men senare har jämförelser mellan länder gjorts med BNP som en grov proxy (Velzen & Wit 2000). För några år sedan publicerade Jonas Åkerman en mer tillförlitlig analys som bygger på resvaneundersökningar (Åkerman 2012). I arbetet med den här rapporten har denna metod vidareutvecklats och resvaneundersökningarnas uppgifter om slutdestination har kompletterats med bl.a. årlig totalstatistik om antalet utrikespassagerare från Trafikanalys.

Vår bedömning är att datatillgången och datasäkerheten är bättre för alternativet boendeland än för en allokering till slutkonsument. Nedan återges denna metod där utsläppen av växthusgaser beräknas genom att multiplicera antalet internationella resor som gjorts av landets invånare [passagerare] med det genomsnittliga avståndet per resa [km] och de genomsnittliga utsläppen per person-km [kg CO₂-ekv/p-km] för varje år. För mer detaljer om beräkningarna se den excel-fil som är tillgänglig som kompletterande information till detta dokument (återfinns här: <https://chalmersuniversity.box.com/s/s4kesqzqx5nn698fp60hjrqvezdbkhle>). I sista kapitlet beskrivs även hur uppföljningsmetoden kan tillämpas årligen och hur den kan vidareutvecklas.

2.2 Antal resor

För att beräkna antalet resor som görs av en nations invånare behöver man passagerarstatistik från alla flygplatser i landet. Denna statistik täcker dock såväl landets invånare som utländska invånare så för att endast räkna med resor som gjorts av landets invånare så måste passagerarstatistiken anpassas. Dessutom, om det är sannolikt att invånarna använder flygplatser i andra länder som avreseflygplats för en internationell flygning, behövs samma statistik från dessa flygplatser.

I Sverige finns detaljerade förteckningar över ankommande och avgående internationella passagerare till och från svenska flygplatser (Trafikanalys 2015, Transportstyrelsen 2016). Andelen passagerare som är bosatta i Sverige baseras på undersökningar gjorda av Swedavia¹ (Widmark 2016). Passagerare väljs slumpmässigt och svar skalas för att representera antalet avresande passagerare. Undersökningen har genomförts för ett varierande antal år på olika flygplatser så en linjär anpassning eller medelvärde av befintliga data har använts för 1990-2014.

Många svenska invånare bor nära Kastrup i Danmark eller Gardemoen i Norge och använder ofta dessa flygplatser som främsta internationell flygplats². För att inkludera dessa resor användes data från Kastrup (Danaei 2016) och Gardemoen (Tvetene 2016).

2.3 Medelavstånd

För att beräkna det genomsnittliga avståndet för en internationell resa behöver man veta var resan startar och den slutliga destinationen, inte bara den första destinationen utomlands. Antag en internationell resa med flera mellanlandningar, t.ex. Kiruna - Stockholm - London - New York - New Orleans. Kiruna kallas här för *utgångspunkt*, Stockholm *avreseflygplats för internationell flygresa*, London som *transitflygplats*, New York som *ankomstflygplats för internationell flygresa* och New Orleans som *slutdestination*. Om resan startar i Stockholm, då skulle Stockholm vara både utgångspunkt och avreseflygplats för internationell flygresa.

För det svenska fallet användes data från reseundersökningar från Turistdatabasen år 1990, 1991, 2010, 2012 och 2013 (Resurs AB 2014). Turistdatabasen bygger på cirka 20 000 telefonintervjuer per år där intervjupersonen rapporterar de resor de gjort under de senaste 30 dagarna. 1266 resor med flyg rapporterades år 1990, 1378 resor år 1991, 1922 resor år 2010, 2257 resor år 2012 och 2384 resor år 2013. Data viktades sedan före analysen baserat på län, kön och ålder i syfte att bättre representera den svenska befolkningen. Datamängden innehåller avreseflygplats för internationell flygresa och slutdestinationen. Eftersom inrikesresor redan redovisats i den nationella rapporteringen, har inrikesflyg innan en internationell flygning uteslutits. För ett mindre antal resor där avreseflygplats för internationell flygresa saknades

¹ Baserat på passagerarenkäter gjorda på Stockholm/Arlanda, Stockholm/Bromma, Göteborg/Landvetter, Luleå, Malmö och Umeå Airport. I dagsläget görs cirka 150 000 intervjuer per år. För övriga flygplatser, där ingen sådan enkät har genomförts, antogs medlet för flygplatserna i Umeå och Luleå.

² Även andra mindre flygplatser, t.ex. Torp och Rygge i Norge, kan vara aktuella men dessa beaktas ej i denna utredning.

avreseflygplats och för dessa användes istället Sveriges demografiska mittpunkt Hjortkvarn (Statistiska Centralbyrån 2014).

Google Maps API, via Google Sheets Add-On *Geocode*³, användes för att hitta koordinaterna för varje avgångsflygplats för internationell flygning och slutdestination. Avståndet mellan varje par beräknades sedan via det så kallade storcirkelavståndet⁴, som är det kortaste avståndet mellan de två punkterna. Denna beräkning är i enlighet med ICAO:s anvisningar till medlemsländer för rapportering av utförda person-km (ICAO 2009)⁵. Extra avstånd på grund av mellanlandningar beaktas inte, vilket resulterar i en underskattning.

Det genomsnittliga avståndet för en tur-och-retur-resa beräknades för de år där data fanns tillgänglig. En linjär anpassning beräknades sedan för varje år.

2.4 Utsläpp per person-km

Även om utsläppen varierar mellan olika flygningar, exempelvis på grund av typ av flygplan, bör ett globalt utsläppsgenomsnitt ge en god uppskattning av utsläppen från en nations befolkning, eftersom invånarna flyger över hela världen. För att beräkna de genomsnittliga utsläppen per person-km behövs statistik över den globala bränsleförbrukning och genomförda person-km, samt statistik över frakt-ton för att fördela utsläppen mellan gods och passagerare.

Tidsserier över den globala bränsleförbrukningen inom luftfarten samlades från International Energy Agency (IEA 2016). Data från IEA omfattar bränsleförbrukningen från både kommersiell och allmän luftfart (t.ex. privat affärs- eller nöjesflyg) samt militär luftfart, vilket sannolikt gör att IEA:s siffra är högre än andra uppgifter (Olsen, Wuebbles et al. 2013). Den militära andelen av den globala bränsleförbrukningen uteslöts baserat på data från 1976, 1984, 1992 och 2015 som används av IPCC (IPCC 1999). Den militära andelen interpolerades exponentiellt för varje år.

Bränslemassan översattes därefter till CO₂-utsläpp med en faktor på 3,15 kg CO₂/ kg jetbränsle⁶. På hög höjd har framförallt utsläpp av kväveoxider, kondensstrimmor och flyginducerad molnighet också betydande effekter på klimatet (IPCC 2007, Lee, Fahey et al. 2009, Azar & Johansson 2012, ICAO 2013). Det finns en osäkerhet om hur stora dessa effekter är, men då det inte är någon tvekan om att icke obetydliga höghöjdseffekter existerar så tycker vi att det rimligaste är att inkludera dessa. Vi använder oss av den

³ Se <https://chrome.google.com/webstore/detail/geocode-by-awesome-table/cnhboknahecjdnkjinlodacdjelippfg?hl=en>

⁴ Storcirkelavståndet (GCD) definieras som den kortaste sträckan mellan två punkter, med koordinater (lat1, lon1) och (lat2, lon2), på ytan av en sfär. Det ges av: $GCD = R \cos^{-1}[\sin(\text{lat1})\sin(\text{lat2}) + \cos(\text{lat1})\cos(\text{lat2})\cos(\text{lon1}-\text{lon2})]$, där R är jordens radie. R = 6371,01 km.

⁵ I vissa utsläppskalkylatorer läggs ett extra avstånd på ca 50 km till för att ta hänsyn till avvikelser från storcirkelavståndet. Eftersom vi använder ICAO:s statistik över antal person-km där storcirkelavståndet är rapporterat rakt av så lägger vi inte till något extra avstånd, annars hade beräkningarna blivit felaktiga.

⁶ Baserat på det effektiva värmevärdet och effektiva CO₂-utsläppsfaktorn för jetbränsle i 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy, tabell 1.2 och tabell 1.4 (IPCC, 2006). Alltså är utsläpp från produktionen av flygbränsle inte inkluderat.

bästa vetenskapliga uppskattningen som är att den totala klimatpåverkan, mätt med GWP 100, är cirka 1,9 gånger högre än påverkan från endast CO₂-utsläpp (Lee, Fahey et al. 2009). Denna höghöjdsfaktor ligger också i linje med rekommendationen från en bedömning av en mängd olika vetenskapliga analyser (Jungbluth 2013).

ICAO publicerar statistik över globala person-km och ton-km för gods och post som utförs i reguljärtrafik, liksom uppskattningar av internationell icke-reguljär trafik⁷. Statistik för 1998-2014 användes (ICAO 2008, ICAO 2015). IATA publicerar också data över person-km och ton-km för gods, som användes för 1990 och 1995 (IATA 2015).

För att kunna fördela utsläppen mellan gods och passagerare bör en lämpligt mått användas. Eftersom vikt är en central faktor för utsläppsgenerering inom flyget har det valts som bas i dessa beräkningar. För att kunna jämföra passagerarstatistiken med godsstatistiken antas passagerarna ha en genomsnittlig vikt (inkl. bagage) på 100 kg (ICAO 2014, IATA 2015). Passagerarna kräver även säten, toaletter etc. som inte behövs för godsfrakt och därför bör passagerarna ansvara även för den vikten. Vi antar en extra 60 kg i enlighet med Wit, Dings et al. (2002), som också stämmer väl överens med ICAO (2014)⁸, vilket resulterar i totalt 160 kg per passagerare. Statistik över globala person-km översätts alltså till ton-km. De globala utsläppen allokeras därefter baserat på andelen utförda ton-km av passagerare jämfört med ton-km för frakt. Utsläpp som allokeras till passagerare delas avslutningsvis med utförda person-km.

3 Resultat: Svenska befolkningens internationella flygresor 1990-2014

3.1 Antal resor

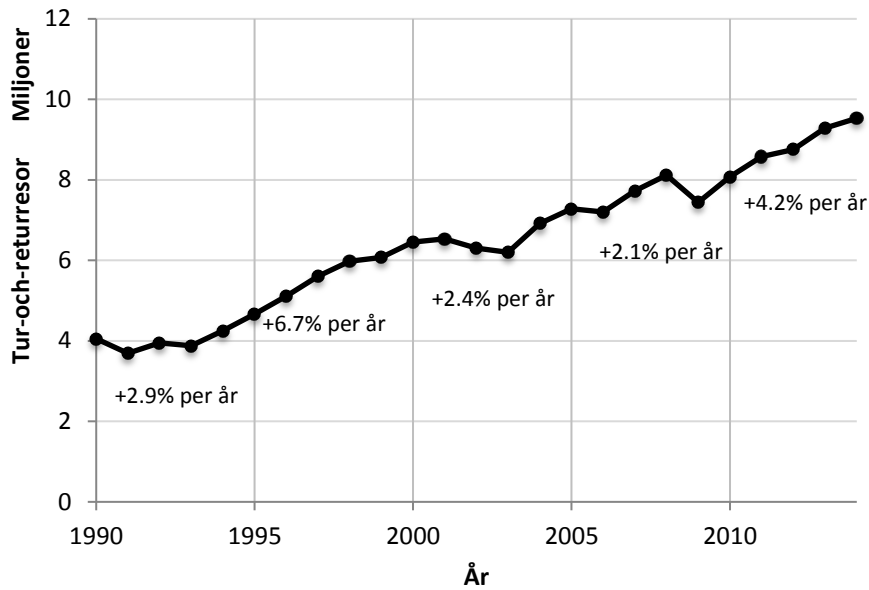
Från 1990 till 2014 har antalet ankommande och avresande internationella passagerare (svenska och utländska invånare) ökat från 9 miljoner till 26 miljoner (Trafikanalys 2015, Transportstyrelsen 2016), det vill säga en ökning med 180 %. Under denna tid har andelen passagerare som är svenska invånare minskat, på t.ex. Stockholm Arlanda flygplats (som står för 2/3 av de internationella passagerarna) har andelen som är svenska invånare minskat från i genomsnitt 66 % 2001-2005 till i genomsnitt 56 % 2011-2014 (Widmark 2016).

Figur 1 visar antalet internationella tur-och-retur-flygresor som svenska invånare har gjort per år. Antalet resor har ökat med 130 % från 1990 till 2014, vilket innebär en genomsnittlig årlig ökning på 3,6 %.

⁷ ICAOs data innehåller endast data från reguljär trafik hos medlemsländer. Den 31 oktober 2013 hade ICAO 191 medlemsländer, se

<http://www.icao.int/MemberStates/Member%20States.Multilingual.pdf>

⁸ ICAO beräknar den totala vikten av passagerare, bagage, säten, toaletter etc. som $100\text{kg} \cdot \text{antal passagerare (pass.)} + 50\text{kg} \cdot \text{antal säten (säten)}$. Med en kabinfaktor på $\frac{\text{pass}}{\text{säten}} = 80\%$ blir vikten per passagerare $\frac{100\text{kg} \cdot \text{pass} + 50\text{kg} \cdot \text{seats}}{\text{pass}} = 100\text{kg} + 50\text{kg} \cdot \frac{1}{\text{kabinfaktor}} = 162\text{kg}$, med andra ord samma som Wit et al. (2010).



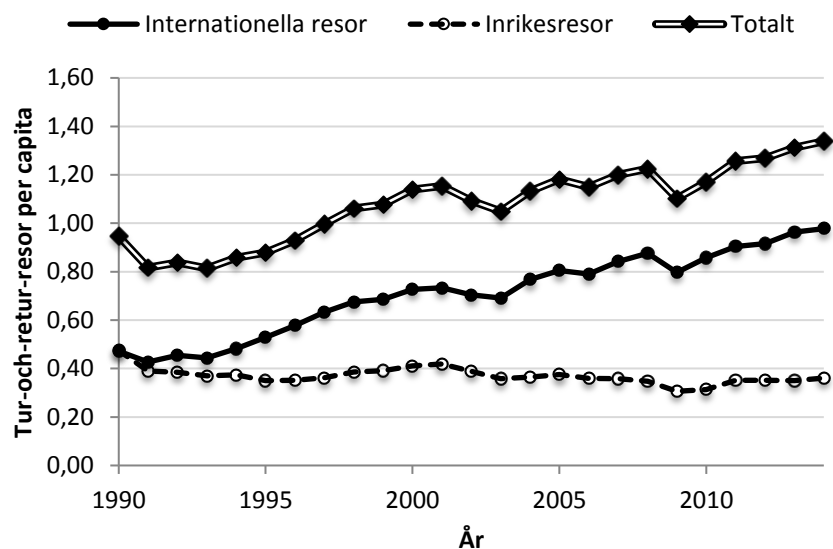
Figur 1 Antalet internationella tur-och-retur-flygresor som svenska invånare gjort. Procentsatserna illustrerar den genomsnittliga årliga ökningen under respektive period.

Tre tydliga svackor kan ses i Figur 1. Den första var i början av 1990-talet, då det var en lågkonjunktur i Sverige som mycket väl kan förklara den stagnerade nivån av flygresor. Den andra mer tydliga svackan var i början av 2000-talet, vilket möjligen kan kopplas till terrorattackerna 11 september 2001. Effekten på den globala flygtrafiken av attackerna är väl dokumenterade (Ito & Lee 2005). Den tredje svackan var under 2009, vilket var under den globala finanskrisen som även påverkade Sverige. Vidare ses en brant ökning 1993-2000 som sannolikt är kopplad till avregleringen av flygindustrin och skapandet av en marknad inom EU (Scharpenseel 2001).

Av de 9,5 miljoner internationella tur-och-retur-resor som svenskarna gjorde under 2014 gjordes 1,3 miljoner med Kastrup som avreseflygplats för den internationella flygresan (Danaei 2016) och 0,38 miljoner från Gardemoen (Tvetene 2016).

Om antalet resor relateras till befolkningen så gjorde svenska invånare cirka 0,47 internationella tur-och-retur-resor per person och år i början av 90-talet, vilket ökade till 0,98 resor per person år 2014, se

Figur 2. Detta innebär en ökning med 110 % och en årlig ökning med 3,1 %. Om samma metod tillämpas på inrikesflygresor, där antalet resor har varit mer eller mindre stabil under denna 24-årsperiod, gjorde svenskarna 0,36 inrikes tur-och-retur-resor per person 2014. Alltså gjordes 1,3 tur-och-retur-resor, inrikes och utrikes sammanslaget.



Figur 2 Antalet tur-och-retur-resor per capita, internationellt, inrikes och totalt.

3.2 Medelavstånd

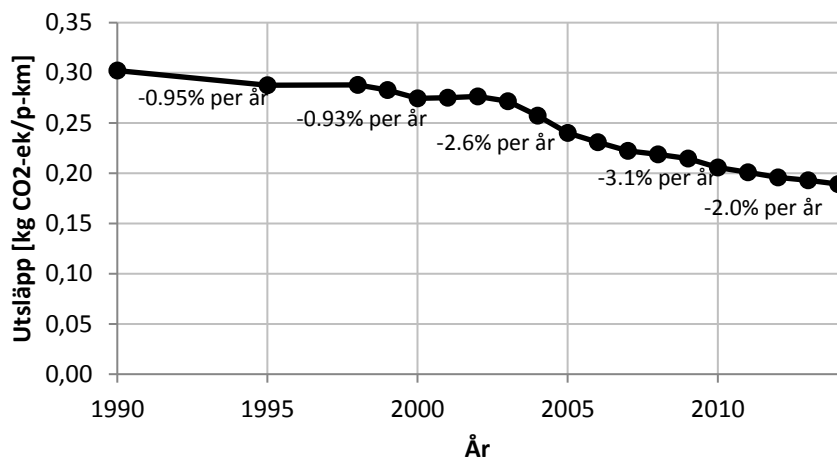
Medelavståndet har inte förändrats avsevärt mellan 1990 och 2014 baserat på data från Turistdatabasen (Resurs AB 2014). 1990-1991 var avståndet i genomsnitt 5400 km och 2010-2013 hade den ökat till i genomsnitt 5800 km, vilket innebär 7 % ökning under denna period. För jämförelse är 5800 km ungefär avståndet för en tur-och-retur-resa Stockholm - Portugal, medan en tur-och-retur-resa Stockholm - New York är ca 13000 km.

3.3 Utsläpp per person-km

Från 1990 till 2014 har den globala bränsleförbrukningen ökat kraftigt, från 160 miljoner ton jetfotogen år 1990 till 260 miljoner ton år 2013 (inklusive militärt flyg), det vill säga en ökning på 63 % (IEA 2016). Andelen militär bränsleförbrukningen har dock minskat från 36 % 1976 till 26 % år 1984, 18 % år 1992 och uppskattades bli 7 % 2015 (IPCC 1999). Den civila luftfartens bränsleförbrukning har alltså ökat med 86 %, vilket innebär en genomsnittlig årlig ökning på 2,6 %.

Antalet person-km inom den reguljära luftfarten har ökat från 1900 miljarder person-km 1990 till 6100 miljarder person-km 2014, det vill säga en ökning med 220 % och en genomsnittlig årlig ökning på 4,5 % (IATA 2015, ICAO 2015). Uppskattningar för icke-reguljär trafik visar dock att denna inte har ökat under tidsperioden och var cirka 240 miljarder person-km 2014 (ICAO 2008, ICAO 2015). Förutom passagerare så transporteras även gods och post och under tidsperioden 1990 - 2014 har passagerarna varit ansvarig för samma andel (80-84 %) av den totala transporten (mätt i ton-km) (IATA 2015, ICAO 2015).

De resulterande utsläppen av CO₂-ekvivalenter per person-km kan ses i Figur 3.



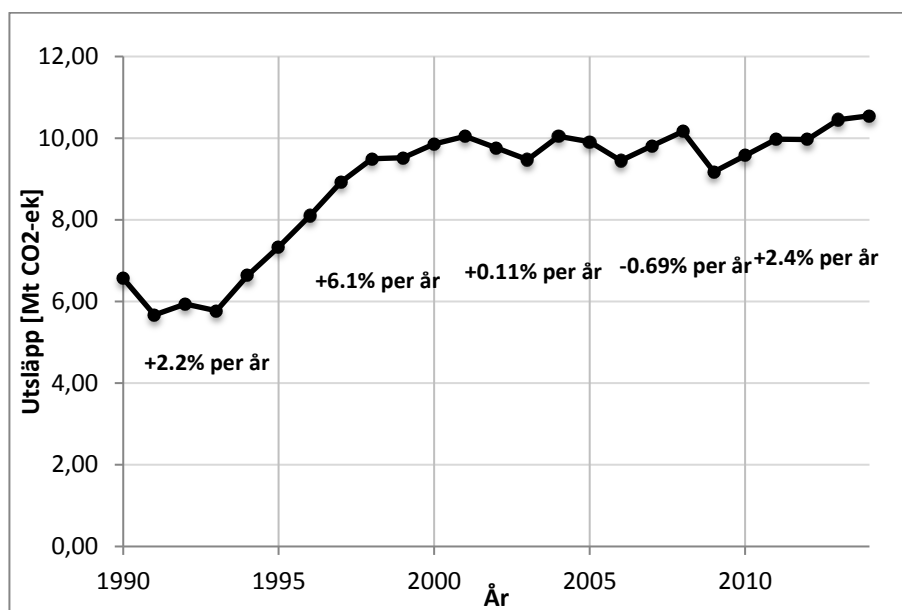
Figur 3 Globala genomsnittliga utsläpp per person-km 1990-2014 mätt som CO₂-ekvivalenter. Höghöjdsfaktor 1,9 har använts för total klimatpåverkan jämfört med enbart koldioxid (se avsnitt 2.4). Procentsatser illustrerar den genomsnittliga årliga ökningen under respektive period.

Utsläppen minskade från cirka 300 gram CO₂-ekvivalenter per person-km år 1990 till 190 gram 2014. Dessa utsläpp kan jämföras med utsläppen från den svenska bilparken som var 178 gram CO₂ per km år 2012 (Johansson & Kågeson 2013). Om bara CO₂-utsläpp beaktas så ligger utsläppen på ca 100 gram per person-km 2014. Europeiska miljöbyrån har liknande siffror för luftfart inom Europa och uppskattade utsläppen till 110g CO₂ per person-km 2011 (European Environment Agency 2012), vilket stämmer överens med vårt resultat för samma år.

Mellan 1990 och 2014 har utsläppen per person-km minskat med 37 %. Detta innebär en genomsnittlig årlig minskning på 1,9 %, vilket också är nära tidigare uppskattningar för flyg inom Europa där den genomsnittliga årliga minskningen beräknades till 1,8 % mellan 1996 och 2011 (European Environment Agency 2012). Minskningarna beror på teknisk utvecklingen, att kabinfaktorn har förbättrats samt förändringar i flygledning (t.ex. så kallade gröna inflygningar). Kabinfaktorn har ökat från 66 % år 1991 (ICAO 2016) till 80 % år 2014 (ICAO 2015), vilket innebär en årlig ökning på 0,84 %. Förutsatt att utsläppen per person-km skalar med kabinfaktorn innebär detta att teknisk utveckling och förändrad flygledning bidragit med en genomsnittlig årlig effektivisering på ca 1,1 % mellan 1998 och 2014.

3.4 Utsläpp från svenska befolkningens internationella flygresor

Utsläppen av växthusgaser från svenska invånarens internationella flygresande kan ses i Figur 4.



Figur 4 Utsläpp från svenska invånarens internationella flygresor 1990-2014. Procentsatser illustrerar den genomsnittliga årliga ökningen under respektive period.

År 2014 var de klimatverkande utsläppen från svenska invånarens internationella flygresande 11 Mt CO₂-ekvivalenter vilket är samma nivå som från alla personbilstransporter i Sverige (Naturvårdsverket 2016). Utsläppen från utrikesflyget var 6,6 Mt CO₂-ekvivalenter år 1990 och fram till 2014 hade en ökning med 61 % skett, vilket motsvarar genomsnittlig årlig ökning på 2,0 %.

Ökningen av utsläppen är drastisk mellan 1993-2000, från 5,8 Mt CO₂-ekvivalenter till 9,6 Mt CO₂-ekvivalenter. Mellan 2000 och 2009 har utsläppsnivån sammantaget sjunkit något till 9,2 Mt CO₂-ekvivalenter, för att år 2014 ha ökat till 11 Mt CO₂-ekvivalenter. Utsläppen beräknat per capita har ökat från 0,77 ton CO₂-ekvivalenter år 1990 till 1,1 ton CO₂-ekvivalenter år 2014, vilket är en ökning med 42 % (i snitt 1,5 % per år).

Vårt resultat (baserat på boendeland), att utsläppen från internationellt flygande var 11 Mt CO₂-ekvivalenter år 2014, kan jämföras med den officiella statistiken (baserat på bunkring) som visar att utrikesflyget orsakar utsläpp på 2,2 Mt CO₂ (Naturvårdsverket 2016). Om man tillämpar en höghöjdsfaktor på 1,9 så landar utsläppen på 4,2 Mt CO₂-ekvivalenter. Återstående skillnad beror till stor del på att vår metod även omfattar flyg efter mellanlandning.

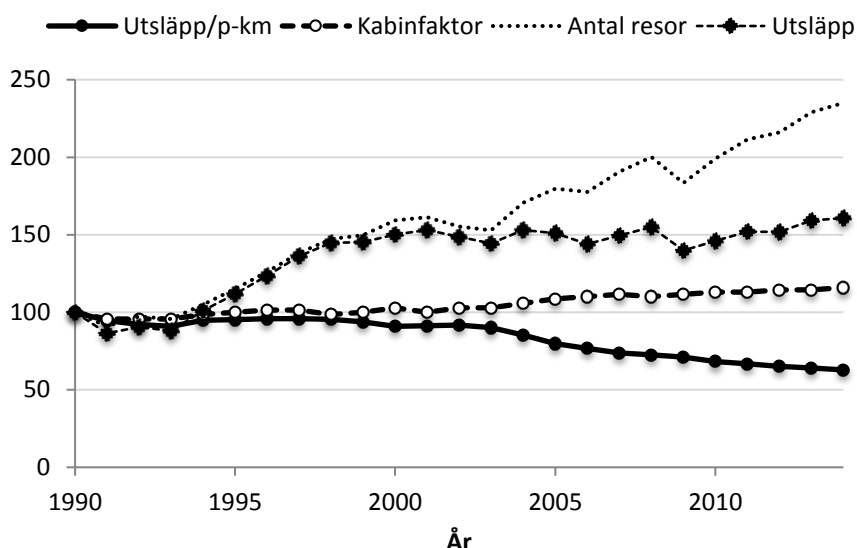
Utsläppen från inrikesflyget i Sverige var 0,52 Mt CO₂ år 2014 (Naturvårdsverket 2016). Med en höghöjdsfaktor⁹ på 1,9 och med endast svenska passagerare, som representerade 94 % av inrikespassagerarna, motsvarar detta 0,91 Mt CO₂-ekvivalenter.

⁹ Om det är så att svenska inrikesresor i genomsnitt är kortare än den globala genomsnittsresan, så innebär det att den andel av flygsträckan där höghöjds effekter uppstår är mindre. Vi har dock inte gjort någon fördjupad analys för att kunna beakta detta på ett tillförlitligt sätt.

Detta motsvarar utsläpp på 93 kg CO₂-ekvivalenter per capita 2014. Således kommer över 90 % av utsläppen av växthusgaser från svenskarnas flygresor från de internationella flygresorna och bara knappt 10 % från inrikesresorna.

Om vi lägger ihop utsläppen från inrikesresor och utsläppen från internationella resor, är de cirka 1,2 ton CO₂-ekvivalenter per svensk invånare år 2014. Motsvarande globala genomsnitt är 0,17 ton per person¹⁰. Följaktligen är utsläppen från flygresor för den genomsnittliga svenska invånaren sju gånger högre än det globala genomsnittet.

Figur 5 visar utvecklingen av utsläppen per person-km, kabinfaktor, antalet tur-och-retur-resor och de totala utsläppen från den svenska befolkningen, med basår 1990 = 100. Från 1990 till 2003 följer de totala utsläppen ökningen av antalet resor. Från 2004 och framåt har kabinfaktorn ökat märkbart, och som en följd har utsläppen per person-km minskat. Denna brantare minskning av utsläppen per person-km resulterar i frikoppling av antalet resor och de totala utsläppen från 2003 och framåt; antalet resor ökar alltså kraftigt utan att utsläppen ökar avsevärt.



Figur 5 Utveckling av utsläpp per person-km, kabinfaktorn, antalet tur-och-retur-resor och utsläpp från svenska befolkningen. Basår 1990 = 100.

4 Framtida utsläpp från flyget

4.1 Business-as-usual scenario

Våra resultat visar att de klimatpåverkande utsläppen från den svenska befolkningens internationella flygande har ökat med i snitt 2,0 % per år under perioden 1990 – 2014. Vilken utveckling som är sannolik när det gäller utsläppen från svenska befolkningens flygande beror bland annat på om effektiva styrmedel kommer att införas eller ej. Vi börjar med att resonera om hur utvecklingen kan se ut om inga nya och effektiva styrmedel införs. Ökningstakten avseende antal utrikesresor per capita var 3,6 % per år

¹⁰ Baserat på beräkningar av den globala statistiken som beskrivits avsnitt 2.

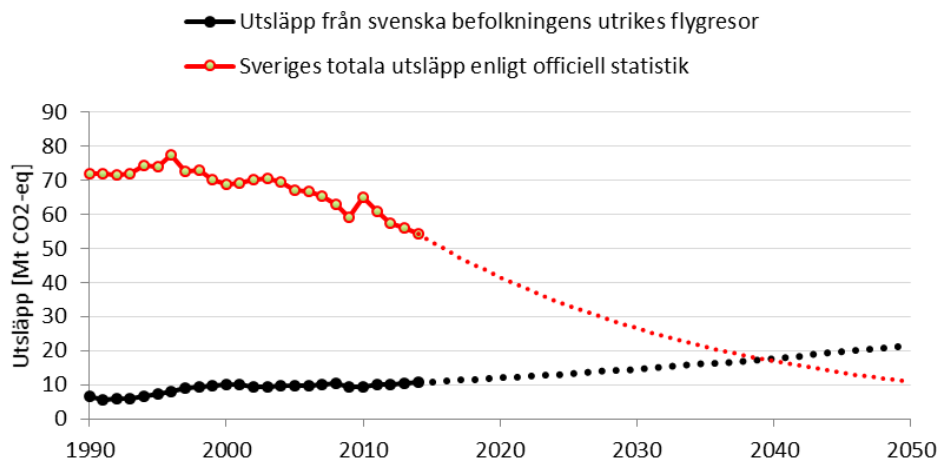
under perioden 1990-2014 och utan styrmedel kommer ökningen sannolikt även i fortsättningen att vara hög, bl.a. som en följd av ökande inkomster¹¹. Om den historiska ökningstakten på 3,6 % per år fortsätter så kommer utrikesresorna per person att vara dubbelt så många år 2037 jämfört med år 2014. Medelavståndet har bara ökat marginellt sedan 1990 och det är inte sannolikt att några stora förändringar kommer att ske.

Utsläppen per person-km har i snitt minskat med 2,0 % per år mellan 1990 och 2014. Nästan hälften av denna effektivisering beror på den ökande kabinfaktorn som nådde hela 80 % år 2014. Möjligheterna för en fortsatt ökning är därför begränsade. Våra resultat visar att utsläppen per person-km historiskt sett har minskat cirka 1 % per år på grund av andra effekter än kabinfaktorn (bl. a. effektivare motorer och bättre flygledning). En procent i årliga minskningar i utsläpp per person-km är också i linje med vetenskapliga analyser för utvecklingen under perioden till 2050 (Macintosh & Wallace 2009, Owen, Lee et al. 2010).

En möjlighet är att använda biobränslen för att minska utsläppen av växthusgaser. Detta skulle minska CO₂-utsläppen, men det skulle inte nämnvärt påverka övriga klimatpåverkande utsläpp. En global introduktion av biobränslen kan också vara etiskt problematisk på grund av konkurrens om mark för matproduktion och nettoeffekten för klimatet kan också var problematisk då det kan minska utrymmet för att ersätta fossila bränslen med biobränsle i andra sektorer. Dessutom skulle biobränslen i flygsektorn kräva mycket starka styrmedel då kostnaden för dessa är mycket högre än för fossilbaserade flygbränslen.

Det finns inget som tyder på att minskade utsläpp per person-km kommer att kunna kompensera för den förväntade ökningen i antalet resor. Utan nya och effektiva styrmedel så kommer utsläppen från svenskarnas internationella flygande sannolikt att fortsätta att öka, vilket naturligtvis är problematiskt i förhållande till tvågradersmålet. Utvecklingen när det gäller utsläpp från utrikesflyget kan jämföras med Sveriges totala utsläpp enligt officiell statistik (där utrikesflyget inte är med). Medan utsläppen från svenska invånares internationella flygresor har ökat med 61 % sedan 1990 så har Sveriges officiellt rapporterade totala utsläpp från samtliga sektorer minskat med 24 % (Naturvårdsverket 2015). Miljömålsberedningens förslag är att de år 2045 ska vara 85 procent lägre (Miljömålsberedningen 2016). Nedanstående figur visar ett business-as-usual scenario för utrikesflygets utsläpp i kombination med ett scenario där Sverige uppnår det föreslagna målet om 85 % minskning av de officiellt rapporterade utsläppen till 2045.

¹¹ 3,6 % per år kan ses som ett business-as-usual scenario. Swedavia antar 1,9 % per år till 2045 i sitt huvudscenario där de även antar "förväntade miljörestriktioner". Källa: Swedavia (2015). *Swedavias långsiktiga trafikprognos för 2015-2045*. För en diskussion om prognoser se även Trafikanalys (2016). *Inför en flygstrategi - ett kunskapsunderlag*. Rapport 2016:4.



Figur 6 Historiska data samt ett business-as-usual scenario för utrikesflygets utsläpp (+ 2.0 % per år) och ett scenario där Sverige uppnår det föreslagna målet om 85 % minskning av de officiellt rapporterade utsläppen till 2045 (- 4,4 % per år).

Bilden illustrerar att utsläppen från den svenska befolkningens internationella flygande riskerar att vara högre än de officiellt rapporterade utsläppen redan före år 2040 om inga effektiva styrmedel införs.

4.2 Klimatmål och styrmedel inom luftfart

Frågan om vilka flygstyrmedel som vore effektiva och möjliga att införa ligger utanför ramen för den här rapporten. Men då vår analys handlar om mätning baserad på boendeland så är det rimligt att kommentera frågan om internationella respektive nationella styrmedel. Vi beskriver nedan också kortfattat vilka mål och styrmedel som finns inom flygområdet.

International Aviation Transport Association (IATA) har, på uppdrag av luftfartsindustrin, ett mål om att luftfartsindustrin skall nå koldioxidneutral tillväxt från 2020 och minska de totala CO₂-utsläppen med 50 % till 2050 jämfört med 2005 (IATA 2009). Detta mål ligger väl i linje med vad som behövs om flygindustrin ska bidra med utsläppsminskningar för att nå 2-gradersmålet (Rogelj, Hare et al. 2011).

Det pågår ett arbete som syftar till att införa internationella styrmedel. I början av 2016 presenterade ICAO ett förslag för en global utsläppsstandard för nya flygplan som säljs från och med 2023 och planen är att den ska antas i slutet av 2016 (ICAO 2016). Ett marknadsbaserat styrmedel är också under förhandling, troligen i form av ett system där flygbolagen tvingas att köpa utsläppskrediter från projekt som ligger utanför flygsektorn, d.v.s. att klimatkompensera för en del av sina utsläpp (ICAO 2015). Det återstår dock att se om de föreslagna styrmedlen kommer att beslutas och om de i så fall kommer att resultera i absoluta minskningar av utsläppen.

Det finns hittills få internationella klimatrelaterade styrmedel inom luftfarten. Inkluderingen av flygsektorn i EU:s utsläppshandelssystem (ETS) från 2012 (avser utsläpp från flyg inom EU), är ett av de viktigaste undantagen. Det mycket låga koldioxidpriset inom EU:s utsläppshandel innebär dock att effekten på utsläppen troligtvis har varit mycket begränsad. För närvarande är koldioxidpriset ca 5 euro per

ton (Exchange 2016), vilket är ungefär en tjugondel av koldioxidskatten för bilbränslen i Sverige (Skatteverket 2016).

Det kan också ifrågasättas om luftfarten bör vara en del av samma ETS som tillverkningsindustrin. Det finns argument för att industrin ska betala mindre för sina utsläpp än t.ex. vägtrafiken eftersom industriproduktionen annars riskerar att flytta till länder utanför EU där de inte behöver betala för sina utsläpp. Men detta argument gäller inte för luftfarten (eller någon annan del av transportsektorn) – en resa från Stockholm till London kan inte flyttas till Asien.

Det kan ta lång tid innan tillräckligt starka globala styrmedel är på plats, t.ex. eftersom avtal om globala styrmedel måste ratificeras av ett stort antal nationella parlament innan de kan genomföras. I väntan på sådana globala överenskommelse är temporära nationella styrmedel en möjlighet (Miljömålsberedningen 2016). Dessa styrmedel är sällan ekonomiskt sett optimala men de kan ändå bidra till minskade utsläpp. De kan dessutom ha en pådrivande effekt för införandet av EU-baserade och globala styrmedel och de temporära nationella styrmedlen kan avvecklas då tillräckligt starka internationella styrmedel är på plats.

Idag är de mest använda nationella styrmedlet passagerarskatter, som t.ex. Storbritannien, Frankrike och Tyskland har och som även diskuteras i Sverige. Det finns dock en rad andra möjliga styrmedel av ekonomisk, reglerande eller informativ karaktär, t.ex. kvotplikt (obligatorisk andel biobränsle i flygbränslet), höjd moms på inrikesflyg, införande av moms på utrikesflyg, differentierade startavgifter baserat på bränseeffektivitet och användning av biobränsle, obligatorisk klimatinformation på reklam för flygresor, järnvägsinvesteringar och satsningar på närturism.¹²

5 Framtida uppföljning

Som nämndes inledningsvis så är uppföljning av utsläppen från den svenska befolkningens internationella flygresor viktig för att bidra till en ökad medvetenhet om flygresornas klimatpåverkan och utveckling över tid, samt som ett komplement till bunkringsstatistiken när det gäller att följa upp effekterna av olika styrmedel. Bunkringsstatistiken behöver dock behållas, bl. a för att få fram globala totalutsläpp utan att riskera dubbelräkning.

Om en årlig uppföljning i linje med metoden i den här rapporten kommer att göras så redovisas här några tankar om hur det kan gå till¹³. Två alternativ är möjliga för framtida uppföljning; ”förenklad uppföljning” och ”fullständig uppföljning”. En förenklad uppföljning innebär att endast den årliga statistiska uppgiften om antalet

¹² För en mer utförlig beskrivning av möjliga styrmedel inom flygsektorn se Miljömålsberedningen (2016a) sid 395-402.

¹³ För att ha en hög transparens i våra beräkningssätt och för att underlätta framtida uppföljning finns den excel-fil som ligger till grund för denna rapport offentligt tillgänglig här: <https://chalmersuniversity.box.com/s/s4kesqzqx5nn698fp60hjrqvezdbkhle>

utrikespassagerare förs in i uppföljningsberäkningarna¹⁴, och att den kombineras med automatiskt genererade trendsiffror för övriga parametrar. Den statistiska uppgiften om antalet utrikespassagerare påverkar utfallet avsevärt och varierar mycket mellan olika år. I en förenklad uppföljning skulle siffrorna för andelen svenskar, utsläpp per person-km och medelavstånd extrapoleras baserat på tidigare år¹⁵. Även om en fullständig uppföljning ger säkrare resultat så bedömer vi att en förenklad uppföljning ger en godtagbar kvalitet under några år framöver.

I en fullständig uppföljning skulle ytterligare ett antal siffror tas fram från olika källor. Det handlar om andelen svenskar på utrikesflyg från Sverige (passagerarenkäter från Swedavia), medelavstånd (data från resvaneundersökningar) och utsläpp per person-km (data från IEA och ICAO). Mer information om dessa data finns i excel-filen.

5.1 Vidareutveckling av uppföljningsmetod

Utöver att följa upp utsläppen med den metoden som presenteras i den här rapporten så kan även själva metodiken utvecklas. En form av utveckling är att inarbeta nya aspekter, t.ex. fördelning mellan flygande i tjänsten och privat, eller att inkludera uppföljning för olika delar av Sverige, t.ex. för olika län (vilket är efterfrågat av t ex Västra Götalandsregionen och Göteborg stad som har klimatmål rörande flyg). I det här avsnittet kommer vi dock att resonera om möjliga förbättringar avseende de beräkningar som vi har gjort och som redovisas i avsnitt 2. Vi delar upp dessa kommentarer på beräkningsstegen: antalet resor, medelavstånd och utsläpp per person-km.

5.1.1 Antal resor

Grunden för beräkningen av antalet resor är den totalstatistik för antalet utrikespassagerare på svenska flygplatser som Trafikanalys publicerar varje år (dataset "Luftfart"). Hur stor andel av dessa resor som görs av svenska invånare är baserat på de passagerarenkäter som Swedavia genomför. Totalstatistik när det gäller boendeland vore naturligtvis ett säkrare underlag än stickprovsundersökningar. När det gäller stickprovsundersökningar är det viktigt att metodiken bibehålls och antalet intervjuade personer förblir omfattande. Samma sak gäller för de svenska invånare som flyger från Gardemoen och Kastrup¹⁶. Om en återkommande fullständig uppföljning skall göras vore det önskvärt med långsiktiga överenskommelser för att säkerställa framtida datatillgång.

Det finns också en oklarhet avseende boendeland. Swedavia uppger "home country" i den datafil som de har gett oss och vi har inte lyckats att få något besked om det avser boendeland eller medborgarskap. Vi har antagit att det avser boendeland, dvs. det land som man bor i som invånare under en längre tid. Detta vore önskvärt att få klarhet i.

¹⁴ Denna siffra publiceras årligen av Trafikanalys. För beräkningen så ska antalet utrikespassagerare per flygplats föras in i excel-filen "Beräkningar - Klimatpåverkan från svenska befolkningens internationella flygresor" under flik " 2.1 Int pass per airport".

¹⁵ Utvecklingen när det gäller dessa parametrar är relativt stabil och en linjär utveckling är sannolik för en viss tid framöver (nämnda parametrar har historiskt en R^2 på mellan 0,6 och 0,9).

¹⁶ Möjligen finns det också andra flygplatser som borde ingå, t.ex. Torp i Norge.

5.1.2 Medelavstånd

Medelavståndet är baserat på data från Turistdatabasen. Fördelen med denna datakälla är att den finns tillgänglig ända tillbaka till denna analys startår, dvs. 1990. Företaget som driver Turistdatabasen har dock förlora uppdraget att leverera turiststatistik åt Tillväxtverket. Det har lett till att de har slutat att samla in data. För framtida uppföljning finns det minst tre möjliga leverantörer av data som alla gör resvaneundersökningar: Swedavia, HUI research och Trafikanalys. Vi har i en analys åt Göteborgs stads miljöförvaltning, som resulterade i arbetsrapporten "Utsläpp av växthusgaser från Göteborgarnas flygresor" använt data från Swedavias passagerarenkät. Vi har jämfört medelavståndet baserat på data från Swedavia respektive från Turistdatabasen och fann att medelavståndet blev nästan exakt samma, vilket tyder på god datasäkerhet för båda undersökningarna.

Ett problem när det gäller medelavstånd är att extra avstånd på grund av mellanlandningar inte beaktas. Detta resulterar i en underskattning av både resavstånd och utsläpp eftersom den verkliga resvägen kan vara längre än fågelvägen (som är det avstånd som har använts i denna analys). Denna underskattning är dock kontinuerlig för hela perioden och påverkar därför inte nämnvärt jämförelser över tid. Orsaken till att det inte är beaktat i denna analys är att uppgifter om mellanlandningar inte finns tillgängliga i Turistdatabasen. Det vore dock önskvärt att undvika denna underskattning i framtida uppföljning. Detta skulle kräva att den resvaneundersökning som används i framtiden omfattar data om mellanlandningar (även kallat delresor).

5.1.3 Utsläpp per person-km

Utgångspunkten för beräkningen av utsläppen per person-km är den globala förbrukningen av flygbränsle från IEA. Då dessa data även täcker den militära luftfarten så behöver denna del räknas bort och det har varit svårt att hitta bra data för detta. Vi har använt siffror som IPCC (1999) har redovisat, men vi har inte kunnat hitta ursprungsunderlagen. Här skulle datasäkerheten kunna utvecklas. En anknytande aspekt är att bränsleåtgången för privat affärs- och nöjesflyg inte är borträknad då vi inte har hittat någon källa för detta. Även om andelen av flygbränslet som används för detta troligtvis är marginell i jämförelse med kommersiellt flyg så vore det naturligtvis bättre om detta kan korrigeras.

En form av vidareutveckling av uppföljningsmetoden är att göra förändringar för att kunna vägas in för att fånga effekten av biobränslen i flyget. Utsläppen av CO₂ reduceras avsevärt då biobränslen används, men höghöjdseffekterna kvarstår. En annan fråga är att det finns stora osäkerheter avseende hur stora höghöjdseffekterna är. För framtida uppföljning är det centralt att följa den vetenskapliga utvecklingen för att bedöma om siffran 1,9 bör justeras. Ytterligare en aspekt att beakta är att faktorn 1,9 är framräknad för att användas som genomsnittlig uppräkningsfaktor för det totala globala flyget. Detta är ett genomsnitt som bygger på stora skillnader i klimatpåverkan från olika flighter, bl.a. skillnader baserat på vilken höjd flygplanet färdas på. Om uppföljningsmetoden även ska omfatta inrikesresor så behöver metoden fånga upp effekten av att flyg på korta avstånd knappt kommer upp över 8000 meter där höghöjdseffekter främst uppstår (se t.ex. Aamaas & Peters (2017)).

6 Referenser

- Aamaas, B. & G. P. Peters (2017). "The climate impact of Norwegians' travel behavior." Travel Behaviour and Society 6: 10-18.
- Azar, C. & D. Johansson (2012). "Valuing the non-CO2 climate impacts of aviation." Climatic Change 111(3): 559-579.
- Cames, M., J. Graichen, A. Siemons & V. Cook (2015). Emission reduction targets for international aviation and shipping, DIRECTORATE GENERAL FOR INTERNAL POLICIES POLICY DEPARTMENT A: ECONOMIC AND SCIENTIFIC POLICY. IP/A/ENVI/2015-11.
- Danaei, S. (2016). Swedish passengers departing from Kastrup, Denmark., Copenhagen Airports.
- European Environment Agency (2012). TERM 27 Figure 1: Specific CO2 emissions per passenger-km and per mode of transport in Europe, 1995-2011.
- Exchange, E. E. (2016). EU Emission Allowances.
- IATA (2009). Halving Emissions by 2050 - Aviation Brings its Targets to Copenhagen.
- IATA (2015). Air Passenger Forecasts Global Report.
- IATA (2015). WATS 59 - World Air Transport Statistics 2015 Edition.
- ICAO (2008). Annual Report of the Council: 2007.
- ICAO (2009). FORM A: TRAFFIC - COMMERCIAL AIR CARRIERS - Reporting Instructions.
- ICAO (2013). ICAO Environmental Report 2013. Aviation and Climate Change, International Civil Aviation Organization Montreal.
- ICAO (2014). ICAO Carbon Emissions Calculator Methodology. 7.
- ICAO (2015). "Annual Report of the Council: 2014, Appendix 1, Tables relating to the world of air transport in 2014."
- ICAO (2015). Global Aviation Dialogues (GLADs) on Market-Based Measures to address Climate Change. Environment Air Transport Bureau.
- ICAO (2016). Data+ Air Carrier Traffic - Passenger load factor.
<https://www4.icao.int/NewDataPlus/>.
- ICAO (2016). New ICAO Aircraft CO2 Standard One Step Closer To Final Adoption.
- IEA (2016). Decoupling of global emissions and economic growth confirmed.
- IEA. (2016). "World: Oil." Retrieved 2016-02-02, from
<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?year=2013&country=WORLD&product=Oil>.
- IPCC (1999). Aviation and the global atmosphere—A special report of IPCC working groups I and III. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.
- IPCC (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC (2007). Mitigation of climate change -Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

IPCC (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Ito, H. & D. Lee (2005). "Comparing the impact of the September 11th terrorist attacks on international airline demand." International Journal of the Economics of Business 12(2): 225-249.

Johansson, T. B. & P. Kågeson (2013). Fossilfrihet på väg SOU 2013: 84, Stockholm, Statens offentliga utredningar.

Jungbluth, N. (2013). Aviation and Climate Change: Best practice for calculation of the global warming potential. Zurich, ESU-services Ltd.

Lee, D. S., D. W. Fahey, P. M. Forster, P. J. Newton, R. C. Wit, L. L. Lim, B. Owen & R. Sausen (2009). "Aviation and global climate change in the 21st century." Atmospheric Environment 43(22): 3520-3537.

Macintosh, A. & L. Wallace (2009). "International aviation emissions to 2025: Can emissions be stabilised without restricting demand?" Energy Policy 37(1): 264-273.

Miljömålsberedningen (2016). En klimat- och luftvårdsstrategi för Sverige. Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2016:47. Stockholm. SOU 2016:21.

Miljömålsberedningen (2016). Ett klimatpolitiskt ramverk för Sverige - Delbetänkande av Miljömålsberedningen. SOU 2016:21. Stockholm. SOU 2016:21.

Naturvårdsverket (2008). Konsumtionens klimatpåverkan. Stockholm, Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket (2015). Nationella utsläpp och upptag av växthusgaser.

Naturvårdsverket. (2016). "Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter." Retrieved 2016-03-30, from <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>.

Naturvårdsverket. (2016). "Utsläpp av växthusgaser från utrikes sjöfart och flyg." Retrieved 2016-03-30, from <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-utrikes-sjofart-och-flyg/?visuallyDisabledSeries=535f3405776c23fa>.

Nässén, J., D. Andersson, J. Larsson & J. Holmberg (2015). "Explaining the variation in greenhouse gas emissions between households: Socio-economic, motivational and physical factors." Journal of industrial ecology 15(3): 480-489.

Olsen, S. C., D. J. Wuebbles & B. Owen (2013). "Comparison of global 3-D aviation emissions datasets." Atmos. Chem. Phys. 13(1): 429-441.

Owen, B., D. S. Lee & L. Lim (2010). "Flying into the Future: Aviation Emissions Scenarios to 2050." Environmental Science & Technology 44(7): 2255-2260.

Resurs AB (2014). Turistdatabasen 1990, 2010, 2012, 2013. Stockholm.

Rogelj, J., W. Hare, J. Lowe, D. P. van Vuuren, K. Riahi, B. Matthews, T. Hanaoka, K. Jiang & M. Meinshausen (2011). "Emission pathways consistent with a 2 [thinsp][deg] C global temperature limit." Nature Climate Change 1(8): 413-418.

- Scharpenseel, M. F. (2001). "Consequences of EU airline deregulation in the context of the global aviation market." *Nw. J. Int'l L. & Bus.* 22: 91.
- Skatteverket. (2016). "Skattesatser på bränslen och el under 2016." Retrieved 2016-03-30, from <https://www.skatteverket.se/foretagorganisationer/skatter/punktskatter/energiskatter/skattesatser.4.77dbcb041438070e0395e96.html>.
- Statistiska Centralbyrån (2014). *Statistisk årsbok för Sverige 2014*. Örebro, Sweden, SCB-Tryck.
- Swedavia (2015). Swedavias långsiktiga trafikprognos för 2015-2045.
- Trafikanalys (2015). Luftfart 2014. Statistik 2015:4.
- Trafikanalys (2016). Inför en flygstrategi - ett kunskapsunderlag. Rapport 2016:4.
- Transportstyrelsen (2016). Tidsserier flygplatser.
- Tvetene, Ø. U. (2016). Swedish passengers departing from Gardemoen airport., Avinor Oslo Airport.
- UNFCCC (1996). Communications from Parties included in Annex I to the Convention-Guidelines, schedule and process for consideration - Addendum 1. Geneva, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice. FCCC/SBSTA/1996/Add.1.
- UNFCCC (1996). Communications from Parties included in Annex I to the Convention-Guidelines, schedule and process for consideration - Addendum 2. Geneva, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice. FCCC/SBSTA/1996/Add.2.
- Velzen, A. & R. Wit (2000). "National allocation of international aviation and marine CO2-emissions-A study commissioned by the Dutch Civil Aviation Authority." *Centre for energy conservation and environmental technology (CE)*, Delft, the Netherlands.
- Widmark, Å. (2016). Swedish passengers departing from Swedavia's airports., Swedavia.
- Wit, R. C., J. M. Dings, P. Mendes de Leon, L. Thwaites, P. Peeters, D. Greenwood & R. Doganis (2002). "Economic incentives to mitigate greenhouse gas emissions from air transport in Europe."
- Åkerman, J. (2012). "Climate impact of international travel by Swedish residents." *Journal of Transport Geography* 25: 87-93.