

**Elflyg – början på en spännande resa
– redovisning av ett
regeringsuppdrag**

**Rapport
2020:12**

Eflyg – början på en spännande resa **Rapport**
– redovisning av ett **2020:12**
regeringsuppdrag

Trafikanalys

Adress: Rosenlundsgatan 54
118 63 Stockholm

Telefon: 010 414 42 00

Fax: 010 414 42 20

E-post: trafikanalys@trafa.se

Webbadress: www.trafa.se

Ansvarig utgivare: Mattias Viklund

Datum: 2020-10-07

Förord

Trafikanalys har regeringens uppdrag att ta fram ett kunskapsunderlag om eldrivna flygplan. Den här rapporten är vår redovisning av uppdraget.

Under arbetet med rapporten har Trafikanalys inhämtat synpunkter från de organisationer som anges i uppdragets direktiv samt ett flertal andra. Vi tackar samtliga som bidragit med sin tid och kunskap. Vi vill också tacka Transportstyrelsen som bland annat bidragit med värdefullt statistikunderlag och kommentar på avsnittet om regelverken.

Utredningen har gjorts under pågående covid-19-pandemi och flyget är en av de branscher som drabbats allra hårdast vilket kan komma att innebära förseningar i tidplanerna för elektrifieringen. Flyget kommer förmodligen till följd av covid-19-pandemin att stå inför en stor omstrukturering och frågan är hur mycket pengar det finns i branschen för dessa satsningar.

Lennart Thörn har varit projektledare för uppdraget och Backa Fredrik Brandt biträdande projektledare. Övriga projektdeltagare har varit Elisa Abascal Reyes, Anders Ljungberg, Henrik Petterson och Florian Stamm. I anslutning till arbetet har vi också handlett en student, Kajsa Wimmerström. Hennes arbete med sin kandidatuppsats har bidragit med värdefullt material.

Stockholm i oktober 2020

Mattias Viklund

Generaldirektör

Innehåll

Sammanfattning	7
Summary	13
1 Inledning	19
1.1 Metod	20
1.2 Läsanvisningar	21
2 Flygmarknaden och klimatpåverkan	23
2.1 Flygmarknadens regler	23
2.2 Det kommersiella flyget i Sverige	26
2.3 Flygets klimatpåverkan	37
3 Vad är elflyg?	41
4 Vad finns idag?	47
4.1 Elflyg i luften	47
4.2 Elflyg under utveckling	49
4.3 Laddinfrastruktur	52
4.4 Drönare och eVTOL	54
5 Scenarier för elflyget och effekterna för tillgänglighet och konkurrenskraft	57
5.1 Tillgänglighet och konkurrenskraft	57
5.2 Scenarier med kort räckvidd och låg passagerarkapacitet	62
5.3 Utblick mot alternativa framtider	68
6 Styrmedel	73
6.1 Generella styrmedel	73
6.2 Norges program för elflyg	74
6.3 Styrmedel för elflyg inom EU och övriga länder	77
6.4 Styrmedelsförslag – aktörers förslag	79
6.5 Överväganden gällande lämpliga styrmedel	81
7 Samhällsekonomiska- och andra ekonomiska effekter av elflyg	83
7.1 Utgångsläge	83
7.2 Beskrivning av antaganden	84
7.3 Elflygets samhällsekonomiska effekter	86
7.4 Påverkan på flygplatser och flygbolag	97
8 Reflektioner och slutsatser	101

9 Referenser	105
Bilaga 1 Uppdragsdirektiv	113
Bilaga 2 Tillgänglighetskriterier och nivåer i Trafikverkets tillgänglighetsmodell	116
Bilaga 3 Externa kontakter	118
Bilaga 4 Flygplatser i Sverige.....	120

Sammanfattning

Flygets utsläpp av växthusgaser behöver minska för att Sverige ska klara det långsiktiga klimatmålet om att nettoutsläppen år 2045 ska vara noll samt för att klara åtagandet enligt Parisavtalets 1,5-gradersmål. Mot den bakgrunden fick Trafikanalys ett regeringsuppdrag att analysera utvecklingen av elflyg. Uppdraget bestod av sex breda frågeställningar. Nedan sammanfattas Trafikanalys redovisning av dessa under sex rubriker.

Med elflyg avser vi flygplan med fasta vingar där strömmen till framdrivningen antingen kommer från batterier eller bränsleceller samt hybrider där någon av dessa två källor ingår. Definitionen utesluter andra elektrifierade flygande farkoster men rapporten ger även en kort översikt av dessa.

Passagerartrafiken med elflyg kommer inledningsvis att ske med små plan. Två procent av flygningarna i Sverige idag görs med flygplan med 19 säten eller färre. Mätt i andel passagerare blir andel ännu lägre. Inrikesflyget hade som mest passagerare runt 1990 därefter minskade passagerarantalet fram till år 2010 varefter en svag ökning skett. Samtidigt har antalet flygplatser som trafikeras i inrikes linjetrafik minskat och planen blivit större.

Det är således en svår marknad som elflygplanen ska slå sig in på och vår bedömning är att inga nya flygplatser kommer att öppna till följd av introduktionen av elflyg utan att det är befintliga flygplatser som kommer att användas.

Vad finns idag och vad utvecklas

Det första elektriska flygplanet certifierades för serieproduktion av den Europeiska flygsäkerhetsbyrån, EASA, sommaren 2020. Det var ett mindre tvåsitsigt flygplan. Vi har under utredningen identifierat åtta olika elektrifierade flygplan som flugit. Det är i samtliga fall små batterielektriska plan. För det största av dessa plan har tillverkaren uppgett att det har en kapacitet för sex passagerare och en räckvidd på 16 mil. Planet är ett av två exempel där batteridrivna elmotorer ersatt förbränningsmotorn i en befintlig modell.

För övriga plan varierar räckvidden, enligt tillverkarnas, uppgifter från 12 till 36 mil. Det är oklart vilket räckviddsbegrepp som används. Räckvidd kan ha tre betydelse; teoretisk räckvidd som redovisar hur långt i normal hastighet planen kan flyga till dess motorerna stannar, faktisk räckvidd som kan användas för till exempel privatflyget samt kommersiell räckvidd där hänsyn tas till att nödvändiga reserver finns för flygning till alternativ flygplats till exempel i händelse av dåligt väder.

Vi har identifierat 14 utvecklingsprojekt där någon testflygning ännu inte skett. För utvecklingsprojekten är det betydligt större variation beträffande räckvidd, passagerarkapacitet och framdrivning vilket är en naturlig följd av att tidsperspektiven för de olika projekten varierar. De tillverkare som uppger att planen ska flyga inom de närmaste åren utvecklar mindre plan med en passagerarkapacitet på upp till 19 passagerare medan de som aviserat att de ska lansera planet längre fram siktar mot större modeller med längre räckvidd.

För dessa plan är hybridteknik den vanligaste framdrivningstekniken med sju projekt, fem har batterielektrisk framdrivning och två med bränsleceller.

Gemensamt för både de plan som flyger och de som ännu inte lyft från marken är att det inte har gått att få fram jämförbara kostnader för utvecklingen.

Inledningsvis bedömer vi inte att laddningen av batteriplanen utgör något hinder för utveckling. Det pågår nu en utveckling mot att underhåll och drift på flygplatserna blir allt mer elektrifierat och dessutom kommer både bilar och bussar som kör passagerare till och från flygplatserna att behöva laddas. Det gör att den ökade efterfrågan som kommer från flygplanen kan hanteras i samband med att effektbehovet för de övriga funktionerna hanteras.

För bränsleceller, som försörjs av vätgas, återstår ännu mycket utveckling innan det finns en försörjningskedja med hållbar produktion, distribution och lagring av vätgas.

Scenarier för det framtida elflyget

Vi presenterar fyra scenarier för elflygets utveckling på kort sikt. Scenarierna är inte tidsatta utan baseras på antagandet om att planen har en kommersiell räckvidd på högst 40 mil och kan ta högst 19 passagerare. Utifrån denna prestanda redovisas fyra scenarier:

- upphandlad trafik,
- befintlig inrikes och utrikes trafik,
- nya korta linjer samt
- nya linjer i norra Sverige.

Vår bedömning är att fyra av Trafikverkets sju *upphandlade linjer* rent kapacitetsmässigt vore möjliga att ersätta med elflyg. I relation till konventionellt flyg innebär elflyget en viss försämrad tillgänglighet då elflygets hastighet är något lägre men här bör även beaktas att vinterväglag råder under stora delar av vinterhalvåret vilket talar till flygets fördel vid en jämförelse med vägtrafik.

När det gäller *befintlig inrikes och utrikes trafik* från övriga regionala flygplatser trafikeras de ofta av flygplan med en kapacitet som överstiger 19 passagerare. I scenariot identifierar vi åtta flyglinjer som uppfyller kravet på ett avstånd om högst 40 mil, varav två är utrikeslinjer. Elflygets lägre hastighet innebär något förlängda restider även i detta scenario. Elflyg inklusive marktransporter till och från flygplatsen är dock snabbare än de markbundna transporterna i samtliga relationer.

Delar av flygbranschen har föreslagit ett antal *nya korta linjer* som de anser vore lämpliga för introduktion av elflyg. Det handlar exempelvis om flera nya förbindelser med Gotland som i första hand motiveras utifrån fritidsresenärers behov av tillgänglighet. Utmärkande för dessa flyglinjer är att de är korta och passerar över öppet hav, vilket minskar konkurrensen från andra trafikslag gällande restider.

Utvecklingsprojektet GreenFlyway har föreslagit flera *nya flyglinjer i norra Sverige*. Flera av linjerna utgår från funktionella samband mellan orterna, till exempel flyglinjen Trondheim-Östersund-Sundsvall som motiveras utifrån interaktion mellan universiteten på de olika orterna. Flera flyglinjer förbinder orter i inlandet med kuststäderna, vilket medför att det uppkommer mindre nav för flygtrafiken där. Samtliga elflyglinjer i detta scenario är konkurrenskraftiga mot landbaserade transporter även när marktransporterna till flygplatsen räknas in.

Om den befintliga flygtrafiken ersätts av elektrifierat flyg ger alla fyra scenarier positiva effekter på klimatutsläppen. Effekten på klimatutsläppen av eventuell överflyttning från bil till elflyg beror på hur stor andel av bilarna som är elektrifierade och på vilket bränsle övriga bilar kör.

En bild av utvecklingen på längre sikt visar att runt mitten av seklet tillåter den batteritekniska utvecklingen större plan med en passagerarkapacitet på omkring 190 passagerare och en räckvidd på drygt 100 mil skulle omkring hälften av alla avgångar i världen kunna ersättas med elflyg. Det innebär också en minskad förbrukning av konventionella flygbränslen med 15 procent.

En räckvidd på drygt 100 mil är tillräcklig för att från Stockholm täcka hela Sverige och stora delar av våra grannländer. Amsterdams flygplats Schiphol och Prags internationella flygplats ligger precis innanför räckviddsområdet söderut. Med utgångspunkt från Malmö eller Köpenhamn vore det naturligtvis möjligt att nå längre söderut i Europa.

Styrmedel i andra länder

Avinor och Luftfartstilsynet har på uppdrag av Norges regering tagit fram ett förslag till program för introduktion av elflyg i Norge. Vi har inte identifierat något annat land som har något liknande. Programmet innehåller följande målsättningar.

- Norge ska vara en drivkraft och arena för utveckling, testning och tidig implementering av elflygplan.
- Före 2030 ska den första inrikes reguljära flyglinjen vara driftsatt.

För att uppnå dessa målsättningar pekar programmet på att det behövs insatser inom följande områden: *Teknologiutveckling, riskavlastning och drift.*

Programmet betonar vikten av att *teknologiutvecklingen* sker inom ramen för ett internationellt samarbete. För att kunna ta tillvara erfarenheter och vidareutveckla resultaten från noll-utsläppsprogrammet (ett samarbete mellan norska och europeiska luftfartsmyndigheter samt EASA), ska det etableras en arena för utveckling, testning och implementering av elflygsteknik och andra tekniker med låga utsläpp.

Det kommer troligen att vara mindre flygbolag som köper de första elflygplanen. Det är förenat med ett betydande ekonomiskt *risktagande* att satsa på en ny och nästan obeprövad teknik. Försäljningsvolymerna för de första modellerna blir sannolikt små. Detta innebär att tillverkarna behöver kompensera med ett högt försäljningspris, vilket i sin tur gör det svårt för flygbolagen att uppnå en tillräckligt hög grad av lönsamhet. Därför ses det som motiverat att ge stöd. Dessutom tar en köpare en viss *risk* genom att nya förbättrade elflygsmodeller relativt snart kan nå marknaden samtidigt som elflyget alltför är en omogen teknik.

Som ett sista steg behövs även stöd för *driften*. Därför presenteras i programmet en rad åtgärder som skulle göra elflygplan, men också annat flyg med fossilfria bränslen, mer konkurrenskraftiga i förhållande till konventionella plan.

I Storbritannien har flygindustrin och den brittiska regeringen slutit ett avtal inom ramen för deras industristrategi där målsättningen är att vara i frontlinjen i utvecklingen av elektriska och hybridelektriska flygplan. I avtalet ingår en rad ekonomiska satsningar i första hand riktade mot forskning och innovation (Fol). De brittiska initiativen för att gynna utvecklingen av elflyg har således en tydlig näringspolitisk prägel. Det handlar om att göra den brittiska flygindustrin konkurrenskraftig inom en ny nisch.

Frankrike har en stor flygindustri som drabbats hårt av covid-19-pandemin och den franska regeringen uppger att de kommer att göra allt för att stödja denna sektor. Stödet blir också en möjlighet att stödja övergången till ett mer ekologiskt hållbart flyg. Det stöd den franska regeringen ger är inriktat mot Fol med för denna rapport särskilt relevanta satsningar. Franska staten kommer att bidra med 1,5 miljarder Euro till Fol för framtida flygplan med låga

koldioxidutsläpp. Av särskilt intresse utifrån syftet med denna rapport är följande utpekade satsningar.

- En energisnål efterföljare till Airbus A320 (130 till 230 passagerare). Bränsleförbrukningen ska minskas med 30 procent och flygplanet ska vara möjligt att flyga på enbart biobränsle. Det ska också finnas möjlighet att använda vätgas som primär energikälla. Driftstarten är planerad till någon gång mellan 2033 och 2035.
- Ett nytt regionalflygplan med låg energiförbrukning som antingen är en elektrisk hybrid eller använder gasdrift med planerad driftstart till 2030.

Det finns ingen uttalad strategi för elektrifiering av flyget från EU, däremot finns ambitioner att verka för ett klimatvänligare flyg. En stor del av stödet till FoU kanaliseras via Horizon-2020-programmet och dess efterföljare Horizon Europe. Bland annat finansieras forskningsprogrammet Clean Sky där teknologiutveckling inom flyget sker. Inom ramen för Europeiska kommissionens Gröna giv anges att Horizon Europe ska stödja forskning och innovation inom transport, däribland batterier och ren vätgas.

De europeiska forskningsprogrammen har en mycket bred ansats där elektrifiering utgör en mindre del. Styrmedlet är stöd till FoU, dvs. teknologiutveckling enligt den norska nomenklaturen för elflygsutveckling.

Samhällsekonomiska och andra ekonomiska effekter

I detta uppdrag analyserar vi de samhällsekonomiska effekterna genom att utgå ifrån två frågeställningar.

1. Innebär elflyg sådana positiva effekter för samhället att det kan vara värt att för det offentliga ta vissa initiala kostnader, som utvecklings- och investeringskostnader för att underlätta introduktionen av elflyg?
2. Finns det för samhället mindre kostsamma sätt att uppnå samma effekt?

För beräkningarna används de scenarier som redovisas i kapitel fem. Eftersom dessa inte är tidsatta är det inte möjligt att analysera ackumulerade eller diskonterade effekter över tid utan vi analyserar de samhällsekonomiska effekternas omfattning och beståndsdelar vid en obestämd tidpunkt någon gång i framtiden i dagens (nominella) penningvärde.

Vi konstaterar att de viktigaste komponenterna i kalkylen är restider och klimateffekter och att beräkningarna visar att det finns positiva samhällsekonomiska effekter av en introduktion av elflyg för dessa komponenter. Men vi kan av det inte dra slutsatsen att den första generationen elflyg innebär en kostnadseffektiv väg att gå för att uppnå dessa vinster. Kalkylen för elflyg på längre sikt kan dock se bättre ut.

Vi har svårt att se att nya flygplatser kan etablera sig till följd av introduktionen av elflyg. De initiala investeringarna i infrastrukturen och driftskostnaderna ska fördelas på flygplan med få passagerare och få turer per dag. Däremot kan det för flygplatser som idag bedriver linjetrafik medföra en intäktsökning som ger flygplatsen bättre förutsättningar att klara sig ekonomiskt.

För de större flygbolagen kommer elflyget initialt inte att innebära några förändringar eftersom de saknar små plan i sin flotta eller trafikerar de linjer som blir aktuella. Vår bedömning är därför att det blir mindre flygbolag som inledningsvis kommer att bedriva trafik med elflygplan. De har en vana att driva trafik med små plan på mindre flygplatser och att förse en flotta av mindre flygplan med uppdrag under den tid på dagen då efterfrågan på reguljära flygresor är

liten. En förändring av affärsmodellerna kan dock behövas när planen elektrifieras och delvis trafikerar nya linjer.

För de större flygbolagen blir eldrivna plan aktuella att använda först när tekniken möjliggör större flygplan med längre kommersiell räckvidd. Men de mindre eldrivna planen kan ha stor betydelse genom att bygga upp en tilltro till tekniken hos kunderna.

Lämpliga styrmedel i Sverige

Låt oss först konstatera att vi redan har flera generella styrmedel som gynnar elflyg: den europeiska utsläppshandeln (EU-ETS) och det globala marknadsbaserade styrmedlet CORSIA ökar alla kostnaden för utsläpp av koldioxid, vilket ger incitament till att investera i elflyg eller andra alternativa tekniker som minskar utsläpp av koldioxid.

Flera aktörer betonar vikten av att det finns en tydlig politisk agenda gällande elflyg med tydliga tidsatta mål. Norge ses som en förebild i detta avseende. Det är givetvis en politisk fråga att formulera dessa mål, men det sker i en kontext av redan befintliga målsättningar. Inrikes luftfart omfattas av det svenska målet om nettonollutsläpp av koldioxid 2045, men inte av målet om 70 procent minskade växthusgasutsläpp i transportsektorn till 2030. Bunkerbränslen för internationell luftfart omfattas däremot inte av något mål.

Inom transportområdet brukar det ofta framhållas att det stora antalet skilda aktörer innebär att man behöver använda sig av olika typer av styrmedel i kombination. Vi rekommenderar därför ett styrmedelspaket för att påskynda introduktionen av elflyg. Sverige har goda förutsättningar för att utveckla flygplan med både en stark flygplansindustri och forskningsmiljö.

De olika styrmedel som kan vara lämpliga i Sverige har, utöver generella styrmedel som utsläppshandel och drivmedelsbeskattning, i föreliggande rapport strukturerats enligt den norska modellen med styrmedel inom tre områden; *Teknologiutveckling, riskavlastning och drift*.

Inom området teknologiutveckling handlar det om att ge stöd till FoU och exempel på styrmedel inom detta område är; ett strategiskt innovationsprogram för elflyg och etableringar av kompetenscentrum. Det handlar dock inte bara om att utveckla nya tekniker, utan också om långsiktig kompetensuppbyggnad genom utbildningsinsatser för att kunna använda de nya teknikerna.

Riskavlastning handlar om att få ut elflygplanen på marknaden. Sannolikt kommer de första elflyglinjerna vara korta och etableras av mindre flygbolag på marknader med relativt litet passagerarunderlag. De har inte ekonomiska resurser att köpa plan och därför krävs någon form av stöd. Exempel som lyfts fram i dialog med aktörer är till exempel lånegarantier, staten köper elflyg som kan hyras ut till operatörer och nya inslag vid upphandling av trafik såsom restvärdegaranti och längre kontrakt. Det senare förslaget skulle kräva ett undantag från reglerna i EU:s lufttrafikförordning alternativt en ändring av densamma.

Även stöd under driftfasen innebär ett ökat incitament för de som önskar att investera i elektriskt flyg och här finns flera styrmedel som kan utredas vidare för att bedöma lämpligheten. Som exempel kan nämnas, differentierade start- och landningsavgifter eller undantag för elflyg, lägre eller borttagen energiskatt för elflyg eller etablering/utökning av befintliga stöd för laddinfrastruktur och elektrifiering av flygplatser.

En viktig del i arbetet bör vara att fortsatt utveckla mer generella styrmedel. De utgör inte bara styrmedel som kan gynna elflygutvecklingen, de ger också en signal om värdet av att

stimulera fler tekniker än elflyg för att åstadkomma en omställning av flyget i klimatvänlig riktning. Kanske behöver existerande generella styrmedel i någon utsträckning också justeras för att fullt ut ge stöd åt elflygsintroduktion? Förslag till förändrad EU-lagstiftning bör vara en del av en strategi. Generellt sett bör EU:s klimatambitioner och "Gröna giv" föranleda justeringar av regelverk och av hur de tillämpas. Sverige bör exempelvis vara drivande inom EU för att förändra Lufttrafikförordningen i syfte att möjliggöra utsläppskrav vid upphandling av olönsamma flyglinjer.

Effekter på tillgänglighet

I rapporten redovisas ett antal scenarier över flyglinjer med elflygplan för 19 passagerare och en kommersiell räckvidd på 40 mil. Det är endast i de fall där befintliga plan skulle ersättas av elflygplan som tillgängligheten skulle försämrats. Detta till följd av att elflygplanen flyger långsammare än de konventionella planen. En förbättrad tillgänglighet kan nås genom etablering av nya flyglinjer som idag inte trafikeras. Detta förutsätter dock att det medför minskade driftkostnader för flygbolagen.

Tillgängligheten kan enligt våra bedömningar förbättras för linjer som går över hav, andra geografiska hinder eller obebodda områden. Inte minst skulle tillgängligheten med länderna på andra sidan Östersjön kunna förbättras.

I de områden i Sverige som idag har brister i tillgängligheten skulle nya flyglinjer kunna medföra tillgänglighetsförbättringar speciellt om nya flygplatser skulle öppnas i dessa områden. Vi lyfter fram att det finns ett antal flygplatser som idag inte har linje- eller chartertrafik, men som har en start- och landningsbana som kan ta emot elflyg. Att kunna starta trafik på dessa flygplatser medför dock kostnader som vi bedömt vara för höga för att kunna bäras med de begränsade passagerarvolymerna det handlar om.

Den samhällsekonomiska vinsten till följd av ökad tillgänglighet väntas dock inte bli så stor då tidsvinsterna, för de flesta befintliga sträckor, är relativt små jämfört med tåg och till viss del även jämfört med bil. På nya sträckor är tidsvinsterna relativt sett större i de flesta fallen men då värdena som beräknas i den samhällsekonomiska kalkylen för kollektivtrafik sjunker med ökande avstånd, och avstånden här är långa, blir den monetära effekten ganska blygsam. Så länge det handlar om små plan är det också få personer som berörs och därmed summerar det upp till blygsamma belopp

Summary

Greenhouse gas (GHG) emissions from aircraft need to be reduced if Sweden is to meet its long-term climate goal of zero net GHG emissions by 2045 and our obligations under the Paris Agreement's 1.5° temperature goal. It was against this background that the government assigned Transport Analysis the task of analysing the development of electric aircraft. As the assignment consisted of six broad problem areas, Transport Analysis's findings are presented under six corresponding headings below.

"Electric aircraft" refers to fixed-wing aircraft in which the electrical current needed for propulsion derives either from batteries or fuel cells, as well as hybrids in which either of these two energy sources is involved. This definition excludes other electrified flying vehicles, although the report does offer a brief overview of them.

Two per cent of the flights in Sweden in 2019 currently were made by aircraft with 19 or fewer seats, and the percentage was even lower in terms of the share of passengers. Domestic aviation carried the most passengers around 1990, with their numbers decreasing up to 2010, after which a weak increase occurred. Simultaneously, the number of airports providing scheduled domestic service has declined, and the aircraft have become bigger.

It is thus a difficult market that electric aircraft must enter, and our assessment is that no new airports will be opened as a result of the introduction of electric aircraft, but rather that the existing ones will be used.

What currently exists and what is being developed

The first electric airplane, a small two-seater airplane, was certified for series production by the European Air Safety Agency (EASA) in the summer of 2020. During our investigation, we identified eight such airplanes that have been flown, all of which are small and battery powered. The manufacturer of the largest of them reports that its electric aircraft has a capacity of six passengers and a range of 160 km. The plane is one of two examples in which battery-powered electric motors have replaced the combustion engine in an existing model.

According to their manufacturers, the ranges of the other planes vary from 120 to 360 km. It is unclear what definition of "range" has been used. Range can have three meanings: the theoretical range, which indicates how far a plane can fly at normal speed until its engines stop; the range, that can be used in connection with, for example, private aircraft; and the commercial range, which takes into account that necessary reserves must be available to fly to alternative airports in the event of bad weather.

We have identified 14 development projects in which no test flights have yet been made. There are significant major variations in range, passenger capacity, and propulsion among these development projects, which is a natural consequence of the differing timeframes of the various projects. Those manufacturers reporting that their planes are to fly within the next few years are developing smaller planes with a capacity of up to 19 passengers, while those indicating that they will be launching their planes further in the future are focusing on bigger models with longer ranges.

The most common propulsion method used in these planes is hybrid technology, which is being used in seven projects, whereas five use battery-powered propulsion and two fuel cells.

It has not been possible to ascertain the costs of either the planes that are already flying or those that have yet to leave the ground.

We do not initially consider the charging of battery-powered planes to pose any obstacle to the development of electric flying and the associated infrastructure. There is currently a trend toward the increased electrification of airport operations and maintenance, in addition to the fact that both cars and buses that bring passengers to and from airports need to be charged. This means that the increased demand deriving from such aircraft can be met in conjunction with meeting the demand for electrical power from these other functions.

Regarding fuel cells, which are generally powered with hydrogen, considerable development remains to be done before there is a supply chain that will enable the sustainable production, distribution, and storage of hydrogen.

Scenarios for the electric aircraft of the future

We will present four scenarios for the short-term development of the electric airplane. These scenarios are not based on any timeframe, but rather on the assumption that the planes will have a maximum commercial range of 400 km and be able to accommodate 19 passengers. Based on these performance criteria, we present four scenarios:

- procured transport service,
- existing domestic and foreign service,
- new short routes and,
- new routes in northern Sweden.

Our assessment is that four of the Swedish Transport Administration's seven procured routes could, from a pure capacity standpoint, be flown by electric aircraft. Compared with conventional aircraft, electric planes do entail somewhat reduced accessibility, as their speed is somewhat lower, but we should also bear in mind here that winter road conditions prevail during much of the winter half of the year, favouring the electric aircraft.

With regard to existing domestic and foreign routes from other regional airports, they are often served by aircraft with a capacity exceeding 19 passengers. In this scenario, we identify eight air routes that meet the requirements of a maximum range of 400 km, two of which are foreign. The lower speed of the electric aircraft entails somewhat longer travel times in this scenario as well. However, electric flight, including ground transport to and from the airport, is still faster than earthbound travel in all comparisons.

Actors within the aviation industry have suggested a number of new short routes that they consider suitable candidates for the introduction of electric aircraft, such as several new connections to Gotland; these are motivated primarily by leisure travellers' need for accessibility. These routes are characterized by being short and passing over open waters, which reduces the competition from other modes of transport in terms of travel times.

The Green Flyway project has proposed several new air routes in northern Sweden. Some of these routes are based on functional ties between the locations, such as the Trondheim–Östersund–Sundsvall route, which is motivated by interactions between the universities in these different locations. Several routes connect inland locations with coastal cities, which means that smaller hubs will arise for the air traffic there. All of the electric aircraft routes in

this scenario are competitive with ground-based transport services, even if we factor in the ground transport to the airport.

All four scenarios point to positive effects in terms of GHG emissions if the existing service is replaced with electric aircraft service. The impact of any transition from cars to electric aircraft in terms of GHG emissions will depend on how large a proportion of the cars is electrified, and on the fuels used by those that are not.

One longer-term development scenario indicates that, once technological advances make electric planes with a passenger capacity of roughly 190 and a range of just over 1,000 km possible, roughly half of all routes worldwide could be flown by electric aircraft. This would entail a 15% reduction in the consumption of conventional aviation fuels.

A range of just over 1,000 km would make it possible to cover all of Sweden and large parts of neighbouring countries from Stockholm. Amsterdam's Schiphol Airport and Prague's international airport fall just within this range to the south. Departing from Malmö or Copenhagen would naturally make it possible to reach farther south in Europe.

Policy instruments in other countries

Avinor and the Norwegian Civil Aviation Authority, commissioned by the Norwegian government, have formulated a proposal for a programme to introduce electric aircraft in Norway. We have not identified any other countries that have anything similar. The programme includes the following objectives:

Norway will be a driving force and arena for the development testing and early implementation of electrified aircraft.

- By 2030, the first ordinary domestic scheduled flights will be operated with electrified aircraft.
- To achieve these objectives, the programme points to the need for initiatives in the following areas: technological development, risk mitigation, and operations.

The programme stresses the importance of the technological development taking place within a framework of international cooperation. An arena for developing, testing, and implementing electric aviation technology and other low-emissions technologies must be established to make it possible to accumulate and benefit from the experience gained and to further develop the results derived from the zero emissions programme, a cooperative effort involving Norwegian and European aviation authorities and EASA.

Committing to and investing in a new and almost unproven technology is fraught with significant financial risk. The implementation of risk mitigation that provides support is consequently justified, as the first electric aircraft will likely be relatively expensive, given that the sales volumes for the first models will be small. Moreover, a buyer would assume some degree of risk, insofar as new and improved electric aircraft models may reach the market in relatively quick succession, as electric aviation is still an immature technology.

As a final step, there is also a need to support operations. The programme consequently presents numerous measures that would make electric aircraft, as well as other aircraft that use fossil-free fuels, more competitive with conventional aircraft.

In the United Kingdom, the aviation industry and the British government have struck an agreement within the framework of their industry strategy with a view to being on the cutting edge of the development of electric and hybrid electric aircraft. The agreement includes

numerous financial investments that initially target research and development (R&D). The British initiative to promote the development of electric aircraft thus has a distinct economic policy orientation. The aim is to make the British aviation industry competitive within a niche.

France has a large aviation industry that is being hit hard by the COVID-19 pandemic, and the French government reports that it will do everything possible to support this sector. This support will also offer an opportunity to support the transition to more ecologically sustainable aircraft. The funding from the French government is focused on R&D, with investments that are particularly relevant to this report. The French state will provide EUR 1.5 billion for the R&D of future aircraft with low carbon emissions. The following identified investments are of particular interest with regard to the purpose of this report:

- An energy-efficient successor to the Airbus A320 (130–230 passengers). Fuel consumption must be reduced by 30% and it must be possible to fly the plane on biofuel alone. It must also be possible to use hydrogen as the primary energy source. Operation is slated to begin sometime between 2033 and 2035.
- A new regional airplane with low energy consumption that is either an electric hybrid or uses hydrogen, with operation set to begin by 2030.

The EU has no explicit strategy for electrifying aircraft, although it does aim to work toward more climate-friendly aviation. Much of the R&D funding is being channelled through the Horizon 2020 programme. This includes the funding of the Clean Sky research programme, which is developing aviation technology. It has been reported within the framework of the European Green Deal that Horizon Europe is to support research, development, and innovation in the transport field, including batteries and clean hydrogen.

The European research programmes take a very broad approach, with electrification playing a minor role. The policy instruments consist of R&D funding, i.e., technological development as per the Norwegian nomenclature for electric aircraft development.

Socioeconomic and other economic effects

As part of this task, we have analysed the socioeconomic effects, proceeding on the basis of two questions:

1. Do electric aircraft entail such positive effects for society that it may be worthwhile for the government to absorb certain initial costs, such as development and investment costs, in order to facilitate the introduction of electric aircraft – in other words, how high can such costs be while remaining worthwhile?
2. Is there a way to achieve the same effect that would be less costly for society?

The scenarios described in Chapter 5 were used in our calculations. Because they are not time-bound, it is impossible to analyse the cumulative or discounted effects over time; rather, we have analysed the scope and components of the socioeconomic effects at an indeterminate time in the future, using current (nominal) monetary values.

We can see that the most important components of the calculations are travel times and climate effects, and that the calculations show that the introduction of electric aircraft will have positive socioeconomic effects in terms of those components. However, we cannot conclude that first-generation electric aircraft will offer a cost-effective path to achieving these gains. That is not to say that the calculations for electric aircraft might not be better in the longer term.

We have difficulty seeing how new airports could establish themselves as a result of the introduction of electric aircraft. The initial investments in infrastructure and operating expenses would be spread across aircraft carrying few passengers and making few flights per day. On the other hand, airports that currently offer scheduled service could see an increase in revenue that would create more favourable conditions for them to manage financially.

In the case of the major airlines, electric aircraft will not initially entail any major changes, as they have no small aircraft in their fleets and do not fly the routes that would be relevant. It is consequently our assessment that the smaller airlines would initially offer service using electric aircraft. They are accustomed to providing service with small planes at smaller airports, and to offering a fleet of smaller aircraft making flights at times of day when the demand for regularly scheduled flights is low. However, a change in these business models may be necessary once the planes have been electrified and are, in part, flying new routes.

Electric aircraft will not become relevant for use by the major airlines until the technology enables bigger planes with greater commercial ranges. However, smaller electric aircraft could have major significance in terms of building confidence in the technology among customers.

Appropriate policy instruments in Sweden

Let us first note that we already have a number of general policy instruments that favour electric aircraft: the EU Emissions Trading System (EU-ETS), and the global market-based policy instrument CORSIA both increase the costs of carbon dioxide emissions, thereby incentivising investments in electric aircraft and other alternative technologies that reduce carbon dioxide emissions.

Several actors have stressed the importance of a clear policy agenda for electric aircraft, one with clearly time-bound objectives. Norway is viewed as a role model in this respect. The formulation of such objectives is naturally a policy issue, but one that occurs within a context of pre-existing objectives. Domestic aviation falls under the goal of zero carbon dioxide emissions by 2045, but not under the goal of a 70% reduction in GHG emissions from the transport sector by 2030. On the other hand, the bunker fuels for international aviation are not covered by any goal.

In the transport field, it is often asserted that the large number of different actors means that different types of policy instruments need to be used in combination. We consequently recommend a package of policy objectives to expedite the introduction of electric aircraft. Sweden enjoys favourable conditions in terms of developing aircraft, having both a strong aviation industry and robust research environments.

The various policy instruments that may be appropriate in Sweden, above and beyond policy instruments such as emissions trading and fuel taxation, have been presented in this report as per the structure of the Norwegian model, with policy instruments in three areas: technological development, risk mitigation, and operations.

In the technological development area, the goal is to support R&D, and examples of policy instruments in this area include a strategic innovation programme for electric aircraft and the establishment of competence centres. However, it is not just a matter of developing new technologies, but also of building competence over the long term through training initiatives to enable the use of the new technologies.

Risk mitigation has to do with getting the electric aircraft into the market. The first routes for electric aircraft are likely to be short, and to be established by smaller airlines in markets with

relatively small passenger bases. These airlines lack the financial resources to purchase such planes and will consequently require some form of support. Examples of relevant instruments cited in our dialogue with actors include loan guarantees, state purchases of electric aircraft that can be leased to operators, and new elements in connection with procurements of transport services, such as residual value guarantees and longer contracts. The last proposal would require an exemption from the provisions of the EU's Air Service Regulation, or an amendment thereof.

Support during the operational phase would offer incentives to those looking to invest in electric aircraft, and in this context a number of policy instruments could be studied further to assess their applicability. Examples of such instruments include differentiated take-off and landing fees or exemptions for electric aircraft, lower or waived energy taxes for electric aircraft, and the establishment or expansion of existing support for charging infrastructure or airport electrification.

Continuing to develop more general policy instruments should be an important part of this effort. Such instruments include policy instruments that could not only promote the development of electric aircraft, but also signal the value of stimulating technologies in addition to electric aircraft technology in order to achieve the transformation of the airplane in a climate-friendly direction. Perhaps existing general policy instruments need to be adjusted to some extent to provide full support for the introduction of electric aircraft? Proposals for changes in EU legislation should be part of the strategy. Generally speaking, the EU's climate aspirations and "Green Deal" should lead to adjustments of its regulations and how they are applied. For example, Sweden should be a driving force within the EU in terms of changing the Air Services Regulation to enable the inclusion of emissions requirements in procurement processes for unprofitable routes.

Effects on accessibility

The report describes a number of scenarios concerning routes flown by electric aircraft that carry up to 19 passengers and have a commercial range of 400 km. Accessibility would be degraded only in those cases where existing aircraft would be replaced with electric aircraft, because electric aircraft fly slower than conventional ones. Improved accessibility can be achieved by creating new routes that are not being flown at present. However, this presumes that the reduced operating costs that electric aircraft are expected to bring are in fact realised.

Accessibility would be improved in particular on routes that pass over open water, other geographical obstacles, or unpopulated areas. The accessibility of countries on the other side of the Baltic Sea could be especially improved.

New air routes could bring improvements in accessibility particularly if new airports were to be opened in parts of Sweden that are currently lacking in accessibility. To illustrate, we note that a number of airports do not currently offer scheduled or charter service but do have a runway that could accommodate electric aircraft. However, the ability to start offering service at these airports would entail costs that we consider too high to bear, given the limited passenger volumes in question. Nevertheless, the socioeconomic gains in terms of accessibility are not expected to be all that great, as the time gains would be relatively small compared with train travel and, to some extent, with car travel as well on most existing travelled routes. The time gains would be relatively greater on new routes in most cases, but since the calculated values in the cost-benefit analysis for public transport decrease with increasing distance, and the distances in question are long, the monetary effect would be modest. As long as the aircraft are small, few people would be affected, and the resulting sums would be modest.

1 Inledning

Trafikanalys fick i januari år 2020 i uppdrag av regeringen att analysera utvecklingen och presentera ett kunskapsunderlag avseende elflyg, se bilaga 1.

Som bakgrund till uppdraget pekar regeringen på att flygets utsläpp av växthusgaser behöver minska för att Sverige ska klara det långsiktiga klimatmålet om att nettoutsläppen år 2045 ska vara noll samt för att klara åtagandet enligt Parisavtalets 1,5-gradersmål.

De åtgärder som sker inom ramen för EU:s utsläppshandelssystem, de marknadsbaserade styrmedlen inom Corsia¹ och de globala utsläppsmål som satts upp av den internationella flygorganisationen (IATA) bedöms inte leda till att klimatmålen nås och regeringen arbetar därför för att införa ytterligare styrmedel för att minska flygets klimatutsläpp. Dessa styrmedel behöver dock kompletteras med utveckling av ny teknik och här lyfter regeringen fram elflyget. I uppdragets direktiv pekas det på att Sverige har en stark flygindustri och att det har tagits initiativ för att utveckla helt eller delvis eldrivna flygplan. Vidare lyfts det i direktivet fram att flygbranschens färdplan för ett fossilfritt Sverige bedömer att det finns en långsiktig potential att elektrifiera delar av flyget och där betonas också vikten av långsiktiga mål för elektrifieringen av flyget.

Inom ramen för uppdraget ska Trafikanalys:

- Beskriva vilka typer av helt eller delvis eldrivna flygplan, inklusive flygplan med bränsleceller, som finns i dag, respektive som för närvarande utvecklas. Beskrivningen ska inkludera flygplanens räckvidd, kapacitet avseende exempelvis antal passagerare och fraktkapacitet och kostnader liksom vilken typ av laddinfrastruktur eller infrastruktur för annat alternativt drivmedel som flygplanen använder sig av.
- Beskriva tänkbara framtidsscenarioer när det gäller eldrivna flygplan, vilken laddinfrastruktur för helt eller delvis eldrivna flygplan som svenska flygplatser och ett urval flygplatser i närliggande länder tillhandahåller idag och avser att tillhandahålla på längre sikt.
- Kartlägga vilka styrmedel som andra länder, i första hand inom EU och Norge, har infört för att stimulera en utveckling och introduktion av helt eller delvis eldrivna flygplan.
- Analysera de samhällsekonomiska effekterna av en introduktion av eldrivna flygplan samt hur en introduktion av eldrivna flygplan skulle påverka de ekonomiska förutsättningarna och andra förutsättningar för flygbolag och flygplatser samt näringslivets konkurrenskraft i olika delar av landet. Eventuella effekter för flygplatssystemets struktur, inklusive lokaliseringsfrågor, och linjeutbud ska belysas i analysen.

¹ Corsia (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation), innebär i korthet att det internationella flygets koldioxidutsläpp tillåts växa fram till år 2020. Därefter måste flygbolagen köpa utsläppskrediter för de utsläpp som överstiger 2020 års nivå, vilket då bidrar till utsläppsminskningar inom andra sektorer istället för inom det internationella flyget. Källa Transportstyrelsen.

- Översiktligt analysera vilka åtgärder som skulle kunna vara lämpliga att genomföra för att främja utveckling och en övergång till en större användning av helt eller delvis eldrivna flygplan som en del i en kostnadseffektiv och samhällsekonomiskt motiverad minskning av flygets klimatpåverkan.
- Översiktligt analysera hur en användning av eldrivna flygplan skulle kunna påverka tillgängligheten inom Sverige och mellan Sverige och de närmaste grannländerna.

Denna rapport skrivs under pågående covid-19-pandemi och hur den kommer påverka utvecklingen på lång sikt är i högsta grad osäkert. Flygbranschen har drabbats hårt av pandemin och förmodligen kommer omstruktureringar till följd av covid-19-pandemin.

Trafikanalys har gjort en studie av hur den ekonomiska krisen 2008–2009 påverkade transportererna (Trafikanalys, 2019a). Studien indikerar att transporteffektiviteten förbättrades under åren efter krisen, men det går inte att fastslå att det var krisen i sig som var orsaken till detta, eller om orsaken snarare var en underliggande strukturomvandling.

En effekt på kort sikt är förmodligen att biljettpriserna i inrikestrafiken kommer att öka och resandet minska. Även för den interkontinentala trafiken väntas högre biljettpriser till följd av ökade kostnader, färre passagerare och minskad konkurrens medan europatrafiken är mer svårbedömd. Men krisen kan också innebära en öppning för positiva förändringar i form av en förnyring av flygplansflottan då äldre plan inte behöver användas på grund av minskad efterfrågan men också att introduktionen av alternativ framdrivning stimuleras (SvD, 2020). Stiger biljettpriserna i det traditionella flyget blir elflyget, som väntas få betydligt lägre driftskostnader, mer konkurrenskraftigt. Utvecklingstakten kan dock påverkas negativt genom att tillgången till kapital för företagen minskar då de fysiska mötena ersätts av virtuella (KPMG, 2020).

Att följa flygbranschen under och efter covid-19-pandemin samt analysera hur utvecklingen kan styras mot ett mer hållbart flygresande framstår som ett viktigt område för Trafikanalys de kommande åren.

1.1 Metod

Innehållet i denna rapport baseras på intervjuer vi gjort med olika aktörer inom luftfartssektorn, se förteckning bilaga 3, samt litteraturstudier. De samhällsekonomiska bedömningarna och tillgänglighetsanalyserna baseras på beräkningar som gjorts på Trafikanalys. Statistiken i kapitel 2 är interna bearbetningar av underlag från Transportstyrelsen.

Vi har under arbetet med detta uppdrag koordinerat våra insatser med Trafikverket som i sitt regleringsbrev för år 2020 har i uppdrag att analysera i vilken utsträckning användningen av bioflygbränsle samt elektrifiering av den upphandlade flygtrafiken kan bidra till att växthusgasutsläppen från transportsektorn i princip är noll senast 2045.

För att kvalitetssäkra rapporten har vi låtit externa aktörer ta del av och kommentera Trafikanalys preliminära slutsatser.

Avgränsningar

Enligt uppdraget ska kunskapsunderlaget avse eldrivna flygplan. Med flygplan avses farkoster som bärs upp av vingar och uppdraget är avgränsat till elflyg med fasta vingar, dvs. farkoster som i stor utsträckning till det yttre liknar det konventionella flyget. Vi redogör dock även kort

för andra typer av elektrifierade luftfarkoster, se vidare kapitel 4. Fokus i redovisningen ligger på persontransporter vilket är den marknad de olika elflygsprojekten är inriktade mot.

Med elflygplan avses här flygplan som helt eller delvis drivs av energi från batterier eller bränsleceller. Flygplan som drivs av elmotorer som uteslutande laddas av en eller flera turbinmotorer ingår inte.

Uppdraget syftar till att redovisa elflygets möjligheter att minska luftfartens klimatpåverkan. Andra framdrivningstekniker som kan introduceras för att minska utsläppen av klimatpåverkande ämnen ingår inte i uppdraget men i avsnitt 2.3 görs dock en översikt av dessa.

Vid beskrivningarna av hur de olika framdrivningsteknikerna påverkar klimatet har vi inte gjort några livscykelanalyser av klimatpåverkan från olika komponenter, till exempel batterier. Vi har vidare utgått från att den el som krävs för laddningen av batterier sker utan klimatpåverkan liksom även framställningen av vätgas till bränsleceller. I beräkningen av de samhälls-ekonomiska effekterna i kapitel 7 har vi använt oss av emissionsvärdet för nordisk elmix i beräkningen av klimatpåverkan.

Det är viktigt att framhålla att de uppgifter om räckvidd, passagerarkapacitet och kostnader som anges för de olika projekt som beskrivs i denna rapport baseras på företagens egen kommunikation och är inte verifierade av certifieringsmyndigheter eller liknande.

1.2 Läsanvisningar

I kapitel 2 *svenska flygmarknaden och klimatpåverkan* görs en beskrivning av hur den svenska flygmarknaden är organiserad, utbud och efterfrågan ser ut samt den klimatpåverkan som trafiken ger upphov till i syfte att kunna sätta den fortsatta redovisningen i ett sammanhang.

Kapitel 3 *Vad är elflyg?* har också syftet att ge en bakgrund inför den fortsatta läsningen och här görs en redovisning av nuläge men också en blick framåt avseende utveckling av batterier, bränsleceller och hybrider.

I kapitel 4 *Vad finns idag?* sker en redovisning av den del av uppdraget som avser vad som finns idag och vad som utvecklas avseende flygplan helt eller delvis drivna av batterier eller el från bränsleceller. I kapitlet behandlas också infrastruktur för dessa plans energiförsörjning. I kapitel 4 görs också en beskrivning av elektrifierade flygande farkoster som inte omfattas av uppdraget.

Kapitel 5 *Scenarier för elflyget* redovisar fyra scenarier för elflyget i enlighet med uppdragets andra strecksats. I kapitlet behandlas även hur tillgängligheten påverkas i dessa scenarier i enlighet med uppdragets sjätte strecksats. Näringslivets konkurrenskraft samvarierar med tillgängligheten och därför redovisas denna del från uppdragets fjärde strecksats i anslutning till scenarierna.

Enligt uppdragets tredje strecksats ska befintliga styrmedel inom EU och Norge, i syfte att stimulera en introduktion av elektrifierat flyg, redovisas och enligt den femte strecksatsen ska Trafikanalys översiktligt analysera lämpliga åtgärder för att främja utvecklingen mot en användning av helt eller delvis elektrifierade flygplan. Redovisningen av detta sker i kapitel 6 *Styrmedel*.

I kapitel 7 *Samhällsekonomiska- och andra ekonomiska effekter* redovisas analysen av samhälls- och företagsekonomiska effekter av elflyg enligt uppdragets fjärde strecksats samt effekterna på flygplatsstrukturen enligt uppdraget fjärde strecksats.

De slutsatser Trafikanalys har dragit under arbetet med denna redovisning summeras i kapitel 8.

I läsningen av de avsnitt i rapporten som analyserar framtida effekter är det viktigt att beakta att elflyget och framförallt den fullständiga elektrifieringen ligger på en relativt låg teknisk mognadsgrad (Svenskt flyg, 2018) varför de bedömningar som redovisas är osäkra. Denna osäkerhet har givetvis förstärkts av covid-19-pandemin.

2 Flygmarknaden och klimatpåverkan

Syftet med det här kapitlet är att sätta elflygets möjligheter i ett sammanhang. Beskrivningen görs ur flera perspektiv.

- Flygmarknadens regler. Här beskrivs kortfattat vad som krävs för att flyga kommersiellt.
- Utbud och efterfrågan. En beskrivning görs av vilka flygoperatörer som finns, flygplatserna samt utbud och efterfrågan på flygtrafik. Redovisningen sker nedbrutet på olika delmarknader. Utbud och efterfrågan kopplas också till olika flygplanstyper. Även transfer- och transitflygningar, flygningar med mellanlandningar beskrivs kort, liksom den statligt upphandlade trafiken.
- Klimatpåverkan. Motivet för föreliggande regeringsuppdrag är att få bättre kunskap om hur elflyg kan bidra till att nå de svenska klimatmålen. Därför behövs en redovisning av utsläppen av växthusgaser och eventuella höghöjds effekter.

2.1 Flygmarknadens regler

Tillstånd som krävs för att flyga kommersiellt

För att vara harmoniserade utformas regelverken inom luftfartsområdet i internationellt samarbete via ICAO.² ICAO utfärdar internationella standarder och rekommendationer som länderna följer. Luftfartsmyndigheterna i USA, Brasilien och Kanada brukar ha stort inflytande över regelgivningen, något som får påverkan även på europeisk nivå (Transportstyrelsen, 2020a). Majoriteten av regelverken i Sverige utformas däremot på europeisk nivå via den europeiska flygsäkerhetsmyndigheten, EASA (European Union Aviation Safety Agency).³ Vissa miljöfrågor hanteras däremot av ICAO. Transportstyrelsen ansvarar för att reglerna blir implementerade i Sverige.

Det kommer att finnas nya flygsäkerhetsrisker och andra risker⁴ med elflyg och det pågår flera internationella regelutvecklingsprojekt kring detta. EASA har certifierat⁵ det första elflygplanet, slovenska Pipistrel (EASA, 2020). Även om många befintliga regelverk är tillämpliga eller kan anpassas för elflyg är det ett tidskrävande arbete att ta fram nya branschstandarder för certifiering. Ett problem för regelutvecklingen är att få fram personal med den nya kompetens

² FN:s flygorganisation, www.icao.int/Pages/default.aspx.

³ www.easa.europa.eu/. För mer om EASA:s roll i regelgivningen, se även www.transportstyrelsen.se/sv/Regler/Regler-for-luftfart/eu-regler/EASA1/

⁴ T.ex. finns kemikalierisker i samband med brand. Införandet av elflyg kommer att innebära att räddningstjänsten måste ställa nya krav på släckmedel och angreppsmetodik. Experimentella studier utförda vid FOI har visat att vid brand i litium-jonbatterier bildas toxiska gaser som genomträngde skyddsdräktsmaterialet och att dessa även trängde genom huden. För mer info www.foi.se/forskning/vapen-skydd-och-sakerhet/batterier.html.

⁵ Certifiering innebär att planen är godkända för serietillverkning. Källa: EASA.

som krävs. EASA har utsett den norska statsägda flygplatsoperatören Avinor som samarbetspartner för att ta fram standard för certifiering av elflyg (regjeringen.no, 2019).

Det är en omfattande process, som också kräver en omfattande dokumentation, innan det är möjligt att överhuvudtaget starta upp en flygverksamhet. För att starta flygbolag med kommersiell trafik krävs idag ett flertal tillstånd hos Transportstyrelsen.⁶ Tillstånden kan delas in i tillstånd för flygplatser, flygbolag, luftfartyg och tillstånd kopplat till själva flygningen inklusive bemanningsregler. Reglerna kan vara olika beroende på flygningens längd, storlek på flygplan, räckvidd och reservkapacitet för bränsle.

Tillstånd för flygplatser

Det finns idag inga särskilda regler för laddning och uppställning av flygplan. Det är heller inga nya regelverk på gång. Det är istället upp till flygplatsoperatörerna att avgöra inom befintliga regelverk. Det kan finnas risker med batterier och laddning som behöver hanteras. Frågan bör då för att säkerställa internationell harmonisering hanteras av EASA.

För att få igång trafik på en flygplats finns regelverk på olika nivåer. Den första nivån är att inrätta en flygplats för allmänt bruk. Det innebär att flygplatsen är öppen för allmän trafik där bland annat kommersiell linjetrafik ingår.

Godkänd flygplats är nästa nivå och med godkänd avses en flygplats som godkänts för kommersiell trafik (civil luftfart) enligt Transportstyrelsens föreskrift och allmänna råd om godkännande av flygplats (TSFS 2019:18) eller Europeiska kommissionens förordning (EU) 139/2014 om krav och administrativa rutiner för flygplatser. För att driva kommersiell luftfart ska det vara en adekvat flygplats för transport av människor och gods. Det innebär att det ska finnas vissa faciliteter, räddningstjänst samt flygtrafiktjänst. En godkänd flygplats är oftast men inte alltid en instrumentflygplats. En instrumentflygplats har instrumenteringshjälpmedel för piloterna vid navigering i väder med nedsatt sikt (flygtrafikledning). Om flygplatsen inte är en instrumentflygplats får den användas för kommersiell trafik, men bara om vädret tillåter. Det innebär alltså en ganska stor kostnad för att starta nya flygplatser för kommersiell trafik. Dessutom krävs anslutande infrastruktur till flygplatsen.

Inrättande och drift av svenska flygplatser ska prövas av Transportstyrelsen. Föreskrifter finns inom 13 olika områden.⁷

När en flygplats infrastruktur ändras så att det påverkar flygplatsens certifikat/certifieringsgrund (CB) krävs ett förhandsgodkännande från Transportstyrelsen.

Reglerna för säkerhetskontroller vid flygplatser beror på flygplanets tyngd. För flygplan som har en maximal startvikt som är mindre än 10 ton fordras ingen säkerhetskontroll, för de tyngre planen krävs säkerhetskontroller.

Tillstånd för flygbolag

De tillstånd som krävs för flygbolag att bedriva kommersiell trafik kan delas upp på drift- och trafikillstånd, tillstånd för luftvärdighetsorganisation, operativ licens för kommersiell luftfartstrafik inom EU samt säkerhetsgodkännande. Någon direkt koppling till elflyg har vi inte identifierat för något av dessa tillstånd.

Drift- och trafikillstånd

Om flygbolaget ska transportera passagerare och/eller gods med flygplan eller helikopter krävs först ett driftillstånd, AOC (Air Operator Certificate) i enlighet med Europeiska

⁶ www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Flygbolag/Starta-flygbolag/

⁷ www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygplatser-flygtrafiktjanst-och-luftrum/Svenska-flygplatser1/Foreskrifter-for-flygplatser/

kommissionens förordning (EU) Nr 965/2012 om tekniska krav och administrativa förfaranden i samband med flygdrift (vanligen benämnd EASA-OPS). Tillståndet innebär ett flygsäkerhetsmässigt godkännande och i Sverige utfärdas det av Transportstyrelsen.

Sedan kan det behövas olika trafik tillstånd som ger flygoperatören tillträde till en viss flyglinje eller marknad. Transportstyrelsen utfärdar trafik tillstånd enligt de egna föreskrifterna (TSFS 2017:70) om trafik tillstånd och utövande av trafik rättigheter.

Tillstånd för luftvärdighetsorganisation

Flygbolaget behöver också ansöka om godkännande av organisation och personal som arbetar med luftvärdighet för luftfartyg och luftfartygsprodukter i enlighet med Europeiska kommissionens förordning (EU) nr 1321/2014. Vidare att de lever upp till tekniska krav och administrativa förfaranden i samband med flygdrift enligt Europeiska kommissionens förordning (EU) 965/2012.

Operativ licens för kommersiell luftfartstrafik inom EU

I samband med att flygbolaget söker drift tillstånd behöver det även ansöka om operativ licens i enlighet med Europaparlamentets och Rådets förordning (EG) nr 1008/2008, med rätt att bedriva och ta betalt för flygtrafik inom EU. För att få ett sådant tillstånd behöver flygbolaget uppfylla vissa finansiella villkor samt försäkringsvillkor och i övrigt ha ett gott anseende. Det finns två kategorier av tillstånd.

Kategori A omfattar flygföretag med luftfartyg med en högsta startvikt på 10 ton eller mer och/eller har 20 säten eller fler. Kategori B, omfattar flygföretag med luftfartyg med en högsta startvikt som är mindre än 10 ton och/eller har färre än 20 säten. Kategori B innebär lägre finansiella krav, till exempel behöver företaget inte lämna en verksamhetsplan men det krävs ett nettokapital på minst 100 000 EUR.

Säkerhetsgodkännande

Krav på säkerhetsgodkännande regleras i Transportstyrelsens föreskrifter (TSFS 2016:1) och krav bilden bygger på förordning (EG) Nr 300/2008 och förordning (EU) 2015/1998.

Säkerhetsgodkännande handlar om de åtgärder som syftar till att förhindra kriminella och olagliga handlingar riktade mot flyget.

Godkännande av luftfartyg

De flygplan som ska användas i flygbolaget, ska vara godkända av EASA. Vilken standard ett flygplan certifieras efter avgörs av planets maximala startvikt och dess passagerarantal. Plan med en maximal startvikt upp till 8 618 kilo och 19 passagerare certifieras enligt certifieringsstandard 23 (CS23) och större plan enligt standard CS25. Bägge har liknande struktur men CS25 har fler certifieringskrav och granskas mer noggrant (Reimers, J O., 2018)

Det finns ännu inte särskilt formulerade krav för elflygplan. Certifieringen av elflygplan utgår från befintliga krav för konventionella flygplan enligt CS23 eller CS25 men tar även hänsyn till annan framdrift och tilläggskrav för elsystem. Brandsäkerhet är en annan viktig aspekt. Det finns en stor efterfrågan på nya kriterier för certifiering och det pågår regelutveckling för lättare elflyg, till exempel med upp till 19 flygstolar. Regelutvecklingen omfattar även anpassningar av befintliga flygplan till eldrift. Det är dock inget konstigt att regler ännu inte finns. Regelutveckling är en naturlig del av certifiering av flygplan och det har tidigare skett för andra typer av tekniker. Att certifiera flygplan är dock en process som tar lång tid. Till exempel så tog det 5 till 6 år att certifiera SAAB 2000.

Vissa krav på avionik, dvs. flygelektronik, tillkommer i takt med att planen ökar i storlek och i takt med att tekniken blir billigare kommer kraven att läggas även på mindre flygplan.

Tillstånd för flygningen

De krav som gäller för den flygande besättningens certifikat och behörigheter finns i Europeiska kommissionens förordning (EU) nr 1178/2011 om tekniska krav och administrativa förfaranden avseende flygbesättningar. Initial säkerhetsutbildning och utfärdande av behörigheter för kabinbesättning regleras genom samma förordning.

Det finns krav på grundläggande flygcertifiering för flygande personal samt för att få vara befälhavare ombord. För transport av passagerare eller gods krävs i dagsläget två piloter. Vid mer än 19 säten krävs minst en (1) kabinpersonal, sedan krävs det ytterligare cirka en (1) ombordpersonal per 50 stolar.

Det finns inga särskilda regler för elflyg men det kommer att införas. Piloterna idag är utbildade för att hantera fossila bränslen, vilket innebär att hantering av laddnivåer på batterier och dylikt är ett helt nytt område.

Kostnader för tillstånd

Transportstyrelsen anger att den ungefärliga kostnaden som myndigheten debiterar för att ta emot och behandla en ansökan för att starta svenskt flygbolag uppgår till 200 000 till 300 000 SEK beroende på komplexitet, men också mycket beroende på hur komplett ansökan är och på hur väl manualer och dokumentation är framtagna. Om det är luftfartyg som ska importeras och ska in på svenskt register, tillkommer en avgift för detta.

Processen omfattar ett informationsmöte och ett uppstartsmöte. Mer om processen finns på Transportstyrelsens webbplats.⁸

Efter att tillstånd meddelats debiteras en årsavgift som bestäms av hur tunga luftfartygen är. Nedan beskrivs ett exempel för ett flygbolag med kommersiell trafik där tyngsta luftfartyget uppgår till 30 ton.

- Årsavgift för Operativt drifttillstånd 488 700 SEK.
- Årsavgift för Luftvärdighetsorganisation 206 100 SEK.
- Årsavgift för Operativ licens 37 000 SEK (högst 3 luftfartyg i tillståndet).

De årsavgifter för godkända flygplatser som Transportstyrelsen tar ut för att täcka sina kostnader för att reglera och kontrollera verksamheten debiteras utifrån storleken på flygplatsen och utifrån om flygplatsen har eller kommer att ha linje- eller chartertrafik (Transportstyrelsen, 2020b).

2.2 Det kommersiella flyget i Sverige

Flygoperatörer inom olika segment och deras marknadsandelar

Flygmarknaden har som bekant påverkats mycket påtagligt av den pågående pandemin. Att beskriva marknadens struktur och egenskaper med utgångspunkt från nuläget, oktober 2020, vore inte relevant. Istället blickar vi tillbaka och beskriver marknaden före mars 2020. Samtidigt som vi inte tror att marknaden i alla delar kommer att återgå till den tidigare situationen, ser vi det ändå som en mer relevant utgångspunkt för föreliggande analys.

⁸ <https://transportstyrelsen.se/sv/luftfart/flygbolag/>

Det svenska inrikesflyget kännetecknas av stordriftsfördelar med ett fåtal stora flygoperatörer med i huvudsak linjefart⁹ som transporterar majoriteten av resenärerna. SAS hade fjärde kvartalet 2019 en marknadsandel på 49 procent, BRA (Braathens regional airlines)¹⁰ 30 procent och Norwegian 19 procent (Transportstyrelsen, 2020c). Sedan finns det ett antal mindre och mer specialiserade bolag. Noterbart är att de mindre flygbolagen är stora inom taxifyg och övriga flygningar med mindre passagerarflygplan. Totalt bedrev 142 flygbolag inrikes flygtrafik 2019, varav 84 hade någon form av passagerartrafik. Resterande var renodlade flygbolag inom post och frakt, de allra flesta bolagen var små med obetydliga marknadsandelar eller volymer (Transportstyrelsen, 2020c).

I utrikestrafik är marknadskoncentrationen mindre. Det fanns under 2019 totalt 383 flygbolag som bedrev utrikestrafik, varav 283 hade någon form av passagerartrafik. Även inom utrikestrafiken finns ett fåtal flygbolag med betydande marknadsandelar. Tre bolag hade fjärde kvartalet 2019 tillsammans en marknadsandel på 50 procent, SAS hade 24 procent, Norwegian 18 procent och Ryanair 8 procent. Liksom i inrikestrafik finns även här ett stort antal mindre flygbolag, vissa specialiserade inom charter, taxi m.m. (Transportstyrelsen, 2020c).

Sveriges flygplatser

I detta avsnitt beskrivs Sveriges flygplatser, kommersiella och övriga flygplatser, som skulle kunna ta emot elflyg.

I Sverige fanns uppskattningsvis 248 flygplatser i slutet av 2019. Av dessa flygplatser är det 39 flygplatser som idag bedriver någon form av kommersiell trafik: linjefart,- charter,- eller taxifyg (Trafikanalys, 2020a). Vi kan kalla dessa för svenska trafikflygplatser. Alla dessa flygplatser är godkända av Transportstyrelsen och är instrumentflygplatser med trafikledning. De har till exempel belagda landningsbanor, belysning och teknisk utrustning för att bedriva kommersiell trafik.

Flygplatserna kan delas in efter typ av ägande. Av de 39 trafikflygplatserna är 10 statliga och ägs och drivs av Swedavia. Övriga flygplatser ägs av kommuner eller regioner med undantag för Skavsta, Ängelholm¹¹, Hemavan och den i december 2019 nyetablerade Sälens flygplats¹², som helt eller delvis ägs och drivs av privata aktörer. År 2005 fanns det 42 flygplatser, varav 18 drevs i statlig regi. Det innebär att det alltså fanns totalt tre fler flygplatser än idag och åtta fler flygplatser i statlig regi.

De 10 statliga flygplatserna hanterade 89 procent av de inrikes passagerarna (men 78 procent av flygningarna) och 90 procent av de utrikes passagerarna 2019 (Trafikanalys, 2020a). På tio i topp-listan, mätt i totalt antal passagerare, fanns år 2019 enbart två icke-statliga flygplatser. Detta genom Skavsta (privat majoritetsägande) och Ängelholm som då var privat men som under hösten 2020 övergick till kommunal regi. Koncentrationen av inrikestrafik till de statliga flygplatserna har ökat något under år 2019 jämfört med år 2018, från 79 till 80 procent av hanterade passagerare.

De mindre icke-statliga flygplatserna har stor betydelse för den regionala och kommunala tillgängligheten. Flygplatserna är också beroende av varandra eftersom de mindre flygplatserna har matartrafik till och från de större flygplatserna där byten görs till och från andra flygningar, inte minst för att möjliggöra utlandsresor.

⁹ Transport av passagerare, frakt och post enligt på förhand överenskommen tidtabell.

¹⁰ Från 1 april 2020 begärdes BRA tillfälligt under rekonstruktion med pausad trafik som följd, www.flygbra.se/.

¹¹ Från och med 1 september 2020 drivs Ängelholm i kommunal regi istället för av PEAB, <https://flyg24nyheter.com/2020/09/01/idag-tar-sju-kommuner-over-angelholm-helsingborg-airport/>.

¹² <https://scandinavianmountains.se/>

De statliga flygplatsernas dominans minskar något om omfattningen av verksamheten mäts i antal flygrörelser. De statliga flygplatserna har en större andel utrikes passagerare med i genomsnitt större flygplan medan de kommunala/privata flygplatserna i huvudsak tar emot mindre flygplan i inrikes trafik, med en större andel taxiflyg.

Tabell 2.1. Marknadsandelar per flygplatstyp (ägare) 2019.

<i>Ägare</i>	<i>Andel utrikes passagerare</i>	<i>Andel inrikes passagerare</i>	<i>Andel utrikes flygrörelser</i>	<i>Andel inrikes flygrörelser</i>
Kommunal	3%	8%	4%	18%
Privat	0%	3%	0%	3%
Privat/ Kommunal	7%	0%	5%	1%
Statlig	90%	89%	90%	78%
Antal	30 953 016	13 949 818	245 899	271 597

Källa: Trafikanalys, 2020a och egen bearbetning. Anm. De kommunala flygplatserna inkluderar även landstingskommunala. Inrikes inkluderar här på flygplatsnivå både avgående och ankommande passagerare.

Utöver de 39 trafikflygplatserna 2019 finns det ytterligare 209 flygplatser i Sverige. Det råder viss osäkerhet om vilka dessa flygplatser är och trafikuppgifter saknas. Det är inte självklart hur en flygplats ska definieras. Sannolikt ingår här även mindre flygfält samt helikopterflygplatser. Många av dessa flygplatser ägs och drivs av privata flygklubbar eller av kommuner samt i vissa fall av Försvarmakten.

Transportstyrelsen har en lista som innehåller 101 övriga flygplatser (exklusive helikopterflygplatser). Majoriteten av dessa (92) är inte godkända av Transportstyrelsen för civil luftfart¹³ och endast sex är enligt våra uppgifter godkända instrumentflygplatser, något som krävs för att få bedriva kommersiell trafik. Det innebär att det finns tre godkända flygplatser som inte har några instrumentflygningshjälpmedel och enbart kan användas vid väder med bra sikt.

Av de 101 övriga flygplatserna är 65 privata, främst drivna av flygklubbar, 28 är kommunala och 8 är militära. 39 av de 101 övriga flygplatserna hade minst en bana med belysning, 49 flygplatser hade minst en bana med asfalts- eller betongbeläggning.

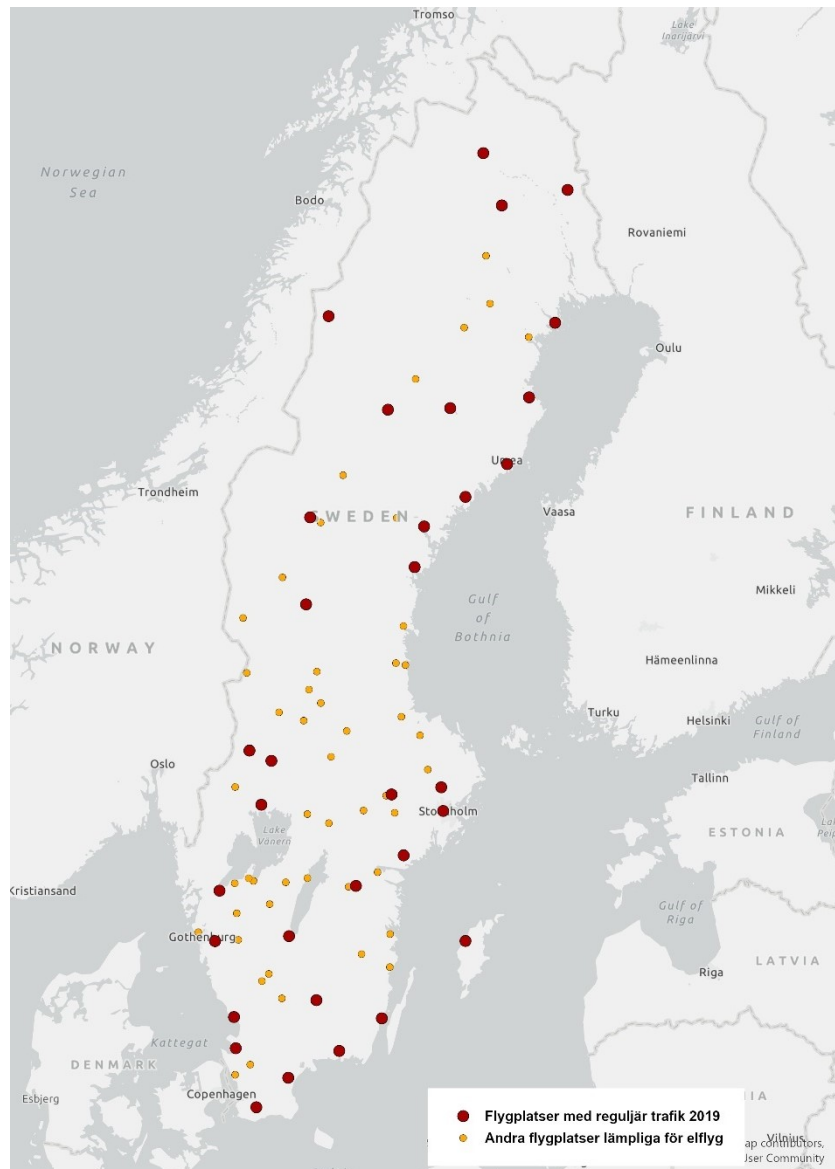
Av de övriga flygplatserna utan kommersiell trafik finns det ett antal som potentiellt skulle kunna ta emot elflyg, användas som nödflygplatser eller för mellanlandningar. Dessa flygplatser skulle då erbjuda ett komplement till dagens linjenät.

För att i framtiden kunna ta emot elflyg har vi antagit att flygplatsen som grundkrav åtminstone har minst en belagd landningsbana med minst 800 meters längd (Reimers, J O, 2018). Utifrån vår information är det 83 flygplatser som uppfyller de kraven på landningsbanor, inklusive de befintliga 39 trafikflygplatserna. Alltså tillkommer 44 potentiella flygplatser utöver de flygplatser som redan idag tar emot kommersiell trafik. Eftersom de tillkommande flygplatserna i regel saknar flygledning och andra faciliteter för att bedriva kommersiell trafik samt

¹³ Godkänd enskild flygplats, allmän flygplats eller militär flygplats som upplåtits för civil luftfart och där flygtrafikledningen utövas av personal som är godkänd för sådan ledning. Utöver de godkända flygplatserna finns det i Sverige många mindre flygplatser som används av flygklubbar eller av enskilda personer. Sådana flygplatser behöver inte vara godkända av Transportstyrelsen men de ska ändå uppfylla vissa krav enligt regelverket.

laddningsmöjligheter, skulle det däremot krävas en initial investering för att kunna utnyttja dessa flygplatser.

Nedanstående figur beskriver de svenska flygplatserna, dels de befintliga trafikflygplatserna, dels de som har identifierats vara möjliga för elflyg. Mer detaljerad information kring flygplatserna återfinns i Bilaga 4.



Figur 2.1. Potentiella flygplatser för elflyg.
Källa: Egen bearbetning av data från Transportstyrelsen.

Ekonomiska förutsättningar för trafik och flygplatser

Flygtrafik och drift av flygplatser är förknippade med olika kostnader. En stor del av kostnaderna för trafiken utgörs idag av bränslen (cirka 20–30 %) och personal (cirka 20 %) samt även kostnader för investeringar och underhåll av flygplansflottan (cirka 20 %) samt olika typer av flygplats- och andra trafikeringsavgifter (cirka 20 %).¹⁴ Andelarna för olika

¹⁴ Ungefärliga andelar baserade på senaste årsredovisningarna från SAS och Norwegian.

utgiftsposter varierar mellan flygbolagen, till exempel mellan lågkostnadsbolag och nätverksoperatörer (Luffartsstyrelsen, 2008).

I vissa fall saknas möjligheter att bedriva flygverksamhet på kommersiella grunder, med tillräckliga intäkter från passagerare samt frakt och post. Det gäller särskilt de mindre regionala och icke statliga flygplatserna och trafikeringen till och från dessa flygplatser. De regionala flygplatserna är därför i regel mer beroende av olika former av ekonomiskt stöd. Det finns statligt stöd för att bedriva flygtrafik i form av de upphandlingar Trafikverket gör för att säkerställa en grundläggande tillgänglighet.

De icke statliga flygplatserna kan också få statligt och kommunalt stöd för flygplatsdriften. Det årliga statliga driftbidraget till icke statliga flygplatser har under lång tid uppgått till drygt 100 miljoner kronor. 2019 ökades dock driftbidraget med 50 miljoner som bland annat skulle kompensera för förluster för icke statliga flygplatser i Norrland till följd av att flygskatt infördes. Det bör i sammanhanget påpekas att även inom Swedavia-koncernen sker en kors-subventionering där lönsamma flygplatser bidrar till de olönsamma (Trafikanalys, 2019b).

Statens kostnader för den upphandlade trafiken har pendlat runt 90 miljoner kronor per år sedan 2010, med undantag av det senaste året då kostnaderna sköt i höjden som en följd av efterdyningarna av flygbolagets Nextjets konkurs. Nextjet trafikerade fem linjer som Trafikverket upphandlat.

De kommunala bidragen till flygplatserna ligger omkring 240 miljoner kronor på årsbasis (Trafikanalys, 2019b). Covid-19-pandemin har i princip ändrat spelplanen för flygmarknaden. Enbart Swedavia räknar med ett intäktsbortfall på 500 miljoner SEK per månad. De regionala flygplatserna beräknar hittills att kostnaden för covid-19-pandemin totalt uppgått till omkring 350 miljoner SEK. Dessutom talar mycket för att kostnaderna för att upphandla och för driftsbidrag kommer att öka i framtiden. Det finns en tydlig trend med minskat befolkningsantal och en åldrande befolkning i flera av de regionala flygplatsernas upptagningsområde.

Förbättrad teknik för distansmöten bidrar tillsammans med klimatdebatten till ökad användning av distansmöten, vilket minskar tjänsteresandet ytterligare. Allt detta sammantaget riskerar att minska passagerarunderlaget och därmed intäkterna för flygplatserna. Ökad användning av flygtrafikledning på distans och på sikt även automatiserade tjänster i form av exempelvis snöröjning kan dock komma att sänka driftskostnaderna till gagn för flygplatsernas ekonomi (Trafikanalys, 2019b).

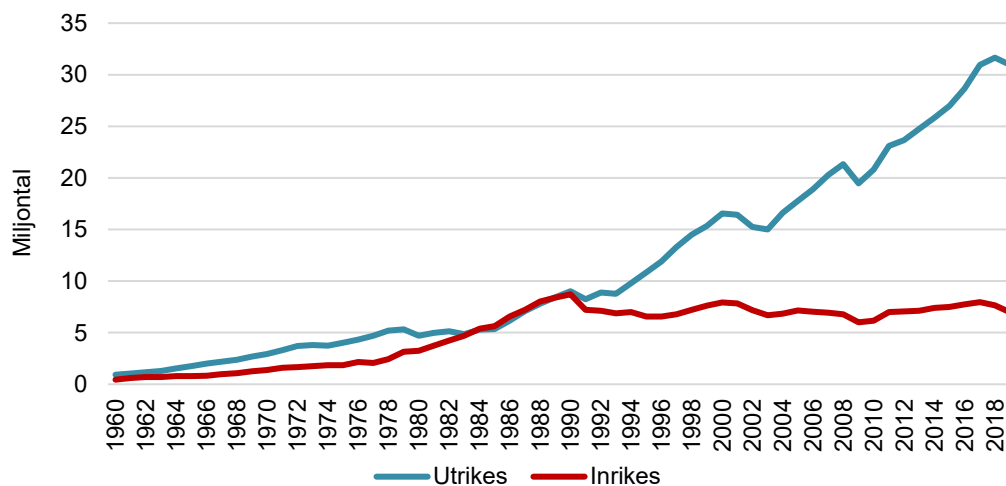
Det är utrikesflyget som stått för den stora passagerartillväxten sedan början av 1990-talet med ett fåtal hack i kurvan i anslutning till dramatiska händelser som exempelvis terror-attacken 11 september 2001 och finanskrisen 2008. Den starka utvecklingen beror i stor utsträckning på den prispress som orsakats av avreglering och lågprisflygets framväxt. Inrikesflyget har haft en mer stabil och svagare utveckling över tid, framför allt sedan början på 1990-talet. Flygbolagen konkurrerar inte bara med varandra utan även med landbaserade transporter. En av förklaringarna till inrikesflygets stagnation är konkurrensen från alternativa transportmöjligheter i form av förbättrade vägar och den successiva introduktionen av X2000. Även konkurrens från utländska destinationer och en koncentration av Sveriges befolkning till de större städerna kan spela in.

När det gäller svenskars resvanor med flyg minskar tjänsteresorna både andels- och antalsmässigt.¹⁵ Här skiljer sig inte resor inom Sverige respektive utomlands åt. Andelen

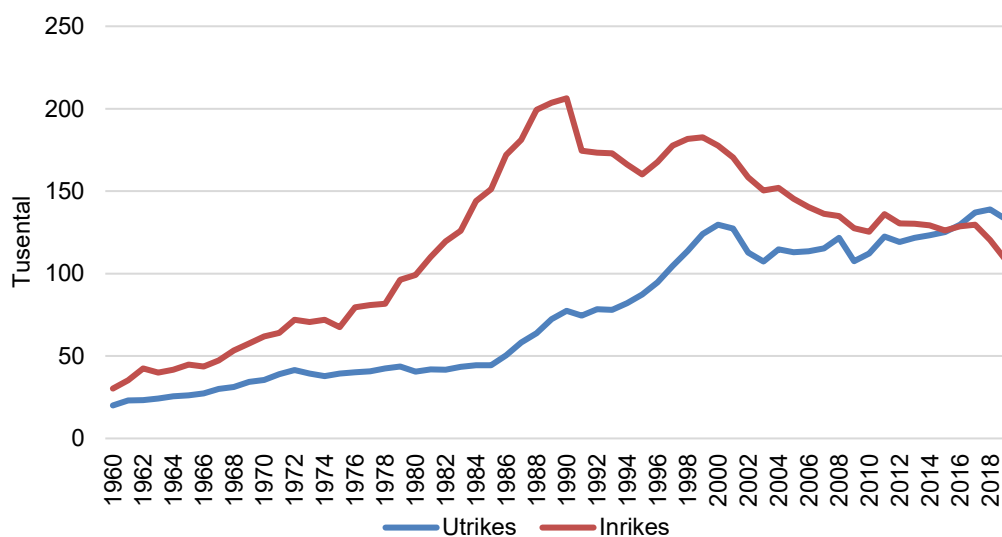
¹⁵ Numera uppgår tjänsteresorna till mindre än hälften av alla svenskars flygresor.

tjänsteresor är dock högre än riksgenomsnittet på de upphandlade flyglinjerna. Den stora tillväxten inom flyget har istället utgjorts av semesterresor utomlands (Trafikanalys, 2019b).

2018 bröts den lilla men stadiga tillväxten inom inrikesflyget som pågått alltsedan 2009. Även utrikesflyget har minskat sin tillväxt 2018 och 2019, troliga förklaringar är en avmattning i konjunkturen kombinerat med flygskatt samt "flygskam" och därmed förändrade resebeteenden. 2019 reste knappt 31 miljoner passagerare utrikes och knappt 7 miljoner i inrikes trafik på svenska flygplatser. Noterbart är också att i utrikes trafik har andelen passagerare med charterflyg minskat mellan åren 2005 och 2019, från 19 till 11 procent (Trafikanalys, 2020a).



Figur 2.2. Antal passagerare i linje- eller chartertrafik (miljoner).¹⁶
Källa: Trafikanalys 2020a.



Figur 2.3. Antal landningar i linjefart och chartertrafik (tusental).
Källa: Trafikanalys, 2020a.

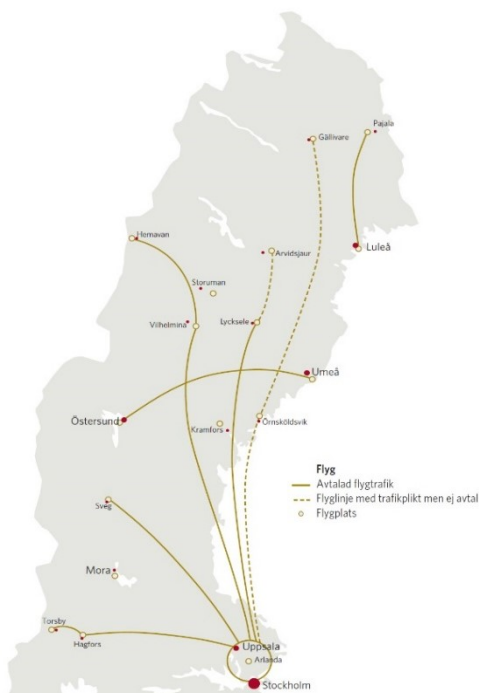
¹⁶ Antal ankommande och avresande passagerare i utrikes trafik samt antal avresande passagerare i inrikes trafik.

Utvecklingen i antal landningar visar ett annat mönster jämfört med utvecklingen i antal passagerare. Inom inrikestrafiken är trenden att antalet landningar har sjunkit alltsedan 1990-talets början. Antalet landningar ökar däremot inom utrikestrafiken, men inte i samma takt som passagerarökningen. Ett undantag är år 2019 då antalet utrikes passagerare minskade. Det tyder på att det över en längre tid skett en effektivisering med större flygplan alternativt att kabinfaktorerna (belägningsgrad) blivit högre eller en kombination av bägge dessa faktorer. Denna utveckling är starkast inom utrikesflyget.

Upphandlad trafik

En viss del av marknaden, där det är samhällsekonomiskt motiverat, upprätthålls med stöd av subventioner. Trafikverket upphandlar trafik på alla flyglinjer med allmän trafikplikt. Transportpolitiskt motiverad interregional kollektivtrafik, inklusive flygtrafik, ska ge ett basutbud för grundläggande tillgänglighet. Upphandlingen sker enligt EU:s lufttrafikförordning och omfattar tre linjer med direkttrafik och fyra linjer med mellanlandningar (Trafikverket, 2018).

1. Pajala–Luleå
2. Östersund–Umeå
3. Sveg–Stockholm/Arlanda
4. Gällivare–Arvidsjaur–Stockholm/Arlanda
5. Hemavan–Kramfors–Stockholm/Arlanda
6. Vilhelmina–Lycksele–Stockholm/Arlanda
7. Torsby–Hagfors–Stockholm/Arlanda



Figur 2.4. Upphandlad trafik i Sverige.
Källa: Trafikverket.

Trafikverket har haft i uppdrag av regeringen att upphandla ytterligare regelbunden trafik till sju norrländska orter och Visby, med anledning av den kraftigt reducerade eller upphörda flygtrafiken till följd av covid-19-pandemin (Trafikverket, 2020a). Regeringen har beslutat att förlänga den temporära allmänna trafikplikten fram till och med den 31 december 2020 (Flyg24, 2020a).

Utbud och efterfrågan på flygtrafik

Om dataunderlaget

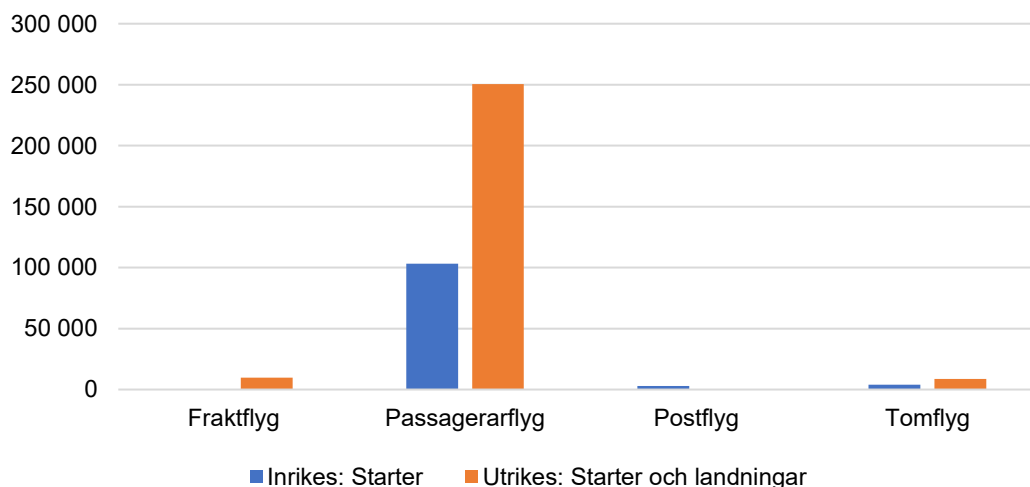
Nedan beskrivs linjeutbud; antal flygrörelser, flygstolar samt antal passagerare per flygsegment och för olika flygplansmodeller i olika storleksklasser.

Ett detaljerat dataunderlag har hämtats från Transportstyrelsens "flygrörelseregister" och avser förhållanden under 2019 med uppgifter om antal flygrutter, flygrörelser, flygstolar och passagerare mm. för olika typer av flygningar (Charter, Linjefart, Taxiflyg m.m.), flygplan (passagerarflyg, fraktflyg, postflyg och tomflyg) och flygplansmodeller. Det förekommer visst variabelbortfall, men bedömningen är att det är hanterbart för de variabler som studeras. Databasen innehåller data insamlade från svenska flygplatser med kommersiell trafik. Dessa uppgifter används också som underlag för Sveriges officiella statistik och rapporteringen till EU. Uppgifterna om passagerarna är inte könsuppdelade. Privatflygets trafik saknar vi uppgifter om.

I marknadsbeskrivningen nedan har vi valt att fokusera på utbud och efterfrågan på passagerarflyg och inte frakt, post och övrigt flyg. Marknadsbeskrivningen är också fokuserad på inrikesflyget eftersom vi bedömer att det är där den stora potentialen finns för elflyg under överskådlig tid. Flygfrakt och post utgör dessutom relativt små volymer, och används i huvudsak på längre avstånd utrikes. En större del av flygfrakten inrikes går i vanliga passagerarflygplan. Observera att ett framtida elflyg kan få ett annat linjeutbud, kommersiellt eller subventionerat av samhället, än vad som är tillgängligt i dagsläget. Den rådande pandemin gör också beskrivningen av nuläget mycket osäker.

Svenskt inrikes och utrikes flyg

Flygplanen kan delas in i passagerarflyg, fraktflyg, postflyg och tomflyg. Som vi ser i Figur 2.5 dominerar passagerarplanen mätt i andel flygrörelser, såväl inrikes (84 %) som utrikes (92 %).



Figur 2.5. Antal starter i inrikes trafik, antal starter och landningar i utrikestrafik fördelat på typ av flygplan 2019.

Källa: Egen bearbetning av Transportstyrelsen 2020b.

Under 2019 genomfördes nästan 123 000 enskilda flygningar inom inrikesflyget, varav 103 000 med passagerarflyg fördelat på knappt 440 flygrutter.¹⁷ Antalet passagerare i inrikes trafik uppgick till nästan 7 miljoner och antalet erbjudna flygstolar till 11,4 miljoner.

Utrikes trafik erbjöd 251 000 avgångar och ankomster för passagerare. Antalet passagerare i utrikes trafik uppgick till nästan 31 miljoner och antalet erbjudna flygstolar till 41,3 miljoner. Inrikesflyget hade i genomsnitt en lägre kabinfaktor¹⁸ i passagerarplanen jämfört med utrikesflyget.

Ovanligt med mellanlandningar

Huvuddelen av trafiken sker med direktflygningar och inte med flygningar där flygplan mellanlandar för att släppa av och på passagerare. Mellanlandningar vid start eller landning vid svenska trafikflygplatser i linje- och chartertrafik är idag relativt ovanligt. Nästan samtliga mellanlandningar skedde i linjetrafik. I den upphandlade trafiken förekommer det mellanlandningar, när trafiken går i så kallade slingor (se nedan). Uppgifterna om passagerarflygningar med mellanlandningar är dock bristfälliga och innehåller ett mörkertal.

Uppskattningsvis 16 svenska flygplatser användes för mellanlandningar i inrikes trafik med drygt 31 000 passagerare ombord som flögs av 8 olika flygbolag. De flesta flygplanen som mellanlandade hade 50–99 flygstolar (74 %) eller 150–199 flygstolar (18 %). I utrikestrafik är det ännu ovanligare med mellanlandning på en svensk flygplats. Totalt tio svenska flygplatser användes för mellanlandning med runt 12 500 passagerare ombord som flögs av elva olika flygbolag. De flesta flygplanen har 50–99 flygstolar (81 %) följt av 150–199 flygstolar (14 %).

Svenskt inrikesflyg uppdelat på linje-, charter och taxiflyg

Linjefart, dvs. regelbunden luftfart enligt tidtabell, dominerar inrikes passagerarflyg med 101 000 eller 98 procent av samtliga avgångar fördelat på 170 flygrutter med drygt 6,9 miljoner passagerare. Som komplement till den reguljära trafiken finns charter- och taxiflyg, för affärsresande och andra målgrupper med särskilda krav på tillgänglighet. Taxiflyg¹⁹ och charter²⁰ är närbesläktade, båda erbjuder icke regelbunden lufttransport mot betalning.

Skillnaden är att taxiflygen begränsas till befordran av högst tio passagerare, medan charterflygen ska vara typgodkända för fler 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 (Johansson, M., 2018). Charterflyget erbjöd drygt 800 avgångar fördelat på 193 flygrutter med knappt 26 000 passagerare, taxiflyget knappt 900 avgångar fördelat på 229 rutter med drygt 2 000 passagerare.

¹⁷ Med flygrutt menas här alla kombinationer av flygplatser som det sker någon form av passagerarflygning mellan. Det kan vara enstaka flygningar och inte bara regelbunden trafik.

¹⁸ Mätt som antal passagerare i förhållande till erbjudna flygstolar.

¹⁹ Yrkesmässig, icke regelbunden luftfart för transport av passagerare med luftfartyg som är typgodkänt för befordran av högst tio passagerare, eller av frakt och post med luftfartyg vars högsta tillåtna startmassa inte överstiger 5,7 ton.

²⁰ Yrkesmässig, icke regelbunden luftfart för transport av passagerare med luftfartyg som är typgodkänt för befordran av mer än tio passagerare, eller av frakt och post med luftfartyg vars högsta tillåtna startmassa överstiger 5,7 ton.

Tabell 2.2. Antal avgångar, passagerare och säten för inrikes linje-charter och taxiflyg 2019.

	<i>Antal avgångar</i>	<i>Antal passagerare</i>	<i>Antal säten</i>
Charter	835	25 839	84 955
Linjefart	101 375	6 948 303	11 333 299
Taxiflyg	887	2 046	7 292
Summa	103 097	6 976 188	11 425 546

Källa: Egen bearbetning av Transportstyrelsen 2020b.

Vanliga flygplansmodeller för passagerare

Flygplanen är naturligt nog mindre i inrikes trafik, i genomsnitt hade passagerarplanen 111 flygstolar och 68 passagerare. Utrikesflyget hade som jämförelse i genomsnitt 165 flygstolar och 124 passagerare. Inrikes är flygplanen mindre i chartertrafik än i linjefart. Det omvända gäller i utrikestrafiken. Taxiflygen är per definition²¹ alltid minst.

De vanligaste flygplansmodellerna i inrikes trafik är större än de modeller som inledningsvis bedöms kunna ersättas av elflyget. I tabellen nedan redovisas de 10 vanligaste flygplansmodellerna mätt i antal flygningar. Dessa 10 modeller svarar för sammanlagt 90 procent av flygningarna och transporterar 96 procent av antal passagerare.

Tabell 2.3. De vanligaste flygplansmodellerna i inrikes passagerartrafik 2019.

Flygplan	<i>Antal säten</i>	<i>Antal flygningar</i>	<i>Andel flygningar (%)</i>	<i>Antal passagerare</i>	<i>Andel passagerare</i>
ATR ATR-72-212A (600)	50–99	25 037	24%	1 144 544	16%
BOEING 737–800	150–199	13 760	13%	1 650 417	24%
FOKKER Maritime Enforcer	50–99	9 507	9%	204 685	3%
AI(R) Avroliner (RJ-100)	100–149	9 141	9%	675 626	10%
BOEING Clipper	100–199	8 751	8%	841 351	12%
AIRBUS A-320neo	150–199	7 825	8%	880 464	13%
CANADAIR Regional Jet CRJ-900	50–99	6 288	6%	337 543	5%
ATR ATR-72-212A (500)	50–99	4 586	4%	219 797	3%
BOEING 737–600	100–149	4 162	4%	357 999	5%
AIRBUS A-320	150–199	3 510	3%	382 797	5%
Summa		92 567	90%	6 695 223	96%

Källa: Egen bearbetning av Transportstyrelsen 2020b.

²¹ Yrkesmässig, icke regelbunden luftfart för transport av passagerare med luftfartyg som är typgodkänt för befordran av högst tio passagerare, eller av frakt och post med luftfartyg vars högsta tillåtna startmassa inte överstiger 5,7 ton.

Endast 2 procent av flygningarna inrikes sker med passagerarflygplan som har mindre än 20 flygstolar, den gräns som brukar anges för elflygets potential på kort sikt. Bland dessa mindre passagerarflygplan är propellerplanet BEECH Commuter absolut vanligast med 47 procent av flygningarna, varav det allra mesta utgörs av linjefart. Även om det saknas detaljer kring vilka bolag som flyger de små flygplanen förefaller det ändå vara en stor andel mindre och mer specialiserade flygbolag.



Figur 2.6. Propellerplanet BEECH Commuter.
Källa: www.skybrary.aero/index.php/BE20

Bland de 10 vanligaste modellerna var det ingen som hade en kapacitet på mindre än 50 flygstolar. Flest avgångar hade propellerplanet ATR 72 med drygt 25 000 vilket motsvarade 24 procent av samtliga avgångar. ATR 72 är ett propellerplan i storleksklassen 50–100 passagerare avsett för kortare regionala flygningar. Det plan med näst flest avgångar var Boeing 737–800 med 13 procent. Mätt i antal passagerare var dock denna modell den dominerande med 24 procent av samtliga passagerare.



Figur 2.7. Propellerplanet ATR 72.
Källa: [https://en.wikipedia.org/wiki/ATR_72#/media/File:F-WWEZ_\(948\)_ATR.72-212A\(500\)_FlyFireFly_TLS_30AUG11_\(6097869500\)_cropped.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/ATR_72#/media/File:F-WWEZ_(948)_ATR.72-212A(500)_FlyFireFly_TLS_30AUG11_(6097869500)_cropped.jpg)



Figur 2.8. Jetplanetet Boeing 737–800.

Källa: <https://imgproc.airliners.net/photos/airliners/2/1/4/1122412.jpg?v=v40>

Flygplanen i linjefart hade i genomsnitt 112 flygstolar och 69 passagerare. Nästan hälften av flygplanen (45 %) hade 50–99 säten, resten (49 %) hade 100–199 säten. Det är få flygningar, cirka 1 procent, som görs med de minsta flygplanen (1–19 flygstolar).

Som ovan nämnts är det relativt få flygningar med charter och taxi inrikes men det finns en större andel mindre flygplan (naturligt nog för taxifyget) inom dessa segment. Charterplanen hade i genomsnitt 102 stolar och 31 passagerare. 31 procent av flygplanen hade upp till 19 stolar, 61 procent hade 50 stolar eller mer. Liksom i linjefarten hade Boeing 737–800 störst marknadsandel (17 %) även om AIRBUS A-330-300 och AI(R) Avroliner (RJ-100) har nästan lika stora andelar. Taxifyget hade i genomsnitt bara åtta säten och två passagerare i inrikes trafik. Det är också en jämnare fördelning av marknadsandelar för olika flygplansmodeller i taxitrafik jämfört med i linjetrafiken. BEECH Commuter (se ovan) är däremot den vanligaste modellen både mätt i marknadsandelar (13 % av passagerarna) och i andelen flygningar (16 %). Förutom att antalet flygningar med charter- och taxifyg är färre och flygplanen är mindre, är flygplanen även mindre välfyllda. Under 2019 hade taxifygen en genomsnittlig kabinfaktor på 29 procent, jämfört med 35 procent för charter och 52 procent för linjeflyget.

2.3 Flygets klimatpåverkan

Globalt bidrar flygtrafik med omkring 2–3 procent av de globala antropogena utsläppen²² av koldioxid. Detta enligt Internationella klimatpanelen (IPCC). Flygtrafikens bidrag till global uppvärmning är dock 4,9 procent (osäkerhetsgränser 2–14 %), bland annat på grund av andra effekter såsom höghöjdseffekter²³ (Maldanova J. m.fl., 2018).

²² Utsläpp orsakade av mänskliga aktiviteter.

²³ Utöver koldioxid bidrar utsläpp av vattenånga och kväveoxider på hög höjd samt påverkan från kondensstrimmor.

Enligt Sveriges officiella statistik (SCB, 2020a)²⁴ bidrog inrikes transporter till knappt en tredjedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp (CO₂-ekv), varav vägtrafiken stod för över 90 procent. Inrikesflyg (främst från flygbränsle) stod för runt 1 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp och 3 procent av växthusgasutsläppen från inrikestransporter 2018, andelar som varit relativt stabila över tid. Jämförelsevis bidrog utrikes transporter till knappt en femtedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp, varav internationell sjöfart stod för 75 procent. Internationellt flyg stod för 4 procent av Sveriges totala växthusgasutsläpp men 25 procent av växthusgasutsläppen från utrikes transporter 2018. För beräkningen av utsläpp från utrikes transporter ingår bränsle som tankas för utrikes sjöfart och flyg. Lastbils- och järnvägstrafik ingår inte (Naturvårdsverket 2020a).

Utsläppen består främst av koldioxid, men till viss del även växthusgaserna lustgas och metan. Utöver nämnda växthusgaser bidrar även höghöjdsutsläpp av kväveoxider och vattenånga till en klimatpåverkan. Klimatpåverkan varierar för en specifik flygresa beroende på var den sker, om resan sker natt- eller dagtid, höjd för flygningen, om det är vinter eller sommar, hur de atmosfäriska förhållandena ser ut m.m.²⁵

VTI har beräknat de genomsnittliga kostnaderna för utsläpp av koldioxid och höghöjdseffekter för olika typer av flygningar (Johansson, M., 2018). Beräkningarna av emissioner för flyget är baserade på Transportstyrelsens flygrörelseregister, framräknad bränsleförbrukning och emissionsfaktorer för olika flygplanstyper. Materialet kan användas för att kvantifiera klimatpåverkan (kostnader) för olika delar av svensk flygmarknad, till exempel för linjefart, charter och taxifyg. För att få en utsläppssiffra för en viss delmarknad, som även tar hänsyn till värderingen av koldioxid²⁶, kan kostnaden²⁷ per flygning respektive fordonskilometer multipliceras med antal flygningar respektive antal fordonskilometer²⁸ för en specifik delmarknad.

Baserat på ovanstående beräkningar blir koldioxidkostnaden för dagens inrikestrafik med passagerarflygplan knappt 657 miljoner kronor per år, varav passagerarplan i linje-, charter respektive taxifyg står för 99, 0,6 respektive 0,2 procent. Om vi istället bryter ned resultaten per flygplansstorlek står flygplan med mindre än 20 passagerare för endast drygt en procent av utsläppskostnaderna enligt ovan.

Om vi dessutom gör ett antagande att den potentiella marknaden för elflyg avgränsas till passagerarflyg och rutter upp till 40 mil blir koldioxidkostnaden för dagens inrikesflyg knappt 223 miljoner kronor per år, varav passagerarplan i linje-, charter respektive taxifyg står för 99,

²⁴ Beräkningarna baseras på detaljerad statistik och motsvarar utsläpp inom ett geografiskt område (territoriella utsläpp) och visar hur fysiska utsläpp i Sverige (inklusive flygningar från Sverige) utvecklas över tid. Beräkningarna bygger på internationellt överenskomna metoder och riktlinjer och uppgifterna ligger till grund för rapporteringar gentemot exempelvis de svenska miljö- och klimatmålen och rapporteringar till EU och FN. Observera att effekterna av flygets utsläpp av vattenånga och kväveoxider på hög höjd samt påverkan från kondensstrimmor inte räknas med i de territoriella utsläppen.

²⁵ www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Miljo-och-halsa/Klimat/Flygets-klimatpaverkan/

²⁶ Observera att värderingen av koldioxid och andra växthusgaser är lägre här, 1,12 kronor per kilo utsläpp, jämfört med ASEK:s (Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn) senaste värdering på 7 kronor per kilo utsläpp som används i avsnitt 7.3. Syftet i detta avsnitt är däremot i första hand att belysa hur stor andel av flygets – och då särskilt inrikesflygets – totala koldioxidkostnader som elflyget skulle kunna spara in, givet vissa räckvidds- och kapacitetsbegränsningar, snarare än att redovisa en exakt kostnad.

²⁷ Emissionsfaktorer har beräknats med avståndskorrigerad enligt förslag från ICAO samt korrigerad start- och landningscykel (LTO1) och inkluderar höghöjdseffekter. Passagerarflyg (kostnad Co₂ per fkm/flygning). Linjefart: samtliga passagerarflyg 11,0/5385 kr, höghöjd 4,7/2285 kr. Charter: samtliga passagerarflyg 10,2/4857 kr, höghöjd 3,7/1753 kr. Taxi: samtliga passagerarflyg 3,5/1524 kr, höghöjd 1,3/585 kr. Marginalkostnaderna för externa effekter av flygets koldioxidutsläpp är genomgående baserade på en värdering av koldioxid på 1,12 kronor per kilo i 2015 års prisnivå. För mer detaljer och emissioner och värderingar se Johansson, M., 2018.

²⁸ Antal fordonskm är beräknat som kortaste sträckan mellan flygplatserna (storcirkelavstånd) multiplicerat med antal flygningar per sträcka.

1 respektive 0,3 procent. Om vi bryter ned resultaten per flygplansstorlek står flygplan med mindre än 20 passagerare för endast drygt 2 procent av utsläppskostnaderna enligt ovan, se tabell 2.4 nedan. Med kapacitet upp till 20 passagerare och kortare flygsträckor är således elflygets möjlighet att reducera utsläppen inom dagens flygmarknad begränsad. Det skulle krävas elflyg som kan ta upp emot 100 passagerare för att verkligen kunna reducera koldioxidutsläppen.

Tabell 2.4. Koldioxidkostnader för inrikes flygningar upp till 40 mil, fördelat på flygplanets storleksklass, 2019.

<i>Antal säten</i>	<i>Miljoner kr</i>	<i>Kostnadsandel</i>
1–10	4	1,8%
11–19	1	0,6%
20–29	7	3%
30–49	11	5%
50–99	125	56%
100–149	40	18%
150–199	35	16%
200–	0,5	0,2%
Totalsumma	223	100%

Källa: Egen bearbetning av data från Johansson, M. (2018) och Transportstyrelsen (2020b).

Som ovan nämnts svarar flyget för 2–3 procent av de globala antropogena utsläppen av koldioxid. Flygplanens effektivitet ökar och minskar sin förbränning med cirka en procent per år. Samtidigt ökar flygplansflottan i storlek och enligt prognoser gjorda före covid-19-pandemin väntas flygtrafiken öka vilket leder till att utsläppen från luftfarten ökar (Swedavia 2019). Beaktar man dessutom att utsläppen av koldioxid i andra sektorer som till exempel energi och vägtrafik minskar finns beräkningar som visar att flygets andel av de samlade antropogena utsläppen av koldioxid kan öka till drygt 20 procent år 2050 (Roland Berger, 2020).

Denna rapport syftar inte till att visa hur de klimatpåverkande utsläppen från flyget kan minska med olika framdrivningstekniker, men det finns ändå skäl att kort beskriva dem för att sätta in elektrifieringen i ett sammanhang. De förbättringar av motorer, drivlinor och flygplanen som kontinuerligt sker är, oavsett vilken framdrivningsteknik som används, en mycket viktig faktor dels för att de direkta utsläppen minskar, dels minskar efterfrågan från flyget på drivmedel med begränsad tillgång. Framdrivningstekniker som minskar flygets klimatpåverkan sammanfattas i tabell 2.5.

Tabell 2.5. Olika framdrivningsteknikers klimateffekt.

<i>Framdrivning</i>	<i>Beskrivning</i>	<i>Klimateffekt</i>
Biodrivmedel	Biodrivmedel som uppfyller kraven för jetbränsle enligt gällande standard kan användas i den existerande drivmedelsinfrastrukturen.	Vattenånga och kväveoxid
Elektrobränslen	Elektrobränslen kan anpassas så att de motsvarar jetbränsle. Ingen standard är dock beslutad.	Vattenånga och kväveoxid
Vätgasförbränning	Vätgas förbränns i modifierade turbinmotorer	Vattenånga och kväveoxid
Bränsleceller	Vätgas driver en bränslecell som genererar ström till elmotorer	Vattenånga
Batteriel	Framdrivning av elmotorer försörjda av batterier laddade på marken.	Ingen

Källa: Egen sammanställning.

Flygning på hög höjd minskar luftmotståndet vilket leder till lägre bränsleförbrukning, och dessutom minskar turbulensen på hög höjd vilket gör flygningen bekvämare. Därför är en normal höjd vid långdistansflygningar cirka 10 000 meter. Vid flygningar över 8 000 meter uppstår ytterligare en klimatpåverkan till följd av utsläpp av kväveoxider och vattenånga, den så kallade höghöjdseffekten. Vetenskapen är osäker kring storleken på denna effekt är men en etablerad uppfattning är att den samlade klimateffekten vid flygning på hög höjd i genomsnitt är 1,9 gånger större än påverkan enbart från koldioxidutsläppen. Flygningar under en timme sker mycket sällan på höjder över 8 000 meter och därför är höghöjdseffekten mycket liten i inrikesflyget (SOU 2019:11). Restprodukten vid användning av bränsleceller består av vattenånga. Det innebär att bränsleceller medför en höghöjdseffekt till skillnad från batteridrivna flygplan där inga utsläpp uppstår.

I ett energisystem där en allt större del av el framställs med sol och vind blir det svårare att balansera tillgången och efterfrågan. Produktion av vätgas eller uppladdning av batterilager kan då bli ett sätt att lagra energi.

Mindre flygplan som har en maximal startvikt (MTOW) på högst 5 700 kilo ingår inte i de plan som omfattas av EU:s system för handel med utsläppsrätter. Det innebär att minskade utsläpp av växthusgaser från dessa plan också får en direkt påverkan på utsläppen av växthusgaser. Det vanligaste av de mindre flygplanen propellerplanet, BEECH Commuter, har en MTOW under 5 700 kilo.

3 Vad är elflyg?

I det här kapitlet beskrivs vad som avses med elflyg. Som kommer att framgå av redovisningen kan elflyg omfatta flera olika typer av framdrivningstekniker.

För att ett flygplan ska lyfta från marken behöver det utsättas för en lyftkraft som är större än planet tyngd. För att få denna lyftkraft körs planet framåt och då skapas genom vingens profil ett undertryck på vingen ovansida som drar planet uppåt. Lyftkraften ökar när planets hastighet ökar och till slut uppnås den kraft som gör att planet lyfter.

Att minska planets egenvikt och vikten av drivmedlet är därför en viktig fråga för flygindustrin. Ju mindre planet och drivmedlet väger desto mer nyttolast i form av passagerare och gods kan det ta.

För att uppnå den fart som gör att planet lyfter krävs mycket energi under en kort tid men när planet väl är uppe i luften så åtgår mindre energi för att hålla det flygande. Hur mycket avgörs av det så kallade glidtalet som anger förhållandet mellan höjdförlusten och horisontell sträcka. Ett trafikflygplan har ett glidtal på cirka 1/15 vilket innebär att det sjunker en kilometer per 15 kilometer flugen sträcka. Som jämförelse kan nämnas att de bästa segelflygplanen har ett glidtal på cirka 1/60 (Svenskt flyg, 2007).

Kraften till den framåtriktade rörelsen kommer i moderna trafikflygplan antingen från turboprop- eller jetmotorer. Motorerna har stora likheter med varandra. I turbopropmotorn driver en gasturbin en propeller som ger dragkraft medan den framåtriktade kraften i en jetmotor fås genom en bakåtriktad gas- eller vätskeström. I bägge fallen används flygfotogen som drivmedel. Flygplan med turbopropmotorer används främst på kortare flygningar eftersom de är mer bränsleeffektiva på kortare flygningar och dessutom är de bättre lämpade för flygplatser med kortare landningsbanor. Detta ger bättre bränsleekonomi vid lägre farter i utbyte mot en lägre topphastighet (Scandinavian traveler, 2019).

Tidigare hade alla flygplan kolvmotorer, dvs. samma typ av motorer som i till exempel en bensindriven bil, men numera förekommer kolvmotorer enbart i mindre plan med mycket begränsad kommersiell användning (Svenskt flyg, 2007).

De finns flera varianter av elektriskt flyg

Det här uppdraget är avgränsat till helt eller delvis eldrivna flygplan vilket inkluderar batterielektriska plan samt flygplan med bränsleceller. För en del är sedan pågick en diskussion om solcellsdrivna plan (Ny Teknik, 2013). Den utvecklingen tycks emellertid inte ha tagit fart.

Även om uppdraget avgränsas till flygplanens framdrivning förtjänar det att nämnas att det skett en successiv elektrifiering av flera olika funktioner i flygplanen som tidigare utfördes mekaniskt, hydrauliskt eller pneumatiskt som till exempel avisning, bromsning och roderstyrning. De elektriska systemen kräver mindre underhåll, är mer pålitliga och inte minst väger de mindre. Inom flygindustrin brukar denna utveckling kallas More electrical aircraft med akronymen MEA (Roland Berger, 2017).

I tabellen nedan redovisas de typer av helt eller delvis elektriska framdrivningar som omfattas av uppdraget.

Tabell 3.1. Olika typer av elektriskt flyg.

Typ	Karaktäristika
Batterielektriskt	Energien till motorerna lagras i batterier.
Bränslecell	Energien till motorerna lagras i vätgas som omvandlas till el via bränsleceller.
Parallellhybrid	Elmotor och förbränningsmotor kan, tillsammans eller var och en för sig, driva propellrarna.
Seriehybrid	Propellrarna drivs av en eller flera elmotorer där elen kommer från batterier eller bränsleceller samt från en generator som drivs av en turbinmotor.

Källa: Egen sammanställning.

Som framgår av tabell 3.1 ovan kan elen antingen komma från batterier eller bränsleceller. Så kallade turboelektriska plan ingår inte i uppdraget eftersom elen som driver motorerna i dessa utslutande kommer från generatorer som drivs av flygbränsleeldade turbinmotorer.

Det finns således i uppdraget två huvudspår för att elektrifiera flyget. Det kan antingen ske genom att elen till motorerna tillhandahålls via batterier eller via bränsleceller som försörjs med vätgas. Dessutom kan batteri- eller bränslecellstekniken användas i olika hybridlösningar. Av de projekt för att utveckla elflyg som pågår idag är batterielektriska lösningar det som ligger närmast i tiden (WSDOT, 2019).

Batterielektriskt flyg

I ett batteri omvandlas kemisk energi till elektrisk energi. En battericell består av tre delar. En negativt laddad anod, en positivt laddad katod och elektrolyt som transporterar laddning mellan polerna. När något, till exempel en motor, kopplar samman polerna startar en urladdning där de negativt laddade elektronerna i anoden strömmar mot katoden och batteriet laddas ur. Genom att tillföra ström kan processen i vissa batterier ske åt andra hållet varvid batteriet laddas upp.

Hur mycket energi batterierna kan lagra är en faktor som är mycket avgörande för flygets elektrifiering. Man använder begreppet *energitäthet* för att beskriva hur mycket energi batterierna kan lagra per enhet till exempel vikt eller volym. Det är viktigt att hålla isär energitätheten på cellnivå och på packnivå. För batterier som används i fordon sätts cellerna samman till pack som förutom cellerna även består komponenter som gör att energin i cellerna går att använda som till exempel styrenheter, elektronik, strömfördelare och kylsystem. De här komponenterna har också en vikt som gör att energitätheten på packnivå är lägre än på cellnivå (OmEV, 2020).

Det finns idag battericeller i elbilar som har en energitäthet på 240–270 Wh/kg. På packnivå är dock energitätheten ungefär hälften av energitätheten på cellnivå (OmEV, 2020). I flygfotogen är energitätheten 12 400 Wh/kg. Med hänsyn tagen till verkningsgraden i små turbinmotorer blir nettoinnehållet i flygfotogen cirka 3 700 Wh/kg dvs. cirka 20 gånger högre energitäthet jämfört med de elbilar som har högst energidensitet (Lundblad A., 2020).

VTI har genomfört en litteraturstudie över elflygets möjligheter där det framgår att det teoretiska taket för energitätheten, vilket baseras på en hypotetisk batterireaktion, på cellnivå

för de litiumjonbatterier som används för fordon är cirka 650 Wh/kg medan det i praktiken inte är möjligt att nå högre är cirka 400 Wh/kg (Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020).

Nästa steg i batteriutvecklingen väntas bli så kallade solid-statebatterier där den flytande elektrolyten ersatts med ett fast material. En fast elektrolyt klarar temperaturer där en flytande elektrolyt skulle koka bort vilket i sin tur möjliggör en högre energitäthet samtidigt som risken för brand i batteriet minskar. Solid-statebatterierna väntas kunna uppnå en energitäthet på cirka 650 Wh/kg men det finns många osäkerheter kring denna utveckling (Avinor och Luftfartstilsynet, 2020).

Avinor och Luftfartstilsynet redovisade i mars 2020 ett regeringsuppdrag med ett förslag till program för introduktion av elflyg i Norge där de skriver att med dagens batteriteknik och certifieringsstandarder begränsas räckvidden för plan med 19 passagerare till 35–40 mil (Avinor och Luftfartstilsynet, 2020).

VTI:s slutsats i den ovan nämnda litteraturstudien är att utvecklingen av batterielektriska plan är i ett tidigt skede och att mot bakgrund av tillgänglig batterikapacitet kan endast mindre plan (1–12 passagerare) väntas kunna bli elektrifierade på kort sikt (Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020).

Det finns också de som är mer skeptiska till elflyg med batteridrift och hävdar att det krävs en energitäthet i batterierna som är 20 gånger högre än dagens nivåer för att det ska vara kommersiellt möjligt med större eldrivna flygplan (Ny Teknik, 2019).

Bilindustrin är starkt drivande för att utveckla batterierna och det satsas mycket pengar på detta. Flygindustrin är en av flera andra industrigrenar som drar nytta av detta utvecklingstryck från vägfordonsindustrin (Northvolt, 2020).

Den förväntade ökningen av energitätheten i batterierna kommer i första skedet möjliggöra att räckvidden ökar för befintliga modeller av elflyg. Den ökade energitätheten möjliggör också att planen kan öka i storlek, men det kräver utveckling och certifiering av nya flygplan vilket är en process som tar många år.

En annan utmaning för det batterielektriska flyget är att öka planens hastighet utan att ge avkall på räckvidden. Med de hastigheter som idag är inom räckhåll och givet de tidsvärden resenärerna har är elflyget inte konkurrenskraftigt på längre avstånd, även om batteriutvecklingen skulle innebära att längre flygningar vore möjligt (Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020).

Förutom frågan om energitätheten är batteriernas livslängd, kostnad och säkerhet andra viktiga aspekter när det gäller batterielektriskt flyg. Heart Aerospace räknar med att efter mellan 1 000 och 3 000 laddningar kommer batterierna att behöva bytas ut. Beroende på hur många gånger per dag de laddas så kan man skatta att batterierna behöver bytas ut med ett intervall på mellan ett och tre år (Forslund A., 2020).

Europeiska kommissionen bedömde år 2016 att batterikostnaden år 2030 skulle vara cirka 320–360 USD/kWh och sjunka till 270–295 USD/kWh år 2050 (Europeiska kommissionen, 2016). Batterikostnaderna har dock sjunkit betydligt snabbare än så. På webbplatsen Green car reports konstaterades i december 2019 att priset fallit med 87 procent mellan åren 2010 och 2019 och att priset bedöms fortsätta sjunka till cirka 100 USD/kWh år 2023. Vidare väntas priset fortsätta sjunka med 40 procent fram till år 2030 (Green Car Report, 2019).

Flygplanstillverkare och certifieringsmyndigheter har lång erfarenhet av flytande flygbränslen. Med batteriflygets introduktion kommer nya krav att ställas på dem att identifiera och hantera risker. Den primära risken är så kallad termisk rusning som innebär en okontrollerad frigörelse

av cellernas energi. Termisk rusning kan uppstå till följd av överladdning, överhettning eller kortslutning och kan leda till bränder som är mycket svåra att släcka (Elsäkerhetsverket, 2020). Även giftiga gaser kan släppas ut. Det har inträffat flera olyckor med batterier ombord på flygplan där ett exempel är de bränder som ledde till att hela flottan av Boeing 737 fick flygförbud (Brelje B. och Martins J., 2019).

Andra problem som uppmärksammats i samband med tillväxten av elbilar är hur de kritiska råvarorna i batterierna bättre ska kunna återvinnas. Dessutom kommer de mineraler som används i batterierna ofta från konfliktfyllda områden. Det gäller inte minst kobolt. Över hälften av kobolten bryts i Kongo och bland andra Unicef har pekat på att många barn arbetar under mycket svåra förhållanden i gruvsiften (SGU, 2018).

Flyg med bränsleceller

En bränslecell genererar elektrisk energi via en elektrokemisk reaktion. Processen liknar ett batteri, med skillnaden att ett batteri konsumerar sina elektroder när de producerar elektricitet och måste därför kasseras eller laddas. Bränsleceller producerar elektrisk energi så länge bränsle tillsätts i form av vätgas²⁹ och syre. Som framgått ovan medför användning av bränsleceller utsläpp av vattenånga som bidrar till klimatpåverkan om utsläppen sker på högre höjder.

Vätgas är gasformig i rumstemperatur och har ett energiinnehåll som är tre gånger högre per kilo än flygfotogen. Energiinnehållet uttryckt i volym är däremot lågt vilket gör att lagring och transport av vätgas är mycket utrymmeskrävande och kräver cirka 4 gånger mer utrymme än konventionellt flygbränsle med motsvarande energiinnehåll. Det innebär att antingen så behöver en del av utrymmet på ett flygplan avsett för passagerare eller gods användas för lagring av vätgas eller så behöver planen göras större och därmed också tyngre för att vätgasen ska få plats med bibehållna utrymmen för passagerare och gods.

Vätgas förekommer inte naturligt utan behöver produceras och det finns tre processer att göra det; *elektrolys* där el används för att driva en process som innebär att vatten spjälkas upp i väte och syre, *reforming* av natur- eller biogas genom upphettning till höga temperaturer i en reaktor samt *förgasning* av kolhaltigt material under högt tryck (Myfuelcell.se, 2020).

McKinsey & Company har på uppdrag av Clean sky 2³⁰ och Fuel Cells and Hydrogen 2 JU³¹ genomfört en studie där de beskriver de tekniska och ekonomiska förutsättningarna samt klimateffekterna av bränslecells- eller vätgasdrivna flygplan (McKinsey & Company, 2020). Av rapporten framgår att bränslecellsdrivna flygplan har förutsättningar att bli en viktig del av flera framdrivningstekniker som innebär mindre klimatpåverkan. Det återstår dock mycket forskning, utveckling och regelanpassning innan tekniken är på plats. Då en bränslecell inte förmår att leverera tillräcklig effekt för flygets stigningsfas behöver en sådan lösning kompletteras med ett batteri. Den bedömning som görs i rapporten är att bränslecellsdrivna 19-sättesplan kan vara i drift om cirka 10 år.

Konsultföretaget Roland Berger har också gjort en studie av förutsättningarna att använda bränsleceller i luftfart. Som ovan nämnts finns det gällande batteriutvecklingen ett tryck från bilindustrin att utveckla batteriteknologin för att öka energitätheten, sänka kostnaderna och öka säkerheten. För bränsleceller är utvecklingstrycket i fordonsindustrin inte lika stort som för

²⁹ Bränsleceller fungerar även med andra ämnen, men vätgas har störst potential av förnybara ämnen att produceras i stor skala och dessutom har de bränsleceller som drivs med vätgas hög effektdensitet och relativt låg komplexitet, (Wiberg E., 2020a).

³⁰ Clean sky är ett forskningsprogrambestående av Europeiska kommissionen och den europeiska luftfartsindustrin.

³¹ Fuel cells and hydrogen 2 JU och ett offentligt privat partnerskap som stöder forskning, utveckling och demonstrationsverksamhet inom området bränsleceller och vätgas.

batteritekniken. Däremot sker utveckling inom andra branscher, till exempel stål- och betong, som kan driva på utvecklingen av bränsleceller samt distribution och lagring av vätgas och därmed minska kostnaderna i försörjningskedjan (Roland Berger, 2020). Bränsleceller delar dessutom många tekniklösningar med de batterielektriska planen och kan följaktligen dra nytta av den utveckling som sker (Hydrogen Europe, 2020).

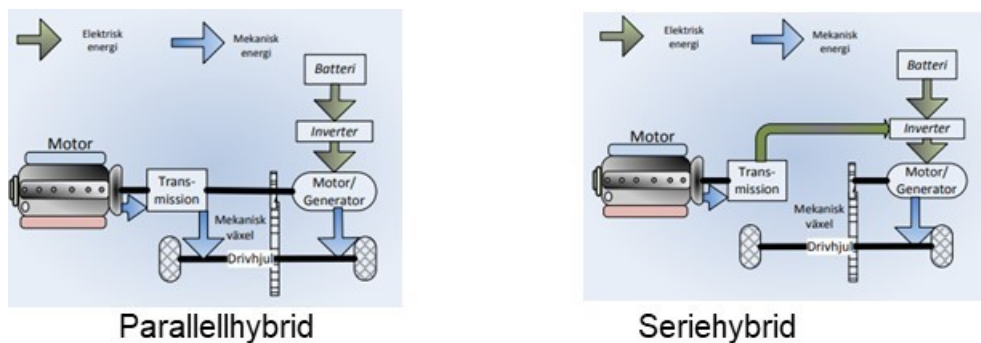
I rapporten pekar Roland Berger även på de utmaningar som finns med att producera vätgas på ett hållbart sätt där produktionen av vätgas sker utan koldioxidutsläpp. Som ovan nämnts är även distribution, lagring och tankning av vätgas utmaningar som behöver hanteras innan en introduktion av bränsleceller inom luftfarten i större omfattning är möjlig (Reimers, J O, 2018). Förbränning av vätgas är ett alternativ att minska flygets klimatpåverkan och skulle denna teknik få ett större genombrott kan, enligt Trafikanalys bedömning, introduktionen av bränsleceller underlättas genom synergier i produktionen, distributionen och lagringen av vätgas.

Hybridlösningar

Hybridlösningar erbjuder en kombination av eldrift och konventionell drift med förbränningsmotor. Det finns två olika system av hybrider, parallellhybrid respektive seriehybrid. Mikrohybrider, där en liten del av driveffekten kommer från el som genereras under flygning, utforskas för att effektivisera bränsle drivna flygplan men behandlas inte i denna rapport.

I en parallellhybrid har propellrarna mekanisk kontakt med både förbränningsmotorn och elmotorn och planet kan drivas av respektive motor var för sig eller av bägge motorerna samtidigt. I en seriehybrid finns ingen mekanisk koppling mellan förbränningsmotorn och propellrarna utan förbränningsmotorn driver en generator som levererar ström till motorn. Nedan illustrerar de två systemen av hybrider.

Figur 3.1. Illustration av parallell- respektive seriehybrid



Källa: Trafikverket.³²

Även om de bägge systemen i figuren ovan har batterier så bör det påpekas att en parallellhybrid alltid måste ha ett batteri för att driva elmotorn medan en seriehybrid kan få all ström till motorerna från den generator som förbränningsmotorn driver. Parallellhybriderna har sin fördel på korta flygsträckor medan seriehybriderna möjliggör långa flygningar. Hur stor del av den maximala effekten som kommer från elmotorn kan varieras inom ett stort spann. Om en stor del av den maximala effekten kommer från batterier kan denna energi användas vid flygning med konstant hastighet och höjd så att förbränningsmotorn enbart används vid start och stigning. Batteriets del av den medförda energin kan också för hela den planerade

³² www.trafikverket.se/contentassets/313891e85fa0488ca3f9e136e0fe5a6f/5-8/8_hybriddrift.pdf

flygningen och bränslet utgöra den nödvändiga reserven exempelvis vid händelse av dåligt väder (Reimers, J O, 2018).

Den största nackdelen med hybriderna är att vikten av batteri och elmotor måste bäras under hela flygningen, vilket i sin tur medför ett högt effektbehov under hela flygningen. I ett bränsle-drivet plan minskar vikten successivt under flygningen och därför minskar besparingen av bränsle jämfört med ett alternativ med bara förbränningsmotorer ju längre flygningen är (Lundbladh. A., 2020).

Med hybrider byggs en teknisk komplexitet in i flygplanet och de minskade underhållskostnader som elmotorerna för med sig försvinner delvis. Även effekten av det lägre priset på el jämfört med flygbränsle försvinner. Hur priset på flygplanet påverkas är svårt att säga men på vägfordonsidan är hybriderna dyrare än de med förbränningsmotor men billigare än de helelektriska (Grönbil.se, 2020).

4 Vad finns idag?

Elektriska luftfarkoster är egentligen inget nytt påfund. För mer än hundra år sedan fanns det luftskepp som kördes med elmotor. Den första flygningen med elflygplan (med fasta vingar) ägde rum 1973 och varade tio minuter. Det är dock först under 2000-talet som utvecklingen av elflyg börjat ta fart inom lättviktsegmentet och därefter, under senare år, utvecklingen av elektriska flygplan för linjetrafik (Brelje, B. och Martins, J.R.R.A., 2019). I detta kapitel beskrivs vilka elflygplan som redan finns idag och vilka planer som finns på att utveckla nya.

I utvecklingsprojekt är angivna tidsplaner ofta osäkra och covid-19-pandemin tillför ytterligare osäkerheter. Vi vill understryka att de uppgifter som redovisas är hämtade från företagets kommunikation. Enligt uppdraget ska vi redovisa kostnader för existerande och planerade eldrivna flygplan men vi tvingas konstatera att den uppgiften inte har gått att få fram på ett jämförbart sätt. Vidare ingår ett avsnitt som behandlar laddinfrastruktur för elflyg.

Avslutningsvis gör vi en överblick av vad som finns av elektrifierade flygfarkoster som inte ingår i uppdragets definition men som är relevanta att känna till för att få en helhetsbild av utvecklingen.

4.1 Elflyg i luften

I Tabell 4.1 redovisas de elektriska flygplan som finns idag. Redovisningen baseras på en förteckning över elflygsprojekt som ICAO löpande uppdaterar (ICAO, 2020). Vi har genom omvärldsbevakning och information från olika aktörer kompletterat ICAO:s förteckning men reserverar oss för att vi kan ha missat några relevanta projekt.

Det framgår inte av ICAO:s förteckning om piloten ingår i passagerarantalet. I några fall är det uppenbart att så är fallet och i andra är det oklart. Därför är kolumnen benämnd Antal passagerare/säten. Inte heller preciseras det vad räckvidden avser. Räckvidd kan ha tre betydelser: teoretisk räckvidd som redovisar hur långt i normal hastighet planen kan flyga till dess motorerna stannar, faktisk räckvidd som kan användas för till exempel privatflyget samt kommersiell räckvidd där hänsyn tas till att nödvändiga reserver finns för flygning till alternativ flygplats i händelse av dåligt väder.

Tabell 4.1. Befintliga elflyg och dess egenskaper.

Modell	Typ	Antal passagerare/säten ³³	Nyttolast (Kg)	Räckvidd (km)
Pipistrel Alpha Electro	Batterielektriskt	2	182	140
Pure flight Phinix ^a	Batterielektriskt	2	Uppgift saknas	250
Extra 330LE	Batterielektriskt	2	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Bye Aerospace e- Flyer	Batterielektriskt	2	Uppgift saknas	363
Hamilton aEro1	Batterielektriskt	1	Uppgift saknas	160
Magnix DHC-2- beaver ^b	Batterielektriskt	6	Uppgift saknas	160
Yuneec International E430	Batterielektriskt	2	Uppgift saknas	Cirka 120
Magnix Cessna 208B ^c	Batterielektriskt	4–5	Uppgift saknas	

Källa: ICAO, 2020a där inget annat anges.

^a Källa: pure-flight.eu, 2020.

^b Källa: magnix.aero, 2020.

^c Källa: feber.se, 2020.

Till den senare definitionen hör uppgifterna om den tvåsitsiga helt elektriska Pipistrel Alpha Electro. Flygplanet uppges ha en flygtid på en timme och en reserv på ytterligare 30 minuter. Det slovenska flygplanet är utrustat med ett batteripack på 21 kWh som uppges vara utbytbar på ett par minuter eller möjligt att ladda på mindre än en timme. Enligt produktfoldern passar detta flygplan för att utbilda flygare. Räckvidden uppgår till 600 km (pipistrel-aircraft.com, 2020a).

Pure flights helt elektriska flygplan Phinix (Φnix) är ett annat exempel på ett tvåsitsigt flygplan som finns på marknaden. Enligt den tjeckiska tillverkaren räcker batteriet till en flygtid på åtminstone 2,5 timme och marschfarten uppgår till mellan 160 och 200 km/h (pure-flight.eu, 2020). Tillverkaren har inte uppgivit någon fysisk räckvidd men vid en uppvisning i Sverige uppgavs räckvidden vara 300 km (flyg24, 2020b). Batteriet kan laddas upp till 85 procent av sin kapacitet på 20 minuter (pure-flight.eu, 2020).

Bye Aerospace siktar på att bygga ett mindre helt elektriskt skolflygplan (2- och 4-sitsiga), vilket enligt deras egen utsaga skulle minska kostnaderna för att utbilda piloter betydligt (ByeAerospace, 2020). Före Covid-19-pandemin upplevde flygbranschen att det fanns en brist på piloter. Bye Aerospace menar att den akuta pilotbristen visserligen skjutits upp av pandemin, men att den kommer återkomma inom några år. Planet har testflugits och bolagets målsättning är att certifiera flygplanet under 2021 (Greenbiz.com, 2020).

³³ Det framgår inte av ICAO:s förteckning om piloten ingår i passagerarantalet. I några fall är det uppenbart att så är fallet och i andra är det oklart. Därför är kolumnen benämnd Antal passagerare/säten.

ZeroAvia har flugit ett mindre batterielektriskt plan men företagets ambition är att utveckla ett plan som drivs med el från bränsleceller (ZeroAvia, 2020).

De ovanstående flygplansmodellerna är samtliga för små för att användas inom kommersiell passagerartrafik med undantag av en till eldrift ombyggd DHC-2-beaver som har kapacitet att ta sex passagerare. Flygplanet är resultatet av ett samarbete mellan Seattlebaserade Magnix och flygbolaget Harbour air. I slutet av 2019 genomfördes en demonstrationsflygning och en certifieringsprocess för passagerartrafik som väntas ta upp till två år påbörjades därefter. Harbour air har för avsikt att använda flygplansmodellen för sina kortare flygningar (30 minuter + 30 minuters reserv) från Vancouver till mindre samhällen (flightglobal.com, 2020a). Planets räckvidd uppgår till omkring 160 km.

Magnix har också tillsammans med AeroTec installerat en elmotor i en Cessna 208B och genomfört testflygningar. Planet kan ta 14 passagerare med konventionell drift men med eldrift ska kunna ta 4–5 passagerare (feber.se, 2020).

Magnix har också annonserat ett samarbete med Universal hydrogen med målsättningen att installera bränsleceller i ett plan av typen De Havilland Canada DHC8-Q300, ett plan med 40 säten (prnnewswire.com, 2020)

4.2 Eflyg under utveckling

Det pågår flera utvecklingsprojekt för närvarande och vi vill understryka att projekten har hunnit olika långt och kan ha olika karaktär.

Det svenska Heart Aerospace flygplan (Heart ES-19) ska kunna ta 19 passagerare med en räckvidd på upp till 400 km. Flygplanet konstrueras för att kunna landa på kortare landningsbanor på 750 m, vilket gör det möjligt att landa på det norska kortbanenätet och mindre flygplatser belägna nära tätbefolkade områden. Avsikten är att detta flygplan ska bli certifierat för serieproduktion och kunna tas i drift under 2025 (HeartAerospace.com, 2020a).

Det nyss uppstartade projektet ELICA har som slutmål att ta fram ett koncept för ett litet hybridflygplan utan utsläpp av koldioxid och kväveföreningar och med en passagerarkapacitet på 19 personer. Samtidigt ska konceptet innehålla inslag av teknikutveckling och vara ekonomiskt attraktivt gällande exempelvis driftskostnader för att göra ett eventuellt framtida flygplan säljbart. Ett färdigt koncept ska vara framtaget senast september 2022 (cordis.europa.eu, 2020). Konceptet påminner om det flygplan som Heart Aerospace utvecklat med skillnaden att detta har hybriddrift. Den största skillnaden är dock att ELICA handlar om att ta fram ett koncept medan Heart Aeronautics slutmål är ett certifierat flygplan. ELICA har finansiering från EU och är ett samarbete mellan Rolls-Royce (koordinator), Siemens, Federico II universitetet i Neapel och ett par mindre företag i Italien respektive Tyskland.

Amerikanska Zunum Aero målsättning är att konstruera ett 12-sitsigt hybridelektriskt flygplan med en räckvidd på omkring 1 100 km (zunum.aero, 2020). Storleken på flygplanet innebär att det handlar om flyglinjer mellan mindre städer. Planet är intressant då det är ett av få hybridflygplan som är under utveckling. Zunum Aero som tidigare uppbackades av Boeing har dock fått finansiella problem och utvecklingen har därför avstannat. Fallet illustrerar svårigheten att uppbära tillräckligt med kapital för att utveckla ett elflyg som kan certifieras för kommersiell flygtrafik (forbes.com, 2019a).

Amerikanska Ampaire utvecklar ett hybridelektriskt flygplan genom att konvertera ett 6-sitsigt Cessnaflygplan där en av flygplanets två motorer drivs av ett batteripack. Batteridriften förväntas reducera bränsleåtgången med 70 till 90 procent och underhållskostnaderna med 20 till 50 procent (ampaire.com, 2020). Provflygningar har genomförts på Hawaii med flygtider på upp till 15 minuter, men batteripacket uppges ha en räckvidd på drygt 300 km. Ampaire hoppas att modellen ska vara certifierad 2021. I augusti 2019 hade Ampaire beställningar på 50 flygplan till ett värde omkring 70 miljoner dollar (greenbiz.com, 2019).

Israeliska Eviation Alice är ett helt elektriskt flygplan för nio passagerare och en besättning på två personer. Flygplanet uppges ha en räckvidd på 1 000 km (540 nautiska mil + 45 minuters reserv) (eviation.co, 2020). Det finns en beställning från flygbolaget Cape Air på 92 flygplan som ska börja levereras under 2022 (electrek.co, 2019). Kostnaden för flygplanet ligger i spannet 3,5 till 4 miljoner USD beroende på utförande. Eviation uppger att reducerade bränslekostnader och lägre underhållskostnader ger betydligt (60–75 %) lägre driftkostnader i relation till jämförbara turbopropplan (forbes.com, 2019b). Målsättningen har varit att ha ett certifierat flygplan färdigt år 2022. Projektet har dock drabbats av bakslag i form av en brand som medförde stora skador på en prototyp, vilket säkerligen kan innebära förseningar för projektet (flightglobal.com, 2020).

Brittiska Electric Aviation Group (EAG) har presenterat ett hybridflygplan som ska flyga 2028 om allt går som planerat. Enligt EAG ska flygplanet ha plats för åtminstone 70 passagerare och en räckvidd på nästan 150 mil. Flygplanet är utrustat med ett system som laddar batteriet vid landning vilket innebär att uppehåll för att ladda batterierna kan kortas. Flygplanet kan omväxlande användas för passagerartrafik och fraktflyg. Tillverkaren menar att driftskostnaderna kan sänkas med 50 procent i jämförelse med ett konventionellt flygplan (EAG, 2020).

ZeroAvia baserat i Silicon Valley uppger att de genomfört den första flygningen i Storbritannien med ett elflyg med en passagerarkapacitet som är tillräckligt stor för att användas i reguljär trafik. Flygplanet är en modifiering av den amerikanska flygplansmodellen Piper M-klass som har fått sin traditionella motor utbytt mot en elektrisk. Testflygningen är en del av projektet Hyflyer som delvis finansieras av brittiska statliga medel. Projektet syftar till att visa hur regionalflyget kan göras fossilfritt. ZeroAvia siktar på att ha ett fungerande flygplan för 19 passagerare där elen produceras av en bränslecell istället för ett batteri redan 2023. Om det lyckas är fördelen att tunga batterier inte behövs och att underhållskostnaderna minskar eftersom batteripacken inte behöver ersättas. Vidare finns förhoppningar om ett elflyg med plats för 50 till 100 personer runt 2030 och med plats för 200 personer år 2040 (Zeroavia, 2020).

Utmärkande för de flygplan som antingen redan flyger eller planerar att flyga inom några år är att de har en relativt liten passagerarkapacitet och begränsad räckvidd. Det finns dock ett antal projekt som har målsättningen att bygga flygplan med en passagerarkapacitet på omkring 100 passagerare, men deras trafikstart ligger längre bort. Amerikanska Wright electric samarbetar med Easy Jet för att utveckla ett elflygplan för 186 passagerare som inledningsvis har en räckvidd på drygt 500 km. Ett sådant flyg vore exempelvis möjligt att använda på sträckan London–Amsterdam, som är en av de största flyglinjerna i Europa (reuters.com, 2020). I det utförandet är målsättningen att den ska vara i trafik senast 2030, men på längre sikt är målet en räckvidd på 2 000 km.

Boeing Sugar Volt är ett annat exempel där målet är ett flygplan för 135 passagerare. Projektet är resultatet av en fråga från Amerikanska rymdstyrelsen om hur framtidens flygplan kommer att se ut och har mer en karaktär att ta fram ett koncept än ett plan. Tidplanen för när ett plan baserat på konceptet kan vara i luften ligger i spannet 2030 till 2050 (Boeing.com, 2012).

Tabell 4.2. El- och hybridelektriska flygplan under utveckling.

<i>Modell</i>	<i>Typ</i>	<i>Antal passagerare</i>	<i>Nyttolast (Kg)</i>	<i>Räckvidd (km)</i>
Heart ES-19	Batterielektriskt	19	Uppgift saknas	400
Zunum Aero ZA 11	Hybrid	12	1 134	1 127
Evation Alice	Batterielektriskt	9	Uppgift saknas	1000
Wright 1	Batterielektriskt	186	Uppgift saknas	500 (2030) 2 000 (Långt in i framtiden)
Ampaire	Hybrid	6	Uppgift saknas	300 km för batteripacket
Digisky	Bränslecell	2	Uppgift saknas	500
ELICA ^a	Hybrid	19	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Volta Volare DaVinci	Hybrid	2+2	Uppgift saknas	1 852 ³⁴
Faradair Bio Electric Hybrid Aircraft	Hybrid	18	5 000	1 850
EAG Hybrid Electric Regional Aircraft ^c	Hybrid	70	Uppgift saknas	1 482
Boeing Sugar VOLT	Hybrid	135	Uppgift saknas	6 482
NASA X-57 Maxwell	Batterielektriskt	2	Uppgift saknas	160
Magnix DHC8- Q300 ^b	Bränslecell	40	Uppgift saknas	740
ZeroAvia ^d	Bränslecell	19/50– 100/200+	Uppgift saknas	800 (19 passagerare) 5 000 (200+ passagerare)

Källa: ICAO, 2020a där annat inte anges i tabellen.

^a Källa: cordis.europa.eu, 2020.

^b Källa: prnewswire.com, 2020.

^c Källa: electricaviationgroup.com, 2020.

^d Källa: zeroavia.com, 2020.

³⁴ Uppgiften inkluderar användning av 55 procent av flygbränslet.

Airbus i samarbete med Rolls-Royce planerade för ett hybridelektriskt flygplan (E-fan X) för 100 passagerare med trafikstart 2030. Enligt projektägarna har detta projekt visserligen skrinlagts, men gett flera värdefulla insikter inom följande områden som är användbara i det framtida utvecklingsarbetet (airbus.com, 2020).

- Seriell hybrid-elektrisk framdrivning. Kunskap om hybridlösningar, batterier och elektrifiering kommer att vara viktiga delar i Airbus andra demonstrationsprojekt.
- Nya vägar för att minska koldioxidutsläpp. Vätgas utgör exempelvis både en möjlighet och en utmaning.
- Certifiering. Utvecklingsarbetet har lagt grunden för en ökad acceptans för flygplan med en alternativ drivlina.

Även om Airbus uppger att de kommer att arbeta vidare med utveckling av elektriskt flyg är det för närvarande oklart under vilka former detta kommer att ske.

4.3 Laddinfrastruktur

Den övergripande utmaningen är att det finns så lite att förhålla sig till då det så här långt nästan bara finns utvecklingsprojekt inom elflyget. Följaktligen saknas det för närvarande en enhetlig standard för laddning av elflygplan. De befintliga och i närtid planerade flygplansmodellernas begränsade räckvidd innebär att det i princip skulle vara möjligt att införa en nordeuropeisk- eller nordisk standard. Det finns också ett nordiskt nätverk³⁵ för elflyg som bland annat arbetar med att ta fram en nordisk standard.

När det gäller laddinfrastruktur för elflyg går det att dela upp den i två delar. För det första handlar det om att det ska finnas någon form av kontakt som kan kopplas till flygplanet och för det andra att det ska finnas tillräcklig effekt tillgänglig för att ladda flygplanen tillräckligt skyndsamt.

Kontakt för laddning

I Sverige har Dala Airport, flygplatsen i Mora och Fyrstads flygplats installerat ett antal laddstationer till eldrivna flygplan (Naturvårdsverket, 2020b). Laddstationerna är av samma typ som de standardladdare som används för att ladda elbilar (flygtorget.se, 2020).

Swedavia har antagit en strategi för elektriskt flyg med målsättningen att deras tio flygplatser ska kunna hantera elflyg i framtiden. År 2025 är målsättningen att ha åtminstone en elflygslinje på plats. På flygplatsen i Östersund planeras en testarena för elflyg där även Swedavia kommer att bidra med bland annat parkeringsplatser och laddstationer för elflyg. Inom ramen för projektet Green Flyway kommer även testflygningar till Röros i Norge att företas. I norra Skandinavien finns utrymme i luften på ett sätt som det inte gör längre söderut och på kontinenten. Därför är dessa områden lämpliga som testarenor (Littorin, H., 2020a). Även flygplatserna i Umeå och Visby ligger långt framme i sin planering för att kunna ta emot elflyg, där den förstnämnda bland annat undersöker förutsättningarna för elflyg till Finland (Swedavia, 2020a).

I närtid kommer Swedavia inte att tillhandahålla någon egen lösning utan respektive användare av elflyg får ta med sin egen lösning för hur laddningen ska ske. Swedavias uppgift

³⁵ Nordic Network for Electric Aviation med ekonomiskt stöd från bland annat Nordiska ministerrådet har följande medlemmar: Fossilfritt flyg 2045, Heart Aerospace, El Fly, NISA, SAS, RISE, Air Greenland, Svenska regionala flygplatser, BRA, Icelandair, Finnair, Copenhagen Airports, Avinor, Swedavia och Finnavia.

blir att få fram el till en viss yta på flygplatsen. Ett sätt att lösa behovet av hög effekt för att kunna snabbbladda ett plan är att ha energilager som laddas när efterfrågan är låg och elen billig som används för snabbbladdning till planet. Det är dyrt med ett batterilager men det finns alternativ, från kylskåpsstora till containerstora. Vad det kostar att investera i ett energilager kontra effekt via nätet är en nyckelfråga (Littorin, H., 2020b).

När det gäller befintligt elflyg har Pipistrel en egen laddinfrastruktur som ansluts till befintligt elnät antingen via en mobil laddstation eller via en fast installerad snabbbladdare med kapacitet att ladda flera flygplan samtidigt. Den mobila laddaren kräver normalt en anslutning till trefas 400 Volts uttag och någonstans mellan 16 och 32 Ampere anslutning till elnätet. Den fast installerade snabbbladdaren kräver motsvarande av elnätsanslutningen som för elbilar. Bye Aerospace eFlyer2 och 4 har valt att ha samma standard som för snabbbladdning av bilar (Green Flyway, 2019).

Internationellt pågår det arbete för att ta fram smidiga lösningar för att ladda elflygplan. Flygtillverkaren Pipistrel arbetar tillsammans med Green Motion för att utveckla en universell "nyckelfärdig" laddningsteknik för elflygplan. Green Motion är ett schweiziskt företag som är specialiserat på att dels utveckla laddningsutrustning för elektriska fordon, dels bedriva ett eget nätverk av laddstationer (pipistrel-aircraft.com, 2020b). Företaget har etablerat laddstationer för elflyg på två schweiziska flygplatser. Företagen konstaterar att det för närvarande saknas en standard för laddning av elflyg, vilket innebär att laddutrustning vid olika flygplatser skiljer sig åt. Företagen ser därför att det finns en möjlighet för dem att etablera en standard (pipistrel-aircraft.com, 2020b).

Det ovan nämnda flygbolaget Ampair har beställt laddutrustning från det australienska företaget Electro Aero. Den portabla utrustningen kan hantera spänning i intervallet från 300 till 1 000 volt, vilket gör det möjligt att anpassa laddaren till de skilda förutsättningar som kan finnas på olika flygplatser. Laddaren är utformad för att ansluta till ett 50 ampers trefas vägguttag. Utrustningen är både lägre och lättare i jämförelse med laddstolpar för bilar. Tanken är att laddutrustningen inte ska vara högre än att den ska kunna dras under vingarna på flygplanet. Kontakten till flygplanet är av kinesisk GB/T-standard (electrive.com, 2019).

Elnät

När det gäller elnätets kapacitet har Swedavia har gjort en kartläggning för sina flygplatser och vilka utbyggnader som kan behövas. Kartläggningen visar att det kan behövas förstärkning av elnätet på flera håll. De räknar med att det kan ta tre till fem år att genomföra förstärkningarna av elnätet. Det är framförallt om det uppstår ett nav för elflyget, exempelvis på Arlanda, som innebär att flera flygplan behöver laddas samtidigt som det uppkommer riktigt stora effektbehov. Utifrån denna synvinkel vore det därför önskvärt om elflyget bygger upp ett nytt flygnät som i möjligaste mån undviker det befintliga flygets trafiknav.

När det gäller utbyggnaden av elnätet behöver det utredas vem som ska stå för kostnaderna. Det behöver också utredas hur det rent praktiskt ska gå till för att ta betalt för elen från flygbolagen. Idag sker tankningen av flygplan av bolag som inte ägs av flygplatsen. Med elladdning blir det en ny marknad där det blir oklart vilka tariffer som kommer att gälla och om det är Swedavia eller andra som kommer att leverera elen till flygbolagen. Det är möjligt att exempelvis långsamladdning kan erbjudas till ett pris och snabbbladdning till ett högre pris (Littorin, H., 2020b).

På framtidens flygplats är det inte bara elflygplanen som kommer att efterfråga el. Fordon som används på flygplatsen kommer i allt högre utsträckning vara eldrivna i likhet med fordonen som flygresenärerna använder för att ta sig till flygplatsen. Den stora mängd batterier som

finns i dessa fordon skulle med smarta elnät kunna användas som energilagrar. I visionen om den elektrifierade flygplatsen produceras elkraften lokalt med sol- och vindkraft. Heart Aerospace anger att den lagrade nettoenergin i deras 19-sättes plan motsvarar åtta elbilar (Svt.se, 2020).

4.4 Drönare och eVTOL

I denna rapport har vi enligt uppdraget avgränsat oss till flygplan med fasta vingar, dvs. traditionella flygplan. Det har dock vuxit fram eldrivna flygande farkoster med annan utformning och delvis andra användningsområden än det traditionella flyget; drönare och eVTOL.

Utvecklingen av drönare, vilka definieras som obemannade luftfartyg, har väsentligen skett utifrån militära syften, men i takt med att farkosterna utvecklats och blivit billigare har den civila användningen ökat. Transportstyrelsen har haft ett regeringsuppdrag att ta fram ett underlag med en fakta- och nulägesbeskrivning av drönaranvändningen i Sverige samt en analys av utvecklingsområden (Transportstyrelsen, 2019a). Där konstateras att drönarmarknaden är mycket heterogen där användarna kan vara barn som använder dem som leksaker till mycket avancerade professionella tillämpningar.

Vidare gjorde Transportstyrelsen bedömningen att utvecklingen de kommande åren kommer att få stor påverkan på flera samhällssektorer där drönare har eller kan komma att få viktiga uppgifter. De ger bland annat exempel från skogs- och jordbruket där drönare kan användas för till exempel inventering och besprutning. Inom bygg- och anläggning är mätning och inspektioner exempel på användningar som redan förekommer. Inom blåljusverksamheten lyfter de fram att drönare bland annat kan användas för transport av till exempel hjärtstartare till avlägsna eller otillgängliga områden.

I en nära framtid kommer förmodligen samhällsnyttiga transporter med drönare att förekomma i allt större utsträckning, till exempel har försök med blodtransporter mellan sjukhus i Göteborg gjorts (Computer Sweden, 2019). Kommersiella transporter som till exempel leveranser av pizza har dock till följd av flygsäkerhet, integritet för tredje person och buller sämre framtidsutsikter.

I takt med att batteritekniken utvecklats har intresset för större elektrifierade farkoster som möjliggör persontransporter ökat. Det är farkoster som kan starta och landa vertikalt, så kallade VTOL (vertical take off and landing). Ibland används begreppet eVTOL för elektrifierade dylika farkoster.

En helikopter är en VTOL med en till två motorer och det finns idag elektrifierade helikoptrar (Ny Teknik, 2018). Vid sidan av de traditionella helikoptrarna har andra farkoster med flera mindre eldrivna rotor utvecklats. Dessa är ofta tänkta att fungera som flygande taxibilar framförallt i storstadsområden. Det finns ett flertal olika sådana utvecklingsprojekt på olika håll i världen som har lyckats attrahera investerare att satsa stora belopp. (Ny Teknik, 2020). Den amerikanska investmentbanken Morgan Stanley har bedömt att marknaden för flygande bilar kommer att växa mycket kraftigt fram till år 2040 (Morgan Stanley research, 2020).

Det som utmärker dessa farkoster är att de utvecklas för en ny marknad av persontransporter till skillnad från elflygplan som ska konkurrera mot fossildrivna plan på en delvis befintlig marknad. Möjligheterna att starta och landa vertikalt innebär en större flexibilitet för start- och målpunkter och behovet av investeringar i infrastruktur är ofta begränsat. Flera av

utvecklingsföretagen har ambitionen att på sikt utveckla autonoma farkoster och därmed ersätta piloten med ytterligare en betalande passagerare.

Volocopter är ett tyskt bolag som utvecklar farkoster som kan användas i taxitrafik inom urbana områden. Deras helt elektriska Volocity byggs för att kunna flyga två passagerare och handbagage med en räckvidd på 35 km (Volocopter.com, 2019). Farkosten drivs framåt av 18 små propellrar och motorer med en hastighet upp till 100 km/h. Batterierna kan bytas ut på fem minuter, vilket gör det möjligt att minimera tiden mellan flygningarna. Farkosten kommer inte att säljas till andra aktörer eller privata konsumenter. Företaget uppger att de sedan starten uppbringat omkring 122 miljoner Euro för utvecklingen (electric VTOL news, 2020).

En kombination av eVTOL och flygplan med fasta vingar är Tiltwing som kan starta och landa vertikalt, men som också har vingar som genererar lyftkraft vid flygning horisontellt och som därmed kan flyga med högre hastighet.

Det pågår utveckling av ett svenskt tiltwing-flygplan. Katla Aero utvecklar en farkost för två personer (600 kg startvikt). Då den startar och landar vertikalt är det möjligt att landa med den nästan överallt då det inte behövs några landningsbanor. Energieffektiviteten under flygning blir hög då farkosten är utrustad med vinge, vilket också bidrar till att ge den en högre hastighet. Tanken är att farkosten ska användas för resor mellan städer eller för att knuta ihop stad och landsbygd över kortare sträckor (Wiberg, E., 2020b).

Ett annat bolag, Lilium, är ett tyskt bolag som satsar på att ta fram en elektrisk "flygande Taxi" för fyra passagerare och en räckvidd på 300 km. Farkosten startar och landar vertikalt och har vingar som ger lyftkraft under flygning. Visionen är att farkosten ska flyga mellan de centrala delarna av städer belägna inom en timmes flygtid. Förhoppningen är att det ska finnas en färdig farkost år 2025 (dw.com, 2020). Projektet drabbades av ett bakslag när en prototyp av farkosten fattade eld. Trots covid-19-pandemi och brand har projektet varit framgångsrikt vad gäller att säkra sin finansiering (sifted.eu, 2020).

eVTOL-farkoster behöver för att starta och landa en yta som motsvarar en helikopterplatta. När verksamheten ska bedrivas affärsmässigt så tillkommer det dock viss infrastruktur förutom laddmöjligheter. Till exempel utrymmen för personal, uppställningsytor för farkosterna och utrymmen för passagerare. I såväl Liliums som i Volocopters koncept ingår sådan infrastruktur (Masson M., 2020).

Ett ökat antal eVTOL, med eller utan passagerare, medför också att antalet flygrörelser ökar. Luftrummet är sedan länge anpassat för bemannat flyg och dagens flygtrafikledning utförs aktivt av människor. En stor ökning av flygningar gör situationen ohållbar. En automatisering är nödvändig om flygsäkerheten ska upprätthållas, vilket troligtvis medför att nya krav ställs på ny navigeringsutrustning ombord, även för de konventionella luftfartygen i samma luftrum (Transportstyrelsen, 2019a). Denna utveckling kan också innebära ett steg på vägen för att vänja allmänheten vid elektriska flygfarkoster, inklusive elflygplan.

5 Scenarier för elflyget och effekterna för tillgänglighet och konkurrenskraft

Det traditionella flygets bidrag till tillgänglighet utgör i huvudsak dess berättigande ur transportpolitisk synvinkel. Därför är det på sin plats att inledningsvis visa hur tillgängligheten varierar över landet, och resonera kring hur elflyget kan förändra tillgänglighetens geografi. Över långa avstånd saknar flyget konkurrens från andra trafikslag och är därför ett viktigt verktyg för att hålla ihop landet. I detta kapitel beskrivs olika scenarier för elflygets utbud vilka även inrymmer en uppfattning om hur tillgängligheten påverkas.

5.1 Tillgänglighet och konkurrenskraft

Flyget är särskilt betydelsefullt för vissa branscher

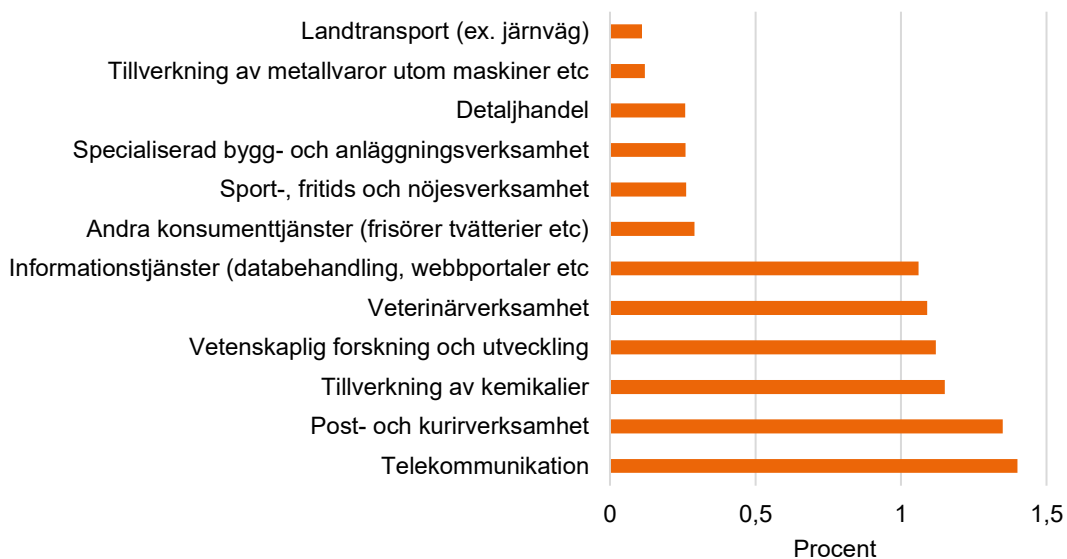
Det finns teoretiska belägg för att den ökade tillgänglighet som flyget ger upphov till har varit betydelsefull för näringslivets utveckling och konkurrenskraft. Idag spekuleras det om att världen i flera avseenden kommer att se annorlunda ut efter covid-19-pandemin. En möjlig förändring är att vår benägenhet att ha distansmöten och distansarbete kommer att öka. En sådan utveckling skulle potentiellt också påverka behovet av affärsresande med flyg och rimligen minska flygets betydelse för näringslivet. I den diskussionen nämns att "flygskam" skulle kunna vara en faktor som driver på en sådan utveckling ytterligare. Vi ger oss inte på att göra någon prognos eller bedömning i den delen utan nöjer oss med att teckna den traditionella bilden av flygets betydelse för näringslivet konkurrenskraft.

På uppdrag av tankesmedjan Studieförbundet Näringsliv och Samhälle (SNS) och med stöd från bland andra Trafikanalys undersökte två forskare sambanden mellan flyget och företagen (Ferguson, S. och Forslid, R., 2016). Baserat på data om den dittillsvarande utvecklingen analyserades sambandet mellan avståndet till en flygplats och ekonomisk aktivitet med en enkel modell. Resultaten visade att avståndet till närmaste flygplats hade ett mycket starkt samband med den ekonomiska aktiviteten i kommunerna. En kommun med tio procents längre avstånd till en flygplats hade ungefär 13 procents lägre produktion, 14 procent lägre import och tio procent lägre export. Importen tycktes alltså vara mer känslig än exporten, vilket kan förklaras med att en stor del av den svenska exporten utgörs av tunga och skrymmande varor som fordon, stål och malm.

En djupare analys visade att flyget var särskilt betydelsefullt för vissa branscher. Resultatet visade att aktiviteten i de högteknologiska och humankapitalintensiva branscherna, exempelvis IT och finansverksamhet, samvarierade starkt med god tillgång till flyg. En (teoretisk) ökning av storleken på alla flygplatser med tio procent samvarierade med en ökning i produktionen med fem procent inom IT och programmering, medan ökningen var ungefär hälften så stor för tillverkningsindustrin. Samma förhållanden gällde om avståndet till samtliga flygplatser skulle minska med tio procent. Det sistnämnda är intressant då det knyts

förhoppningar kring att fler flygplatser ska öppna för linjetrafik med elflyg, vilket bör öka tillgängligheten till flygplatser.

En mer detaljerad branschindelning gav större spridning i resultaten (Figur 5.1). En ökning med en procent i tillgångsindexet till flygplatser motsvarade en produktionsökning med hela 1,4 procent inom branschen telekommunikation. Motsvarande för tillverkning av metallvaror är blygsammare: 0,13 procent. Det övergripande mönstret var dock detsamma som för mer aggregerade branschdata. Det var främst moderna branscher med högteknologi och en hög andel humankapital som var mer beroende av god tillgänglighet med flyg.



Figur 5.1. Effekten på produktionen (förädlingsvärdet) i olika branscher (SNI tvåsiffrig huvudgrupp) av 1 procents ökning i index för flygplatstillgång.

Anm. Endast samband med 1 procents signifikansnivå visas i figuren.

Källa: Ferguson, S. och Forslid, R. (2016).

Det ovanstående gällde både inrikes- och utrikestrafik för samtliga relationer. Betydelsen av direkta förbindelser till Stockholm undersöktes också. Det finns flera anledningar till att Stockholm var den vanligaste destinationen för inrikesflyget. Stockholm var och är ett viktigt nav för vidare transport ut i världen, och dessutom ett viktigt besöksmål för privatresor. För tjänsteresenärer kan konstateras att Stockholmsregionen utgör ett centrum för den svenska tjänstesektorn. Regionala enheter av företag behöver snabba förbindelser till huvudkontoret som många gånger är lokaliserat till Stockholm. Omvänt behöver huvudkontoret ha goda möjligheter att nå olika produktionsenheter spridda över landet. Även för omlocaliserade statliga myndigheter finns behov av att träffa sina uppdragsgivare och andra i Stockholm. En möjlig nackdel med Stockholm som ett tydligt nav är att det blir svårt att resa "på tvären" utan att passera Stockholm. Det sistnämnda brukar framföras som ett argument för elflyget som anses ha en prestanda som gör den lämplig för förbindelser på tvären.

Frågan är huruvida dessa direktförbindelser med Stockholm påverkar näringsstrukturen utanför storstadsområdena. Det visar sig att mönstret delvis är detsamma som ovan i det att flygplatser är viktiga för de kunskapsintensiva branscherna. En viktig skillnad är dock att tillverkningsindustrin tillhör de branscher som är mest beroende av flyg. Det beror sannolikt på att tillverkning sker på olika platser i landet och att det finns ett behov av fysiska möten med huvudkontoret i Stockholm.

En kort summering av flygplatsers betydelse för näringslivet ger vid handen att flyget traditionellt är särskilt betydelsefullt för kunskapsintensiva branscher. Kännetecknande för dessa är att de i stor utsträckning är lokaliserade till storstadsområdena och därmed har tillgång till flyg via de statliga flygplatserna.

Det finns dock kunskapsintensiv verksamhet utanför storstadsområdena och bortom Swedavias upptagningsområde. Det kan exempelvis gälla verksamhet i anslutning till universitet som därmed är mer beroende av regionalflyget. Intressant är också att flyget visat sig vara betydelsefullt även för den traditionella tillverkningsindustrin som är viktig för stora delar av regionalflygets upptagningsområde och inte minst för flygplatser beroende av upphandlat flyg.

Vi vet inte för vilka reseärenden elflyget kommer att användas. Då räckvidden åtminstone initialt antas vara relativt kort kan elflyget komma att användas för inomregionala resor. Detta är ett nytt segment för luftfarten och det saknas därför kunskap om vilka resenärskategorier som kommer att flyga och betydelsen för näringslivet. Under förutsättning att kostnaden för att flyga inte blir för hög kan elflyget bli ett verktyg för att vidga arbetsmarknaden för arbetstagarna och öka utbudet av kompetent arbetskraft för arbetsgivarna.

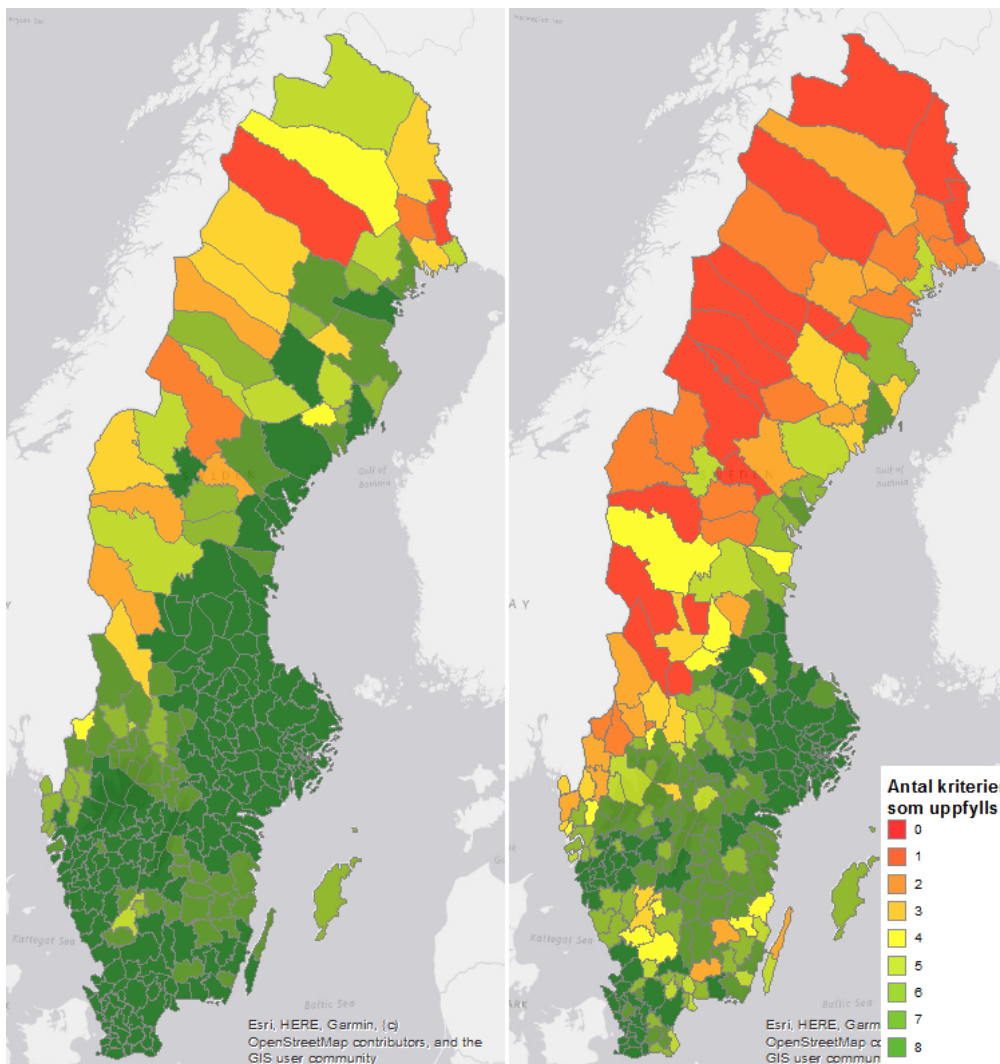
Tillgängligheten varierar över landet

Hur tillgängligheten varierar över landet kan övergripande illustreras med Trafikverkets tillgänglighetsmodell som är framtagen för att påvisa brister i den grundläggande tillgängligheten för interregionala resor.

Den utgör ett underlag för beslut om statlig upphandling (trafikavtal) av tåg, buss och flyg. Trafikverket har valt att tolka och kvantifiera grundläggande tillgänglighet genom åtta tillgänglighetskriterier för resor. För varje kriterium finns tre nivåer: god (grön), acceptabel (gul) och dålig (röd) tillgänglighet (Bilaga 2).

De flesta kommuner från Mälardalen och söderut samt ett stråk norrut längs med kusten uppnår god tillgänglighet i fler än hälften av kriterierna, se höger bild i figur 5.2. Undantag utgörs av vissa kommuner i Småland och kommuner belägna mycket långt norrut samt ett fåtal kommuner belägna annorstädes. I Norrlands inland och stora delar av Dalarna och Dalsland återfinns kommunerna som enbart uppfyller ett fåtal kriterier.

Om ambitionsnivån sänks till acceptabel tillgänglighet blir området som uppfyller ett fåtal kriterier mer tydligt avgränsat till Norrlands inland med avstickare in i norra Värmland och nordvästra Dalarna. Mer flygtrafik i dessa områden skulle bidra till att förbättra tillgängligheten där.

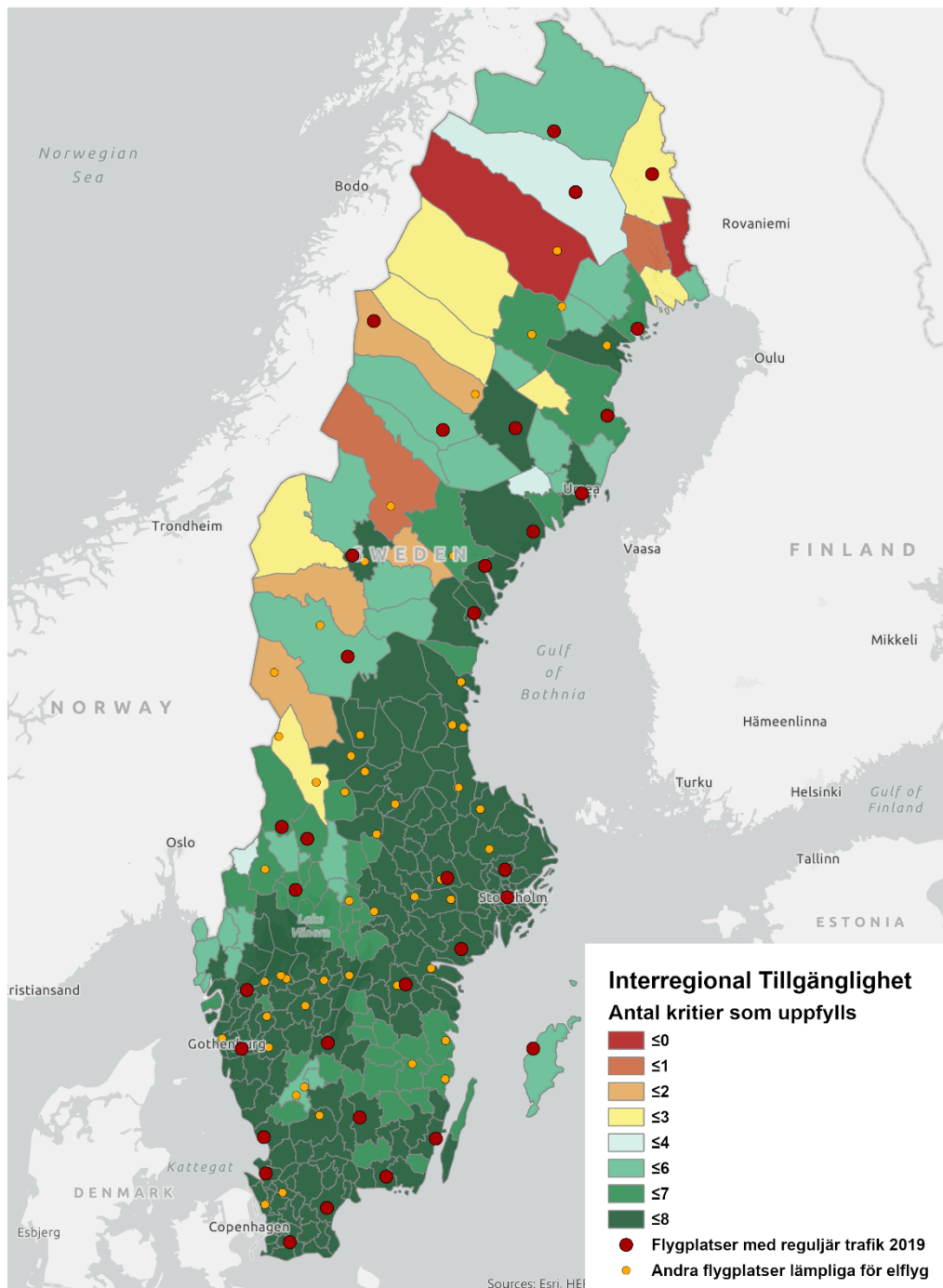


Figur 5.2. Interregional geografisk tillgänglighet. Antal kriterier (1–8) som uppfylls på nivån för acceptabel tillgänglighet (vänster bild) respektive nivån för god tillgänglighet (höger bild) per kommun, med Trafikverkets trafikavtal 2019.

Källa: Trafikanalys, 2020b.

Av Figur 5.3 nedan, framgår att det finns flera flygplatser inom områden som uppfyller få kriterier för acceptabel tillgänglighet. På flera av dessa finns reguljär trafik i form av framförallt upphandlade flyglinjer, men även trafik som drivs på rent kommersiella grunder (exempelvis till Kiruna). Det finns också ett antal flygplatser med en asfalterad start- och landningsbana på minst 800 meter som skulle vara tänkbara landningsplatser för elflyg och därmed förbättra tillgängligheten i sitt omland om de trafikerades. Tidigare i rapporten har vi dock konstaterat att det innebär investeringar och ökade driftskostnader att öppna nya flygplatser för kommersiell trafik och vår bedömning är att det inte kommer att ske.

De första generationerna elflyg kommer inte ha tillräcklig kommersiell räckvidd för att förbinda Norrlands inland med Stockholm. Däremot kan de utgöra en länk mellan inland och kustland, vilket också blir en förbindelse mellan områden med dålig respektive hög tillgänglighet.



Figur 5.3. Flygplatsers lokalisering i förhållande till antal kriterier som uppfylls för acceptabel tillgänglighet. Källa: Egen bearbetning.

5.2 Scenarier med kort räckvidd och låg passagerarkapacitet

Utveckling och innovation innebär alltid moment av osäkerhet. Tidsplaner kan spricka och projekt levererar inte alltid den produkt som avsetts. Andra gånger kan det tvärt om vara så att tidsplaner överträffas och resultaten överträffar förväntningarna. Med covid-19-pandemin har redan osäkra tidsplaner blivit ännu osäkrare. Vi har därför valt att inte tidsätta våra scenarier, utan istället beskriva scenarier utifrån en tänkt tillgänglig teknik och utifrån vår bedömning av marknadsförutsättningarna.

I följande scenarier räknar vi med att elflygen kan uppnå en kommersiell räckvidd på 40 mil. Vi har valt 40 mil för att det motsvarar de högst ställda ambitionerna hos de företag som nu utvecklar elflyg. 19 passagerare är det passagerarantal som är det högst tillåtna för certifieringsstandaren CS23 som kommer att tillämpas på den första generationen kommersiella elflygplan. Scenarierna kan således betraktas som ett tak för den första generationens elektrifierade plan i kommersiell trafik. Utifrån denna prestanda redovisas fyra scenarier,

- upphandlad trafik,
- befintlig inrikes och utrikes trafik,
- nya korta linjer samt,
- nya linjer i norra Sverige.

I anslutning till respektive scenario jämförs restiden mellan elflyg, kollektivtrafik och bil enligt följande metod. Restiden för bil och flyg erhålls från Google. Restiden med elflyg antas vara 30 procent längre än för konventionellt flyg. Ett tillägg för tidsåtgång för säkerhetskontroll och marktransport på 100 minuter läggs till restiden för elflyget. Restiden med kollektivtrafik utgörs av den snabbaste förbindelsen enligt samtrafikens databas. Målpunkten på destinationsorten är en central plats, typiskt stadens centrala torg.

Tillsammans ger dessa scenarier ett relativt välförgrenat nät av förbindelser, även i relationer som inte tidigare har haft några flygförbindelser.

Upphandlad trafik

Vår bedömning är att fyra av Trafikverkets sju upphandlade linjer rent kapacitetsmässigt vore möjliga att ersätta med elflyg (Figur 5.4). Mot bakgrund av befolkningsutvecklingen i dessa områden är det knappast troligt att efterfrågan kommer att öka i sådan omfattning att flygplanstypen blir för liten. Det bör dock framhållas att flyglinjen mellan Sveg och Arlanda som omfattas av scenariot ligger nära den beräknade räckvidden. I realiteten betyder det att flygplanstypen är mindre lämplig på denna linje. Till scenariot hör även flyglinjen mellan Arlanda och Mariefhamn som upphandlas av Ålands landskapsregering.

Dessa flyglinjer är viktiga för att förbättra tillgängligheten, vilket Trafikverkets upphandling är ett kvitto på. I relation till konventionellt flyg innebär elflyget en viss försämrad tillgänglighet då elflygets hastighet är något lägre. Vi kan notera att restiden med elflyg på linjen mellan Pajala och Luleå hamnar nära restiden för bil (Tabell 5.1). Här bör även beaktas att vinterväglag råder under stora delar av vinterhalvåret vilket talar till flygets fördel.

Ur klimatsynvinkel är scenariot gynnsamt eftersom befintlig konventionell flygtrafik ersätts av elflyg med låga utsläpp.

Tabell 5.1. Restid mellan ett urval av olika destinationer för olika trafikslag (minuter).

<i>Flygstråk</i>	<i>Elflyg</i>	<i>Elflyg och marktransport</i>	<i>Bil</i>	<i>Kollektivtrafik</i>
Östersund - Umeå	60	160	280	360
Torsby - Stockholm	110	210	290	330
Hagfors - Stockholm	60	160	250	330
Sveg - Stockholm	80	180	320	430
Pajala - Luleå	50	150	150	200

Källa: Egna bearbetningar av Samtrafikens databas och Google.

Anm. Restiderna har avrundats till närmaste tiotal för att illustrera att de är osäkra.

Befintlig inrikes och utrikes trafik

När det gäller befintlig trafik från övriga regionala flygplatser trafikeras de ofta av flygplan med en kapacitet som överstiger 19 passagerare. Till följd av covid-19-pandemin har flera flyglinjer upphört och därför vore det missvisande att utgå från detta år när potentiella elflygslinjer identifieras. Istället utgår vi från linjeutbudet 2018/19. I detta scenario tänker vi oss att elflyget i viss mån kan kompensera för den lägre passagerarkapaciteten med fler avgångar. Vi antar att det företagsekonomiskt är svårt att konkurrera med flygplan med en passagerarkapacitet som överstiger 50 personer. Var denna gräns går är dock svårt att bedöma då många faktorer är okända gällande exempelvis elflygets driftskostnader, elflygets inköpspris och eventuella framtida statliga stöd. Vidare kan det inte heller uteslutas att viss trafik idag bedrivs med för stora flygplan i förhållande till efterfrågan. I scenariot identifierar vi åtta flyglinjer som uppfyller dessa krav, varav två är utrikeslinjer (Figur 5.4). Linjen mellan Arlanda och Oslo trafikeras normalt av betydligt större flygplan, men för närvarande bedrivs även trafik med betydligt mindre flygplanstyp vissa dagar (SAAB 340, med 34 säten). Möjligen är det ett uttryck för minskad efterfrågan under covid-19-pandemin. Det är ändå tänkbart att det även på större linjer skulle finnas viss efterfrågan på elflyg från konsumenter som värderar klimatfrågan högt. Det bör också framhållas att flyglinjen mellan Arlanda och Oslo ligger nära räckvidden för elflyget i detta scenario.

Elflygets lägre hastighet innebär något förlängda restider även i detta scenario. Elflyget med marktransporter är dock snabbare än de markbundna transportererna på samtliga relationer, även om skillnaden är relativt liten på flyglinjerna mellan Arlanda och Karlstad respektive Jönköping (Tabell 5.2). Med en höghastighetsjärnväg mellan Sveriges tre största städerna via Jönköping skulle sannolikt flyglinjen mellan den sistnämnda och Arlanda få svårt att klara konkurrensen.

Även i detta scenario ersätts befintlig konventionell flygtrafik med elflyg, vilket bidrar till att minska utsläppen av klimatgaser.

Tabell 5.2. Restid mellan ett urval av olika destinationer för olika trafikslag (minuter).

<i>Flygstråk</i>	<i>Elflyg</i>	<i>Elflyg och marktransport</i>	<i>Bil</i>	<i>Kollektivtrafik</i>
Stockholm - Sundsvall	70	170	220	210
Stockholm - Trollhättan	80	180	270	250
Arlanda - Jönköping	80	180	190	190
Arlanda - Karlstad	60	160	190	210
Arlanda - Mora	60	160	220	320
Arlanda - Åbo	110	210	560	--
Arlanda - Oslo	70	170	360	450

Källa: Egna bearbetningar av Samtrafikens databas och Google.

Anm. Restiderna har avrundats till närmaste 10-tal för att illustrera att de är osäkra.

Även i detta scenario ersätts befintlig konventionell flygtrafik med elflyg, vilket bidrar till att minska utsläppen av klimatgaser.

Nya korta linjer

Delar av flygbranschen har föreslagit ett antal flyglinjer som de anser vore lämpliga för introduktion av elflyg (Figur 5.4) (Heart Aerospace, 2020b). Det handlar exempelvis om flera nya förbindelser med Gotland som i första hand motiveras utifrån fritidsresenärers behov av tillgänglighet. Utmärkande för dessa flyglinjer är att de är korta och passerar över öppet hav, vilket minskar konkurrensen från andra trafikslag gällande restider. Flyglinjen Sveg-Östersund kan ha en regionförstärkande effekt genom att Sveg får tillgång till Östersunds utbud av service, utbildning och arbetsmarknad. I detta scenario finns även ett antal kortare linjer i norra Sverige som inbegriper framväxten av ett nav i Luleå för vidare flygresor till Norrbottens inland.

Våra beräkningar visar att elflyg, om hänsyn tas till marktransporterna, får svårt att konkurrera tidsmässigt med markbundna transporter på några av flyglinjerna. Det gäller för relationerna Lycksele och Skellefteå respektive Sveg och Östersund (Tabell 5.3). Mellan Gällivare och Luleå är tåget ett nästan lika snabbt alternativ. För resenärer från Stockholm som ska vidare till Gällivare är det naturligtvis mer bekvämt att enkelt byta flygplan istället för att genomföra ett krångligare färdmedelsbyte för vidare resa.

I detta scenario tillkommer enbart ny flygtrafik. Några positiva konsekvenser för klimatet av att ersätta konventionell flygtrafik saknas därför. Effekten på klimatet av eventuell överflyttning från bil till elflyg beror på hur stor andel av bilarna som är elektrifierade och på vilket bränsle övriga bilar kör. Det transportpolitiskt positiva tillskottet av detta scenario härrör därför från tillgänglighetsvinsterna från vissa av de ingående flyglinjerna.

Tabell 5.3. Restid mellan ett urval av olika destinationer för olika trafikslag (minuter).

<i>Flygstråk</i>	<i>Eflyg</i>	<i>Eflyg och marktransport</i>	<i>Bil</i>	<i>Kollektivtrafik</i>
Sveg - Östersund	40	140	140	160
Storuman - Skellefteå	50	150	170	350
Visby - Linköping	60	160	330	370
Visby - Kalmar	60	160	230	280
Arvidsjaur-Luleå	40	140	120	160
Gällivare - Luleå	50	150	180	160
Umeå - Vilhelmina	50	150	170	220
Lycksele - Skellefteå	50	150	120	160

Källa: Egna bearbetningar av Samtrafikens databas och Google.

Anm.: Restiderna har avrundats till närmaste 10-tal för att illustrera att de är osäkra.

Nya linjer i norra Sverige

Utvecklingsprojektet GreenFlyway har föreslagit flera flyglinjer i norra Sverige med utrikeslinjer till Norge och Finland (Figur 5.4) (GreenFlyway, 2020). Den slingade flyglinjen Trondheim-Östersund-Sundsvall motiveras utifrån att den möjliggör interaktion mellan de olika universiteterna på de olika orterna. Trondheim är Norges tredje största stad och flygplatsen erbjuder direktflyg till flera internationella destinationer. Mellan Östersund och Sundsvall blir det möjligt att flyga raka vägen utan att behöva ta en omväg via Stockholm. Det kan bidra till att öka integrationen inom denna landsdel. Flera flyglinjer förbinder orter i inlandet med kuststäderna, vilket medför att det uppkommer mindre nav för flygtrafiken där.

Sceneriet innehåller även en flyglinje mellan Umeå och Vasa över Kvarken vilket innebär att landtransporter inte är ett konkurrenskraftigt alternativ. Till motivbilden hör personalförsörjning för regionsjukhus och universitet i Umeå.

Samtliga elflyglinjer i detta scenario är konkurrenskraftiga mot landbaserade transporter även om marktransporterna till flygplatsen räknas in. Den transportpolitiska fördelen med en utveckling enligt scenariot utgörs av tillgänglighetsvinster. Effekten på klimatet av eventuell överflyttning från bil till elflyg beror på hur stor andel av bilarna som är elektrifierade och på vilket bränsle övriga bilar kör.

Tabell 5.4. Restid mellan ett urval av olika destinationer för olika trafikslag (minuter).

<i>Flygstråk</i>	<i>Eflyg</i>	<i>Eflyg och marktransport</i>	<i>Bil</i>	<i>Kollektivtrafik</i>
Rörös - Östersund	50	150	230	--
Östersund - Oslo	70	170	440	670
Luleå - Umeå	50	150	180	240
Umeå - Sundsvall	60	160	180	180
Skellefteå - Sundsvall	80	180	270	340

Källa: Egna bearbetningar av Samtrafikens databas och Google.

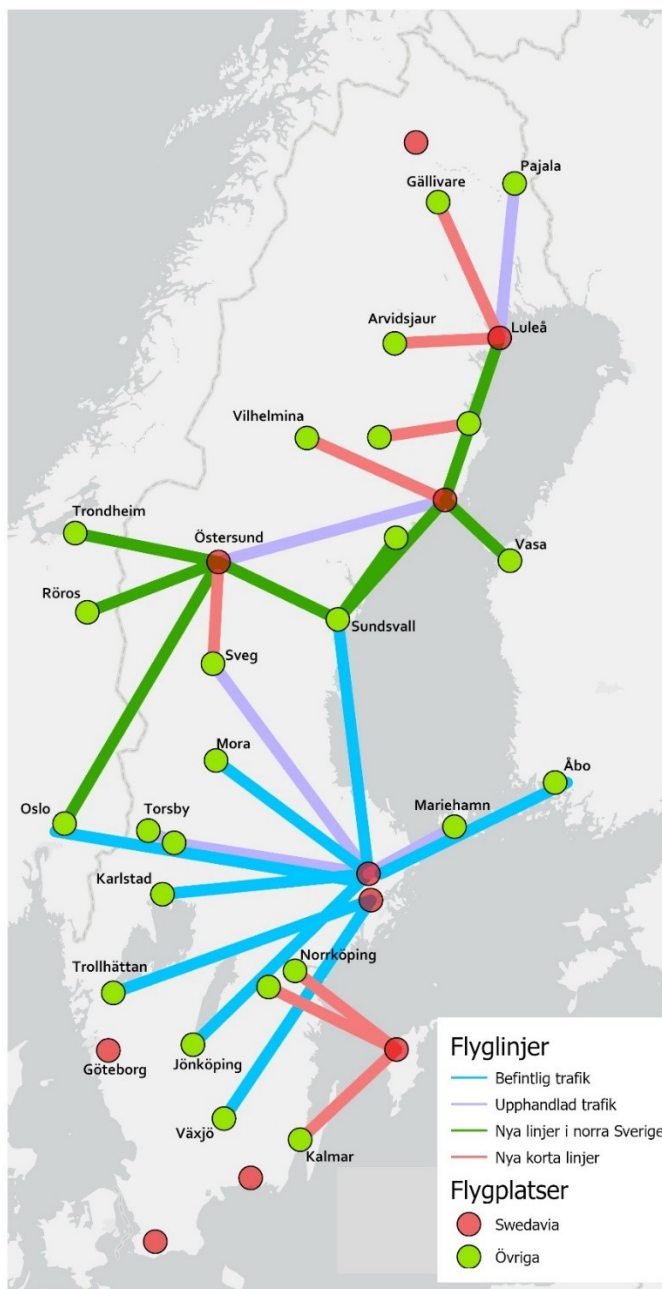
Anm.: Restiderna har avrundats till närmaste 10-tal för att illustrera att de är osäkra.

Sammanfattande kommentarer

Elflyget i ovanstående scenarier utmärks av följande (Figur 5.4).

- Flyglinjer med små resandeströmmar över korta avstånd. Flera linjer utgår från glest befolkade områden och kan därför bidra till att skapa en grundläggande tillgänglighet.
- Konkurrenskraftiga elflygslinjer passerar över hav, obebyggda områden eller andra fysiska barriärer som försvårar konkurrens från olika markbaserade trafikslag.

Ytterst är det marknaden som avgör var flyglinjer kommer att uppstå med undantag för offentligt upphandlade flyglinjer under trafikplikt. I dessa scenarier har vi antytt att det kan finnas kopplingar mellan olika orter som en följd av att det finns universitet eller annan högre utbildning med tillhörande forskning. Fördjupade forskningssamarbeten kräver oftast någon form av fysiska möten. Det förekommer också att personalens undervisning är lokaliserad till flera orter vilket underlättas av snabbare elflygsförbindelser. Även annan offentlig service som specialiserad sjukvård har lyfts fram som lämpliga målpunkter för flyglinjer till gagn för både brukare och för personalförsörjningen. Vi vet också att tillgänglighet är betydelsefullt för näringslivets utveckling. Inom ramen för detta uppdrag har det dock inte varit möjligt att identifiera beroenden mellan olika företag och hur de är lokaliserade. Det är en uppgift som ankommer flygbolag, flygplatser och andra aktörer med lokalkännedom.



Figur 5.4. Elflyglinjer i scenarierna.

Det är också viktigt att beakta att elflyget kan utgöra en del av en längre flygresa, där elflyget blir ett smidigt sätt att förbinda de mindre flygplatserna i inlandet med kustlandets flygplatser för vidare resa. Bytet på flygplatsen blir smidigt då incheckning och säkerhetskontroll redan är genomförd.

Eftersom räckvidden är begränsad går flera flyglinjer inom ett län eller till grannlandet, vilket indikerar en annan typ av resande med elflyg i ett sådant scenario än vad som normalt sker med flyg. Det är tänkbart med en förstoring av arbetsmarknaden av den typ som är förknippad med investeringar i järnvägssystemet.

Osäkerheter kring scenarierna

De ovan redovisade scenarierna utgör ingen prognos för hur trafiken kommer att bli, utan redovisar möjliga flyglinjer med en given teknisk utveckling. De befintliga flyglinjerna som ingår i scenarierna tyder genom sin blotta existens på att det finns en efterfrågan på dessa linjer, alternativt att staten har bedömt det transportpolitiskt motiverat att stödja dem ekonomiskt. På dessa linjer borde därför inte steget vara särskilt långt för något flygbolag att byta till eldrift. Det finns emellertid flera frågetecken kring de ekonomiska förutsättningarna. På flera linjer kan en övergång till eldrift innebära att flygplansstorleken minskas, vilket innebär att färre passagerare ska generera tillräckliga intäkter för att täcka kostnader och åstadkomma en liten vinst. En förutsättning för att detta scenario ska förverkligas är därför att drift- och underhållskostnaderna blir tillräckligt låga för att generera tillräckliga intäkter. Det finns ett tak för hur höga biljettpriserna kan vara och samtidigt förbli konkurrenskraftiga gentemot andra trafikslag då både bil och tåg kan vara ett alternativ på vissa sträckor.

Hur låga dessa drifts- och underhållskostnader kan bli med mogen teknologi påverkar de ekonomiska förutsättningarna för flygbolagen och därmed ytterst behovet av olika styrmedel. Det kan exempelvis handla om att staten handlar upp olönsam trafik som anses motiverad för att bidra till grundläggande interregional tillgänglighet. Vissa linjer i ovanstående scenarier är inomregionala vilket väcker frågan huruvida det är möjligt för de regionala kollektivtrafikmyndigheterna att ge stöd till luftfart.

Vi har redan konstaterat att på dessa relativt korta flygsträckor finns det även en konkurrensytta gentemot bilen, vilket innebär att i första hand flyglinjer över vatten eller andra otillgängliga områden blir konkurrenskraftiga. I synnerhet om hänsyn tas till marktransport till och från flygplatsen samt tid för säkerhetskontroll. På små flygplatser brukar visserligen terminaltiden vara begränsad då köer sällan uppkommer. Dessutom finns möjligheten att ta bort säkerhetskontrollen på flyglinjer som trafikeras med flygplan som understiger tio ton, vilket de första elflygen sannolikt kommer att göra. Idag utnyttjas sällan den möjligheten eftersom passagerarna i regel slussas in till säkerhetskontrollerade områden på flygplatsen efter landning, vilket är bekvämt för de som önskar flyga vidare. Med ett slopande av säkerhetskontrollen skulle elflygets restider bli betydligt mer konkurrenskraftiga. En studie om elflygets potential i Finland har visat att på avstånd över 170 km är flygets restid konkurrenskraftigt gentemot bilen (Baumeister m.fl., 2020).

De kommunala flygplatsernas ekonomi är också en avgörande fråga mot bakgrund av deras utsatta ekonomiska situation. Idag genererar inte flygtrafiken på dessa flygplatser tillräckliga intäkter för att klara ekonomin utan stöd från sina ägare. Det kan därför finnas ett behov av ökat statligt stöd till dessa flygplatser.

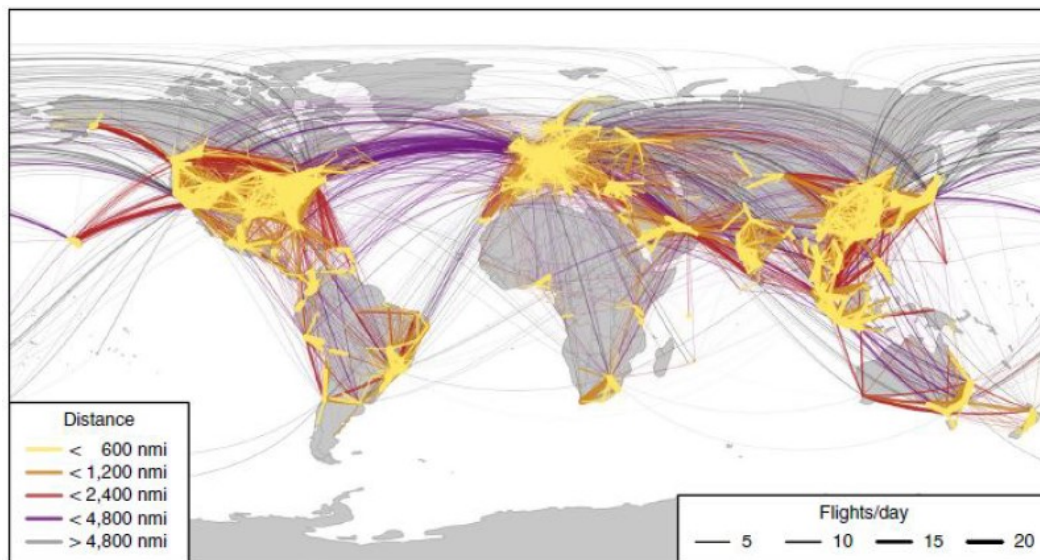
5.3 Utblick mot alternativa framtider

De ovanstående scenarierna präglades av både kort kommersiell räckvidd och låg passagerarkapacitet, vilket får till följd att påverkan på tillgänglighet och klimat visserligen ofta är positiv, men utan att ge någon större effekt på de globala klimatutsläppen eftersom flyglinjerna med de stora passagerarströmmarna inte har varit möjliga att elektrifiera.

Räckviddsmässigt hade det varit möjligt att nå exempelvis Tallinn från Stockholm med flygplanet i de föregående scenarierna. Däremot bedömdes passagerarkapaciteten vara för liten för att medge kommersiell trafik med elflyg över Östersjön. I takt med att

batterikapaciteten utvecklas kan linjenätet med elflyg utökas, bland annat med linjer som förbinder länderna runt Östersjön.

Schäfer m.fl. (2019) uppskattar att energitätheten hos batterier runt mitten av seklet kommer att vara tillräckligt hög för att medge en kommersiell räckvidd på 1 111 km (600 nautiska mil) och en flygplansstorlek som motsvarar Airbus A320 eller Boeing 737 (omkring 190 personer). Den prestandan motsvarar de gulfärgade rutterna i Figur 5.5 vilket skulle innebära en dramatisk skillnad för vilka flyglinjer som kan vara aktuella för elektrifiering. De gula rutterna innebär att omkring hälften av alla avgångar i världen skulle kunna ersättas med elflyg, vilket också innebär en minskning med 15 procent av konventionella flygbränslen.



Figur 5.5. Simulerad räckvidd av flygnätet givet olika batterikapacitet.
Källa: Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020.

En räckvidd på 1 111 km är tillräcklig för att täcka hela Sverige från Stockholm och stora delar av våra grannländer (Figur 5.6). Amsterdams flygplats Schiphol och Prags internationella flygplats ligger precis innanför räckviddsområdet söderut. Med utgångspunkt från Malmö eller Köpenhamn vore det naturligtvis möjligt att nå längre söderut i Europa.



Figur 5.6. Elflygets räckvidd från Arlanda givet en räckvidd på 1 111 km utan mellanlandning.
Källa: Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020.

VTI konstaterar att det största hindret för helt elektriskt flyg är batteriets långsamma och osäkra utveckling (Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., 2020). En flygning består av de olika faserna stigning, cruise och landning där stigningen är den mest energikrävande. Simuleringar utifrån ett elektriskt tvåmannaflygplan visar att energiåtgången kan reduceras med tio procent för elflyg om stigningsfasen kan optimeras med avseende på energi-effektivitet. Simuleringen visar att det krävs 2,5 gånger mer energi vid stigningen än i cruise-fasen. Detta faktum gör att olika typer av hybridlösningar kan bli aktuella för att förlänga planens räckvidd (Shaohua m.fl., 2017). Batterierna kan därmed användas under delar av flygningen som inte är så energikrävande och det konventionella bränslet kan användas vid mer energikrävande faser. I genomgången av olika elflygsprojekt i kapitel 4 pekades också på möjligheten att ladda batteriet under landning.

Tidigare i rapporten har vi pekat på att hybridlösningar också innebär en kostnad i form av ökad komplexitet, ökad vikt med dubbla drivlinor vilket också medför ökade kostnader för underhåll. Trots dessa nackdelar pågår flera utvecklingsprojekt med olika varianter på hybridlösningar för att förlänga räckvidden och öka passagerarstorleken.

Avslutningsvis kan man också fundera över i vilken utsträckning klimatdebatten kring flyget kommer att påverka vårt flygresande i framtiden. I kapitlets inledning berördes möjligheterna med ökad användning av distansmöten för att minska flygresorna. En studie som genomfördes i Norge före covid-19-pandemin konstaterade att det finns en viss potential att ytterligare ersätta tjänsteresor med möten på distans, och att omfattningen av denna substitution bestäms av priset på flygresor (Denstadli m.fl., 2013). När covid-19-pandemin tvingat fram ett förändrat beteende och visat att många möten är möjliga att genomföra på distans är frågan hur bestående förändringen blir. Det vet vi inte, men att bryta invanda mönster är ett viktigt steg mot förändring.

På liknande sätt kanske klimatdebatten kan öppna upp för ett förändrat flygbeteende med ökad acceptans för längre restider och mellanlandningar. En sådan förändring skulle öka elflygets konkurrenskraft mot det konventionella flyget.

6 Styrmedel

Detta kapitel handlar om olika styrmedel som kan användas för att främja en övergång till en kostnadseffektiv och samhällsmotiverad trafik med eldrivna flygplan. Exempel på olika styrmedel och hur de kan implementeras hämtas i stor utsträckning från Norge, men också från Frankrike, Storbritannien och EU. Avslutningsvis ges exempel på styrmedel som kan implementeras i Sverige för att stödja utvecklingen av elflyg.

6.1 Generella styrmedel

Det finns flera generella styrmedel på plats som gynnar elflyget. Inom EU finns sedan 2012 handelssystemet med utsläppsrätter (EU ETS) för flyg mellan flygplatser inom EES.³⁶ Det innebär att flygbolagen är skyldiga att i efterhand köpa och lämna in utsläppsrätter till Europeiska kommissionen som motsvarar de utsläpp av koldioxid man orsakat, en utsläppsrätt per utsläppt ton koldioxid. Hur stora de totala utsläppen blir styrs i princip helt av hur många utsläppsrätter som bjuds ut på marknaden (Nilsson m.fl., 2020). Flygplan med en startvikt under 5 700 kg är undantagna (Naturvårdsverket, 2019). Det betyder att de allra flesta elflyg i kommersiell trafik kommer att ingå i handelssystemet. Det projekterade elflygplanet Alice beräknas exempelvis ha en startvikt på 6 350kg (Eviation.co, 2019). Driftkostnaderna för konventionellt flyg kommer att öka i takt med priset på utsläppsrätter. För Sverige och andra länder med en stor andel fossilfri elproduktion utgör därför handelssystemet ett styrmedel bort från konventionella flygplan och flygbränslen till förmån för eldrift eller andra klimatvänligare tekniker.

Från 1 januari 2021 kommer det globala marknadsbaserade styrmedlet CORSIA att gälla. Kortfattat innebär styrmedlet att flygets utsläpp tillåts växa fram till år 2020. Därefter måste flygbolagen köpa utsläppskrediter för de utsläpp som överstiger en basnivå beräknad utifrån 2019 års resande³⁷, vilket då bidrar till utsläppsminskningar inom andra sektorer istället för inom det internationella flyget. Med denna åtgärd skulle det internationella flyget få en så kallad koldioxidneutral tillväxt (Transportstyrelsen, 2019b). Kompensationskraven i CORSIA innebär ytterligare kostnader för flygbranschen och förstärker incitamenten för branschen som helhet att minska sina koldioxidutsläpp (Nilsson m.fl., 2020), exempelvis genom att introducera elflyg.

I Sverige infördes en flygskatt under 2018 som syftar till att minska flygets klimatpåverkan. Skatten tas ut i tre nivåer, 60, 250 eller 400 kronor per passagerare, och beror på slutdestinationen. Eftersom skatten tas ut per avresande passagerare betalar passagerare som reser inrikes skatt två gånger för en tur- och returresa medan passagerare som reser utrikes endast betalar för utresan (Transportstyrelsen, 2018). Med nuvarande utformning skulle även elflyget betala flygskatt då den beräknas per passagerare. Även om det inte är okomplicerat är det principiellt angeläget att skatten justeras så att elflyg och andra klimatvänliga tekniker skattebefrias. Det finns också ett ökat intresse för någon form av

³⁶ Europeiska Ekonomiska Samarbetsområdet omfattar hela EU och Island, Lichtenstein och Norge.

³⁷ Ursprungligen skulle flygresorna för 2020 ligga till grund för basnivån. ICAO har dock beslutat att ändra detta till 2019 då covid-19-pandemin medfört mycket lågt flygresande under 2020.

flygskatt eller liknande policyinstrument inom EU. Nio finansministrar har exempelvis uttryckt en önskan om ökad koordinering mellan medlemsstaternas olika åtgärder för att minska flygets negativa externaliteter (Rijksoverheid, 2019).

Energimyndigheten har i uppdrag att stödja forskning och utveckling av hållbara flygbio-bränslen och har inrättat ett innovationskluster för fossilfria flygtransporter. I budgetpropositionen för 2021 föreslår regeringen att satsningen förlängs och utvidgas till att även omfatta forskning och utveckling av elflyg (Regeringen, 2020a).

När det gäller flygplatsavgifter har Swedavia infört en utsläppsavgift som är relaterad till utsläppen av kväveoxider (NOx) på de statliga flygplatserna. En del av avgiften relaterar även till buller (Swedavia, 2020b). Elflyget gynnas av den avgift som är relaterad till NOx. Däremot är det oklart hur mycket buller som genereras av elflyget och därmed även oklart hur höga bulleravgifterna för elflyget blir i relation till konventionellt flyg.

6.2 Norges program för elflyg

Norge är det enda land, så vitt vi vet, som har ett särskilt program för elflyg. Avinor och Luftfartstilsynet har på uppdrag av Norges regering tagit fram ett förslag till program för introduktion av elflyg i Norge (Avinor och Luftfartstilsynet, 2020). Programmet innehåller följande målsättningar.

- Norge ska vara en drivkraft och arena för utveckling, testning och tidig implementering av elflygplan.
- Före 2030 ska den första inrikes reguljära flyglinjen vara driftsatt.

För att uppnå dessa målsättningar pekar programmet på att det behövs insatser inom följande områden: Teknologikutveckling, riskavlastning och drift (Figur 6.1).



Figur 6.1. Sammanfattning av målsättningar, åtgärder och styrmedel i Norges program för elflyg. Källa: Avinor och Luftfartstilsynet, 2020 (egen översättning).

Teknologiutveckling

Programmet betonar vikten av att teknologiutvecklingen sker inom ramen för ett internationellt samarbete. Bland annat nämns det fleråriga internationella nollutsläppsprogrammet med norska och europeiska luftfartsmyndigheter samt EASA. Vidare har en arbetsgrupp (High Level Task Force for Zero Emission Aviation) med viktiga europeiska aktörer (EASA, Luftfartstilsynet, Airbus, Leonardo, Safran, Avinor, SAS och Widerøe) inrättats för att bland annat förbereda och presentera en färdplan för innovation relaterad till regionala flygplan med liten klimatpåverkan. Färdplanen kommer att vara ett viktigt underlag för arbetet med den nationella transportplanen för 2022–2030.

För att kunna ta tillvara erfarenheter och vidareutveckla resultaten från nollutsläppsprogrammet ska det etableras en arena för utveckling, testning och implementering av elflygteknik och andra tekniker med låga utsläpp. Arenan kan organiseras virtuellt eller fysiskt och ska samla aktörer från en lång rad områden: flygindustri, motorer, batterier, flygplatser, flygbolag, myndigheter och forskningsmiljöer. Det ska finnas tydliga kriterier för vilka som får delta, hur arenan ska finansieras och urvalskriterier för att välja ut åtgärder som ges stöd.

Programmet ger följande konkreta rekommendationer för hur arbetet med teknologiutveckling ska bedrivas.

- Samferdselsdepartementet ansvarar för att vägleda och koordinera olika statliga aktörer i arbetet för ett mer klimatvänligt flyg.
- Etablera ett eget luftrum för teständamål.
- Utforma en administrativ och ekonomisk rutin för att stödja olika testaktiviteter.

- Norge ska vara en aktiv part inom EU:s forskningsprogram Horizon Europe och Clean Sky för att styra dem mot en omfattande satsning på elektrifiering.
- Utveckla en kommunikationsstrategi med budskap knutna till de olika aktiviteter och åtgärder som genomförs. Uppmuntra deltagande aktörer att bidra med artiklar och föredra för att främja utvecklingen av elflyg.

Riskavlastning

Det är förenat med ett betydande ekonomiskt risktagande att satsa på en ny och nästan obeprövad teknik. Norges program ger följande rekommendationer för att minska risken för aktörer som vill satsa på elflyg.

- Ge bidrag för att bygga ut laddinfrastruktur på flygplatser.
- Ge bidrag för inköp av elflygplan. Statliga lån och garantier kan vara ett alternativ till bidrag.
- Vid upphandling ska nya inslag för att stödja anbud med elflyg övervägas. Det kan handla om investeringsstöd, restvärdesgarantier eller förlängd anbudsperiod. Det sistnämnda skulle dock kräva att Norge får ett undantag från gällande EU-regler (som de enligt EES-avtalet är förpliktade att följa).

Avsikten med dessa rekommendationer är att uppmuntra aktörer att investera i elflyg istället för i fossilbaserad teknik för att snabbare minska utsläppen av klimatgaser från luftfartssektorn. Försäljningsvolymerna för de första modellerna blir sannolikt små. Detta innebär att tillverkarna behöver kompensera med ett högt försäljningspris, vilket i sin tur gör det svårt för flygbolagen att uppnå en tillräckligt hög grad av lönsamhet. Därför ses det som motiverat att ge stöd. Dessutom tar en köpare av tidiga modeller en viss risk genom att nya förbättrade modeller relativt snart kan nå marknaden samtidigt som elflyget alltjämt är en omogen teknik.

Om marknaden inte klarar av att producera ett elflygplan som är användbart på det norska kortbanenätet behöver andra möjligheter användas. Det kan vara att utnyttja möjligheten med innovationsupphandling eller att staten tillsammans med några flygplansproducenter bildar ett bolag för att utveckla och producera ett lämpligt elflyg.

Drift

Tydliga signaler om minskade avgifter för elflyget är ett viktigt incitament för de som önskar investera i elektriskt flyg genom att det gör elflyget mer konkurrenskraftigt i förhållande till det konventionella flyget. Det norska programmet ger följande rekommendationer.

- Staten bör ställa krav på att utsläppskrav inkluderas i upphandlingen av olönsamma flyglinjer. Då detta sannolikt kommer att öka kostnaderna för upphandlingarna bör staten kunna täcka merkostnaderna under en övergångsperiod.
- Staten ska tidigt ge tydliga signaler om att avgiftssystemet för flyget kommer att utformas så att flyg med låga utsläpp belönas.
- Slopade eller sänkt moms på biljetter fram till 2040 för flyg utan eller med små utsläpp.
- Slopade eller sänkta passageraravgifter fram till 2040 för flyg utan eller med små utsläpp.
- Minskade elavgifter för kommersiella flygningar efter en modell från sjöfarten.
- Statens reseavtal bör ta ökad hänsyn till klimatutsläppen i framtiden.

- Norge stödjer utvecklingen av ett europeiskt eller världsomspännande system för klimatmärkning av luftfart.

Notera att flertalet ovanstående styrmedel/åtgärder är generellt utformade. Om de infördes skulle de gynna elektriskt flyg, men också flyg med fossilfria bränslen.

6.3 Styrmedel för elflyg inom EU och övriga länder

Klimatfrågan och näringspolitik står oftast i centrum för de offentligt stödda programmen för utveckling av nya flygplan.

Storbritannien

Storbritanniens satsning på elflyg ingår i ett sektorsavtal mellan flygindustrin och den brittiska regeringen inom ramen för deras industristrategi. Storbritannien har som målsättning att vara i frontlinjen i utvecklingen av elektriska och hybridelektriska flygplan. I linje med detta tillkännagav den brittiska regeringen tillsammans med flygindustrin 2018 en gemensam satsning på 343 miljoner pund på forskning och utveckling för att förändra inriktningen på landets flygsektor och för att förbli en pionjär inom flyget. Av den totala investeringen kommer 255 miljoner pund - med stöd av Aerospace Technology Institute (ATI) och UK Research & Innovation (UKRI) - att gå till 18 nya forsknings- och teknologiprojekt, inklusive utveckling av renare och grönare hybridflygplan. För att stödja små och medelstora företag kommer 68 miljoner pund av finansieringen att göras tillgängliga för att öka forsknings- och utvecklingsmöjligheterna. 20 miljoner pund reserverades för att driva på förbättringar av den långsiktiga produktiviteten i hela sektorn. Det tidigare nämnda och numera nedlagda projektet E-fan X har bland annat erhållit stöd från dessa medel (Department for transport, 2018).

I sektorsavtalet kan följande styrmedel identifieras (HM Government, 2018).

- Ett särskilt program för att utveckla demonstrationer av nya flygplan (som elektriska flygplan och drönare), nya modeller för förvaltning av luftrum, ny infrastruktur för flygindustrin och nya marknader för flyget.
- Utöka det befintliga programmet för forskning och utveckling (National Aerospace Technology Exploitation Programme) för att stödja utvecklingsprojekt även vid mindre och medelstora företag.
- Öka konkurrenskraften hos små och medelstora företag inom flygindustrins hela distributionskedja genom ett nytt program för ökad effektivitet.
- Verka för att öka andelen kvinnor i flygsektorn.
- Fördjupa samarbetet mellan flygindustrin och utbildningssektorn för att säkerställa behovet av framtida kompetensförsörjning, vilket är en förutsättning för att den brittiska flygindustrin skall förbli konkurrenskraftig.

Brittiska regeringen har utlovat en plan för flygindustrins återhämtning denna höst som dock ännu inte levererats. Regeringen uppger att den bland annat ska handla om innovation, reglering och hur flygets klimatavtryck kan minskas, vilket sannolikt innebär att elflyg kommer att uppmärksammas (House of Commons Transport Committee, 2020).

Storbritannien har även inrättat ett råd, Jet-Zero-Council, som leds gemensamt av transportministern och näringsministern. Förutom regeringsföreträdare består rådet av representanter för näringslivet och miljörörelsen som tillsammans ska utforma en färdplan för att anpassa luftfartssektorn till nettonollutsläpp år 2050 (Gov.uk, 2020).

De brittiska initiativen för att gynna utvecklingen av elflyg har en tydlig näringspolitisk prägel. Det handlar om att göra den brittiska flygindustrin konkurrenskraftig inom en ny nisch. En jämförelse med de norska insatsområdena skulle placera de flesta brittiska åtgärderna under teknologiutveckling.

Frankrike

Frankrike har beslutat att ge betydande ekonomiskt stöd till den franska luftfartssektorn som har drabbats hårt av covid-19-pandemin. Den franska regeringen uppger att de kommer att göra allt för att stödja denna sektor som är så kritisk för landets suveränitet, jobben och ekonomin. Vidare konstaterar regeringen att vid sidan av pandemin är övergången till ett mer ekologiskt hållbart flyg en stor utmaning.

Franska staten kommer att bidra med 1,5 miljarder Euro till Forskning och innovation (Fol) för framtida flygplan med låga koldioxidutsläpp (Gouvernement, 2020). Av särskilt intresse utifrån syftet med denna rapport är följande utpekade satsningar.

- En energisnål efterföljare till Airbus A320 (130 till 230 passagerare). Bränsleförbrukningen ska minska med 30 procent och flygplanet ska vara möjligt att flyga på enbart biobränsle. Det ska också finnas möjlighet att använda vätgas som primär energikälla. Driftstarten är planerad till någon gång mellan 2033 och 2035.
- Nytt regionalflygplan med låg energiförbrukning som antingen är en elektrisk hybrid eller använder gasdrift med planerad driftstart till 2030.

Det huvudsakliga franska styrmedlet är en satsning på Fol, dvs. teknologiutveckling om man följer den norska nomenklaturen. Frankrike kommer också ge ett särskilt riktat stöd för att utveckla effektiviteten hos små- och medelstora företag inom luftfartssektorn.

EU

Det finns ingen uttalad strategi för elektrifiering av flyget från EU, däremot finns ambitioner att verka för ett klimatvänligare flyg. En stor del av stödet till Fol kanaliseras via Horizon-2020-programmet. Som namnet antyder löper Horizon 2020-programmet ut detta år och kommer att ersättas av Horizon Europe med en föreslagen budget på 100 miljarder Euro för perioden 2021 till 2027 (Europeiska kommissionen, 2019). Inom ramen för Europeiska kommissionens Gröna giv anges att Horizon Europe ska stödja forskning och innovation inom transport, däribland batterier och ren vätgas. Utveckling av batterier med högre energidensitet är central för utvecklingen av elflyg som påpekats tidigare i denna rapport. Hybridlösningar med bränsleceller som inkluderar vätgas tycks också kunna vara aktuella för stöd (liksom "rena gasflyg" som dock ligger utanför avgränsningarna för denna rapport).

Teknologiutveckling inom flyget sker bland annat inom ramen för det tidigare nämnda forskningsprogrammet Clean Sky som delvis finansieras av EU:s Horizon-program. För närvarande bedrivs utvecklingen inom Clean Sky 2 (2014–2024) som bygger vidare på erfarenheterna från Clean Sky 1 och syftar till att bidra till förverkligandet av visionen "Flightpath 2050" som innehåller målsättningar om både tillgänglighet och klimat. Programmet bidrar till utveckling genom att föra samman flygindustri, små- och medelstora företag, forskningsinstitut, akademi och Europeiska kommissionen. Utveckling väntas bland annat ske inom följande områden: Aerodynamiska vingar, avancerade och lätta strukturer, mer hållbart flyg ur ett livscykelperspektiv, effektivare motorer vilket även inkluderar hybridisering och

elektrifiering. Det är värt att notera att 40 procent av stödet från Clean Sky 2 är öronmärkt för dess grundare som leder det tekniska programmet och förbinder sig att delta under hela programperioden. 30 procent är öronmärkt för kärnpartners som utses genom öppna samtal i början av programperioden. Övriga 30 procent kommer att fördelas via öppna utlysningar (EEA m.fl., 2019).

De europeiska programmen har en mycket bred ansats där elektrifiering utgör en mindre del. Styrmedlet är stöd till FoU, dvs. teknologiutveckling enligt de norska insatsområdena för elflygutveckling.

Vi har redan konstaterat att den europeiska utsläppshandeln (EU-ETS) ökar kostnaden för utsläpp av koldioxid, vilket ger incitament till att investera i alternativa tekniker. En annan sida av handelssystemet är att om flyget minskar sina utsläpp kan övriga sektorer öka sina. Minskade utsläpp inom flyget leder inte heller till att antalet utsläppsrätter minskas, vilket är fallet om utsläppen från stationära anläggningar³⁸ minskas. Nya förslag gällande flygets roll i utsläppshandeln kan komma under 2021 i samband med en översyn av systemet. Det finns flera vägar att strama åt handelssystemet (Nilsson m.fl., 2020):

- Höjning av den linjära reduktionsfaktorn. Det tekniskt enklaste sättet att strama upp systemet är att trappa ned nytugivningen av utsläppsrätter, varje minskning av nytugivning av utsläppsrätter är betydelsefull.
- Minskad gratistilldelning³⁹ av utsläppsrätter. Gratistilldelningen kan ses som en indirekt subvention av flygtrafik. Det kan då vara bättre att auktionera ut en större andel av de nya utsläppsrätterna.
- Incitament för att reducera höghöjdseffekter. Idag beaktar handelssystemet inte höghöjdseffekter.
- Beakta utsläpp från flyg på samma sätt som från stationära anläggningar. Om alla utsläpp inom utsläppshandeln skulle beaktas på samma sätt, blir klimatnyttan av minskade utsläpp från flyget inom utsläppshandeln lika stor som utsläppsminskningar vid energi- och industrianläggningar.

6.4 Styrmedelsförslag – aktörers förslag

I detta avsnitt beskrivs inledningsvis översiktligt flera förslag på styrmedel som skulle kunna vara lämpliga för att främja en övergång till elflyg.

Inom ramen för ett examensarbete om hur elektrisk innovation inom flyget kan främjas genomfördes semi-strukturerade intervjuer med 14 aktörer från flygbolag, flygindustri, myndigheter, flygplatser och forskning (Wimmerström, K., 2020). De intervjuade fick bland annat frågor kring styrmedel och deras svar kan vara en utgångspunkt för att identifiera lämpliga styrmedel. För att ge överblick har de föreslagna styrmedlen sorterats utifrån de styrmedelskategorier som Norge har använt (mål, teknikutveckling, riskavlastning och drift).

³⁸ Exempel på stationära anläggningar är kraft- och fjärrvärmeverk, järn- och stålindustri och pappers- och massaindustri. Se vidare www.utslappshandel.se/sv/Utslappshandel/

³⁹ Anläggningar som ingår i systemet ansöker om gratis tilldelning av utsläppsrätter för en 5-årsperiod. Antalet utsläppsrätter de erhåller baseras på en referensperiod som består av de fem år som föregår ansökningsåret. Se vidare www.utslappshandel.se/sv/Utslappshandel/

Mål

Flera aktörer betonar vikten av att det finns en tydlig politisk agenda gällande elflyg med tydliga tidsatta mål. Norge ses som en förebild i detta avseende.

Det är naturligtvis en genuint politisk fråga att formulera dessa mål, men det sker mot bakgrund av redan befintliga målsättningar. Inrikes luftfart omfattas av målet om nettonollutsläpp av koldioxid 2045, men inte av målet om 70 procent minskade växthusgasutsläpp i transportsektorn till 2030. Bunkerbränslen för internationell luftfart omfattas inte av något mål (SOU 2019:11). Inom ramen för Fossilfritt Sverige har flygbranschen tagit fram en färdplan för ett fossilfritt inrikesflyg 2030 och fossilfrihet för både inrikes- och utrikesflyg 2045. Elflyget är en pusselbit för att nå målen tillsammans med användning av alternativa bränslen.

Teknologiutveckling

Följande förslag inkom med koppling till teknologiutveckling.

- Använd intäkterna från flygskatten till att utveckla klimatvänligare alternativ för flyget.
- Strategiska innovationsprogram för elflyg.
- Etablera kompetenscentrum.
- Utbildningsprogram.

Flera av förslagen handlar om att ge stöd till FoU för att generera ny kunskap, ny teknik och hitta nya lösningar på problem och utmaningar. Det handlar dock inte bara om att utveckla nya tekniker, utan också om långsiktig kompetensuppbyggnad genom utbildningsinsatser för att kunna använda de nya teknikerna.

Värt att notera är att vissa styrmedel riktas specifikt mot utveckling av elflyg medan andra har ett bredare anslag mot ett klimatvänligare flyg. Teknikneutrala styrmedel brukar föredras då de anses gagna effektiva lösningar. Detta gäller val och utformning av till exempel ekonomiska styrmedel. På forsknings- och innovationsområdet kan det ibland finnas anledning att ge mer teknikspecifikt stöd (Energimyndigheten, 2017).

Några aktörer pekar på att intäkterna från flygskatten skulle kunna användas för att finansiera en sådan utveckling och pekar på den norska NO_x-fonden som en förebild. I Norge kan företag välja att göra en inbetalning till NO_x-fonden istället för att betala en NO_x-avgift. Fonden ger näringslivet stöd för att implementera grön teknik (NO_x-fondet, 2020).

Riskavlastning

Att få ut planen på marknaden är en nyckelfråga för att utveckla elflyget. De intervjuade aktörerna lämnade flera förslag som syftar till att minska risken för de som satsar på elflyg.

- Lånegarantier.
- Staten köper elflyg som kan hyras ut till operatörer.
- Slopade moms vid köp av elflygplan.
- Skrotningsbidrag till gamla flygplan.
- Ge stöd till inköp av elflyg inom klimatklivet.
- Innovationsupphandling.
- Nya inslag vid upphandling av trafik såsom restvärdegaranti och längre kontrakt.

Tanken bakom förslaget med förlängd kontraktstid vid upphandling av flygtrafik är att operatörer ska våga investera i elflyg. Förslaget om längre kontraktstid vid upphandling skulle

kräva ett undantag från gällande EU-reglering som anger att trafikplikt gäller för en period om maximalt fyra år innan den måste omprövas (EU, 2008).

Drift

De intervjuade aktörerna gav följande förslag på åtgärder under driftsfasen som skulle ge incitament för de som önskar att investera i elektriskt flyg.

- Differentierade start- och landningsavgifter eller undantag för elflyg.
- Differentierad flygskatt eller undantag för elflyg.
- Ta bort Swedavias avkastningskrav.
- Öka upphandlingen av flyglinjer och/eller ställ krav på elflyg.
- Lägre eller borttagen energiskatt för elflyg.
- Statligt ägaransvar för flera flygplatser.
- Inför koldioxidskatt eller annan beskattning av jetbränsle.
- Inför klimatdeklarationer på resor.
- Etablera eller utöka befintliga stöd för laddinfrastruktur och elektrifiering av flygplatser.
- Inför en lägre obligatorisk flyghöjd.

När det gäller förslaget att differentiera eller undanta elflyget från start- och landningsavgifter är det viktigt att beakta de icke-statliga flygplatsernas utsatta ekonomiska position. För flygplatser med färre än 200 000 passagerare är det via gruppundantag relativt enkelt att göra avsteg från EU:s statsstödsregler och ge ekonomiskt stöd. Åtminstone inledningsvis kommer elflyg ske över relativt korta avstånd med små flygplan, vilket är en trafiktyp som utmärker flera icke-statliga flygplatser. Flygplatsernas ekonomi riskerar att försämrats ytterligare med sänkta avgifter eftersom de icke-statliga flygplatserna kan komma att ha en hög andel elektriskt flyg i framtiden.

När det gäller möjligheten att ställa krav på elflyg vid upphandling av olönsam trafik kan vi konstatera att EU:s lufttrafikförordning inte medger detta. Enligt förordningen syftar trafikplikten till att förbättra tillgängligheten för perifera områden utöver vad som kan tillgodose under kommersiella förutsättningar. Trafikplikten handlar därför primärt om tillgänglighet och är därför svår att koppla till miljökrav. Det är visserligen möjligt att ge kvalitetspoäng för flygplan med liten påverkan på klimatet, men det går inte att ställa krav på en viss miljöstandard. Sannolikt skulle därför relativt dyra elflygplan i praktiken ha svårt att konkurrera med avskrivna äldre flygplan vid en upphandling. Frågan utreds på djupet inom ramen för Trafikverkets regeringsuppdrag om upphandling av fossilfritt flyg som redovisas senast 15 december 2020 (Regeringen, 2019).

6.5 Överväganden gällande lämpliga styrmedel

Inom transportområdet brukar det ofta framhållas att det stora antalet skilda aktörer innebär att man behöver använda sig av olika typer av styrmedel i kombination (Trafikanalys, 2018). Aktörerna kan exempelvis vara flygplanstillverkare, flygbolag, flygplatser och resenärer. Ett annat argument för att paketera styrmedel är att de kan förstärka varandra. Styrmedel för

minskade utsläpp kan exempelvis kombineras med åtgärder som skapar tillgänglighet med mer energieffektiva alternativ (Energimyndigheten, 2017a). Inom klimatpolitiken ser vi på motsvarande sätt att det inte räcker med enstaka styrmedel, utan att en bred styrmedelsarsenal tillämpas.

Det ligger inte i vårt uppdrag att exakt peka ut vilka styrmedel som bör användas. Vi rekommenderar dock att flera styrmedel övervägs och styrmedelspaketet utformas för att påskynda introduktionen av elflyg och därigenom, potentiellt, sänka luftfartens klimatutsläpp.

En viktig del i arbetet bör vara att fortsatt utveckla mer generella styrmedel. De utgör inte bara styrmedel som kan gynna elflygutvecklingen, de ger också en signal om värdet av att stimulera fler tekniker än elflyg för att åstadkomma en omställning av flyget i klimatvänlig riktning. Kanske behöver existerande generella styrmedel i någon utsträckning också justeras för att fullt ut ge stöd åt elflygsintroduktion? I kapitlets inledning redovisades ett antal befintliga mer generella styrmedel som redan eller med vissa justeringar kan ingå i ett verksamt styrmedelspaket: EU ETS, CORSIA, och den svenska flygskatten. Regeringens internationella arbete för att göra det möjligt att beskatta fossilt flygbränsle som används i yrkesmässig trafik är också en potentiellt värdefull del i detta, liksom dagens system med miljödifferenterade flygplatsavgifter.

Förslag till förändrad EU-lagstiftning bör vara en del av en strategi. Generellt sett bör EU:s klimatambitioner och "Gröna giv" föranleda justeringar av regelverk och av hur de tillämpas. När Sverige ser behov av förändring, inom detta liksom inom andra områden, för en effektiv klimatpolitik finns det all anledning att ta upp en sådan diskussion. Sverige bör exempelvis vara drivande inom EU för att förändra Lufttrafikförordningen i syfte att möjliggöra utsläppskrav vid upphandling av olönsamma flyglinjer.

Vid sidan av mer generella styrmedel förordar Trafikanalys riktade insatser i huvudsak enligt den norska modellen, d.v.s. insatser i form av målsättningar samt för teknologikutveckling, riskavlastning och drift.

7 Samhällsekonomiska- och andra ekonomiska effekter av elflyg

I regeringens uppdrag till Trafikanalys ingår att analysera de samhällsekonomiska effekterna av en introduktion av eldrivna flygplan samt hur en introduktion av eldrivna flygplan skulle påverka de ekonomiska förutsättningarna och andra förutsättningar för flygbolag och flygplatser.

7.1 Utgångsläge

En samhällsekonomisk analys syftar till att analysera alla eller så många kostnader och nyttor för samhället i sin helhet som möjligt. Med detta menas att analysen ska eftersträva att omfatta effekter för alla parter i samhället. Ett vanligt exempel är effekter på miljön som inte nödvändigtvis träffar en specifik grupp av individer men som ändå kan ha en kostnad eller en nytta för någon grupp i samhället. Analysen genomförs genom att där det är möjligt värdera kostnader och nyttor i pengar för att därmed möjliggöra jämförbarhet i kvantitativa termer. I andra fall kan det vara mycket svårt, eller rent av omöjligt, att tillskriva en viss effekt ett visst monetärt värde och analysen får då blir mer kvalitativ.

I detta uppdrag analyserar vi de samhällsekonomiska effekterna genom att utgå ifrån två frågeställningar.

- 1) Innebär elflyg sådana positiva effekter för samhället att det kan vara värt att för det offentliga ta vissa initiala kostnader, som utvecklings- och investeringskostnader för att underlätta introduktionen av elflyg?
- 2) Finns det för samhället mindre kostsamma sätt att uppnå samma effekt?

Vi belyser också vilka möjliga samhällseffekter som inte fångas av ovanstående analyser. Finns det exempelvis skäl att anta samhällsekonomiska effekter på regional nivå som på en aggregerad nivå tar ut varandra? Eller finns det ett bidrag till agglomerationseffekter⁴⁰ som gagnar samhället som helhet?

Analyserna genomförs med hjälp av ett urval av linjer som beskrivs ovan (se avsnitt 5.2 samt nedan) där elflyg har introducerats på marknaden. Analyserna genomförs på så pass övergripande nivå att den antagna flygplanskapaciteten har begränsad betydelse för resultaten.

⁴⁰ Men agglomerationseffekter avses att storlek och/eller täthet underlättar eller försvårar ekonomisk aktivitet. Positiva effekter är till exempel att ökad tillgänglighet bidrar till att skaleffekter kan utnyttjas till förbättrad delning, matchning och lärande medan negativa effekter ofta består av trängsel. Se vidare Konjunkturinstitutet specialstudie 37 Tillväxt- och sysselsättningseffekter av infrastrukturinvesteringar, FoU och utbildning.

7.2 Beskrivning av antaganden

Att följa innovation innebär att följa en process som utmärks av hög grad av osäkerhet i flera avseenden. Covid-19-pandemin har dessutom gjort en redan osäker marknadsutveckling ännu mer oviss. Vi har därför, i linje med vad som redovisats ovan, valt att inte tidsätta de tänkta scenarierna. Istället beskriver vi scenarier utifrån en tänkt tillgänglig teknik och utifrån vår bedömning av marknadsförutsättningarna sett utifrån dagens situation. Ett ungefärligt och försiktigt antagande för analysens syfte kan sättas till omkring år 2035–2040. Större plan som klarar längre räckvidd kan vara batteritekniskt möjligt runt mitten av seklet, se avsnitt 5.3. Det är dock viktigt att även fortsättningsvis understryka att scenariot inte är tidsatt och att antagandet görs för att möjliggöra vissa beräkningar. Vi gör därmed inte heller analyser av ackumulerade eller diskonterade effekter över tid utan analyserar de samhällsekonomiska effekternas omfattning och beståndsdelar vid en obestämd tidpunkt någon gång i framtiden i dagens (nominella) penningvärde. I praktiken innebär detta att en analys av kostnader och nyttor blir en tillfällig ögonblicksbild som behöver konkretiseras med mer detaljerade investeringsbehov för att nyttan i förhållande till kostnaderna ska kunna uppskattas.

Vi analyserar inte om någon form av samhällsstöd för drift är nödvändigt annat än av statliga inköp av elflygplan.

Utifrån vad som tidigare beskrivits i denna rapport och de preciseringar som gjorts i kapitel 5 ingår ett urval av linjer under 40 mil från scenarierna i avsnitt 5.2 i analysen.

- Linjer som av Trafikverket belagts med trafikplikt. I de flesta fall resulterar trafikplikten i en upphandling av trafiken. Här kartlägger vi klimatnytta och tidsvinster eller förluster med antagandet att all trafik sker med elflyg och jämför med andra trafikslag.
- Övriga regionala inrikes flyglinjer. Passagerarvolymen på dessa flyglinjer är i regel mindre, vilket innebär att möjligheten att byta till elflygplan sannolikt är större på dessa linjer. Här kartlägger vi klimatnytta och tidsvinster eller förluster där elflyg ersätter fossilt drivna flyg, bilar eller kollektivtrafik.
- Linjer under 40 mil mellan Swedavias flygplatser. Passagerarvolymen på dessa flyglinjer är åtminstone inledningsvis för stor för att bli aktuell för elflyget. Detta kan givetvis förändras om elflygplanen får större passagerarkapacitet.
- Helt nya linjer. Förutsätter att lägre kostnader för drift- och underhåll gör det ekonomiskt möjligt att öppna nya linjer.

Det bör understrykas att vi inte gör några bedömningar av möjliga nya linjestreckningar utan använder linjerna som räkneexempel. Linjerna hittas i Norrland, i södra Sverige och mellan ö- och fastlandet.

Passagerarantalet på elflyg har fastställts till max 19 personer per flygplan och beläggingsgraden antas beräkningsmässigt, för både elflyg och vanligt flyg, vara 100 procent.⁴¹ Det innebär att om det i dagläget sker trafik med ett större flygplan, antar vi att det ersätts av fler turer med mindre plan, givet samma efterfrågan som idag. I analysen utgår vi vidare ifrån att en överflyttning av 19 passagerare från konventionellt flyg till elflyg sker med en motsvarande minskning av utsläpp, vilket är ett hypotetiskt antagande. Trafikverket ger ut en rapport om analysmetoder och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn (ASEK) (Trafikverket, 2020b). Av de faktorer som redogörs för i rapporten har operativa

⁴¹ Beläggingsgraden är vanligtvis avsevärt lägre (i genomsnitt), men antagandet görs för att inte använda alltför detaljerade förutsättningar, vilket är att föredra i analyser av långa tidsperspektiv.

trafikeringskostnader för persontrafik och godstransporter inte beaktats vidare i vår analys då det saknas data om dessa kostnader.

I övrigt följer vi rekommendationerna från Trafikverkets analys- och kalkylvärden för samhälls-ekonomisk metod för tids- och koldioxidvärdering med kompletteringar i vissa fall för att förenkla jämförbarheten. För bilar antas beläggningsgraden vara 1,7 passagerare och för kollektivtrafik räknas koldioxidbelastningen per personkilometer (se vidare nedan).

Totalt ingår 30 linjer i scenariot, se Tabell 7.1.

Tabell 7.1. Ingående linjer i beräkningsscenarioet.

<i>Befintliga sträckor</i>	<i>Nya sträckor</i>
Sveg – Arlanda	Östersund – Sundsvall
Arlanda – Jönköping	Storuman – Skellefteå
Arlanda – Kalmar	Luleå – Umeå
Arlanda – Karlstad	Umeå – Sundsvall
Arlanda – Sundsvall	Sveg – Östersund
Bromma – Kalmar	Visby – Norrköping Linköping
Bromma – Landvetter	Visby – Kalmar
Bromma – Ronneby	Arvidsjaur – Luleå
Bromma – Sundsvall	Gällivare – Luleå
Bromma – Trollhättan	Umeå – Vilhelmina
Göteborg – Visby	Lycksele – Skellefteå
Malmö – Visby	Arlanda – Åbo
Pajala – Luleå	
Torsby – Hagfors – Stockholm	
Ängelholm – Visby	
Östersund – Umeå	
Arlanda – Visby	

Vi antar vidare att behovet av infrastrukturinvesteringar i flygplatser är begränsat till laddinfrastruktur. Detta antagande gäller enbart elflyg eftersom vätgasteknik är mer skrymmande både i plan och i tankinfrastruktur jämfört med el (SvD, 2019). Elflyg kan, på längre sikt i och med att större plan med betydligt mer kapacitet än 19 passagerare introduceras, komma att innebära olika investeringsbehov beroende på den specifika flygplatsens förutsättningar. Utöver laddningspunkter tillkommer exempelvis anläggningsarbeten, kabeldragningar och, vid behov, investeringar i annan elutrustning såsom nätstationer och transformatorer. Laddning av de plan som först beräknas nå den svenska marknaden beräknas inte medföra sådan belastning att det nämnvärt skulle påverka befintlig elnätskapacitet.

Mora flygplats har med stöd av klimatklivet installerat laddstolpar för elflyg. För markinfrastrukturen räknar vi med den dubbla kostnaden för laddinfrastruktur på Mora flygplats samt hälften av kostnaden som offentlig utgift (Mora kommun, 2020).

2030 är målåret för minskning av transportsektorns växthusgasutsläpp med 70 procent jämfört med 2010. Detta kan, för ny teknik som än så länge inte introducerats på marknaden, ses som en ganska närliggande tidshorisont. För en bedömning av olika effekter är 15–20 år dock att

betrakta som mycket lång sikt och osäkerheten kring antaganden och eventuella beräkningar är därför stor (Konjunkturinstitutet, 2020).

Långtidsutredningen (SOU 2019:65) använder befolkningsutveckling som en huvudvariabel för att ta fram olika scenarier för ekonomins utveckling. Befolkningsutveckling är därför den variabel vi utgår ifrån när det gäller att bedöma potentialen för regional nytta av elflyg. Vi bedömer att elflyg inte kommer att dominera den totala inrikesmarknaden på mycket lång tid, snarare pekar mycket på att elflygets andel kommer att vara ganska liten på marknaden de närmaste decennierna. Det finns därför inte anledning att tro att elflyg i sig kan medföra några större eller märkbara bidrag till ekonomisk tillväxt och produktivitet på nationell nivå. Det är inte heller troligt att elflyg, med den låga passagerarkapacitet som den första generationens elflyg på marknaden bedöms ha, kan ha en märkbar positiv effekt på regional nivå. Däremot kan elflyg – tillsammans med andra förutsättningar för tillväxt – ha en potentiellt förstärkande effekt på positiva förutsättningar för ekonomisk tillväxt och produktivitet. Lika fel som det är att anta att elflyg i blygsam omfattning kan ha en effekt på den regionala ekonomin är det att anta att elflyg inte skulle ha någon effekt alls. Vi har därför valt att analysera befolkningsutvecklingen för att se om elflyg skulle kunna ha förutsättningar att ha (potential för) positiv effekt i vissa sammanhang. Här fokuserar vi därför analysen på att utreda potential för så kallade agglomerationseffekter.

Slutligen kan det läggas till att våra analyser i huvudsak omfattar persontransporter då godstransporterna dels bedöms vara marginella på aktuella linjer, dels bedöms introduceras betydligt senare på marknaden när persontransportmarknaden har stabiliserats.

7.3 Elflygets samhällsekonomiska effekter

Samhällsekonomiska kostnader och nyttor

För frågan om elflygens samhällsekonomiska effekter har ett urval av faktorer i ASEK beaktats inledningsvis, för att därefter reduceras till de faktorer som i dagsläget kan vara möjliga att kvantifiera i syfte att underlätta jämförelser. I sammanställningen ingår inte konsument- och producentnytta, dels för att prisbilden är okänd (och svår att bedöma), dels för att driftskostnaderna för elflyg är okända.

Av Tabell 7.2 framgår dels urval av huvudgrupper av faktorer, dels en bedömning av samhällsekonomisk effekt vid introduktion av elflyg med motivering.

Tabell 7.2. Skiss över urval av faktorer med tillhörande (kvalitativ) effektbedömning och motivering.

<i>Faktor</i>	<i>Effekt</i>	<i>Motivering</i>
Res- och transporttid	Beror på alternativ men i huvudsak positiv för nya sträckningar jämfört med andra alternativ.	I de scenarier vi utgår ifrån saknas för en del av sträckorna snabbare resalternativ än elflyg, medan andra resalternativ på andra sträckor redan i dagsläget eller i framtiden kan komma att vara snabbare om tid till och från flygplatser räknas in. Om det i vissa fall inte blir nödvändigt med säkerhetskontroller minskar anslutningstiden.
Trängsel och förseningar	Neutral eller negativ.	Elflyg bedöms inte ha någon större effekt totalt på trängsel och förseningar då lufrummet inte är så pass trafikerat på merparten av de ruttor som ingår i scenarierna, särskilt inte vad gäller nya sträckningar. I de fall markinfrastrukturen är begränsad kan viss trängsel uppstå med högre efterfrågan på slottider, i huvudsak i storstadsflygplatserna.
Trafiksäkerhet och olyckskostnader	Neutral	Det finns redan i dagsläget högt ställda krav på trafiksäkerhet. Vi bedömer det osannolikt att elflyg skulle komma att undantas från dessa krav på ett sådant sätt att olycksrisken därmed skulle förändras.
Buller	Neutral	Elflyg har visserligen tystare motorer, men små plan flyger på lägre höjder och propellerljudet kommer att vara kvar. Elflyg ska inledningsvis inte jämföras med stora plan utan med de mindre turbopropplanen och bullerminskningar kan därför inte antas. Vissa uppgifter tyder dock på att elflyg skulle kunna ha en lägre bullernivå. ⁴²
Lufföroreningar	Positiv	Elflyg har inga direkta förbränningsutsläpp. Det kan förekomma vissa partikelutsläpp vid start och landning (slitage landningsbana), men dessa bedöms vara av så liten omfattning att de inte bör beaktas vidare. Ska ett LCA-perspektiv anläggas kan vissa utsläpp av lufföroreningar inte uteslutas, men det är osäkert var dessa då inträffar.

⁴² (Littorin H., 2020a). Det officiella bullret vid start för Pipistrel Alpha Electro enligt dess typcertifiering från EASA är 60 dB(A) att jämföra med cirka 70 dB(A) för motsvarande kolvmotordrivna flygplan. Det innebär en halvering av det upplevda ljudet redan vid marknivå. Influensområdet för de tvåsitsiga eldrivna flygplan som finns i dagsläget är därmed betydligt mindre än för motsvarande kolvmotordrivna flygplan men samtidigt kommer ju elflyget troligtvis att addera trafik som inte finns i dagsläget så utifrån den aspekten är det möjligtvis ett rimligt antagande är det totala bullret (dygnsmedel) inte minskar på det sätt som man intuitivt tänker. Att relatera till lägre flyghöjd och jämförelsen med turbopropplan blir dock inte korrekt. Alltså: ljudet per flygplan kommer att upplevas betydligt mindre men ett ökat antal starter och landningar runt mindre flygplatser kommer att addera dygnsbuller som inte finns i dagsläget (om än relativt lågt buller).”

<i>Faktor</i>	<i>Effekt</i>	<i>Motivering</i>
Klimatpåverkan	Positiv	Elflyg har en direkt positiv effekt på arbetet med att minska klimatpåverkan om det ersätter fossilt drivet flyg eller bil- och bussresor som drivs med fossila bränslen.
Markanvändning	Neutral för batteri-elflygplan, eventuellt negativ för bränslecellsplan.	En introduktion av elflyg bedöms inte leda till ett märkbart ökat behov av markanvändning. Eftersom vätgas kräver betydligt större tankar (både på marken och i flygplanen) kan markanvändningen komma att öka viss utsträckning om sådana plan introduceras på marknaden. Elflyg klarar sig med kortare start- och landningsbanor, hur det påverkar markanvändning i framtiden är dock svårt att bedöma (i scenarierna. utgår vi ifrån att inga nya flygplatser tillkommer).
Statsfinansiella effekter	Osäkert	Beror på behov av stöd och stödnivåer. Behöver analyseras vidare.

Som framgår av tabellen ovan är det i slutändan få av de faktorer som lyfts i ASEK-rapporten, vad gäller direkta effekter, som kan ge några större, märkbara effekter.⁴³ Fortsättningsvis diskuteras därför restider och klimatpåverkan med en mindre notering om luftföroreningar.

Restider

Vi beräknar att restiden till och från flygplatsen är den samma för resor med elflyg respektive konventionellt flyg (2 x 50 minuter). För elflyg blir flygtiden något längre på de sträckor som idag trafikeras av större flygplan som kan flyga snabbare än elflyg. Vi räknar med att elflyg i genomsnitt flyger 50 procent av hastigheten jämfört med ett plan för 99–150 passagerare och 85 procent av hastigheten jämfört med ett passagerarplan för 19 personer.⁴⁴

I tabell 7.3 nedan redovisas en beräkning av de prissatta effekterna av total restid för linjerna i scenarierna för elflyg på befintliga linjer och nya linjer, samt för alternativa transportsätt. Tidsvinster/förluster har multiplicerats med antal passagerare (hälften tjänsteresor och hälften privatresor) beräknat på antal flygningar som motsvarar dagens utbud på befintliga linjer samt per person och resa för helt nya linjer. För nya linjer gäller att dessa i flera fall konkurrerar med regional linjetrafik.

⁴³ Drift och underhåll för flygföretag och flygplatser har inte beräknats eftersom det saknas underlag. Visserligen bedöms el ge betydligt lägre driftskostnader jämfört med fossilt jetbränsle men det underlag Trafikanalys haft tillgång till är inte tillräckligt för att kunna genomföra en kvantifiering som håller för jämförbarhet.

⁴⁴ Som modell för antagandet har en Beech med passagerarantal upp till nio personer valts och en Jetstream 31 som modell för ett passagerarplan för max 19 passagerare.

Tabell 7.3. Prissatta effekter av restidsförändringar av en introduktion av elflyg på marknaden för ett år.

	<i>Befintliga linjer, flyg mot elflyg (kr)</i>	<i>Befintliga linjer bil mot elflyg (kr)</i>	<i>Befintliga linjer kollektivtrafik mot elflyg (kr)</i>	<i>Nya linjer, bil mot elflyg (kr)</i>	<i>Nya linjer, kollektivtrafik mot elflyg (kr)</i>
Restid	-14 065 000	48 921 000	64 279 000	23 607 000	54 109 000

Av tabellen framgår att tidsvinsterna, beräknade utifrån de kalkylvärden som anges i ASEK 7.0 är relativt små jämfört med tåg och, till viss del även med bil, på de flesta befintliga sträckorna. På nya sträckor är tidsvinsterna relativt sett större i de flesta fallen men då kalkylvärdena för kollektivtrafik sjunker med ökande avstånd, och avstånden här är långa, blir den monetära effekten ganska blygsam. Så länge det är små plan är det också få personer som berörs och därmed summerar det upp till blygsamma belopp.

Luftföroreningar

Det finns kalkylvärden för beräkning av luftföroreningarnas samhällseffekter på lokal nivå. Nerhagen och Andersson-Sköld har beräknat samhällets kostnader för luftföroreningar från flyg utifrån bland annat flyghöjd (Nerhagen, L. och Andersson-Sköld, Y., 2018). I samma notat redogörs också för olika beräkningar av de totala utsläppen av luftföroreningar från inrikes flyg på olika flyghöjder. Utsläpp från befintligt flyg jämfört med elflyg bör utgå ifrån att de befintliga flygen färdas på låg höjd.⁴⁵

Elflyg torde inte ge upphov till några direkta utsläpp av luftföroreningar. I dagsläget finns emissionsfaktorer för koldioxid (eller koldioxidekvivalenter) för flera olika energislag, bland annat publicerar Energimyndigheten värmevärden och emissionsfaktorer (Energimyndigheten, 2017b) och det finns olika metoder för att beräkna emissionsfaktorerna. Den svenska elmarknaden är integrerad med den nordiska och därför använder vi oss av emissionsvärdet för nordisk elmix i beräkningen av klimatpåverkan, men då emissionsfaktorer för luftföroreningar inte publiceras för nordisk elmix (eller svensk elmix) kan man för enkelhetens skull anta att luftföroreningarna är noll eller att de har samma utsläpp som elektriska tåg.⁴⁶

Det innebär att det sker en direkt utsläppsminskning när elflyg ersätter traditionellt flyg. I den utsträckning det sker överflyttning från andra trafikslag krävs en bild av de utsläppsförhållanden som då är aktuella. Rimligen har det vid den tidpunkten skett en betydande klimatanpassning som också påverkar luftföroreningar. I den utsträckning vägtrafik elektrifierats är utsläppen från motorn, liksom för elflyget, i princip noll. Däremot kommer vägtrafiken fortsatt ge upphov till partikelspridning från däck-/vägbaneslitage. I den utsträckning sådana emissioner sker i landsbygdsmiljö blir dock få drabbade och den samhällsekonomiska kostnaden blir mycket begränsad. I den utsträckning fordon fortfarande drivs med bränslen kommer avgaserna att ge upphov till vissa luftföroreningar som elimineras vid en överflyttning till elflyg.

Klimatpåverkan

Klimatpåverkan från befintliga flyg har beräknats för var och en av de olika sträckorna i scenariot med hjälp av ICAO:s verktyg för beräkning av flygets koldioxidemissioner (ICAO,

⁴⁵ Nerhagen och Andersson-Sköld har använt indelningarna "inrikes låg" och "inrikes hög".

⁴⁶ SMED har tagit fram emissionsfaktorer för förbränning av exempelvis sopor (SMED, 2019), men för den genomsnittliga elproduktionen saknas emissionsfaktorer för de största luftföroreningarna trots att det i elproduktionen förekommer förbränning av bränslen som avger luftföroreningar (Martinsson, F. m.fl., 2012)

2020). Även elflyg har klimatpåverkan eftersom elproduktionen, som ovan angetts, ger upphov till koldioxidutsläpp. Som jämförelse anger *Klimatsmart semester* att tåg orsakar tio gram koldioxid per personkilometer (Kamb A. och Larsson J., 2019).

En viktig fråga har varit huruvida livscykelutsläpp ska beaktas eller inte. Detta är särskilt relevant vid jämförelse med markbundna resor och transporter och dels eftersom emissionsfaktorn för nordisk elmix tar hänsyn till livscykelutsläpp, dels eftersom markbundna transporter kräver väsentligt mer infrastruktur som ger upphov till stora livscykelutsläpp av koldioxid-ekvivalenter när de anläggs. Utan hänsyn till infrastrukturens påverkan blir effekten av elflyg och tågresor på koldioxidutsläpp sannolikt ungefär den samma, medan det kan finnas skillnader om livscykelperspektiv ska beaktas. ICAO:s flygkalkylator beräknar utsläpp på ett genomsnitt av förbrukat bränsle och de vanligaste flygplanstyperna som trafikerar sträckan. ICAO:s verktyg tar inte med höghöjds- eller kallstartseffekter.⁴⁷ I tabellen nedan framgår koldioxidbelastning med passagerarantal (100 procent beläggning) för trafikering på en viss sträcka och totalt ekonomiskt värde av koldioxidutsläppen förutsatt att linjen trafikeras med en tur- och returresa 240 dagar per år. Uppgifterna avser den befintliga trafiken med nuvarande flygplan.

Tabell 7.4. Koldioxidutsläpp från ett urval av befintliga linjer med nuvarande flygplan, antal passagerare och totala koldioxidutsläpp per år (240 dagar en tur- och retur per dag) i kg och kr avrundat till närmaste 1 000-tal.

<i>Linje</i>	<i>Passagerare (st.), 100% beläggning</i>	<i>Tot. Kg koldioxid per år</i>	<i>Tot. kostnad (7kr/kg) koldioxid per år (2020), kr</i>
Östersund-Umeå	19	660 000	4 618 000
Torsby-Hagfors-Arlanda	19	547 000	3 830 000
Sveg-Arlanda	9	385 000	2 698 000
Pajala-Luleå	9	251 000	1 756 000
Arlanda-Sundsvall	130	3 449 000	24 141 000
Bromma-Sundsvall	50	1 272 000	8 904 000
Bromma-Trollhättan	50	1 249 000	8 743 000
Arlanda-Jönköping	32	864 000	6 048 000
Bromma-Landvetter	70	1 707 000	11 950 000
Arlanda-Kalmar	72	1 421 000	9 946 000
Bromma-Kalmar	50	1 742 000	12 195 000
Bromma-Ronneby	72	2 699 000	18 894 000
Göteborg-Visby	112	2 594 000	18 155 000
Malmö-Visby	112	2 550 000	17 855 000
Arlanda-Karlstad	32	759 000	5 310 000
Ängelholm-Visby	72	1 316 000	9 210 000
Arlanda-Visby	112	1 410 000	9 869 000
Arlanda-Mariehamn	52	175 000	1 226 000
<i>Summa</i>		<i>25 050 000</i>	<i>175 348 000</i>

Källa: ICAO, 2020.

⁴⁷ För en mer ingående redogörelse av metodfrågor om beräkning av koldioxidutsläpp se Trafikanalys Rapport 2020:6 Obligatoriska klimatdeklarationer för långväga resor, kapitel 5.

Beräkningarna i tabellen ovan baseras som tidigare nämnts på en tur- och returflygning 240 dagar⁴⁸ om året och på 100 procents beläggingsgrad.⁴⁹ Av tabellen ovan framgår att de samlade utsläppen av koldioxid för de 18 linjer som ingår i beräkningen uppgår till 25 miljoner kilo vilket värderas till totalt 175 miljoner kronor. Beloppet motsvarar den högsta möjliga klimatnyttan om elflyg ersatte fossildrivet flyg på dessa linjer. Samtidigt skulle detta innebära tydliga tidsförluster eftersom större och snabbare plan skulle ersättas med mindre och långsammare sådana. Ett sådant utfall ligger dock långt fram i tiden och utanför vårt valda scenario där endast mindre plan ingår.

Av Tabell 7.5 framgår vilken koldioxidbesparing som skulle kunna vara möjlig om samtliga resenärer som reser med elflyg hade flyttats från fossildrivet flyg.

Tabell 7.5. Koldioxidbesparing med elflyg per linje och per år i kr, avrundat till närmaste 1 000-tal.

<i>Linje</i>	<i>Koldioxidbesparing med elflyg 19 pax 1 ToR 240 dagar</i>	<i>Tot. Kostnadsbesparing (7 kr/kg) koldioxid per år (2020)</i>
Östersund – Umeå	660 000	4 616 000
Torsby-Hagfors-Arlanda	547 000	3 830 000
Sveg-Arlanda	814 000	5 695 000
Pajala-Luleå	530 000	3 709 000
Arlanda-Sundsvall	504 000	3 530 000
Bromma-Sundsvall	483 000	3 384 000
Bromma-Trollhättan	475 000	3 326 000
Arlanda-Jönköping	513 000	3 588 000
Bromma-Landvetter	451 000	3 154 000
Arlanda-Kalmar	375 000	2 624 000
Bromma-Kalmar	331 000	2 317 000
Bromma-Ronneby	357 000	2 496 000
Göteborg-Visby	440 000	3 077 000
Malmö-Visby	432 000	3 026 000
Arlanda-Karlstad	451 000	3 154 000
Ängelholm-Visby	347 000	2 432 000
Arlanda-Visby	239 000	1 673 000
Arlanda-Mariehamn	175 000	1 226 000
<i>Summa</i>	<i>8 122 000</i>	<i>56 856 000</i>

Om en daglig ToR-flygning med elflyg med kapacitet för 19 passagerare skulle introduceras på linjerna så motsvarar det minskade utsläpp med ungefär 8 miljoner kg, vilket motsvarar ett ekonomiskt värde på ungefär 57 miljoner kronor per år. För vissa linjer till exempel Östersund-Umeå skulle ett elflygplan för 19 passagerare kunna ersätta hela den nuvarande kapaciteten och därmed skulle besparingen motsvara nästan hela koldioxidkostnaden. Att det inte blir hela

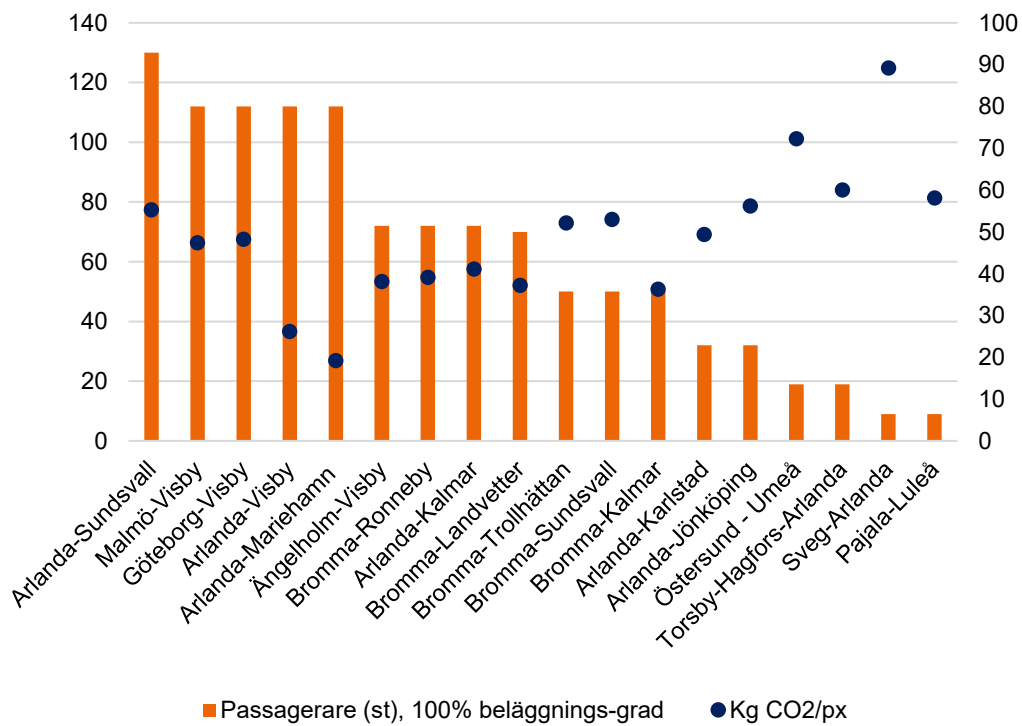
⁴⁸ 240 dagar motsvarar 20 arbetsdagar per månad. Vi har antagit 100 procent beläggingsgrad för att inte få för höga värden av inbesparad koldioxid. (100 procent beläggning ger lägsta möjliga värde på koldioxidutsläpp per personkilometer).

⁴⁹ Det bör understrykas att 100 procent beläggingsgrad är ett hypotetiskt antagande.

koldioxidkostnaden beror på att vi räknat med koldioxidutsläpp även i elproduktionen enligt den nordiska elmixen.

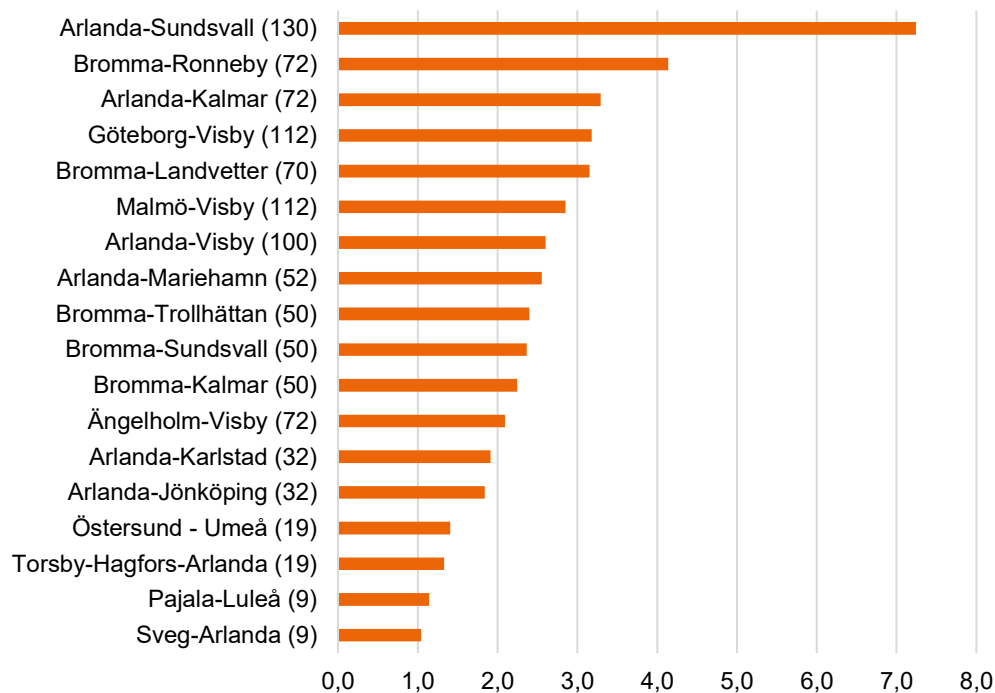
För andra linjer, till exempel, Göteborg-Visby ersätter elflygplanet endast en mindre del av kapaciteten på linjen och därmed blir besparingen också mindre relativt sett men högre i absoluta tal.

Sett till utsläppsintensitet så framgår av Figur 7.1 att koldioxidutsläpp per passagerare kan variera mycket väsentligt mellan linjer med flygplan av samma storlek, samtidigt som en huvudtendens är att utsläppsintensiteten ser ut att öka när planen blir mindre. Detta talar för att det, enbart sett till koldioxidutsläppens intensitet, kan vara mer effektivt att byta ut små plan till elflygplan.



Figur 7.1. Koldioxidintensitet (höger skala) i förhållande till totalt antal passagerare (vänster skala). Källa: ICAO samt egna beräkningar.

En något annorlunda bild framträder dock om vi tittar på flygplanens bränsleförbrukning per kilometer, se Figur 7.2.



Figur 7.2. Total bränsleförbrukning (kg) per distans (km) på ett urval av befintliga linjer i scenarierna (maximal passagerarkapacitet på vanligaste flygplansmodellen inom parentes)
Källa: ICAO samt egna beräkningar.

Av figuren ovan framgår att den totala bränsleförbrukningen per km med några få undantag naturligt nog ökar med flygplansstorlek, vilket tyder på att det skulle vara större samhälls-ekonomisk nytta med större elflygplan eftersom den totala minskningen av utsläppen då skulle bli större. Resultatet överensstämmer med den slutsats som återfinns i avsnitt 2.3 där koldioxidutsläppen beräknats på nationella data. Även om det finns relativt sett stora koldioxidbesparingar att göra per linje, så är den totala besparingen liten sett till inrikesflygets totala växthusgasutsläpp.

Samhällsekonomisk effektivitet – nya linjer

Det transportpolitiska delmålet tillgänglighet värderas på olika sätt beroende på trafikslag och beroende på typ av resa. Som beskrivits ovan så minskar restidsvinsternas värde med avstånd för regional linjetrafik.

En grov uppskattning ger följande värden för de totala effekterna av förändrade koldioxidutsläpp och restider, se Tabell 7.6.

Tabell 7.6. Prissatta effekter (koldioxid- och restidsförändringar) av en introduktion av elflyg på marknaden per år.

	<i>Befintliga linjer, flyg mot elflyg (kr)</i>	<i>Befintliga linjer bil mot elflyg (kr)</i>	<i>Befintliga linjer kollektivtrafik mot elflyg (kr)</i>	<i>Nya linjer, bil mot elflyg (kr)</i>	<i>Nya linjer, kollektivtrafik mot elflyg (kr)</i>
Koldioxid	55 630 000	61 964 000	8 722 000	29 156 000	-874 000
Restid	-14 065 000	48 921 000	64 279 000	23 607 000	54 109 000
Summa	41 565 000	110 885 000	73 001 000	52 763 000	53 235 000

Som framgår av Tabell 7.6 finns det viss negativ påverkan från längre restider på befintliga linjer jämfört med fossildrivet flyg och ingen besparing av koldioxidutsläpp från elflyg på nya linjer jämfört med kollektivtrafik, men där är tidsvinsten desto större.⁵⁰ Sammantaget är dock effekten positiv och mer positiv desto fler linjer som ersätts.

Det är svårt att bedöma om elflyg kommer att komplettera eller ersätta fossila plan på befintliga linjer. Frågan måste därför närmast från annat håll. Med tanke på att elflyg kommer att ha en ganska blygsam ställning på flygmarknaden i de mest närliggande scenarierna kan investeringar i det så kallade Klimatklivet⁵¹ användas som jämförelse.

Urval av projekt som berättigas till stöd från Klimatklivet görs utifrån kriteriet mesta möjliga klimatnytta per investeringskrona, beräknat på summan av bidraget och egna investeringsmedel. Naturvårdsverket redovisar att utsläppsminskning per investeringskrona i genomsnitt är 2,20 kilogram koldioxidekvivalenter under åtgärdernas livslängd. Den genomsnittliga livslängden är 16 år (Naturvårdsverket, 2020c).

Heart Aerospace har i en inlägga som Trafikanalys tagit del av bedömt det uppskattade offentliga investeringsbehovet till totalt 400 miljoner kronor i lånegarantier samt 100 miljoner kronor per flygplan (Heart Aerospace räknar med tre flygplan) från 2025 som kan leasas ut till den operatör som Trafikverket sluter kontrakt med (upphandlad trafik) (Heart Aerospace, 2020b). Det sker en ständig teknisk utveckling – som dessutom förväntas ta fart – och olika vägval kan komma att ske under tiden, till exempel vad gäller batterier, bränsleceller och hybridplan. Dessa vägval påverkar investeringsbehovet på marknivå, men också den tekniska livslängden.

De statsfinansiella effekterna kan översiktligt beskrivas i Tabell 7.7 nedan där vi som maximalt alternativ satt 13 plan i statligt inköp eftersom det skulle motsvara ett plan per ny linje i vårt scenario (se Tabell 7.1). I de offentliga utgifterna ingår dels ett alternativ där de 400 miljoner kronorna ingår, dels ett alternativ där de inte ingår. I båda fallen ingår, utöver inköpskostnaden på 100 miljoner kronor per plan, kostnader för laddinfrastruktur på flygplatserna för de nya linjerna.

⁵⁰ Notera att vi beräknat att bussar i kollektivtrafik körs med diesel. Med biodrivmedel reduceras koldioxidutsläppen med cirka 50 procent i den kalkylator vi använt oss av (klimatsmartsemester.se)

⁵¹ Klimatklivet är ett stöd till lokala och regionala investeringar som minskar utsläppen av koldioxid och andra gaser som påverkar klimatet. De investerade medlen ska ge största möjliga utsläppsminskning per investerad krona, se vidare <http://naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Klimatklivet/>.

Tabell 7.7. Offentliga utgifter per år (kr)* med livslängd 16 år** för 3 respektive 13 plan, multiplicerat med skattefaktor 1,3.

	<i>Med industristöd</i>	<i>Utan industristöd</i>
Totalt per år, 3 elflygplan	57 255 000	24 375 000
Totalt per år, 13 elflygplan	138 505 000	105 625 000

Källa: Egna beräkningar.

* Avrundat till närmaste tusental.

** Avser rak avskrivning utan diskontering.

Med samma avskrivningstid som för Klimatklivets genomsnittliga livslängd ligger den årliga kostnaden på 29,5 kr/kg koldioxid om de 400 miljoner kronorna räknas in. Om dessa medel inte räknas med så är den årliga kostnaden cirka 9 kr/kg koldioxid. I alla avseenden ligger dessa nivåer, för denna första generation elflyg, en bra bit över Klimatklivets nivåer, vilket innebär att det, givet dessa förutsättningar, för närvarande finns mer kostnadseffektiva sätt att sänka koldioxidutsläpp. Om första generationens elflygplan i stället ses som ett nödvändigt första steg mot större elflygplan blir bilden sannolikt en annan eftersom investeringen då blir mer långsiktig.

Några slutliga noteringar bör göras. Det kan till exempel framhållas att ICAO:s kalkylator inte tar hänsyn till höghöjdseffekter och enbart räknar koldioxid och inte andra klimatpåverkande utsläpp. Samtidigt lägger kalkylatorn på en schablonsträcka för att efterlikna verklig sträckning, detta ger förstås större utslag på kortare linjer jämfört med längre. Sammantaget är de värden som kalkylatorn ger ändå att betrakta som rimliga och verklighetsnära. Antagandet om 100 procent beläggningsgrad är däremot inte verklighetstroget, men har använts för jämförbarhetens skull.

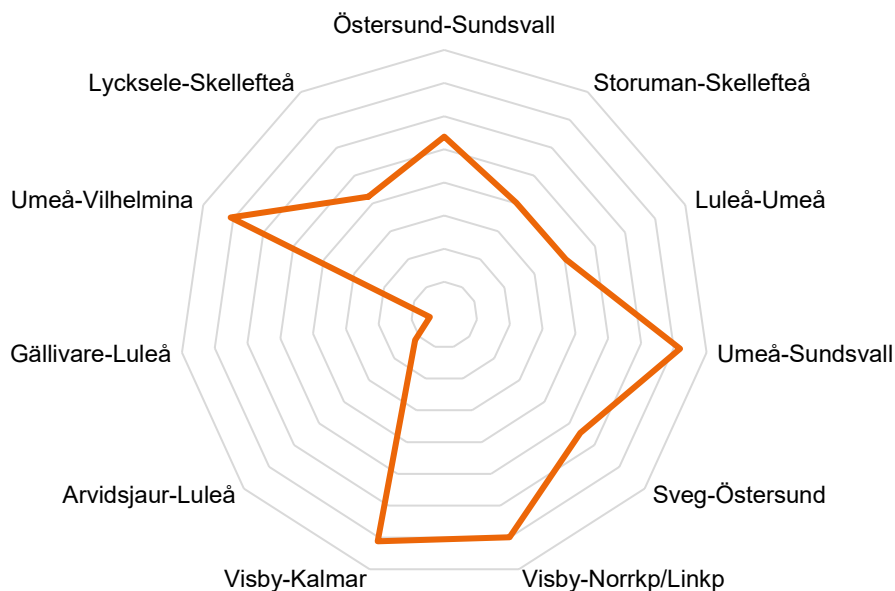
Potential för regionala positiva effekter

I Trafikanalys rapport om samband mellan åtgärder inom transportområdet, produktivitet och sysselsättning (Trafikanalys, 2017) beskrivs agglomerationseffekter – det vill säga den positiva effekt på lokal, regional eller nationell tillväxt som uppstår genom ökad koncentration av utbud, vilket i sin tur ger upphov till effekter utöver de direkta. Dessa effekter uppstår, enligt Trafikanalys 2017, när många människor har nära till varandra, både geografiskt och tidsmässigt, eftersom det då är lättare att dela kostnader och risker, att matcha arbetsgivare och arbetskraft, och att lära sig själv och av varandra.

Agglomerationseffekter kan, enligt Trafikanalys, uppstå då ekonomiska verksamheter koncentreras till en geografisk yta, eller mer generellt då restider och resekostnader mellan dem minskar. Vilka agglomerationseffekter helt nya sträckor ger upphov till kan vara svårt att bedöma eftersom det finns så många okända men betydelsefulla faktorer utöver trafikutbudet som påverkar utvecklingen.

Som beskrivits ovan ökar beräkningarnas osäkerhet av att det rör sig om långsiktiga scenarier med många okända faktorer, varav några är okända i dagsläget (som exempelvis teknikval) och andra är mycket osäkra (till exempel investeringskostnaderna). En analys av befolkningsförändringar kan därför hjälpa till att skissera möjliga framtida effekter. I figuren nedan har vi använt oss av SCB:s befolkningsframskrivningar på kommunal nivå (SCB, 2019, SCB 2020b) och använt oss av befolkningsförändringarna i den kommun där flygplatsen ligger samt närliggande kommuner. Dessa har sedan justerats med befolkningsandelen i den valda gruppen och därefter summerats per start- och slutpunkt för nya sträckningar. Resultatet kan användas som en indikation på potential för

agglomerationseffekter till följd av elflyg på nya distanser. Däremot kan inga slutsatser dras om vare sig sannolikhet eller storleksordning. I figuren nedan illustreras potentialerna, ju längre ut i diagrammet desto större potential för positiv samverkan med regional ekonomisk utveckling.



Figur 7.3. Uppskattad potential för positiva samhällsekonomiska effekter genom agglomerationseffekter utifrån befolkningsframskrivningar på kommunal nivå.
Källa: Egna beräkningar och SCB: 2019 och SCB 2020b.

Som framgår av figuren är den skisserade potentialen lägst för sträckorna Arvidsjaur-Luleå samt Gällivare-Luleå eftersom dessa kommuner själva har – eller omges av kommuner som har – negativ befolkningsutveckling. Eftersom analysen inte tar hänsyn till den specifika regionala marknadsstrukturen bör en brasklapp dock läggas in. Till exempel har Boliden AB, en stor arbetsgivare i Gällivare, kontor i Stockholm, varför anslutningsflyg kan vara av intresse (dvs. elflyg till noder). I Luleå ligger också Luleå tekniska högskola som Boliden AB har flera samarbeten med. Likaså är myndigheten Bergsstaten, flera konsultföretag och andra underleverantörer till gruvföretag i och kring Kiruna, Gällivare och Jokkmokk etablerade i Luleå, vilket skulle kunna tala för viss efterfrågan. Hänsyn har inte heller tagits till fortsatt sträckning till Finland eller Norge, men det är tänkbart att elflyg som matar till noder för vidare transport kan vara ett intressant alternativ till marktransporter. Högre potentialer skissas för distanser till och från Umeå samt till och från Visby (till Södra Sverige). Om elflyg ersätter befintlig trafik (dvs. inget ökat trafikutbud) är samhällsnyttan mer osäker i södra Sverige där alternativ finns.

Andra samhällseffekter

Utöver ovan nämnda effekter finns en del andra effekter som kan gynnas positivt av en introduktion av elflygplan på marknaden.

Regeringen har gett Trafikverket i uppdrag att utreda nya stambanor för höghastighetståg. Det handlar om att redovisa uppdaterade och kompletterande uppgifter angående nya stambanor inom en total investeringsram på 205 miljarder kronor i 2017 års prisnivå och arbetet ska

bygga på tidigare utredningar (Regeringen, 2020b). I den analys som Trafikverket tidigare tagit fram fanns tveksamheter om potentialen för överflyttning av flygresor till tåg, särskilt vad gäller sträckan Stockholm-Malmö (både Arlanda och Bromma) (Trafikverket, 2017). Vi bedömer att det även är osäkert vilken effekt en introduktion av elflyg har på efterfrågan på tågresor, men mer underlag behövs för en uppskattning. Klart är dock att elflyg i större skala (större plan och fler destinationer) kan medföra lägre relativ samhällsekonomisk nytta för höghastighetsbanor.

Om en kraftnätsutbyggnad är nödvändig så handlar det om betydande investeringskostnader. Gotland har för närvarande två elkablar till fastlandet för sin elförsörjning. Svenska kraftnät har tidigare avfärdat en utökning av kraftnätet med en tredje elkabel med motiveringen att investeringen inte är samhällsekonomiskt lönsam (Svenska kraftnät, 2020). I en nyligen genomförd utredning konstateras dock att en tredje elkabel är nödvändig för Gotlands elförsörjning och den motiveras dels av företaget Cementas satsning på att övergå till koldioxidfri (och därmed mer elintensiv) produktion, dels av totalförsvarets behov. Om elflyg medför tillfälliga belastningstoppar på elnätet kan elflyg bidra till ökad samhällsekonomisk nytta av planerade kraftverksinvesteringar.

Med *nätverkseffekter* avses att värdet av en teknik ökar med antalet användare. Om elflygssatsningen inte lyckas leda till större plan i framtiden minskar sannolikheten att marknaden för elflyg kan växa, vilket gör investeringarna dyrare än om efterfrågan ökar. I en omvänd situation ökar antalet användare med teknikens utbyggnad. Om investeringar i infrastruktur för elflyg genomförs på svenska flygplatser kan exempelvis utländska flygoperatörer finna det motiverat att investera i elflyg på nya sträckor.

Slutligen kan noteras att utredningen om styrmedel för att främja användning av biobränsle för flyget konstaterar att en utökad reduktionsplikt för flyget kan göras till låga samhällsekonomiska kostnader, inklusive statsfinansiella effekter (SOU 2019:11). Vi bedömer att dessa kostnader, särskilt de statsfinansiella, ligger ganska långt under kostnaderna för en samhällsstödd introduktion av elflyg på marknaden. Viss försiktighet bör dock iaktas när två tekniker med så olika mognadsnivå och livslängd jämförs.

7.4 Påverkan på flygplatser och flygbolag

Enligt uppdraget ska en redovisning göras av hur en introduktion av elflyg skulle påverka ekonomiska och andra förutsättningar för flygplatser och flygbolag. Analysen ska inkludera eventuella effekter på flygplatssystemets struktur inklusive linjeutbud och lokaliseringsfrågor.

I kapitel 5 har scenarier för det framtida elflyget beskrivits. I scenarierna ingår enbart flygplatser som idag har linje- eller chartertrafik. Men som framgår av avsnitt 2.2 finns ytterligare 44 flygplatser som uppfyller villkoret med en belagd start- och landningsbana på minst 800 meter. På dessa flygplatser skulle det således vara möjligt att starta och landa med mindre flygplan, som till exempel elflygplan. Det finns dock som framgått av avsnitt 2.1 en rad krav på en flygplats för att den ska godkännas för kommersiell trafik. Vi har inte bedömt det nödvändigt att inom ramen för detta uppdrag inventera investeringsbehoven för de 44 flygplatserna men kan konstatera att det i varierande grad kommer att krävas investeringar för att leva upp till krav för godkännande och dessutom tillkommer kostnader för att möta kundernas önskemål om service.

De regionala flygplatserna, dvs. de icke statliga flygplatserna, hade redan innan covid-19-pandemin ekonomiska svårigheter och finansiering från det offentliga är på flera platser en förutsättning för deras fortlevnad. I dessa flygplatsers omland ser vi en tydlig trend att befolkningen minskar samtidigt som den åldras vilket ytterligare begränsar resandeunderlaget (Trafikanalys, 2019b).

Trafikanalys bedömning är därför att med gällande regler är det svårt för nya flygplatser att utan offentligt stöd etablera sig eftersom de initiala investeringarna i infrastrukturen och driftskostnaderna ska fördelas på flygplan med få passagerare och få turer per dag. De tidsvinster som sker på de relativt korta flygsträckorna, se avsnitt 5.2, är inte så stora. Vi har därför svårt att se att de motiverar biljettpriser som skulle kunna finansiera höga start- och landningsavgifter.

Även om vår bedömning är att inga nya flygplatser kommer att etableras till följd av en introduktion av elflyg kan ett ökat linjeutbud, se avsnitt 5.2 för scenarier, innebära att befintliga flygplatser får bättre förutsättningar att klara sig. Det skulle därmed kunna bryta den långsiktiga utvecklingen mot färre flygplatser med kommersiell trafik.

Hur elflyg kommer att påverka ekonomiska och andra förutsättningar för flygbolag och på vilken sikt påverkan uppstår är en mycket svår fråga att besvara.

Trafikanalys bedömning, som baseras på de intervjuer vi gjort med flygbolag, är att påverkan på de större flygbolagen inledningsvis kommer att bli liten då elflygplanen kommer att verka på marknader där de inte bedriver trafik. Det är således de mindre flygbolagen som förmodligen kommer att driva trafiken med elflygplanen. De har en vana att driva trafik med små plan på mindre flygplatser och att förse en flotta av mindre flygplan med uppdrag under den tid på dagen då efterfrågan på reguljära flygresor är liten.

Det är också tänkbart att helt nya flygbolag etablerar sig på elflygsmarknaden. Två av de företag som utvecklar VTOL-farkoster som vi varit i kontakt med under uppdraget avser att driva trafiken med farkosterna själva. Vi har dock inga indikationer på att det finns sådana ambitioner hos de företag som utvecklar elflygplan.

Att få ut de nya elflygplanen på marknaden är en förutsättning för en elektrifiering av flyget. De mindre flygbolagen har idag äldre flygplan och deras förutsättningar för att finansiera helt nya elflygplan är små. I en intervju nämndes att ett begagnat flygplan med 19 säten kostar cirka 20 miljoner kronor medan ett nytt kostar cirka 100 miljoner kronor. För flygbolagen är investeringar i nya flygplan följaktligen ett strategiskt viktigt beslut och det är ett stort kapital som binds upp. Eftersom elflyg är en ny produkt på marknaden finns risker förknippade med inköp av dem. I det norska programmet för introduktion av elflyg presenteras som nämnts förslag till åtgärder för att minska riskerna och säkra tillgången till planen. De vägar som pekas ut är antingen investeringsstöd eller att staten köper flygplanen och hyr ut dem (Avinor och Luftfartstilsynet, 2020). Heart Aerospace har i en skrivelse till regeringen pekat på motsvarande åtgärder för att lösa den inledande finansieringsfrågan i Sverige (Heart Aerospace, 2020b).

Med batterielektriskt flyg väntas kostnaderna för underhållet bli lägre då elmotorer innehåller färre rörliga delar. Dessutom väntas kostnaderna för framdrivningen att bli lägre. Flygbolagets kostnader ska dock fördelas på jämförelsevis få passagerare och det blir en utmaning att utnyttja planen för andra uppdrag under de tider då efterfrågan på reguljära flygningar är låg. De plan som används i den upphandlade trafiken idag utnyttjas ofta för andra flygningar under tiden mellan morgon- och kvällsflygningarna. Jämfört med konventionella plan har elflyget, med beaktande av räckvidd, flyghastighet och laddmöjligheter, svårare att ta sådana uppdrag.

För att hantera den ojämna efterfrågan kommer förmodligen flygbolag med elflygplan att behöva anpassa sina affärsmodeller.

För de större flygbolagen blir eldrivna plan aktuella att använda först när tekniken möjliggör större flygplan med längre kommersiell räckvidd. Men de mindre eldrivna planen kan ha stor betydelse genom att bygga upp en tilltro till tekniken hos kunderna fram till dess att större eldrivna flygplan kan introduceras på marknaden.

8 Reflektioner och slutsatser

Den globala flygtrafiken svarar idag för 2–3 procent av de antropogena utsläppen av klimatpåverkande ämnen. Beaktar man att andra sektorer minskar sina utsläpp samtidigt som flygtrafiken ökar finns beräkningar som visar att flygets andel år 2050 kan uppgå till 20 cirka procent. Elflyg är en av flera åtgärder som på längre sikt kan innebära att flygets andel inte når en sådan nivå. I ett inledande skede är dock climateffekterna små, däremot kan elflyg innebära en positiv utveckling för tillgängligheten.

Ett viktigt konstaterande är att elflyget är en realitet och att det finns flera modeller som är uppe i luften. De är emellertid små och passar inte för reguljära flygningar, utan är mera lämpade för allmänflyget. Inom en femårsperiod ska det dock enligt företagens planer finnas flera certifierade elflyg med kapacitet att ta upp emot 19 passagerare. Antalet företag som utvecklar dessa plan är dock inte fler än att utvecklingen är mycket känslig för tekniska motgångar och/eller finansieringssvårigheter.

Finansiering av utvecklingsprojekt är ett frågetecken under covid-19-pandemin. Å ena sidan kan covid-19-pandemin medföra att det blir svårare att hitta finansiering för kostsamma utvecklingsprojekt när inte minst flygbolag och de stora flygplanstillverkarna uppvisar stora underskott. Å andra sidan har både EU och flera olika länder i pandemins spår anslagit stora belopp för Fol och för en "grön öppning" av ekonomin.

Ytterligare tankar vi vill föra fram redovisar vi nedan under tre områden som ofta lyfts fram som avgörande för elflygets utveckling; *reglerna*, *tekniken* och *marknaden*.

Reglerna

Det första elflygplanet certifierades av den europeiska flygsäkerhetsbyrån EASA sommaren 2020. Certifieringen innebär att planet nu kan serieproduceras. Att successivt utveckla och anpassa reglerna till den tekniska utvecklingen är en naturlig del i regelhanteringen. Med ny teknik följer att de som ansvar för regelutveckling och -uppföljning behöver ny kompetens och kunskap om till exempel brandsäkerhet för batterier. Även om regelutveckling är ett naturligt inslag så är certifiering av trafikflygplan en krävande process som tar lång tid.

För att en flygplats ska godkännas för kommersiell trafik är det en rad kostnadsdrivande krav som ska uppfyllas och vi bedömer att det kommer att innebära en alltför hög kostnadströskel för en bransch som har stora ekonomiska problem. Problem som blivit betydligt större till följd av covid-19-pandemin.

Nya krav kommer också att ställas på flygbolag och ombordpersonal, men vår slutsats är att de i sammanhanget utgör mindre utmaningar, vilka kan hanteras inom ramen för den ordinarie kompetensutvecklingen.

Tekniken

Av de olika teknikerna för elektriskt flyg har vi dragit slutsatsen att det batterielektriska flyget ligger närmast en marknadsintroduktion. Det första batterielektriska planet certifierades i sommaren 2020 och det finns flera företag som driver utveckling med målsättning om certifierade trafikflygplan i mitten av 2020-talet. De mest optimistiska bedömningarna pekar på

att den nuvarande energitätheten i batterierna möjliggör flygningar på upp till 40 mil med flygplan på upp till 19 passagerare. Men denna bedömning är inte oomtvistad.

Den begränsade passagerarkapaciteten och räckvidden initialt innebär att elflyget endast i begränsad omfattning kan komma att ersätta det konventionella flyget. Det får konsekvenser för elflygets möjligheter att bidra till minskat klimatavtryck från luftfarten. Som framgått tidigare utgör flygningar med mindre plan två procent av det totala antalet inrikes flygningar. Den successiva förbättring som sker av de litiumjonbatterier som nu används kommer möjliggöra längre flygningar med små plan, men för att möjliggöra större plan som flyger längre sträckor krävs att en ny batteriteknik lanseras.

Det är dock viktigt att komma ihåg att utveckling av elflyg i större omfattning inte pågått särskilt länge och att Fol både är tidskrävande och kostsamt. I framtiden, bortom 2030, kan det finnas elflyg med betydligt större passagerarkapacitet och längre räckvidd om några av de befintliga utvecklingsprojekten blir framgångsrika. Den framtida utvecklingen av batterier kommer att vara avgörande för denna utveckling. Innan batterifrågan är löst kommer frågetecknen kring uppskalbarheten från dagens små elflyg att bestå.

Inom vägtrafiken är hybridlösningar ett vanligt förekommande sätt att öka räckvidden. Utmaningen för hybridlösningar inom elflyget är att flygplanens vikt ökar med dubbla system för framdrift vilket förkortar räckvidden för batteriet. Vi kan också notera att Airbus och Rolls-Royces hybridflygsprojekt lades ned. Det pågår dock utveckling av andra hybridflygsmodeller så tanken är långtifrån död. Hybridteknikerna ger möjlighet att använda de olika framdrivningsteknikerna där de är effektivast, till exempel att använda elmotorn för markkörning. Ett annat exempel kan vara att använda förbränningsmotorerna för start och stigning och batterierna för flygning på hög höjd för att undvika höghöjdseffekter.

Flygplan drivna av el från bränsleceller försörjda av vätgas har förutsättningar att bli en viktig del av den framtida blandningen av olika framdrivningstekniker som innebär mindre klimatpåverkan. En bedömning som görs i branschen är att bränslecellsdrivna 19-sättesplan kan vara i drift om cirka tio år. För att nå dit återstår dock mycket forskning och utveckling som inte minst handlar om att göra planen lättare för att de ska kunna bära de tankar som vätgasen kräver. Men frågan om en infrastruktur för en hållbar framställning, distribution och lagring måste också lösas innan en bred introduktion av bränslecellsdrivna flygplan kan ske.

Men den efterfrågan som kommer från bränslecellsdrivna flygplan är för liten för att driva fram en sådan utbyggnad. EU-kommissionen har beslutat om en strategi för vätgas, som ingår i den europeiska gröna given, där satsningar på utbyggnad av sådan infrastruktur ingår. Airbus har nyligen aviserat en stor satsning på att utveckla vätgasdrivna större flygplan vilket kan bli en draghjälp för introduktionen av bränsleceller. Men det kan också innebära att plan drivna av bränsleceller får en hårdare konkurrens från vätgasdrivna plan.

När det gäller laddinfrastruktur finns för närvarande ingen standard vilket inte är särskilt förvånande då elflyget befinner sig i en utvecklingsfas. Det innebär en utmaning för flygplatser som önskar ta emot elflyg, men det är också en möjlighet att ta initiativet och utveckla en nordisk eller nordeuropeisk standard. Det tycks också rimligt att se elflyget som en del i en större trend mot ökad elektrifiering i hela transportsystemet.

Marknaden

Elektriskt flyg kommer troligen med några få undantag att först introduceras i inrikes flygtrafik. De regionala flygplatserna hade redan innan coronapandemin stora ekonomiska svårigheter och ska nya flygplatser öppna krävs initiala investeringar för att få dem godkända för

kommersiell trafik. Befolkningsutvecklingen gör också att resandeunderlaget för dessa flygplatser minskar. Två procent av inrikesflygningarna i Sverige görs med flygplan med 19 säten eller färre. Mätt i antal passagerare blir andelen ännu lägre. Inrikesflyget hade flest passagerare runt 1990 därefter minskade passagerarantalet fram till år 2010 varefter en svag ökning skett. Samtidigt har antalet flygplatser som trafikeras i inrikes linjetrafik minskat och planen blivit större.

Det är således en svår marknad som elflygplanen ska slå sig in på och vår bedömning är att inga nya flygplatser kommer att öppna till följd av introduktionen av elflyg, utan det är befintliga flygplatser som kommer att användas. De linjer som blir aktuella kommer att karaktäriseras av små resandeströmmar över korta avstånd. Elflyget kommer att bli som mest konkurrenskraftigt på linjer som går över hav, ödemark eller andra fysiska barriärer vilka försvårar konkurrens från olika markbaserade trafikslag. Även uppkomsten av mindre nav dit elflyg kan mata resenärer för fortsatt resa med större konventionell flygplanstyp kan bli en konkurrenskraftig nisch.

På flera linjer kan en övergång till eldrift innebära att flygplansstorleken minskas, vilket innebär att färre passagerare ska generera tillräckliga intäkter för att täcka kostnader och åstadkomma en liten vinst. Det finns ett tak för hur höga biljettpriserna kan vara och samtidigt förbli konkurrenskraftiga gentemot andra trafikslag då både bil och tåg kan vara ett alternativ på vissa sträckor. En förutsättning för en introduktion av elflyg är därför att drift- och underhållskostnaderna blir avsevärt lägre än för konventionella plan.

Det är de mindre flygbolagen som flyger små plan. Dessa bolag har idag oftast äldre flygplan och deras förutsättningar att finansiera helt nya elflygplan är små. Eftersom elflyg är en ny produkt på marknaden finns risker förknippade med inköp av dem och det är ett stort kapital som binds upp. En reflektion är att det kanske öppnar för en marknad där konventionella plan bygs om till eldrift. De största elektriska planen som idag flyger är av den typen.

Strategi och styrmedel

En utgångspunkt bör vara att mer generella styrmedel, såsom utsläppshandelsystem och flygskatt, i den mån det behövs, utvecklas för att också ge incitament för användning av elflygplan. I de samtal vi haft med olika aktörer lyfts Norges strategi för elflyg fram som en lämplig modell. Den inkluderar tydliga mål för elflyg kombinerat med insatser i tre steg: teknikutveckling, riskavlastning och drift.

Det norska programmet formulerar mål för en viss teknik, men ofta brukar mer teknikneutrala målsättningar föredras då de anses gagna effektiva lösningar. En målsättning kan, i likhet med den brittiska inriktningen, ha en näringspolitisk tyngdpunkt där det övergripande syftet är att tillvarata den kunskap som finns inom det svenska flygklustret och därmed utveckla en ny konkurrenskraftig industrigren. Med en sådan målsättning blir produktion av inhemska elektrifierade flygplan ett naturligt mål.

Med en mer tydlig transportpolitisk utgångspunkt som betonar tillgänglighet och minskad klimatpåverkan blir elflyg ett av flera medel för att nå de uppsatta målen och det är därmed även av underordnad betydelse var planen tillverkas.

Låt oss avslutningsvis konstatera att detta uppdrag varit avgränsat till flygplan – flygande farkoster med fasta vingar. Det innebär att dessa plan ska konkurrera med traditionellt flyg och är bundna till vanliga flygplatser. Med motsvarande analys av drönare och andra flygande farkoster skulle vi kunna frikoppla analysen från dagens flygplatssystem och diskutera nya och mer innovativa trafikupplägg.

9 Referenser

Airbus.com (2020). *Our decarbonisation journey continues: looking beyond E-Fan X*. Hämtad 2020-09-23 från: www.airbus.com/newsroom/stories/our-decarbonisation-journey-continues.html

Ampaire.com (2020) *Electric Aircraft with real utility*. Hämtad 2020-09-23 från: www.ampaire.com/

Avinor och Luftfartstilsynet (2020). *Forslag til program for introduksjon av elektrifiserte fly i kommersiell luftfart*. Hämtad 2020-09-30 från: www.regjeringen.no/contentassets/048b277dfe9d4e76a059b0796bbe8b52/200305_rapport-elektrifiserte-fly-i-kommersiell-luftfart_final.pdf

Baumeister, S., Leung, A. och Ryley, T. (2020). *The emission reduction potentials of first generation electric aircraft*. Journal of transport geography, Vol. 85 S. 1-8.

Boeing.com (2012) *How sweet the future of aviation*. Hämtad 2020-09-23 från: www.boeing.com/features/innovation-quarterly/aug2017/feature-technical-sugar.page

Brejle B. och Martins J. (2019). *Electric, hybrid, and turboelectric fixed-wing aircraft: A review of concepts, models, and design approaches*. Artikel i Progress in Aerospace Sciences January 2019.

ByeAerospace (2020). *E-flyer*. Hämtad 2020-09-23 från: <https://bye aerospace.com/electric-airplane/>

Computer Sweden (2019) *Nu har drönare testats för blodtransporter i Sverige*. Hämtad 2020-09-19 från: <https://computersweden.idg.se/2.2683/1.721784/dronare-blodtransport>

Cordis.europa.eu (2020). *Electric Innovative Commuter Aircraft*. Hämtad 2020-09-23 från: <https://cordis.europa.eu/project/id/864551>

Denstadli, J.M., Gripsrud, M., Hjorthol, R. och Julsrud, T.E. (2013). *Videoconferencing and business air travel: Do new technologies produce new interaction patterns?* Transportation research Part C, Vol. 29 S. 1–13.

Department for Transport (2018). *Lift off for electric planes – new funding for green revolution in civil aerospace*. Pressmeddelande 2018-07-16, Hämtad 2020-09-09 från: www.gov.uk/government/news/lift-off-for-electric-planes-new-funding-for-green-revolution-in-uk-civil-aerospace

dw.com (2020). *German flying taxi startup charms Tesla investor*. Hämtad 2020-09-22 från: www.dw.com/en/german-flying-car-startup-tesla-spacex/a-53759669

EAG (2020). *The worlds first 70+ seat hybridelectric passenger plane*. Hämtad 2020-09-25 från: www.electricaviationgroup.com/electric-flight/

EASA (2020). *EASA certifies electric aircraft, first type certification for fully electric plane world-wide*. Hämtad 2020-09-21 från: www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/press-releases/easa-certifies-electric-aircraft-first-type-certification-fully

EEA, EASA och Eurocontrol (2019). *European Aviation Environmental Report*. Webb sida: www.easa.europa.eu/eaer/

electrek.co (2019). *Eviation's all-electric Alice airplane coming to US regional airline Cape Air by 2022*. Hämtad 2020-09-23 från: <https://electrek.co/2019/06/18/eviation-electric-cape-air/>

Electric VTOL news (2020). *Volocopter VoloCity VC 2-1*. Hämtad 2020-09-22 från: <https://evtol.news/volocopter-volocity/>

electricaviationgroup.com (2020). *The world's first 70+ seat hybrid electric passenger plane*. Hämtad 2020-09-27 från: www.electricaviationgroup.com/electric-flight/

electrive.com (2019). *Electro.Aero presents DC charging for electric aircraft*. Hämtad 2020-09-23 från: www.electrive.com/2019/10/26/electro-aero-presents-dc-charging-solution-for-electric-aircraft/

Elsäkerhetsverket (2020) *Säkerhetsrisker med batterilager*. Hämtad 2020-09-03 från: www.elsakerhetsverket.se/privatpersoner/din-elanlaggning/bygga-och-renovera/installation-av-batterilager/sakerhetsrisker-med-batterilager/

Energimyndigheten (2017a). *Strategisk plan för omställning av transportsektorn till fossilfrihet*. ER 2017:7.

Energimyndigheten (2017b). *Värmevärdet och emissionsfaktorer*. Hämtad 2020-10-04 från: www.energimyndigheten.se/statistik/branslen/varmevardet-och-emissionsfaktorer1/

EU (2008). *Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1008/2008, artikel 16*.

Europeiska kommissionen (2016). *EU Reference Scenario 2016 Energy, transport and GHG emissions. Trends to 2050*.

Europeiska kommissionen (2019). *Horizon Europé; Investeringar för vår framtid*. Hämtad 2020-09-22 från: https://ec.europa.eu/info/files/horizon-europe-investing-shape-our-future_sv

Eviation.co (2020). *Alice*. Hämtad 2020-09-23 från: <https://www.eviation.co/aircraft/>

feber.se (2020). *eCaravan är världens största helelektriska flygplan*. Hämtad 2020-09-27 från: <https://feber.se/fordon/ecaravan-ar-varldens-storsta-helelektriska-flygplan/411793/>

Ferguson, S. och Forslid, R. (2016). *Flyget och företagen*, SNS förlag, Stockholm.

Flightglobal.com (2020a). *Harbour Air to resume electric-powered Beaver flights as certification work begins*. Hämtad 2020-09-23 från: www.flightglobal.com/aerospace/harbour-air-to-resume-electric-powered-beaver-flights-as-certification-work-begins/136071.article

flightglobal.com (2020b). *Eviation Alice prototype damaged by electric fire in Arizona*. Hämtad 2020-09-23 från: www.flightglobal.com/eviation-alice-prototype-damaged-by-electric-fire-in-arizona/136327.article

Flyg24 (2020a). *Regeringen förlänger den temporära trafikplikten*. Hämtad 2020-09-21 från: <https://flyg24nyheter.com/2020/08/31/regeringen-forlanger-den-temporara-trafikplikten/>

flyg24 (2020b). *El-flygplan visade upp sig på Bromma*. Hämtad 2020-09-22 från: <https://flyg24nyheter.com/2020/02/12/el-flygplan-visade-upp-sig-pa-bromma/>

flygtorget.se. *Första laddstationerna för elflyg på Dala Airport*. Hämtad 2020-09-23 från: www.flygtorget.se/Aktuellt/Artikel/?Id=13732

forbes.com (2019a). *Boeing Backs Away From Zunum Aero, Founders Struggle To Raise Money After Laying Off Staff*. Hämtad 2020-09-23 från: www.forbes.com/sites/jeremybogaisky/2019/07/02/zunum-aero-nears-zero-founders-struggle-to-raise-money-after-laying-off-staff/#4e29acba2d73

forbes.com (2019b). *Billionaire Richard Chandler Takes Control Of Aviation, Giving It Funds To Make Electric Passenger Plane Take Flight*. Hämtad 2020-09-23 från: www.forbes.com/sites/jeremybogaisky/2019/02/20/aviation-gains-backing-from-billionaire-richard-chandler-to-make-first-electric-passenger-plane-take-flight/#13c50ff66ebb

Forslund A. (2020). *Intervju 2020-04-16*. Dnr. Utr. 2020/10:21.

Gouvernement (2020). *Plan de soutien à l'aéronautique, pour une industrie verte et compétitive. Dossier de Presse 9 juin 2020, Paris*. Hämtad 2020-09-29 från: www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/DP%20-%20Plan%20de%20soutien%20a%CC%80%20%27ae%CC%81ronautique.pdf

Gov.uk (2020): *PM commits £350 million to fuel green recovery*. Hämtad 2020-09-22 från: www.gov.uk/government/news/pm-commits-350-million-to-fuel-green-recovery

Green Car Report (2019). *Electric car battery prices dropped 13 % in 2019, will reach 100 kwh in 2023*. Hämtad 2020-05-15 från: www.greencarreports.com/news/1126308_electric-car-battery-prices-dropped-13-in-2019-will-reach-100-kwh-in-2023

Green flyway (2019). *Testarena for autonome luftfartøyer, elektriske fly og utm i midt-skandinavia*. Hämtad 2020-09-23 från: www.ostersund.se/download/18.1c9eb4ca16b237f846c52f73/1597991167355/2019.07.01_Rapport-Green-Flyway_v1-3_final.pdf

GreenFlyway (2020). *Presentation Green Flyway*. Dnr Utr 2020/10:24.

Greebiz.com (2020). *6 electric aviation companies to watch*. Hämtad 2020-09-23 från: www.greebiz.com/article/6-electric-aviation-companies-watch

Grönbil.se (2020). *Köpa begagnad hybrid – Inför ditt köp av begagnad hybrid*. Hämtad 2020-09-16 från: www.gronbil.se/kopa-begagnad-hybrid/

Heart Aerospace och Transportföretagen (2020). *Luffartspaket, Elflyg, Skrivelse till Infrastrukturdepartementet*. Dnr Utr 2020/10:15

Heart Aerospace (2020). *Electrifying regional air travel*. hämtad 2020-09-15 från: <https://heartaerospace.com/>

HM Government (2018). *Industrial Strategy; Aerospace Sector Deal, London*. Hämtad 2020-09-29 från: www.gov.uk/government/publications/aerospace-sector-deal

House of Commons Transport Committee (2020): *The impact of the coronavirus pandemic on the aviation sector; Government and Civil Aviation Authority Responses to the Committee's second Report, London*. Hämtad 2020-09-29 från: <https://publications.parliament.uk/pa/cm5801/cmselect/cmtrans/268/26802.htm>

Hydrogen Europe (2020). Green Hydrogen Investment and Support Report. Hämtad 2020-09-30 från:

https://hydrogeneurope.eu/sites/default/files/Hydrogen%20Europe_Green%20Hydrogen%20Recovery%20Report_final.pdf

ICAO (2020a). *Electric and Hybrid Aircraft Platform for Innovation*. Hämtad 2020-09-23 från:

www.icao.int/environmental-protection/Pages/electric-aircraft.aspx

ICAO (2020b). *ICAO Carbon Emissions Calculator*. Hämtad 2020-09-25 från:

www.icao.int/environmental-protection/Carbonoffset/Pages/default.aspx

Johansson, M. (2018): *Luffartens klimatpåverkande utsläpp – differentierade utsläpp; en delrapport inom Samkost 3*. VTI rapport 972.

Kamb, A. och Larsson J. (2019). *Klimatpåverkan från svenska befolkningens flygresor 1990 – 2017*. Hämtad 2020-09-25 från:

https://research.chalmers.se/publication/506796/file/506796_Fulltext.pdf

Konjunkturinstitutet (2020). *Skillnad mellan scenario och prognos*. Hämtad 2020-09-25 från:

www.konj.se/var-verksamhet/sa-gor-vi-prognoser/skillnad-mellan-scenario-och-prognos.html

KPMG (2020). *Startups och corona-kris: Konsekvenser och möjligheter*. Hämtad 2020-09-15 från: <https://home.kpmg/se/sv/home/nyheter-rapporter/2020/04/startup-och-corona-kris-konsekvenser-och-mojligheter.html>

Littorin, H. (2020a). *Kommentarer på utkast om samhällsekonomiska effekter av elflyg*.

Trafikanalys Dnr Utr 2020/10:22.

Littorin, H. (2020b) *Intervju 2020-03-31*. Dnr Utr 2020/10:16.

Luffartsstyrelsen (2008). *Vem konkurrerar med vem på flygmarknaden?* Hämtad 2020-09-21 från:

www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luffart/en_studie_av_flygmarknaden_segment_080129.pdf

Lundbladh, A. (2020) *Mailkonversation GKN*. Dnr Utr 2020/10:21.

magnix.aero (2020) *Connecting Communities*. Hämtad 2020-09-27 från: www.magnix.aero

Maldanova J. m.fl. (2018). *Sammanställning av flygets klimatpåverkan och möjlighet till minskning av dessa - alternativa flygrutter för minskade höghöjdseffekter och biobränslen*. IVL Rapport B2305.

Masson M. (2020). *Intervju 2020-08-31*. Dnr Utr 2020/10:18.

McKinsey & Company (2020). *Hydrogen-powered aviation A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050*. Hämtad 2020-08-27 från:

www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/20200507_Hydrogen%20Powered%20Aviation%20report_FINAL%20web%20%28ID%208706035%29.pdf

Mora kommun, E-post 2020. Dnr Utr 2020/10:25.

Morgan Stanley Research (2020). *Are flying cars ready for takeoff*. Hämtad 2020-09-21 från:

www.morganstanley.com/ideas/autonomous-aircraft/

Myfuelcell.se. *Framställning av vätgas*. Hämtad 2020-09-04 från:

www.myfuelcell.se/framst%C3%A4llning-av-v%C3%A4tgas

Naturvårdsverket (2019). *Verksamheter som ingår*. Hämtad 2020-09-21 från www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Utslappshandel---vagledning/Utslappshandel-verksamheter-som-ingar/

Naturvårdsverket (2020a). *Utsläpp av växthusgaser från utrikes sjöfart och flyg*. Hämtad 2020-10-01 från: www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-utrikes-sjofart-och-flyg/

Naturvårdsverket (2020b). *Satsning på elektrifiering genom elflyg och elbussar i Klimatklivet*. Hämtad 2020-09-23 från: www.naturvardsverket.se/Nyheter-och-pessmeddelanden/Satsning-pa-elektrifiering-genom-elflyg-och-elbussar-i-Klimatklivet-/

Naturvårdsverket (2020c). *Resultat för Klimatklivet*. Hämtad 2020-09-30 från: www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Bidrag/Klimatklivet/Resultat-for-Klimatklivet/

Nerhagen, L. och Andersson-Sköld, Y. (2018). *Emissioner från flyg inom svenskt luftrum och externa kostnader för dessa: en delrapport i Samkost 3*. VTI Notat 15:2018.

Nilsson, M., Larsson, J. och Åkerman, J. (2020). *Styrmedel för att begränsa det globala flygets klimatpåverkan; ett svenskt perspektiv*. Hämtad 2020-09-27 från: https://research.chalmers.se/publication/516334/file/516334_Fulltext.pdf

Northvolt (2020). *Intervju med Mikael Thorslund Northvolt 2020-04-24*. Dnr Utr 2020/10:19

NOX-fondet (2020). *Om NOX-fondet*. Hämtad 2020-09-21 från: www.nho.no/samarbeid/nox-fondet/artikler/om-nox-fondet/

Ny Teknik (2013). *Flygplanet med 12 000 solceller*. Hämtad 2020-09-21 från: www.nyteknik.se/nyheter/flygplanet-med-12-000-solceller-6403170

Ny Teknik (2018). *De slog världsrekordet för elhelikoptrar*. Hämtad 2020-08-20 från: www.nyteknik.se/fordon/de-slog-varldsrekordet-for-elhelikoptrar-6943573

Ny Teknik (2019). *"Batteridrift i större skala - flygtekniskt omöjligt"*. Debattartikel hämtad 2020-09-16 från: www.nyteknik.se/opinion/batteridrift-i-storre-skala-flygtekniskt-omojligt-6946208

Ny Teknik (2020). *El-utmanare i luften tar fyra passagerare 96 kilometer*. Hämtad 2020-09-20 från: www.nyteknik.se/fordon/el-utmanare-i-luften-tar-fyra-passagerare-96-kilometer-6996218

OmEV (2020). *Energieffektivitet – batteristorlek och räckvidd inte alltid en linjär historia*. Hämtad 2020-08-14 från: <https://omev.se/2020/05/18/energieffektivitet-batteristorlek-och-rackvidd-inte-alltid-en-linjar-historia/>

pipistrel-aircraft.com (2020a). *Alpha electro*. Hämtad 2020-09-22 från: www.pipistrel-aircraft.com/aircraft/electric-flight/alpha-electro/

pipistrel-aircraft.com (2020b). *Green Motion and Pipistrel are announcing a game-changing partnership to develop a universal, future-proof, environmentally friendly, turnkey charging technology for electric airplanes*. Hämtad 2020-09-23 från: www.pipistrel-aircraft.com/world-renowned-electric-vehicles-charging-pioneer-green-motion-joins-forces-with-pipistrel-to-define-the-future-of-electric-airplane-charging/

prnewswire.com (2020). *magniX Selected as Electric Propulsion Provider for Universal Hydrogen's Carbon-Free Aircraft*. Hämtad 2020-09-27 från: www.prnewswire.co.uk/news-releases/magnix-selected-as-electric-propulsion-provider-for-universal-hydrogen-s-carbon-free-aircraft-887658962.html

- pure-flight (2020). *Pure plane ΦNIX*. Hämtad 2020-09-27 från: www.pure-flight.eu/Pure-Plane.html
- Regeringen (2019). *Regleringsbrev för budgetåret 2020 avseende Trafikverket*. Regeringsbeslut I2019/03374/US.
- Regeringen (2020a). *Budgetpropositionen för 2021*. Proposition 2020/21:1.
- Regeringen (2020b). *Uppdrag angående nya stambanor för höghastighetståg*. Regeringsbeslut I2020/01828/TP.
- Regjeringen.no (2019). *Norge som europeisk satsingsområde for elfly*. Hämtad 2020-09-21 från: www.regjeringen.no/no/aktuelt/norge-som-europeisk-satsingsomrade-for-elfly/id2679486/
- Reimers, J O. (2018). *Introduction of electric aviation in Norway. Feasibility study by Green Future AS*. Hämtad 2020-09-29 från https://avinor.no/contentassets/c29b7a7ec1164e5d8f7500f8fef810cc/jan-otto-reimers_green-future-as_oslo-22-march-2018.pdf
- reuters.com (2020). *EasyJet partner starts developing engine for electric plane*. Hämtad 2020-09-23 från: [https://www.reuters.com/article/us-easyjet-electric/easyjet-partner-starts-developing-engine-for-electric-plane-idUSKBN1ZT279Scandinavian traveler 2019](https://www.reuters.com/article/us-easyjet-electric/easyjet-partner-starts-developing-engine-for-electric-plane-idUSKBN1ZT279Scandinavian%20traveler%202019). <https://scandinaviantraveler.com/se/flyg/fraga-piloten-vad-ar-skillnaden-mellan-vanliga-flygplan-och-propellerplan>
- Rijksoverheid (2019). Political statement: Joint statement on EU coordination for aviation pricing by the Ministers of Finance. Hämtad 2020-09-28 från: www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2019/11/07/political-statement-joint-statement-on-eu-coordination-for-aviation-pricing-by-the-ministers-of-finance-%E2%80%93-7-november-2019
- Roland Berger (2017). *Aircraft Electrical Propulsion – The Next Chapter of Aviation?* Hämtad 2020-09-27 från: www.rolandberger.com/en/Publications/New-developments-in-aircraft-electrical-propulsion.html
- Roland Berger (2020). *Hydrogen - A future fuel for aviation?* Hämtad 2020-08-27 från: www.rolandberger.com/en/Publications/Hydrogen-A-future-fuel-of-aviation.html
- Salomonsson, J. och Jussila Hammes, J., (2020). *Det kommersiella elflyget – verklighet eller dröm?* En litteraturstudie över elflygets utsikter. VTI rapport 1039.
- Scandinavian traveler (2019). *Fråga piloten - vad är skillnaden mellan vanliga flygplan och propellerplan?* Hämtad 2020-09-27 från: <https://scandinaviantraveler.com/se/flyg/fraga-piloten-vad-ar-skillnaden-mellan-vanliga-flygplan-och-propellerplan>
- SCB (2019). *Sveriges framtida befolkning 2019–2070*. Statistiska meddelanden BE 18 SM 1901.
- SCB (2020a). *Utsläpp och upptag av växthusgaser*. Hämtat 2020-08-17 från: www.scb.se/mi0107/.
- SCB (2020b). *Sveriges framtida befolkning 2020–2030 – Län och kommungrupper*. Statistiska meddelanden BE 18 SM 2002.
- Schäfer, A. och Waitz, I. (2014). *Air Transport and the Environment*. Transport Policy, vol. 34 s. 1-4.

- SGU (2018). *Kobolt – en konfliktfylld metall*. Hämtad 2020-09-03 från: www.sgu.se/om-sgu/nyheter/2018/januari/kobolt--en-konfliktfylld-metall/
- Shaohua, M., Wang, S., Zhang, C. och Zhang, S. (2017): *A Method to Improve the Efficiency of an Electric Aircraft Propulsion System*. Energy, vol. 140 s. 436-443.
- Sifted.eu (2020). *Engine fires and coronavirus: How Lilium managed to raise \$240m in tough times*. Hämtad 2020-09-22 från: <https://sifted.eu/articles/lilium-fire-fundraising/>
- SOU 2019:11. *Biojet för flyget. Betänkande av Utredningen om styrmedel för att främja användning av biobränsle för flyget*.
- SOU 2019:65. *Huvudbetänkande av Långtidsutredningen 2019*.
- Svenska Dagbladet (2020). *Intervju med Jean-Marie Skoglund, Flyganalytiker Transportstyrelsen*. Hämtad 2020-09-15 från: www.svd.se/flera-populara-flygresor-bli-tyrare-efter-krisen
- Svenska kraftnät (2020). *Svenska kraftnät bygger ingen ny elförbindelse till Gotland*. Pressmeddelande hämtat 2020-10-02 från: www.svk.se/press-och-nyheter/nyheter/allmannan-nyheter/2017/svenska-kraftnat-bygger-ingen-ny-elforbindelse-till-gotland/
- Swedavia (2019). *Swedavias långtidsprognos 2019-2050*. Hämtad 2020-09-01 från: www.swedavia.se/contentassets/6824448fcc0a4ae29c0bf5bf961cb10d/swedavias-langsigtiga-trafikprognos-2019-2050.pdf
- Swedavia (2020a). *Swedavia lanserar strategi för elflyg – Åre Östersund redo för första elflyget hösten 2020*. Hämtad 2020-09-23 från: www.swedavia.se/om-swedavia/presskontakt/swedavia-lanserar-strategi-for-elflyg--are-ostersund-redo-for-forsta-elflyget-hosten-2020/#gref
- Swedavia (2020b). *Airport Charges and Conditions of Services, valid from 15 January 2020*. Hämtad 2020-09-30 från: www.swedavia.com/globalassets/flygmarknad/airport_charges_and_conditions_of_services_2020.pdf
- Svenskt flyg (2007). *Slutsatser och rekommendationer från Flygets Miljökommitté*. Hämtad 2020-08-12 från: www.svensktflyg.se/wp-content/uploads/2011/05/slutsatser-och-rekommendationer-fran-flygets-miljokomite.pdf
- Svenskt flyg (2018). *Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – Flygbranschen*. Hämtad 2020-08-17 från: http://fossilfritt-sverige.se/wp-content/uploads/2018/04/ffs_flygbranschen.pdf
- Svt.se (2020). *Här är motorn som ska få elflyget att lyfta*. Hämtad 2020-09-27 från: www.svt.se/nyheter/lokalt/vast/har-ar-delen-som-ska-fa-det-det-svenska-elflyget-att-lyfta
- Trafikanalys (2017). *Sambandet mellan åtgärder inom transportområdet, produktivitet och sysselsättning*. PM 2017:10.
- Trafikanalys (2018). *ABC om styrmedel*. PM 2018:2.
- Trafikanalys (2019a). *Ekonomiska krisers inverkan på transporteffektivitet*. PM 2019:11.
- Trafikanalys (2019b). *Flygplatser i fokus*. PM 2019:6.
- Trafikanalys (2020a). *Luffart 2019*. Statistik 2020:9.
- Trafikanalys (2020b). *Uppföljning av de transportpolitiska målen*. Rapport 2020.

Trafikverket (2017). *Klimatpåverkan från höghastighetsjärnväg. Sträckorna Järna-Göteborg och Jönköping-Lund*. Publikationsnummer 2017:162.

Trafikverket (2018). *Trafikverket upphandlar flygtrafik 2019–2023*. Hämtad 2020-09-21 från: www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2018-10/trafikverket-upphandlar-flygtrafik-20192023/

Trafikverket (2020a). *Trafikverkets upphandling av flygtrafik klar*. Hämtad 2010-09-19 från: www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/Nationellt/2020-04/trafikverkets-upphandling-av-flygtrafik-klar/

Trafikverket (2020b) *Analysmetoder och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7.0*. Hämtad 2020-09-28 från: www.trafikverket.se/contentassets/4b1c1005597d47bda386d81dd3444b24/asek-7.0--2020/02_samhallsekonomi_teor_i_a70.pdf

Transportstyrelsen (2018). *Första halvåret med flygskatt*. TSL 2018-8525.

Transportstyrelsen (2019a). *Obemannade luftfartyg i Sverige. Trender, effekter, förväntningar och behov*. TSG 2019-4372.

Transportstyrelsen (2019b). ICAO:s globala klimatstyrmedel – CORSIA. Hämtad 2020-09-28 från: www.transportstyrelsen.se/sv/luftfart/Miljo-och-halsa/Klimat/Klimatstyrmedel/icaos-globala-klimatstyrmedel

Transportstyrelsen (2020a). *Möte 2020-06-10*. Dnr Utr 2020/10:23

Transportstyrelsen (2020b). *Tillstånd för flygplatser*. Hämtad 2020-09-21 från: <https://transportstyrelsen.se/sv/Om-transportstyrelsen/Avgifter/Luftfart/Flygplatser/Tillstand-for-flygplatser/>

Transportstyrelsen (2020c). *Flygtrafikstatistik. Utvecklingen under 2019*. Hämtat 2020-08-14 från: www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/publikationer/luftfart/flygtrafikstatistik_q42019.pdf

Wiberg, E, (2020a). *Mejlsvar på fråga*. Dnr Utr 2020/10:26

Wiberg, E (2020b). *Intervju 2020-06-16*. Dnr Utr 2020/10:20.

Wimmerström, Kajsa (2020). *Takeoff; Analysing pathways for Electric Innovation Facilitation and Regime Destabilisation in the in the Swedish Aviation Industry*. Dnr Utr 2020/10:26

Volocopter.com (2019). *Design specifications, August 2019*. Hämtad 2020-09-22 från: www.volocopter.com/assets/pdf/20190819_VoloCity_Specs.pdf

WSDOT Washington state department of transport (2019). *Electric Aircraft Working Group Report*. Hämtad 2020-08-25 från: <https://wsdot.wa.gov/sites/default/files/2019/07/15/ElectricAircraftWorkingGroupReport-June2019.pdf>

ZeroAvia (2020). *ZeroAvia Conducts UK's First Commercial-Scale Electric Flight*. Hämtad 2020-09-23 från: www.zeroavia.com/press-release-23-06-2020

Zunum.aero (2020). *Bringing you electric air travel out to a thousand miles*. Hämtad 2020-09-23 från: <https://zunum.aero/>

Bilaga 1 Uppdragsdirektiv



Regeringsbeslut

16

2020-01-23
I2020/00185/US

Infrastrukturdepartementet

Trafikanalys
Rosenlundsgatan 54
118 63 Stockholm

Uppdrag att analysera utvecklingen avseende elflyg

Regeringens beslut

Regeringen uppdrar åt Trafikanalys att ta fram ett kunskapsunderlag om eldrivna flygplan. I uppdraget ingår följande:

- Beskriva vilka typer av helt eller delvis eldrivna flygplan, inklusive flygplan med bränsleceller, som finns i dag, respektive som för närvarande utvecklas. Beskrivningen ska inkludera flygplanens räckvidd, kapacitet avseende exempelvis antal passagerare och fraktkapacitet och kostnader liksom vilken typ av laddinfrastruktur eller infrastruktur för annat alternativt drivmedel som flygplanen använder sig av.
- Beskriva tänkbara framtidsscenarier när det gäller eldrivna flygplan, vilken laddinfrastruktur för helt eller delvis eldrivna flygplan som svenska flygplatser och ett urval flygplatser i närliggande länder tillhandahåller idag och avser att tillhandahålla på längre sikt.
- Kartlägga vilka styrmedel som andra länder, i första hand inom EU och Norge, har infört för att stimulera en utveckling och introduktion av helt eller delvis eldrivna flygplan.
- Analysera de samhällsekonomiska effekterna av en introduktion av eldrivna flygplan samt hur en introduktion av eldrivna flygplan skulle påverka de ekonomiska förutsättningarna och andra förutsättningar för flygbolag och flygplatser samt näringslivets konkurrenskraft i olika delar av landet. Eventuella effekter för flygplatssystemets struktur, inklusive lokaliseringsfrågor, och linjeutbud ska belysas i analysen.
- Översiktligt analysera vilka åtgärder som skulle kunna vara lämpliga att genomföra för att främja utveckling och en övergång till en större

användning av helt eller delvis eldrivna flygplan som en del i en kostnadseffektiv och samhällsekonomiskt motiverad minskning av flygets klimatpåverkan.

- Översiktligt analysera hur en användning av eldrivna flygplan skulle kunna påverka tillgängligheten inom Sverige och mellan Sverige och de närmaste grannländerna.

Vid genomförandet av uppdraget ska Trafikanalys inhämta synpunkter från berörda flygbolag, flygindustrin, Swedavia AB, Svenska regionala flygplatser (SRF), berörda batteri- och bränslecellstillverkare och andra berörda aktörer. Trafikanalys ska vidare inhämta synpunkter från Luftfartsverket, Trafikverket, Transportstyrelsen, Tillväxtverket och Verket för innovationssystem (Vinnova).

Trafikanalys ska redovisa uppdraget till Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet) senast den 7 oktober 2020.

Skälen för regeringens beslut

Sverige ska bli världens första fossilfria välfärdsland. Sveriges långsiktiga klimatmål är att nettoutsläppen ska vara noll senast 2045. För att klara målet och Sveriges åtagande enligt Parisavtalets 1,5-gradersmål behöver flygets klimatpåverkan minska.

Utsläppen från flyg inom Europeiska Ekonomiska Samarbetsområdet (EES) omfattas av EU:s utsläppshandelssystem (EU ETS). Världens länder har inom Internationella civila luftfartsorganisationen (Icao) enats om att stabilisera utsläppen från internationellt flyg på 2020 års nivåer. Det viktigaste styrmedlet för att uppnå detta mål är ett globalt marknadsbaserat styrmedel (Corsia). Även den internationella flygbranschen (IATA) har enats om globala utsläppsmål som innebär en genomsnittlig årlig effektivisering av bränsleförbrukning med 1,5 procent mellan 2009 och 2020, en stabilisering av flygets koldioxidutsläpp genom koldioxidneutral tillväxt från och med 2020 och en halvering av flygets koldioxidutsläpp till 2050 jämfört med 2005. Varken Corsia eller IATA:s utsläppsmål leder till tillräckliga utsläppsminskningar för att klimatmålen och Parisavtalets 1,5-gradersmål ska nås. Regeringen arbetar därför för att det, både globalt och på EU-nivå, ska bli möjligt att beskatta fossilt flygbränsle i yrkesmässig luftfart. En flygskatt som tas ut utifrån antalet flygstolar tas ut på nationell nivå sedan 2017. Regeringen avser även att införa ytterligare nationella åtgärder för att minska

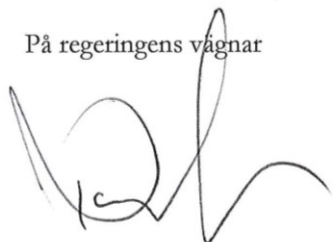
flygets klimatpåverkan. Bland annat ska krav på obligatorisk inblandning av förnybart bränsle för flyget införas.

Konkurrenskraftig och klimatsmart teknik behövs för att klimatmålen ska kunna nås. Utvecklingen inom elflyg går framåt. Under 2018 flögs för första gången ett helt eldrivet flygplan i Sverige. Sverige har en stark flygindustri och initiativ har tagits för att utveckla helt eller delvis eldrivna flygplan. Eldrivna flygplan har potential att bidra till att minska både flygets direkta utsläpp och höghöjdseffekterna i huvudsak på kortare distanser, vilket bland annat kan komma att bli intressant för de flyglinjer som upphandlas statligt av regionalpolitiska skäl.

Den svenska flygbranschen har tagit fram en färdplan för fossilfri konkurrenskraft inom ramen för Fossilfritt Sverige. I färdplanen framgår att branschen bedömer att det finns en stor långsiktig potential i att elektrifiera delar av flyget. Flygbranschen pekar även på behovet av en målbild för elektrifiering av flyget. Regeringen bedömer att det behövs en målbild för hur flygets klimatpåverkan ska minska. Regeringen avser därför att i ett tilläggsdirektiv ge Miljömålsberedningen i uppdrag att ta fram mål för flyg.

Regeringen bedömer mot denna bakgrund att det är viktigt att utvecklingen avseende helt eller delvis eldrivna flygplan analyseras i syfte att kunna främja omställningen till ett fossilfritt transportsystem.

På regeringens vägnar



Tomas Eneroth



Anna Ullström

Bilaga 2 Tillgänglighetskriterier och nivåer i Trafikverkets tillgänglighetsmodell

Kriterium	Standard	Definition
Till Stockholm		Möjlighet att måndag till fredag nå centrala Stockholm (ej Arlanda eller Bromma) över dagen med vistelsetid på minst sex timmar så att man är framme före 10.00 och kan resa hem efter 16.00. Restiden ska inte vara längre än fyra timmar.
		Möjlighet att måndag till fredag nå centrala Stockholm (ej Arlanda eller Bromma) över dagen med vistelsetid på minst sex timmar. Restiden ska inte vara längre än fyra timmar.
Från Stockholm		Möjlighet att på vardagar ta sig från Stockholm till kommunen med vistelsetid minst sex timmar och sedan kunna resa hem samma dag. Man ska kunna resa ut efter 06.00 och vara tillbaka före 24.00. Restiden ska inte vara längre än fyra timmar.
		Samma som ovan, men med en vistelsetid på fyra timmar och en restid på maximalt fem timmar.
Internationella resor		Möjlighet att ta sig vidare internationellt, genom att ta sig till någon av flygplatserna Arlanda, Landvetter, Kastrup, Gardemoen eller Vaernes på vardagar med en ankomsttid senast 08.30. Resan ska inte behöva starta tidigare än 06.00.
		Samma som ovan, men med ankomsttid senast 09.00. Resan ska inte behöva starta tidigare än 04.00.
Storstäder ⁵²		Det ska vara möjligt att nå dessa orter en enkeltur på förmiddagen och en tur tillbaka på eftermiddagen sju dagar per vecka. Från varje kommun analyseras resmöjligheten till den storstad eller storstadsalternativ man har bäst resmöjligheter till. Restiden ska inte vara längre än tre timmar. Krav på fyra timmars vistelsetid mellan 10.00 och 18.00.
		Det ska vara möjligt att nå dessa orter en enkeltur på förmiddagen och en tur tillbaka på eftermiddagen sex dagar per vecka. Från varje kommun analyseras resmöjligheten till den storstad eller storstadsalternativ man har bäst resmöjligheter till. Restiden ska inte vara längre än fem timmar. Krav på fyra timmars vistelsetid mellan 10.00 och 18.00.

⁵² Flygresor har uteslutits för kriteriet med hänsyn till resans syfte.

Regionsjukhus ⁵³		Möjlighet att från varje kommun nå det regionsjukhus som man tillhör sju dagar i veckan med ankomst före 12.00 och avresa efter 16.00. Restiden från varje kommuncentrum till tillhörande regionsjukhus ska inte vara längre än tre timmar. Resan får inte starta före 03.00.
		Möjlighet att från varje kommun nå det regionsjukhus som man tillhör fem dagar i veckan med ankomst före 12.00 samt med avresa efter 16.00. Restiden från varje kommuncentrum till tillhörande regionsjukhus ska inte vara längre än fyra timmar. Resan får inte starta före 03.00.
Universitet och högskolor		Goda veckopendlingsmöjligheter till minst tio av de 23 orterna. Det skall gå att resa från orten fredag efter 16.00 och till orten på söndag efter 12.00. Restiden ska inte vara längre än fem timmar.
		Goda veckopendlingsmöjligheter till minst fem av de 23 orterna. Det skall gå att resa från orten fredag efter 16.00 och till orten på söndag efter 12.00. Restiden ska inte vara längre än fem timmar.
Andra större städer ⁵⁴		Möjlighet att från varje kommun nå huvudorten i minst tre kommuner med 50 000 invånare eller mer med en restid till respektive kommun på max tre timmar.
		Möjlighet att från varje kommun nå huvudorten i minst två kommuner med 50 000 invånare eller mer med en restid till respektive kommun på max fyra timmar.
Besöksnäring		Mer än hälften av Sveriges befolkning kan nå huvudorten i kommunen med maximalt 5 timmars restid.
		Mer än hälften av Sveriges befolkning kan nå huvudorten i kommunen med maximalt 7 timmars restid.

Källa: Trafikverket (2017). Flygutredning 2019–2023; utredning inför beslut, 2019:117, Borlänge.

⁵³ Följande orter har universitets- eller regionsjukhus: Umeå, Stockholm, Uppsala, Örebro, Linköping, Göteborg, Malmö och Lund.

⁵⁴ Flygresor har uteslutits för kriteriet med hänsyn till resans syfte.

Bilaga 3 Externa kontakter

Möten och intervjuer

<i>Typ av organisation</i>	<i>Organisation</i>	<i>Deltagare</i>	<i>Datum</i>
Batteri och bränslecellstillverkare	Northvolt	Mikael Thorslund	24-apr
Batteri och bränslecellstillverkare	Powercell	Per Ekdunge	25-jun
Flygbolag	Jonair Affärsflyg AB	Mattias Eriksson	21-aug
Flygbolag	Amapola Flyg AB	Erik Salén	26-aug
Flygbolag	SAS	Lars Andessen Resare	02-sep
Flygindustrin	GKN Aerospace	Robert Hell	03-apr
Flygindustrin	Heart Aerospace	Anders Forslund	16-apr
Flygindustrin	SAAB	Göran Bengtsson, Christopher Jouannet	01-jun
Flygindustrin	Katla	Erik Wiberg	16-jun
Flygindustrin	Lillium	Marie Masson	31-aug
Forskning	Uppsala Universitet	Mauritz Andersson	24-mar
Forskning	RISE	Hampus Alfredsson m.fl.	23-apr
Forskning	Linköpings universitet	Alejandro Sobron	26-jun
Forskning	KTH	Jonas Åkerman, Magnus Nilsson	03-sep
Infrastruktur	Swedavia	Henrik Littorin	31-mar
Infrastruktur	Svenska regionala flygplatser	Peter Larsson, m.fl.	20-aug
Intresseorg.	Transportföretagen	Fredrik Kämpfe, Nils Paul	18-maj
Intresseorg.	Svenskt flyg	Dag Waldenström	15-jun
Myndighet	Vinnova	Andreas Netz	07-maj
Myndighet	Luftfartfartsverket	Pierre Ankartun	08-jun
Myndighet	Transportstyrelsen	Rémi Vesvre m.fl.	10-jun
Myndighet	Tillväxtverket	Daniel Fahlander	11-jun
Myndighet	Trafikverket	Katarina Wigler, Malcolm Lundgren	Löpande
Opinionsbildare	Kenneth Nilsson m.fl.	Kenneth Nilsson	17-apr
Opinionsbildare	Theenergy Consulting AB	Thomas Engberg	05-maj

Projekt	Nordic Network for Electric Aviation.	Maria Fiskerud	17-mar
Projekt	Green Flyway	Hans Dunder, Anne Sørensen	20-mar
Övriga	Airson	Axel Wieslander	04-jun

Studiebesök
Bromma flygplats

Bilaga 4 Flygplatser i Sverige

<i>Flygplats</i>	<i>Dimensioner</i>	<i>Banyta</i>	<i>Belysning</i>	<i>Ägare mm</i>	<i>Typ av ägare</i>
ALINGSÅS	600x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Alingsås flygklubb	Privat
ANDERSTORP	1000x20 16x16	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Anderstorp AB. Heliport only avbl for ambulance and rescue flights.	Privat
ARBOGA	2000x40	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. SAAB. Limited fire fighting, rescue and handling service O/RGlider flying	Privat
ARBRÅ	700x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Arbrå flygklubb	Privat
ARVIDSJAUR	2500x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
ARVIKA	1150x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd. Arvika flygklubb	Privat
AVESTA	850x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Avesta flygklubb	Privat
BORGLANDA	625x50	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
BORLÄNGE	2313x45 700x40	Asfalt Gräs	Ja Nej	Trafikflygplats	Kommunal
BORÅS	800x18	Asfalt	Ja	Godkänd flygplats. Drivs av Borås flygplatsförening	Kommunal
BORÅS	800x50	Gräs	Nej	Godkänd flygplats. Drivs av Borås flygplatsförening	Kommunal
BRATTFORS- HEDEN	800x50	Gräs	Ja	Ej Godkänd. Brattforshedens flygklubb	Privat
BUNGE	675x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Ej Godkänd.	Privat
DALA-JÄRNA	900x24	Asfalt	Ja	Västerdalarnas flygklubb	Privat
EDSBYEN	700x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Edsbyns flygklubb	Privat
EKSHÄRAD	540x45	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Ekshärads flygklubb	Privat
EKSJÖ/Ränneslätt	1000x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Nejrra Smålands flygklubb	Privat
ENKÖPING/ Långtora	720x200 670x200	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Stockholms segelflygklubb	Privat
ESKILSTUNA	1886x35	Asfalt/	Ja	Godkänd instrument- flygplats	Kommunal
ESKILSTUNA/Ekeby	850x150	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
ESLÖV	799x20 450x30	Asfalt Gräs	Nej Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
FAGERHULT	590x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat

FALKENBERG/ Morup	700x30	Gräs	Ja	Ej Godkänd. Falkenbergs flygklubb	Privat
FALKÖPING	1316x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
FJÄLLBACKA	740x34	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
GAGNEF	600x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
GARGNÄS	940x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
GNESTA/Vängsö	650x50 630x30	Gräs	Nej Ja	Ej Godkänd. Östra Sörmlands flygklubb	Privat
GRYTTJOM	809x27	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Stockholms fallskämsklubb	Privat
GÄLLIVARE	1714x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
GÄVLE	2000x45	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
GÖTEBORG/ Landvetter	3299x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
GÖTEBORG/Säve	1085x45	Asfalt	Ja	Godkänd flygplats	Privat
GÖTENE/ Brännebrona	600x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Brännebo flygklubb	Privat
HAGFORS	1508x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
HAGSHULT	2020x40	Asfalt	Ja	Militär ej godkänd.	Militär
HALLVIKEN	1000x20	Asfalt	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
HALMSTAD	2268x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
HEDE/Hedlanda	1175x33	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Hedlanda flygförening	Privat
HEMAVAN TÄRNABY	1594x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Privat/Kommunal
HERRLJUNGA	900x70	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Herrljunga flygklubb	Privat
HUDIKSVALL	1320x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Airlift Helicopter Sweden AB	Privat
HULTSFRED- VIMMERBY	1945x40	CONC	Ja	Ej Godkänd.	Privat
HÄLLEFORS	720x15	Gravel	Nej	Ej Godkänd. Hällefors flygklubb	Privat
HÄRNÖSAND/ Myran	800x23	Gravel	Nej	Ej Godkänd. Härnösand flygklubb	Privat
HÄSSLEHOLM/ Bokeberg	830x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Hässleholm flygklubb	Privat
HÖGANÄS	800x50 510x50	Gräs	Ja Nej	Ej Godkänd. Nejrdvästra Skånes flygklubb	Privat
IDRE	1558x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Privat
JOKKMOKK	2000x25	Asfalt	Ja	Militär ej godkänd.	Militär
JÖNKÖPING	2203x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
KALMAR	2320x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
KARLSBORG	2289x40	Asfalt	Ja	Militär ej godkänd.	Militär
KARLSKOGA	1499x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Privat
KARLSTAD	2516x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
KATRINEHOLM	700x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Katrineholms flygklubb	Privat
KIRUNA	2502x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
KRAMFORS- SOLLEFTEÅ	2001x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
KRISTIANSTAD	2215x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
KÄGERÖD	800x35	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat

KÖPING	700x50	Gräs	Ja	Ej Godkänd. Köpings flygklubb	Privat
LANDSKRONA	1180x30 1050x90	Asfalt Gräs	Ja Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
LIDKÖPING	1990x45 875x45	Asfalt Gräs	Ja Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
LINKÖPING/Malmen	2214x35 1870x37	Asfalt	Ja Ja	Godkänd instrument- flygplats	Militär
LINKÖPING/Saab	2135x40	Asfalt	Ja	Trafikflygplats Ej Godkänd.	Kommunal
LJUNGBY/Feringe	1150x30	Asfalt	Nej	Ferringe flygklubb	Privat
LJUNGBYHED	1998x40 1986x40	Asfalt Asfalt/CO NC	Ja Ja	Godkänd instrument- flygplats	Kommunal
LJUSDAL	620x35	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Ljusdal flygklubb	Privat
LUDVIKA	819x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
LULEÅ/Kallax	3350x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
LYCKSELE	2092x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
MALMÖ	2800x45 799x18	Asfalt	Ja Nej	Trafikflygplats	Statlig
MALUNG/ Skinnlanda	800x23	Asfalt	Ja	Ej Godkänd. Malungs flygklubb	Privat
MELLANSEL	795x35	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Mellansel flygklubb	Privat
MOHED	800x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
MORA/Siljan	1814x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats Ej Godkänd.	Kommunal
MUNKFORS	700x40	Gräs	Nej	Munkfors flygklubb	Privat
NORRKÖPING/ Kungsängen	2205x45 600x35	Asfalt Gräs	Ja Nej	Trafikflygplats	Kommunal
NORRTÄLJE	650x18	Asfalt	Ja	Ej Godkänd. Roslagens flygklubb	Privat
OPTAND	1000x18 750x40	Asfalt Gräs	Ja Nej	Ej Godkänd. Östersunds flygklubb	Privat
ORSA	1000x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Orsa Tallheds flygsällskap	Privat
OSKARSHAMN	1504x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
OVIKEN	850x40	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
PAJALA	2300x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
PITEÅ	1000x25	Asfalt	Ja	Ej Godkänd. Piteå flygklubb	Privat
RAMSELE	740x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Piteå flygklubb	Privat
RONNEBY	2331x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
RÅDA	1987x35	Asfalt	Ja	Militär ej godkänd.	Militär
SANDVIK	600x25	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
SILJANSNÄS	850x16 850x35	Asfalt Gräs	Nej	Ej Godkänd. Siljansnäs flygklubb	Privat
SJÖBO SÖVDE	950x50	Gräs	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
SKELLEFTEÅ	2520x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats Godkänd	Kommunal
SKÖVDE	1736x30	Asfalt	Ja	instrument- flygplats	Kommunal
SMÅLANDS- STENAR	915x15	Asfalt	Ja	Ej Godkänd. AB Varmförzinkning	Privat
SOLLEFTEÅ	820x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Sollefteå flygklubb	Privat

STEGEBORG	800x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Stegeborgs Egendom AB	Privat
STOCKHOLM/ Arlanda	3301x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
STOCKHOLM/ Bromma	1668x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
STOCKHOLM/ Skavsta	2878x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Privat/Kommunal
STOCKHOLM/ Skå-Edeby	800x50 650x65	Gräs Gräs	Nej Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
STOCKHOLM/ Västerås	2581x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
STORUMAN	2283x40	Asfalt	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
STORVIK/ Lemstanäs	620x23	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Västra Gästrike flygklubb	Privat
STRÖMSTAD/ Näsinge	900x53	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
SUNDBRO	630x40	Gräs	Ja	Ej Godkänd.	Privat
	500x60	Gräs	Nej	Uppsala	
	435x40	Gräs	Nej	flygklubb	
SUNDSVALL- TIMRÅ	1954x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
SUNNE	770x100	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
SVEG	1702x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
SÄTENÄS	2264x45	Asfalt	Ja	Godkänd	Militär
	1933x40	Asfalt	Ja	instrument- flygplats	
SÄFFLE	690x50	Gräs	Nej	Godkänd flygplats. Säffle flygklubb	Privat
SÄLEN/ Scandinavian Mountains	2500x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Privat
SÖDERHAMN	2524x40	Asfalt	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
TIDAHOLM/ Bämmelshed	675x50	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Tidaholms flygklubb	Privat
TIERP	850x35	Asfalt	Nej	Ej Godkänd.	Privat
				Tierps ARENA AB. Nejrå Upplands flygklubb	
TORSBY	1590x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
TROLLHÄTTAN- VÄNERSBORG	1710x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
UDDEVALLA/ Backamo	760x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
UDDEVALLA/ Rörkärr	655x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
UMEÅ	2302x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
UPPSALA	1963x40	Asfalt	Ja	Militär ej	Militär
	1906x40	Asfalt	Ja	godkänd.	
VARBERG	600x50	Gräs	Ja	Godkänd	Kommunal
	560x40	Gräs	Ja	flygplats	
VELLINGE	730x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
				Söderslätt flygklubb	
VIDSEL	2230x35	Asfalt	Ja	Militär ej godkänd.	Militär
VILHELMINA	1500x30	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
VISBY	2000x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
	1100x40	Gräs	Nej		
VISINGSÖ	800x25	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Privat
	600x25	Gräs	Nej	Jönköpings flygklubb	
VÄRGÅRDA	890x30	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Värgårda flygplats AB	Privat

VÄSTERVIK	1199x30	Asfalt	Ja	Ej Godkänd.	Kommunal
VÄSTERÅS/ Johannisberg	850x23 700x50	Asfalt Gräs	Ja Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
VÄXJÖ/ KroNejberg	2106x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
ÄLLEBERG	680x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Svenska segelflygförbundet	Privat
ÄNGE/Tälje	720x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Änge flygklubb	Privat
ÄRE ÖSTERSUND	2500x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Statlig
ÄSELE	1200x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd.	Kommunal
ÄVIKEN/Äviken Fly Camp	600x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Äviken Fly Camp High Coast AB	Privat
ÄLMHULT/Möckeln	604x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Älmhults flygklubb	Privat
ÄLVSBYEN	730x30	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Älvsbyns flygklubb	Privat
ÄNGELHOLM	1945x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal (från och med 1/9-2020)
ÖLANDA	600x23	Asfalt	Nej	Ej Godkänd. Ölanda flyg- och motorklubb	Privat
ÖREBRO	3270x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal
ÖRESTEN	680x35	Gräs	Nej	Ej Godkänd. Öresten flygklubb	Privat
ÖRNSKÖLDSEVIK	2016x45	Asfalt	Ja	Trafikflygplats	Kommunal

Trafikanalys är en kunskapsmyndighet för transportpolitiken. Vi analyserar och utvärderar föreslagna och genomförda åtgärder inom transportpolitiken. Vi ansvarar även för officiell statistik inom områdena transporter och kommunikationer. Trafikanalys bildades 2010 och har huvudkontor i Stockholm samt kontor i Östersund.