



**KTH Arkitektur
och samhällsbyggnad**

Klimatpåverkan från utrikes resor

Jonas Åkerman

jonas.akerman@infra.kth.se

Miljöstrategisk analys – fms
Kungliga Tekniska Högskolan
Drottning Kristinas väg 30
100 44 Stockholm
www.infra.kth.se/fms

TRITA-INFRA-FMS 2008:7

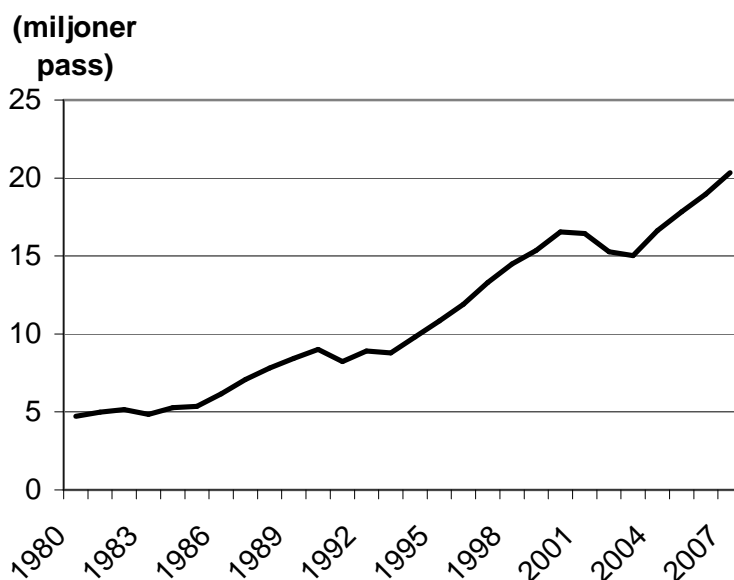
November 2008

Innehållsförteckning

Introduktion.....	3
Den svenska befolkningens utlandsresandet år 2005/2006.....	4
Energianvändning per person-km för olika transportslag	7
Utsläpp av växthusgaser per person-km för olika transportslag	10
Resultat – Utsläpp av växthusgaser från den svenska befolkningens utrikesresor	12
Avslutande diskussion.....	14
Referenser	15

Introduktion

Syftet med denna studie är att uppskatta mängden utsläpp av växthusgaser som orsakas av den svenska befolkningens utlandsresande. Den utgör ett underlag för Naturvårdsverkets rapport *Konsumtionens klimatpåverkan*, i vilken den totala klimatpåverkan av svenskars konsumtion uppskattas oavsett var i världen utsläppen sker. Det utrikes resandet, som främst sker med flyg, har de senaste decennierna ökat betydligt snabbare än det inrikes resandet. I figur 1 visas antalet avresande och ankommande i utrikes trafik på svenska flygplatser under perioden 1980-2007. Antalet utrikes flygresenärer har under perioden ökat med mer än 300% samtidigt som det totala inrikes resandet under samma period ökade med 42% (SIKA, 2008 b). Även om dessa siffror inte är helt jämförbara är det uppenbart att ökningen är betydligt snabbare i det utrikes resandet.¹ Ökningen av det utrikes flygresandet har varit kraftig under perioden med två undantag, dels under den ekonomiska nedgången i början av 1990-talet och dels åren efter terroristattentaten den 11 september 2001. Först år 2004 kom det utrikes flygresandet upp på samma nivå som innan 2001. Trots denna påtagliga svacka så har antalet utrikes passagerare ökat med i genomsnitt 5,5% per år under perioden 1980-2007, vilket motsvarar en fördubbling vart 13:e år.²



Figur 1: Utveckling av antalet resenärer i utrikes trafik från svenska flygplatser 1980-2007 (både avresande och ankommande är inkluderade). Även utländska resenärer ingår. Källa: SIKA (2008 a).

På grund av de betydande utsläppen i dagsläget och inte minst den snabba ökningstakten är det intressant att kvantifiera utsläppen från svenskars utlandsresande. Inga tidigare studier har påträffats som studerar utrikesresandet och dess klimatpåverkan enligt den avgränsning som görs i

¹ Om andelen svenskar bland utrikes resenärer har förändrats under perioden eller om genomsnittlig reslängd förändrats kan ökningen av svenskars utrikes flygresande mätt som person-km vara både högre eller lägre än 300%.

² Precis som den ekonomiska nedgången i början av 1990-talet gav en nedgång i flygresandet, så finns det skäl att tro att dagens ekonomiska nedgång kommer att få en liknande effekt.

denna studie. Nationell statistik behandlar i allmänhet enbart inrikes resande och den officiella klimatrapporeringen avser också inhemska utsläpp. Uppgifter finns tillgängliga på bunkrat bränsle för internationell flyg- och sjöfart. Dessa är dock svåra att översätta till utsläpp för just svenskars utrikes resande. I denna studie ingår utsläpp från utrikes resor gjorda av befolkningen boende i Sverige under 2005/2006. Förutom utsläpp från själva resan ingår också utsläpp från produktion av drivmedel, inklusive el. Däremot ingår inte utsläpp från tillverkning och service av fordon eller byggande, drift och underhåll av infrastruktur.

Den svenska befolkningens utlandsresandet år 2005/2006

Utrikes resande enligt resvaneundersökningen RES 0506

Den huvudsakliga källan till resvolymen är egna körningar av den nationella Resvaneundersökningen RES0506 som pågick mellan 2005-10-01 och 2006-09-30 (SIKA, 2007). Under denna period genomfördes på SIKAs uppdrag 27 000 telefonintervjuer med personer boende i Sverige. Svarsfrekvensen var 67%. I resvaneundersökningen skiljs på huvudresor, delresor och delement. Långväga huvudresor (längre än 100 km enkel väg) och gränspassageresor (resor kortare än 100 km enkel väg som passerar Sveriges gräns) startar och slutar i någon av följande så kallade huvudresepunkter:

- Respondentens folkbokförda bostad eller annan permanent bostad.
- Respondentens fritidsbostad inklusive fritidsbostad som respondenten hyrt på minst två veckor

Delresor för långväga resor och gränspassageresor börjar och slutar i en delrese- eller huvudresepunkt. En delresepunkt är en plats där respondenten uträttar ett ärende som är så viktigt att det är styrande för huvudresans färdväg (SIKA, 2007). När det gäller kortväga resor registreras även uppgifter om reselement. Ett reselement tar slut och ett annat börjar när man byter färdväg. För utrikes resor registreras dock tyvärr inte reselement. Delresan (eller huvudresan) registreras istället i sin helhet på det färdväg som används under längst sträcka. Detta kan ge upphov till en viss underskattning av transportslag som ofta ingår i en transportkedja där de inte står för den längsta sträckan t ex färjeresor med långa busstransfers. Dessutom kan det ge en viss överskattning för flyget. Då en utrikes flygresor i genomsnitt är ca 2600 km enkel väg blir dock överskattningen oftast bara ett fåtal procent.

En utlandsresa definieras här som en resa som har en målpunkt i ett annat land än Sverige. Dessa resor består av dels långväga utrikes resor samt gränspassageresor. Vad gäller resarbete mätt i person-km dominerar de förra helt, över 95%. Hela resan från startpunkt (oftast folkbokförd bostad) till målpunkt i utlandet och tillbaka räknas in. Detta innebär att en viss, men liten, del av de utrikes resorna försiggår inom Sveriges gränser. Det långväga resande samt gränspassageresor behandlas på ett särskilt sätt i resvaneundersökningen. För resor längre än 100 km samt gränspassageresor så frågas efter resor under den 30-dagarsperiod som slutar dagen innan mät dagen (intervjun). För resor längre än 300 km så frågas efter resor under den 30-dagarsperiod som föregår referensperioden för resor längre än 100 km samt gränspassageresor (SIKA 2007:19). I denna studie har vi använt delresor som underlag. Anledningen är att om någon av en huvudresas delresor saknar uppgift om färdlängd så ges ingen total färdlängd alls för huvudresan. Detta innebär att bortfallet skulle bli aningen större om huvudresor användes istället för delresor.

I tabell 1 visas den svenska befolkningens utlandsresande enligt ojusterade data från egen körning av resvaneundersökningen RES 0506 (SIKA, 2008 c).

Tabell 1: Den svenska befolkningens utlandsresande enligt ojusterade data från resvaneundersökningen RES 0506 inklusive gränspassageresor (resor kortare än 100 km enkel väg). Källa: Egna körningar av resvaneundersökningen RES 0506 (SIKA, 2008 c).

	Antal resor enligt RES (miljoner resor)	Resarbete enligt RES (mdr p-km)
Flyg	5,2	27,9
Bil	4,2	3,0
Sjöfart	1,6	1,0
Buss	0,8	1,3
Tåg	1,3	0,4
Totalt	13,5	33,4

De resvolymen som redovisas i tabell 1 är sannolikt snarare underskattningar än överskattningar. Detta beror främst på att de som reser ofta i högre utsträckning än andra också är svårare att få tag i via telefon. Därmed blir bortfallet i denna grupp större än för andra grupper. En annan orsak är att vissa resor som både startar och avslutas utanför Sverige inte kommer med i resvaneundersökningen och ytterligare en är helt enkelt att vissa resor kan glömmas bort i intervjun (Frändberg och Vilhelmson, 2002).

Justerade uppskattningar av det utrikes resandet

För att uppskatta hur mycket det verkliga flygresandet underskattas i RES0506 kan man jämföra antalet utrikes resor i det materialet med passagerarstatistik från de svenska flygplatserna (SIKA, 2008 a). I antalet utrikes passagerare från svenska flygplatser ingår dock också resenärer boende utomlands. På Arlanda och Landvetter görs löpande resvaneundersökningar där resenärerna tillfrågas bland annat om nationalitet. För år 2006 var andelen svenska resenärer bland de utrikes resande på Arlanda 56% (Luftfartsverket, 2008 b). För Landvetter finns enbart uppgifter på andelen boende i Sverige för utrikes och inrikes sammantaget och för år 2007. Då var andelen 70% (Luftfartsverket, 2008 a). Det antas här att den låg på samma nivå 2005/2006. Med ett antagande om att andelen boende i Sverige för inrikes resor är densamma som på Arlanda (94%) så blir andelen svenskar i utrikestrafiken på Landvetter 59%. För Skavsta finns inga siffror för helår utan enbart mätningar enstaka månader för olika år. Dessa spänner mellan 46 och 72% boende i Sverige (Josefsson, 2008). Här antas att 60% är ett representativt värde. Dessa tre flygplatser står tillsammans för ca 90% av alla utrikes flygresenärer. För övriga flygplatser antas här att andelen svenska resenärer uppgår till 80%. Utifrån dessa antaganden och det totala antalet utrikes flygresenärer – 8,9 miljoner år 2005 – erhålls 5,8 miljoner utrikes flygresor av personer bosatta i Sverige. Denna siffra är ca 10% högre än den som erhålls utifrån RES 0506. Här antas att dessa tillkommande resor har samma genomsnittliga färdlängd som det ursprungliga materialets, dvs att även reslängd borde ökas med ca 10% för att erhålla det faktiska resande.

För sjöfarten, dvs färjeresandet, finns möjlighet att på ett liknande sätt jämföra antalet resor i RES 0506 med antalet resenärer till och från svenska hamnar. Antalet resenärer som anländer till svenska hamnar finns dokumenterat (SIKA, 2006). Uppgifter om andelen svenskar har erhållits för trafiken till Finland och Estland. Denna är för trafiken på Estland 62%, för Viking Line till Finland 45%³ och för Silja Line till Finland 32% (TallinkSilja, 2008; Viking Line, 2006). Dessa länder står för över 70% av färjeresande till och från Sverige (mätt som person-km) och vi antar att övriga färjelinjer har samma andel svenskar, dvs att andelen är 41%. Eftersom det totala färjeresandet mellan Sverige och utrikes hamnar uppgick till ca 3,8 miljarder person-km⁴, så tyder detta på att den svenska befolkningens färjeresande uppgick till ca 1,6 miljarder person-km. Detta är 60% högre än vad som ges av resvaneundersökningen. En möjliga orsak är att en betydande del av färjeresor mellan Sverige och Finland säljs i paket där en ofta lång anslutande bussresa ingår. Om denna bussresa är längre än färjeresan så registreras hela resan som bussresa.

För de andra transportslagen finns ingen motsvarande statistik att tillgå. Även för dessa kan resvolymerna från RES 2005/06 vara något för låga, t ex på grund av att man glömmer att uppges resor. Här har dock inga uppräknings gjorts.

I tabell 2 visas en uppskattning av den svenska befolkningens utrikesresande efter de justeringar som här diskuterats. Totala resvolymen ökar med drygt 10% till 37 miljarder person-km men fördelningen mellan transportslag ändras marginellt. Flyget står fortfarande för över 80% av resandet. Den totala resvolymen kan jämföras med det totala inrikes resandet inkluderat i Sverige vilket 2005 uppgick till 126 miljarder person-km (SIKA, 2008 b). I detta ingår dock resor i Sverige gjorda av personer bosatta i utlandet.

Tabell 2: Den svenska befolkningens utlandsresande efter justeringar av resvaneundersökningen RES 0506 (SIKA, 2008 c).

Justerat resarbete	
(mdr p-km)	
Flyg	30,7
Bil	3,0
Sjöfart	1,6
Buss	1,3
Tåg	0,4
Totalt	37,0

³ Viking Line uppger en 40% andel svenskar för hela sin trafik inklusive linjen Helsingfors- Tallinn som står för knappt 20% av deras passagerare. Här uppskattas att andelen svenskar är 45% för trafiken mellan Sverige och Finland.

⁴ SIKA (2006) och egna beräkningar.

Destinationer i utlandsresandet

I tabell 3 visas de destinationer/länder som genererar de största volymerna svenskt utrikesresande mätt i resta kilometer. Thailand ligger på tredje plats men notabelt är att mellan 2005 och 2007 fördubblades det svenska *direktresandet* till Thailand.⁵ Redan 2008 kan således Thailand komma att inta förstaplatsen.

Tabell 3: Länder i ordning efter hur stort svenskt utrikes resande de genererade under år 2005. Källa: Bearbetning av RES 0506

Svenskt utrikesresande till land (Miljarder p-km)	
Spanien	4,2
USA	2,4
Thailand	2,3
Grekland	1,4
Storbrittanien	1,2
Finland	1,1
Italien	0,9

Energianvändning per person-km för olika transportslag

De uppgifter på genomsnittlig energianvändning per person-km som presenteras i detta avsnitt gäller den svenska befolkningens långväga utlandsresande och kan därför bara i vissa fall vara lämpliga att använda för andra ressegment. Det bör noteras att även *inom* segmentet långväga utrikes resande med ett visst transportmedel kan energianvändningen variera i hög grad. Exempelvis kan energianvändningen bli mindre än hälften så stor om man reser en viss sträcka med ett fullsatt modernt charterflygplan jämfört med om man flyger reguljärt med ett äldre flygplan med genomsnittlig beläggning.

Flyg

Svenskars utrikes flygresande är spritt både geografiskt och vad gäller anlitat flygbolag. Här antas att ett globalt genomsnitt för energianvändning per person-km är representativt också för svenskars utrikes flygresande. År 2005 uppgick energianvändningen från allt kommersiellt flyg världen över till 203 miljoner ton bränsle eller 2447 TWh (Kim m fl, 2007). Beräkningen bygger på en detaljerad "bottom-up" modell där 30 miljoner kommersiella flygningar per modellerats "från gate till gate". Bränsleanvändning för både reguljärt flyg och charterflyg är inkluderat, men ej bränsleanvändning för militärt och privat flyg. Både passagerarflyg och fraktflyg ingår. Detta innebär att energianvändningen behöver fördelas på passagerare (inklusive bagage) respektive frakt. Om man jämför versioner av en viss flygplanstyp som är anpassade för passagerare respektive enbart frakt så motsvarar fraktversionens lastkapacitet mellan

⁵ Detta bygger på Luftfartsverkets statistik: "Utrikes passagerare efter första destination 2005" och dito för 2007. Således omfattas inte resor där flygplansbyte ingår. Hur fördelningen mellan direktflyg och icke-direktflyg utvecklats mellan 2005 och 2007 finns det ingen uppgift på då inga resvaneundersökningar gjorts efter september 2006.

150 och 220 kg för varje säte i passagerarversionen (Peeters m fl, 2005). I versioner som tar både frakt och passagerare blir siffrorna lägre. Här använder vi i enlighet med Wit m fl (2002) ett genomsnittligt värde på 160 kg per passagerare för att kunna jämföra gods och passagerare. Sedan fördelas utsläppen efter vikt. År 2005 uppgick den totala globala volymen flygresande till 3990 miljarder person-km och den totala volymen godstransporter till 142 miljarder ton-km (SIKA, 2008 a; IATA, 2003). Detta innebär att den genomsnittliga globala energianvändning per person-km uppskattas till 0,49 kWh/person-km år 2005. Denna siffra kan exempelvis jämföras med SAS genomsnitt för år 2005 som uppges vara 0,55 kWh/person-km (SAS, 2006). Skillnaden förefaller rimlig med tanke på att SAS har en flygplansflotta som är något äldre än genomsnittet, att reguljärflyg har högre energianvändning än charterflyg och att SAS linjer i genomsnitt är relativt korta.

Bil

Energianvändningen per personbilskilometer uppskattas till 0,64 kWh för långväga inrikes resor (Vägverket, 2008). I denna studie antar vi att denna siffra är representativ även för det utrikes bilresandet. Den genomsnittliga beläggningen i det utrikes bilresandet är enligt resvaneundersökningen 2005-2006 2,0 personer per bil. Sammantaget ger detta en specifik energianvändning på 0,32 kWh/person-km.

Färjor

Färjetrafiken till och från Sverige har sin tyngdpunkt i trafiken till Finland. Mer än 60% av resarbetet (person-km) kan hänföras till denna rutt (SIKA, 2006). Från Silja Line och Viking Line har erhållits uppgifter på antal resande respektive utsläpp av koldioxid per rutt, se tabell 4 (Silja Line, 2005; Viking Line, 2008 a & b). Utsläppen har räknats om till energiinnehåll i bränslet. En viktig fråga utan entydigt svar är hur dessa utsläpp/energianvändning ska fördelas på passagerare respektive godstransporter (lastbilar och släp/trailers). Det finns flera tänkbara metoder, var och en med sina fördelar. Man kan exempelvis fördela i förhållande till intäkter eller i förhållande till hur fartygens utrymmen är fördelade på passagerare (och deras personbilar) respektive godsfordon. Här har vi valt att fördela efter vilka utrymmen som upptas i fartyget. Att fördela efter intäkter skulle också kunna vara relevant, men sådana uppgifter är av konkurrensskäl inte tillgängliga. Bildäck upptar i genomsnitt drygt en tredjedel av utrymmet på de färjor som går i trafik mellan Sverige och Finland. Fördelningen av dessa utrymmen på passagerare (samt deras fordon) respektive lastfordon har sedan skett efter hur många filmeter som utnyttjas. Lastfordon beräknas ta i anspråk ca 60% av antalet filmeter (SIKA, 2006 samt egna beräkningar). Här antas i linje med dessa antaganden att 25% av energianvändningen fördelas på godstransporter och 75% på passagerarna. Detta resulterar i en specifik energianvändning på 0,68 kWh/person-km i genomsnitt för Finlandstrafiken. För rutter till Danmark, Tyskland och Polen står fraktrafiken för en betydligt större andel än i Finlandstrafiken men å andra sidan är andelen av fartygets utrymmen som tas i anspråk av frakt också större. Finlandstrafiken står för ca 65% av persontransportarbetet i färjetrafiken och vi antar här, något konservativt, att genomsnittet för all färjetrafik till och från Sverige uppgår till 0,6 kWh/person-km.

Tabell 4: Resande och utsläpp i Finlandstrafiken. De totala utsläppen blir 620 000 ton koldioxid. Den stora skillnaden i specifik energianvändning och utsläpp mellan de olika rutterna beror framförallt på olika beläggning. Källor: Silja Line, 2005; Viking Line, 2008 a & b.

	Antal passagerare (tusen)	Sträcka (km)	Utsläpp av koldioxid (ton)	Specifika utsläpp (kg CO₂/p-km)	Specifik energianv. (kWh/p-km)
Silja Line (2004) ⁶					
Helsingfors – Stockholm	1464	490	144 000	0,15	0,58
Åbo- Stockholm	1928	310	156 000	0,20	0,75
Viking Line (2005)					
Helsingfors – Stockholm	1133	490	124 000	0,17	0,64
Åbo- Stockholm	1925	310	152 000	0,19	0,73
Mariehamn- Kapellskär	411	75	11 000	0,27	1,04
Mariehamn- Stockholm	988	148	34 000	0,18	0,68

Denna siffra antas således gälla för stora passagerarfärjor med en marschfart kring 20 knop som har en beläggning på ca 60 %. Snabbfärjor med en marschfart på mellan ca 28 och 40 knop är avsevärt mer energikrävande. Den enda sådana färjan i utrikestrafiken utgörs av Stena Lines Stena Line Express som tidigare har trafikerat linjen Göteborg-Fredrikshavn (åter i trafik maj 2009). Denna snabbfärja (maxfart 40 knop) har avsevärt högre energianvändning än konventionella färjor, men den har bara stått för ett par procent av resarbetet i färjetrafiken till och från Sverige.⁷

Buss

Inga oberoende siffror på genomsnittlig bränsleförbrukning för långfärdsbussar i utrikes trafik har påträffats. Bränsleförbrukning för en ny långfärdsbuss ligger enligt Volvo omkring 23 liter diesel per 100 km i faktisk körning (Volvo Bussar, 2008). Här antas att bränsleförbrukningen för den genomsnittliga bussflottan är 20 % högre. Genomsnittlig beläggning uppskattas vara 70

⁶ Siffrorna för Silja Line gäller för år 2004. Skillnaden mellan 2004 och 2005 är sannolikt mycket små. Totalt antal resande i Finlandstrafiken skiljer sig bara ett par procent mellan dessa år och fartyg i trafik är desamma.

⁷ Snabbfärjor finns även i Gotlandstrafiken som dock inte omfattas i denna studie.

%. För utrikes busstrafiks bränsleförbrukning per rest km är osäkerheten relativt stor. Detta har dock mindre betydelse för slutresultatet eftersom bussresandet står för mindre än 1 % av den totala klimatpåverkan från den svenska befolkningens utlandsresande.

Tåg

På grund av att det i resvaneundersökningen inte går att urskilja andelen utrikes tågresande med el- respektive dieseldrift görs här följande förenklade antaganden. Två tredjedelar av utrikesresande antas gå med eldrift och en tredjedel med dieseldrift. Den specifika energianvändningen för eldrivna tåg uppskattas till 0,1 kWh/person-km (Andersson & Lukaszewicz, 2006) och för dieseldrivna tåg till 0,19 kWh/person-km (DSB, 2005).

Sammanfattning

I tabell visas genomsnittlig energianvändning per rest kilometer för den svenska befolkningens utrikes resande. Genomsnittlig beläggning redovisas också. Färjeresandet har den högsta energianvändningen per rest kilometer följt av flygresandet och bilresandet. Tåg och bussresandet ligger lägst.

Tabell 5: Genomsnittlig energianvändning per rest kilometer för utrikes resor med olika transportslag. Källa för bränsleproduktion: Uppenberg (2001 b). För övriga källor se text ovan.

	Specifik energianvändning i fordonet (kWh/p-km)	Specifik energi-användning inkl bränsleproduktion (kWh/p-km)	Beläggning	Kommentar
Flyg	0,49	0,52	75%	
Bil	0,32	0,35	2,0 personer	
Färja	0,6	0,64	60% ⁸	75% av utsläpp fördelat på passagerare
Buss	0,08	0,085	70%	
Tåg (el)	0,08		55% ⁹	
Tåg (diesel)	0,19	0,20	45% ¹⁰	

Utsläpp av växthusgaser per person-km för olika transportslag

I detta avsnitt uppskattas de specifika utsläppen av växthusgaser dvs utsläppen per person-km. Liksom när det gäller specifik energianvändning gäller de uppgifter som presenteras i detta avsnitt den svenska befolkningens långväga utlandsresande och kan därför bara i vissa fall vara lämpliga att använda för andra ressegment. Det bör noteras att även inom segmentet långväga utrikes resande med ett visst transportmedel kan utsläppen variera i hög grad.

⁸ Detta är en uppskattning som gjorts utifrån uppgifter från rederierna. Beläggningen har dock inte använts för att beräkna den specifika energianvändningen för färjetrafiken. Denna har beräknats utifrån uppgifter om totala utsläpp och antal passagerare per rutt.

⁹ Andersson & Lukaszewicz (2006).

¹⁰ DSB (2005).

Utgångspunkten är energianvändningen per person-km som redovisas i tabell 5. Om man förutsätter att fossila bränslen används så blir de specifika utsläppen i stort sett proportionella mot den specifika energianvändningen. Varje kWh bränsle ger ungefär 0,26 kg koldioxid. För att erhålla de totala utsläppen behöver man dock ta hänsyn till att en viss mängd bibränsle används, att el används till spårtrafik och att det finns andra växthusgaser än koldioxid. Enligt Energimyndigheten (2007) användes 1,7 TWh etanol år 2005 medan den totala bränsleanvändning för personbilar var 48 TWh (Vägverket, 2008). Räknat över ett livscykelperspektiv antas här att etanol har 88% lägre utsläpp av koldioxid än bensin (Concawe m fl, 2007). Detta innebär att utsläppen av koldioxid från personbilstrafiken var knappt 4% lägre än om enbart bensin och diesel använts.

För spårtrafiken används inom Sverige nästan uteslutande eldrift. I övriga Europa är andelen dieseldrift större även om eldrift i de flesta länder dominerar. I Danmark är en stor del av det utrikes tågresandet gående på två tredjedelar av trafiken med dieseldrift. På grund av att det av resvaneundersökningen inte går att urskilja andelen utrikes tågresande med el- respektive dieseldrift görs här följande förenklade antaganden. Två tredjedelar av utrikesresande antas gå med eldrift och en tredjedel med dieseldrift. Elen antas produceras med genomsnittlig elmix i EU-25 år 2004 vilket innebär utsläpp om 0,33 kg koldioxid per kWh el (IEA, 2006; Uppenberg m fl, 2001 a).

När det gäller växthusgaser utöver koldioxid så är det framförallt flygets utsläpp av vattenånga och kväveoxider som har en betydande klimatpåverkan, även om den exakta nivån fortfarande är relativt osäker (Sausen m fl, 2005; Forster m fl, 2007). Vattenångan bildar kondensstrimmor och tunna cirrusmoln, vilka netto ger en uppvärmande effekt. Kväveoxiderna verkar på två olika sätt. För det första bidrar de till en *nedbrytning* av metan som är en växthusgas. Denna effekt kylar alltså jorden. För det andra bidrar kväveoxiderna till *bildning* av ozon som också är en växthusgas. Denna effekt värmer jorden. För vägtrafiken spelar andra växthusgaser än koldioxid en liten roll. För sjöfarten är läget mer komplext. Den vetenskapliga osäkerheten är här mycket stor, till och med större än för flyget. Enligt vissa studier (Fuglestvedt m fl, 2008) så är nettoeffekten av den globala sjöfartens utsläpp en *kylande* effekt på jorden. Detta beror framförallt på att utsläppen av sulfatpartiklar ger en kylande effekt eftersom de reflekterar inkommande solstrålning. I interkontinental sjöfart används ofta bunkeroljor med en svavelhalt på uppemot 5% vilket ger höga svavelutsläpp. På färjelinjerna till och från svenska hamnar används dock i huvudsak bunkeroljor med en svavelhalt på maximalt 0,5%. På grund av detta används i denna studie uppräkningsfaktorn 1 för färjor, dvs nettopåverkan av andra växthusgaser än koldioxid antas var noll.

För att få ett gemensamt mått så räknas alla olika växthusgaser om till ton CO₂-ekvivalenter (CO₂-ekv eller CO₂-e), dvs den mängd koldioxid som skulle ge samma förändring av jordens strålningsbalans under en viss tidsperiod. Eftersom olika växthusgaser har olika livslängd i atmosfären spelar det stor roll vilken tidsperiod som avses. I tabell 6 visas uppskattade totala utsläpp av växthusgaser per person-km omräknade till kg koldioxidekvivalenter. Flyget har de högsta utsläppen per person-km följt av färjeresandet. Lägst ligger tåg och buss. Tidsperspektivet i beräkningarna är 100 år vilket oftast används av IPCC. För flyget anges en bästa skattning samt ett osäkerhetsintervall. För sjöfarten är underlaget i dagsläget för dåligt för att uppge ens ett intervall.

Tabell 6: Utsläpp av växthusgaser per person-km omräknat till koldioxidekvivalenter utifrån ett 100-årsperspektiv. För flyget anges dels en bästa uppskattning och dels ett osäkerhetsintervall. Källor: Tabell 5 samt Sausen m fl (2005), Energimyndigheten (2006), Forster m fl (2007), IPCC (2007).

	Antagen andel fossila bränslen	Uppräkningsfaktor för andra utsläpp än koldioxid (100-årsperspektiv)	Specifika utsläpp av växthusgaser (kg CO₂-ekv/p-km)
Flyg	100%	1,8 (1,4-2,8)	0,24 (0,18-0,37)
Bil	96%	1,03	0,09
Färja	100%	1 ¹¹	0,17
Buss	100%	1,03	0,02
Tåg		1	0,04 ¹²

Resultat – Utsläpp av växthusgaser från den svenska befolkningens utrikesresor

I tabell 7 visas utlandsresande under ett år som görs av befolkningen bosatt i Sverige. Det sammanlagda utrikes transportarbetet uppgår till ca 37 miljarder person-km. Den absoluta merparten av detta består av flygresande. Flygresandet är relativt ojämnt fördelat över befolkningen, men som ett genomsnitt uppgår det till motsvarande en tur och returresa Stockholm-London per person och år. Resandet enligt RES0506 har korrigerats med hjälp av flygplatsstatistik på antalet avresande svenskar i utrikes trafik samt uppgifter på andel svenskar i färjetrafiken mellan Sverige och utlandet. De totala utsläppen av växthusgaser från den svenska befolkningens utrikes resande uppgår till nära 8 miljoner koldioxidekvivalenter. Flyget står för 92 %, sjöfart och bil för 4 % vardera medan utsläppen från utrikes buss och tågtrafik är i stort sett försumbara.

¹¹ Stor osäkerhet råder om denna faktor.

¹² Genomsnitt för elproduktion inom EU 25 år 2005 antas vara 0,33 kg koldioxid per kWh el (IEA, 2006; Uppenberg m fl, 2001 a).

Tabell 7: Den svenska befolkningens utrikesresande under ett år (okt 05 t o m sep 06) samt de härmed förknippade utsläppen av koldioxid och totala utsläppen av växthusgaser (100-årsperspektiv). En skattning av osäkerhetsintervallet ges i parentes. Källor: Se tidigare avsnitt.

	Resande, (mdr p-km)	Utsläpp av koldioxid (miljoner ton CO ₂)	Utsläpp totalt av växthusgaser (miljoner ton CO ₂ -ekvivalenter)
Flyg	30,7	4,1	7,3 (5,7-11,2)
Bil	3,0	0,3	0,3
Färja	1,6	0,3	0,3
Buss	1,3	0,03	0,03
Tåg	0,4	0,01	0,01
Totalt	37,0	4,7	7,9 (6,3-11,8)

Diskussion kring osäkerheter

De osäkerheter som kan påverka resultatet mest rör volymen på flygresandet, flygets energianvändning per person-km och inte minst klimateffekten av flygets utsläpp av andra klimatgaser än koldioxid. Snedvridande bortfall i resvaneundersökningen i form av att de personer som reser mest är svårast att nå och därmed ger störst bortfall har kompenseras för genom att ta hänsyn till flygplatserna statistik på avresande svenska passagerare. Ett visst mindre fel kan dock kvarstå t ex om den genomsnittliga längden på de missade resorna skiljer sig från de som erhållits genom resvaneundersökningen. Att hela reslängden läggs på det transportslag som står för största delen av en huvudresa eller delresa ger upphov till ett mindre fel. Egentligen skulle man vilja summera alla reselement med respektive transportslag (när man byter transportslag börjar ett nytt reselement). För långväga resor registreras dock inte enskilda reselement. Detta kan ge upphov till en viss överskattning av flygresandet. På grund av de utrikes flygresornas längd i förhållande till anslutningsresornas längd så rör sig detta fel sannolikt om några få procent. Den allra största osäkerheten rör flygets utsläpp av andra klimatgaser än koldioxid. Osäkerhetsintervallet redovisas i tabell 7.

Det kan här poängteras att utsläppen är beräknade för ett 100-årsperspektiv som är det vanligaste idag, t ex inom IPCC. Argumenten för att välja ett kortare perspektiv förefaller emellertid ha stärkts på senare tid genom att risken för ”positiva” och potentiellt irreversibla återkopplingar – t ex varmare klimat som ger metanavgång från Sibiriska tundran vilket i sin tur ger varmare klimat etc – blivit allt tydligare. För att undvika sådana utvecklingar skulle det kunna vara relevant med ett kortare tidsperspektiv t ex 50 år. I så fall skulle flygets utsläpp mätta som koldioxidekvivalenter öka eftersom flygets kortlivade utsläpp av främst vattenånga skulle få en större vikt.

Osäkerheter i antaganden om de övriga transportslagen ger litet utslag på totala utsläppen eftersom flyget dominerar dessa. För färjetrafiken kvarstår en viss osäkerhet på grund av att fullständig information om andel svenskar ej kunnat erhållas. Detta gäller även för beräkningarna av specifik energiåtgång och utsläpp från färjetrafiken. Denna bygger på uppgifter som gäller Finlandstrafiken vilken står för drygt 60% av resarbetet med färjor till och från Sverige. Trafiken till andra länder sker dock nästan uteslutande med samma typ av färjor. Det som kan skilja är framförallt beläggningsgraden. Sammantaget är det mer sannolikt att utsläppen från färjetrafiken underskattats än att de överskattats.

Exempel på utsläpp för resor till olika destinationer

I tabell 8 visas några exempel på resmål och de utsläpp av växthusgaser som orsakas för olika transportslag. Att åka tåg istället för att flyga inom Europa ger en påtaglig minskning av klimatpåverkan. Långväga flygresor, exempelvis till Thailand, ger en betydande klimatpåverkan och ökar dessutom snabbt. I dessa fall finns inga alternativa transportslag som ger lägre utsläpp. Vill man minska utsläppen får man antingen välja mer närbelägna resmål eller resa lite mer sällan och kanske i gengäld stanna borta längre när man väl åker.

Tabell 8: Exempel på resor och de utsläpp av växthusgaser som orsakas för olika transportslag. Källor: Egna beräkningar baserade på: Andersson & Lukaszewicz (2006), Atmosfair (2008), Flodström (1998), Forster m fl (2007), Karlsson (2007), Nelldal (2006), NTM (2008), SAS (2008), Sausen m fl (2005), Scandlines (2008) och Uppenberg m fl (2001 b).

Resrutt	Transport- slag	Utsläpp av växt- husgaser per resa (kg CO ₂ -ekv)	Kommentar
Stockholm - Göteborg	Flyg	160	Total klimatpåverkan antas vara 1,4 gånger den från enbart koldioxid (låg andel på hög höjd).
Stockholm - Göteborg	Tåg	3	Räknat på svensk genomsnittsel
Stockholm – Medelhavet (Porec, Kroatien)	Tåg	160	Genomsnittlig elmix i respektive land. Tågfärja samt buss Villach-Porec ingår i beräkningarna.
Stockholm – Medelhavet (Porec, Kroatien)	Flyg	450	Total klimatpåverkan antas vara 1,8 gånger den från enbart koldioxid. Buss Trieste – Porec ingår i beräkningarna.
Stockholm - Thailand	Flyg	2200	Total klimatpåverkan antas vara 1,8 gånger den från enbart koldioxid.

Avslutande diskussion

Utsläppen av växthusgaser från den svenska befolkningens utrikes resande uppgick år 2005 till nära 8 miljoner ton koldioxidekvivalenter. Detta är ca 10% av de totala svenska utsläppen inklusive utrikes transporter (Åkerman m fl, 2007). Om dagens trender fortsätter kommer denna andel att öka snabbt. Flygresandet står för över 90% av utsläppen. Ökningstakten de senaste decennierna har inneburit en fördubbling av flygresandet på mindre än 15 år. Effektivare flygplan har samtidigt introducerats vilket har medfört en allt lägre bränsleförbrukning per rest kilometer och därmed också lägre utsläpp av växthusgaser. Denna utveckling har dock ingen chans att motverka en så snabb ökning av flygresandet. Resultatet har blivit att utsläppen i genomsnitt ökat med drygt 3% per år. En fortsättning av den trenden ger en fördubbling av utsläppen på knappt 25 år. En sådan utveckling är knappast förenlig med långsiktiga klimat mål som för Sveriges del ser ut att innebära minskade utsläpp med 80-90% till år 2050 om jordens uppvärmning ska kunna begränsas till två grader. Enbart utsläpp från det utrikes resandet skulle med dagens trender överskrida en sådan målnivå som gäller för alla samhällets sektorer. Man skulle kunna hoppas på tekniska genombrott, men de stora förbättringarna är redan gjorda och dessutom är ledtiderna inom flygsektorn långa. Från start av teknikutveckling för ett nytt flygplan tills dess hela flygplansflottan är utbytt tar det ca 50 år (IPCC, 1999). Om långsamm-

are flygplan i form av avancerade turbopropplan kan accepteras (tekniken är förhållandevis lätt att utveckla) så kan bränsleförbrukningen minska med ca 25%. Detta skulle innebära att en flygning som idag tar ca två timmar (t ex Stockholm – London) skulle bli drygt en halvtimme längre. Även för dessa flygplan gäller emellertid att ledtiderna är långa fram till en betydande andel av flygplansflottan. Biobränslen kan ge ett mindre bidrag till utsläppsminskningar, men tillgången är begränsad samtidigt som många samhällssektorer vill byta fossila bränslen mot biobränslen. Generellt är det betydligt effektivare att i första hand ersätta fossila bränslen inom kraftproduktion och i industrins processer än att göra fordonsbränsle av biomassa (Åkerman & Åhman, 2007).

Slutsatsen blir att om jordens uppvärmning ska begränsas till två grader måste ökningen av utrikesresandet med flyg brytas. Möjligen kan dagens nivå vara acceptabel, men det är inte alls säkert. Av reseexemplen i tabell 8 ser man att det finns möjligheter att reducera utsläppen i betydande grad genom att t ex byta från flyg till tåg.¹³ Detta gäller för medellånga resor till Europeiska destinationer, speciellt om integrationen av det Europeiska järnvägssystemet kan öka så att snabbare resor med färre, eller inga, byten kan åstadkommas. För interkontinentala resor, t ex till USA och Thailand, finns det dock inga realistiska alternativ till flyget. Vill man minska dessa utsläpp får man resa lite mindre ofta, men kanske stanna borta en längre period när man väl reser. För tjänsteresor kan virtuella möten (t ex videokonferenser) komma att bli ett konkurrenskraftigt alternativ både av klimatskäl och rena företagsekonomiska skäl.

Referenser

- Andersson, E & Lukaszewicz, P (2006), Energy consumption and related air pollution for Scandinavian electric passenger trains. Report KTH/AVE 2006:46.
- Atmosfair (2008), emissionsdatabas på <http://www.atmosfair.org/index.php?id=9&L=3>
- Concawe, EUCAR and EU commission JRC (2007), Well to Wheel analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Version 2c, March 2007. Finns tillgänglig på <http://ies.jrc.ec.europa.eu/WTW>.
- DSB miljöredovisning 2005.
- Energimyndigheten (2007), Energiläget i siffror 2007.
- Flodström, Eje (1998), Environmental assessment of freight transportation, MariTerm AB, KFB report 1998:15.
- Forster, Piers M de F, Shine, Keith P, Stuber, Nicola (2006), It is premature to include non-CO2 effects of aviation in emission trading schemes. *Atmospheric Environment* 40 (2006) 1117-1121.
- Frändberg, Lotta & Vilhelmson, Bertil (2002), Rörlighetens internationalisering – Den svenska befolkningens utlandsresande 1994-2000. Occasional papers 2002:2, Kulturgeografiska institutionen, Göteborgs universitet.

¹³ Den relativa vinsten är något mindre för resor i Europa än i Sverige på grund av den betydande andelen kolkraftverk på kontinenten.

- Fuglestad et al (2008), Climate forcing from the transport sectors. PNAS January 15, 2008, Vol. 105, No 2, p 454-458.
- IEA (2006), World energy outlook 2006. International Energy Agency.
- International Air Transport Association (2003) World air transport statistics. 47th edition. Montreal.
- IPCC (1999) Aviation and the Global Atmosphere. A Special Report of IPCC Working Groups I and III, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007), Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Josefsson, Lena (2008), Skavsta, Personlig kommunikation 2008-11-06.
- Karlsson, Ivar, SJ (2007). Personlig kommunikation 2007.
- Kim, Brian Y et al (2007), System for assessing Aviation's Global Emissions (SAGE), Part 1: Model description and inventory results. Transportation Research Part D 12 (2007) 325-346.
- Krüger Nielsen, Stefan (2001) Air travel, life-style, energy use and environmental impact. Ph.D. Dissertation, Energy Planning Group, Department of Civil Engineering, Technical University of Denmark, Lyngby. RES 2005-2006 Den nationella resvaneundersökningen, SIKAs Statistik 2007:19.
- Luftfartsverket (2008 a), Landvetter, Johan Andersson. Personlig kommunikation 2008-11-12.
- Luftfartsverket (2008 b), Arlanda, Sara Wedin. Personlig kommunikation 2008-10-30.
- Nelldal, Bo-Lennart, KTH och SJ (2006). Personlig kommunikation 2006.
- NTM (2008), Environmental data for international cargo transport. Rail transport. Version 2008-03-14. Nätverket transporter och miljö.
- Peeters, P.M., Middel, J. and Hoolhorst, A. (2005), Fuel efficiency of commercial aircraft. An overview of historical and future trends. NLR-CR-2005-669 Amsterdam: Peeters Advies/National Aerospace Laboratory NLR.
- SAS (2008), Emission calculator på:
<http://sasems.port.se/EmissionCalc.cfm?sid=GenInfo&left=GenInfo>
- SAS (2006), SAS Group Annual Report & Sustainability Report 2005.
- Sausen, Robert et al (2005), Aviation radiative forcing in 2000: An update on IPCC 1999, Meteorologische Zeitschrift, Vol. 14, No. 4, 555-561, August 2005
- Scandlines (2008), fartygsdata på: www.scandlines.se/SEFront/Front_SE.
- SIKA (2006), Utrikes och inrikes trafik med fartyg 2005. Sika Statistik 2006:16.
- SIKA (2007), RES 2005-2006 Den nationella resvaneundersökningen, Sika Statistik 2007:19.

- SIKA (2008 a), Luftfart 2007, Sika Statistik 2008:12.
- SIKA (2008 b), http://www.sika-institute.se/Templates/Page_1331.aspx (08-12-03).
- SIKA (2008 c), RES0506 Menystyrd Databas v 3 2008-06-11.
- Silja Line 2004, Hållbarhetsredovisning.
- TallinkSilja (2008), Janis Pavuls, Personlig kommunikation 2008-11-07.
- Viking Line (2006), Årsberättelse 2005/2006.
- Viking Line (2008 a), Susanna Airola. Personlig kommunikation 2008-11-07.
- Viking Line (2008 b), Johanna Boijer-Svahnström. Personlig kommunikation 2008-11-10.
- Uppenberg, Stefan m.fl. (2001 a), Miljöfaktabok för bränslen – Del 1. Huvudrapport. IVL report B 1334A-2, Stockholm.
- Uppenberg, Stefan m.fl. (2001 b), Miljöfaktabok för bränslen – Del 2. Bakgrundsinformation och Teknisk bilaga. IVL report B 1334B-2, Stockholm.
- Volvo Bussar (2008), Personlig kommunikation Edward Jobson.
- Vägverket (2008). Håkan Johansson, Personlig kommunikation.
- Wit, R. C. N., Dings, J., Mendes de Lion, P., Thwaites, L., Peeters, P. M., Greenwood, D & Doganis, R. (2002), Economic incentives to mitigate greenhouse gas emissions from air transport in Europe. 02.4733.10 Delft: CE.
- Åkerman, Jonas (2005), Sustainable Air Transport – On Track in 2050, Transportation Research Part D: Transport and Environment 10, 111-126.
- Åkerman, Jonas, Isaksson, Karolina, Johansson, Jessica och Hedberg, Leif (2007), Tvågradersmålet i sikte? - Scenarier för det svenska energi- och transportsystemet till år 2050. Naturvårdsverket rapport 5754.
- Åkerman, Jonas & Åhman, Max (2008), Förnybara drivmedels roll för att minska transportsektorns klimatpåverkan. Rapporter från riksdagen 2007/08: RFR 14