

FÄRDPLAN FÖR
FOSSILFRI KONKURRENSKRAFT

Flygbranschen

FÖRENINGEN
**Svenskt
Flyg**

 Fossilfritt
Sverige

UPPGRADERAD
SEPTEMBER | 2024





Förord

Inom ramen för Fossilfritt Sverige har 23 branscher tagit fram färdplaner för att visa hur de kan stärka sin konkurrenskraft genom att bli fossilfria eller klimatneutrala. Färdplanen för flygbranschen är en av dessa 23 färdplaner med syfte att visa hur branschen kan ställa om till fossilfritt flyg och därigenom också bidra till att göra Sverige världsledande i den gröna omställningen. Målet är ett fossilfritt inrikesflyg 2030 och fossilfritt flyg både in- och utrikes 2045.

Flygbranschens mål är alltså att inrikesflyget ska vara fossilfritt redan om sex år. Det betyder att mängden koldioxidutsläpp från flygtrafiken motsvarande inrikesflyget ska vara eliminerade. År 2045 ska allt flyg som startar vid svenska flygplatser vara fossilfritt. Målen är ambitiösa men fullt möjliga.

Det viktigaste verktyget på kort sikt är att gå över till biobränsle i flygplanen. Även om certifieringen idag enbart tillåter 50 procent inblandning i flygplanen kan resenärerna indirekt flyga på 100 procent biobränsle. I dagsläget erbjuder flera flygbolag resenärerna att lägga till biobränsle när flygbiljetten bokas och det går även att köpa biobränsle på andra sätt. Men efterfrågan måste öka, bland annat genom att alla offentliga flygresor väljer biobränsle.

Branschen har genomgående i färdplanen valt begreppet hållbart biobränsle som direkt översättning av Sustainable Aviation Fuel som är benämningen i ReFuelEU Aviation. Vi är dock medvetna om att hållbarhet är ett komplext begrepp och att det i det här fallet inte tar hänsyn till bränslets hela värdekedja och exempelvis odlingssystem som olika typer av skogsbruk.

Andra viktiga tekniker för att minska klimatpåverkan från flyget är elektrifiering och vätgas. Tekniken går framåt och Sverige ligger i framkant. Vi ser att elflygen, elhybridflygen och elektrobränsleflygen förväntas göra inträde på marknaden 2028 och flygplan som förbränner vätgas i jetmotorer väntas vara i luften 2035.

Den uppgraderade färdplan som nu är framtagen är en möjlighetsinriktad färdplan som huvudsakligen visar att

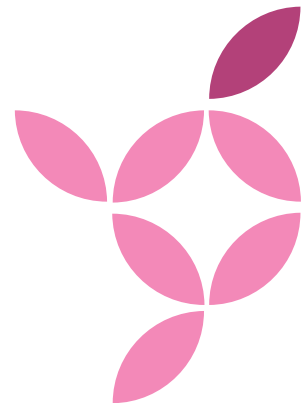
det ur ett tekniskt perspektiv går att bli fossilfri ganska snabbt, men att mycket samarbete krävs längs värdekedjan och efterfrågan måste öka. Branschen är ägare av färdplanen i alla dess delar och Fossilfritt Sverige delar i allt väsentligt färdplanens innehåll och slutsatser. Färdplanen är vårt bidrag till att öka tempot i den globala omställningen genom att visa hur ett litet land som Sverige kan ha en konkurrenskraftig och fossilfri flygbransch.

Svante Axelsson

Nationell samordnare, Fossilfritt Sverige

Christian Clemens

Ordförande, Svenskt Flyg



Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	5
Inledning	7
Varför detta dokument?	7
Varför flyger vi?	7
Vad är utmaningen för flyget?	8
Hur ser lösningen ut?	8
Denna färdplan	9
Nulägesbeskrivning	10
Nytan med flyg	10
Flygets klimatpåverkan	10
Fyra centrala insatsområden	14
Målbilder och vision	16
Globala mål	16
Nationella mål	16
Strategiska mål och initiativ	16
Definitioner och avgränsningar	19
Mål	19
Teknikutveckling och energieffektivisering	21
Olika teknikspår	21
Drivmedel	21
Energieffektivisering	24
Höghöjdseffekt	24
Hinderanalys	26
Tekniken delvis på plats	26
Ekonomiska incitament och villkor	26
Prioritering	28
Politisk vilja, samstämmighet och reglering	29
Drivmedelsbranschens möjligheter	30
Flygbranschens möjligheter	31
Vikten av långsiktiga spelregler	31
Plan för implementering	32
Vägen till 2030	32
Den fortsatta vägen till 2045	34
Pågående satsningar och initiativ i Sverige i linje med färdplanen	36
Referenslista i urval	40

Sammanfattning

Flyget är och kommer för lång tid framöver att vara det trafikslag som kan erbjuda långväga tillgänglighet med rimlig restid. Med rätt åtgärder kan flyget byta till fossilfria energibärare och därmed värna tillgänglighet och rörlighet samtidigt som utsläppen minskar i linje med nationella och globala mål.

MÅL

Målet är ett fossilfritt inrikesflyg 2030 och fossilfritt flyg både in- och utrikes 2045.

Definitionen av målen är att motsvarande mängd bränsle som går åt i inrikesflyget ska vara ersatt av SAF i den totala mängd bränsle som tankas vid svenska flygplatser 2030 samt att allt flyg som startar vid svenska flygplatser ska vara fossilfritt 2045.

UTMANINGAR

Utmaningarna handlar bland annat om ekonomiska incitament och villkor, prioritering och konkurrens, teknikutveckling, råvaru- och energitillgång avseende fossilfria drivmedel, politisk vilja, samstämmighet och reglering. Gemensamt för dessa områden är att alla behövs för att en marknad för hållbart fossilfritt flyg ska kunna skapas, växa och hjälpa Sverige att uppnå målen om fossilfrihet till 2030 och 2045.

LÖSNINGAR

Den svenska flygbranschen har under lång tid arbetat med att utveckla och implementera lösningar som minskar utsläppen. Tekniken finns för att framställa hållbart flygbränsle (SAF) som går att använda direkt i dagens flygmotorer utan att det behövs några större tekniska justeringar. Teknik är även under utveckling för att delar av flygtrafiken ska kunna drivas med vätgas eller elektrifieras. Lösningen för att nå målet är att rätt energibärare ska användas på rätt sträcka för att skapa ett energiopimerat system. Tillsammans med nya energibärare är energieffektivisering i hela systemet avgörande för att nå ett fossilfritt flyg.

VÄGEN FRAMÅT

Färdplanen handlar om vad som kan göras för att nå klimatmålen med ökad konkurrenskraft samt de förut-

sättningar som behöver ges för att branschen ska klara det. De nödvändiga insatserna ligger huvudsakligen på industriell och politisk nivå, vilket gör att ledtiderna för en omställning kan bli rimligt korta och att flyget kan bidra till en stor grad av fossilfrihet på relativt kort sikt.

Vi föreslår fem konkreta åtgärder från staten för att nå målen i färdplanen. I korthet är dessa förslag:

Förslag 1: Staten bör snarast besluta om ramarna för statliga investeringsstöd för projektering och uppskalning av SAF-anläggningar, stöd för grön vätgasproduktion samt stöd för laddinfrastruktur på svenska flygplatser. Produktionskapacitet för att försörja flyget med det bränsle som behövs för att nå 2045-målet kräver betydande investeringar och staten behöver bidra finansiellt för att investeringarna ska genomföras.

Förslag 2: Staten bör ställa krav på att alla offentliga flygresor görs med hållbara drivmedel. Detta kan i dagsläget bland annat ske via upphandling av den mängd SAF som krävs. Staten kan då sätta upp hållbarhetskriterier, göra teknikval och stå för den mellanskillnad som gör att priset till slutanvändarna inom offentlig verksamhet blir realistiskt.

Förslag 3: Staten bör stödja och finansiera forskning och utveckling kring teknik som ger energieffektivare flygplan samt som möjliggör övergången till nya energibärare i form av SAF, grön vätgas och batterier. Synkronisering bör ske med existerande program för flyginnovation.

Förslag 4: Staten, via sitt ansvar för svenskt luftrum, bör verka för att utveckla flygningar där man med hjälp av realtidsdata aktivt undviker områden där höghöjdseffekterna kan uppstå. Det finns nu mycket kunskap samt teknik kring saken och med ett intensifierat stöd till detta arbete finns det mycket goda förutsättningar för att flygningar i svenskt luftrum till stor del kan eliminera den klimatpåverkan som uppstår vid flygningar över 8000 meter.

Förslag 5: Staten bör kommunicera en offentlig målbild för övergången till fossilfritt flyg, med hållpunkterna

2030 och 2045 och i linje med internationella mål. Detta för att det ska bli tydligt för alla aktörer i värdekedjan vad som måste göras, vem som ska göra vad, när det måste göras och hur mycket det bedöms kosta.

Läs om detta i detalj i kapitlet **Hinderröjning**.

Att göra en hel bransch fossilfri innebär att många aktörer och värdekedjor är inblandade. Färdplanen har tagit sin utgångspunkt i det som kan göras på relativt kort tid för att få till en förändring. Därmed finns givetvis aspekter som behöver utredas mer. En primär slutsats är att mycket finns på plats för en rimligt snabb övergång till fossilfritt flyg – ett område där Sverige både kan och bör ta en ledande position.

Mängd flygbränsle att ersätta (prognostiserade och avrundade siffror)	
Mängd flygbränsle att ersätta med SAF 2030 för att nå målet:	100 000 m ³
Avgår mängd som ersätts via ReFuelEU Aviation 2030:	- 50 000 m ³
Avgår mängd som ersätts om statens myndigheter flyger på SAF:	- 22 000 m ³
Avgår mängd som ersätts om svenska kommuner flyger på SAF:	- 22 000 m ³
Återstår att ersätta via övriga åtgärder 2030:	= 6 000 m ³

Slutsatsen blir att den lagstadgade kvotplikten inom EU innebär att målet om ett fossilfritt inrikesflyg 2030 ungefär nås till hälften. Om det skulle ställas krav på att statligt och kommunalt flygresande görs via inköp/upp-handling av SAF skulle cirka 90 % av den återstående volymen hanteras vilket gör att drygt fem procent av den totala tankade volymen flygbränsle inrikes återstår att ersätta via frivilliga åtaganden för att nå målet om ett fossilfritt inrikesflyg 2030.

NYTT I DENNA UPPGRADERADE VERSION

Den första versionen av Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – flygbranschen skrevs 2018. Den fokuserade på övergången till fossilfritt bränsle, i första hand biobränsle. Sedan dess har den tekniska utvecklingen skapat nya möjligheter i form av exempelvis elektrobränslen, vätgas samt elektrifiering via bränsleceller och batterier. Vidare har ett antal internationella ramverk, mål och styrmedel beslutats vilket den svenska kontexten måste ta hänsyn till. Därför antar denna uppdaterade version ett högre systemperspektiv på omställningen mot fossilfrihet, där bränslebytet är en delmängd av de möjligheter som står till förfogande. Sedan den första versionen togs fram 2018 har inrikesresandet med flyg i Sverige minskat med 40 procent och utrikesresandet vid svenska flygplatser minskat med 20 procent. Detta har givetvis påverkat de ekonomiska förutsättningarna för aktörerna i systemet men fokus har hela tiden varit på ett stort antal hållbarhetsåtgärder som styr mot målen i färdplanen. Med utgångspunkt i målen i den ursprungliga färdplanen 2018 har branschen tagit ett stort antal initiativ de senaste sex åren. För att genomföra färdplanen arbetar branschen huvudsakligen med:

- **energieffektivisering hos flygplan, i luftrum och på flygplatser**
- **fossilfria flytande drivmedel**
- **vätgas och elektrifiering**



Inledning

VARFÖR DETTA DOKUMENT?

Sverige och världen står inför stora utmaningar på klimatområdet. Teknikutvecklingen sker fort och Sverige ligger långt fram. Den samlade svenska flygnäringsen är övertygad om att den snabbaste vägen framåt mot en större klimatanpassning av flyget förutsätter en fortsatt svensk medverkan i den utveckling som sker. En betydande del av denna utveckling går ut på införande och användning av hållbart flygbränsle, i färdplanen benämnt SAF (Sustainable Aviation Fuel).

Utmaningen att införa SAF i stor skala inom flyget är inte i första hand teknisk utan snarare marknadsmässig. Tekniken finns för att framställa bränslet och bränslet går att använda direkt i dagens flygmotorer utan att det behövs större tekniska justeringar. Gränserna definieras i stället till stora del av höga kostnader, diskussionen om vilka råvaror som anses hållbara och stora risker för de som gör storskaliga investeringar.

Att SAF framställs, distribueras och efterfrågas i tillräckliga volymer är nyckeln för att flyget ska kunna bidra med sin del för att nå både nationella och globala klimatmål. På längre sikt är satsningar på fossilfritt bränsle (primärt SAF och vätgas) samt elektrifiering via bränsleceller och batterier viktiga för att få ett energi- och resursoptimerat system, liksom en generell energieffektivisering i alla sammanhang. Det kommer inte att vara enkelt och det kommer att kräva betydande insatser både från flygbranschen, från övriga branscher och från politiken. Vi är dock övertygade om att vi tillsammans kan lösa klimatutmaningen samtidigt som vi upprätthåller långväga tillgänglighet via flyg.

Man måste hålla i minnet att flyget är en global företeelse, och att Sverige som nation primärt har rådighet över vårt eget flygande och vårt nationella regelverk. Däremot kan vi, om förutsättningarna är de rätta, arbeta proaktivt och vara en god föregångare inom exempelvis EU – och samtidigt skapa en god nationell position för långsiktiga framtida affärer inom hållbart flyg. Samtidigt finns starka geo- och säkerhetspolitiska skäl att säkerställa en nationell produktion av hållbara drivmedel för flyget.

»Flyget är och kommer för lång tid framöver att vara det trafikslag som kan erbjuda långväga tillgänglighet med rimlig restid.«

Det här dokumentet är en färdplan för hur vi ska kunna flyga fossilfritt från svenska flygplatser och på så sätt bidra till flygbranschens mål om fossilfrihet till 2030 och 2045.

VARFÖR FLYGER VI?

Ekonomi i världen är numera global vilket betyder att alla typer av samarbeten sker mellan länder som ligger långt ifrån varandra. Släkt och vänner sprids över världen och varor och tjänster handlas över hela jordklotet.

En förutsättning för detta är att fysiska avstånd kan överbryggas på rimligt kort tid. Flyget är och kommer för lång tid framöver att vara det trafikslag som kan erbjuda långväga tillgänglighet med rimlig restid.

För ett globalt sett avlägset placerat land som Sverige får flyget särskilt stor betydelse. Vi befinner oss långt från flera av världens stora marknader. Ska vi ha en möjlighet att behålla och öka vår konkurrenskraft i framtiden måste vi behålla och öka våra chanser att delta i den globala ekonomin.

Även inom Sveriges gränser finns behov av att korta ned avstånd. Sverige är ett stort land till ytan men samtidigt befolkningsmässigt relativt litet. Flyget erbjuder en möjlighet att utveckla regional tillgänglighet och konkurrenskraft till en samhällsekonomiskt låg kostnad. En ambition för Sverige är att det ska vara

möjligt att leva och verka över hela landet. Flyget är den del av vår kollektivtrafik som snabbt kan överbrygga långa avstånd.

VAD ÄR UTMANINGEN FÖR FLYGET?

Globalt sett står flygets utsläpp av koldioxid för cirka två och en halv procent av världens koldioxidutsläpp. Den totala klimatpåverkan bedöms vara något högre på grund av att delar av utsläppen sker på hög höjd. I Sverige står flygets koldioxidutsläpp, in- och utrikes, för mindre än fem procent av Sveriges totala koldioxidutsläpp (Naturvårdsverket, Sveriges officiella klimatrapportering).

Liksom inom alla andra näringar behöver utsläppen minskas samtidigt som de värden som flyget bidrar med omhändertas. En stor del av detta innebär att flyget måste ställas om till fossilfrihet i form av ett bränslebyte och helt nya energibärare, men det handlar också om ökad energieffektivisering på flera håll i värdekedjan samt om att minska den klimatpåverkan som sker vid vissa flygningar på hög höjd.

HUR SER LÖSNINGEN UT?

Att kombinera hög tillgänglighet – mätt både i tid och sträcka – med fossilfrihet fokuserar på att det är utsläppen från flyget som måste minska – inte flygresandet i sig. Drivkrafterna bakom flygresandet är starka och vi konstaterar att utsläppen kan minska betydligt mer än vad en realistisk begränsning av resandet skulle kunna bidra till. Därmed får ett bränslebyte – i kombination med den teknikutveckling som sker parallellt – en central roll. Vi är övertygade om att vi med rätt åtgärder kan nå ett fossilfritt flyg och därmed samtidigt värna tillgängligheten. Om Sverige går före i utvecklingen kommer fler att följa efter och lösningarna har potential att driva på en global omställning.

I denna färdplan kommer vi att se att införelse av SAF tekniskt sett är en jämförelsevis enkel uppgift, av det skälet att alla flygmotorer kommer att fungera med den typ av certifierat bränsle som kommer att vara aktuellt. I dagsläget tillåter regelverket en inblandning på upp till 50 %. Innan detta utgör en begränsning räknar branschen med att de flesta produktionsprocesser kommer att godkännas upp till 100 % inblandning. Sverige har genomfört en av världens första flygningar med 100 % SAF för att skynda på vägen till ett godkännande. Det betyder att de insatser som krävs för att införa SAF på flygområdet till stor del handlar om att skapa en

»Om Sverige går före i utvecklingen kommer fler att följa efter och lösningarna har potential att driva på en global omställning.«

fungerande marknad och säkerställa tillräcklig tillgång. Här har EU tagit ett antal initiativ som Sverige har att förhålla sig till.

Denna marknad kommer i Sverige och EU delvis att skapas via den kvotplikt för SAF som beslutats om inom ReFuelEU Aviation som är en del av EU:s större klimatpaket Fit for 55. De volymer det handlar om kommer dock inte att räcka för att fullt ut nå målen i branschens färdplan. Därmed kommer frivilliga initiativ för ökad efterfrågan på SAF samt satsningar på elektrifiering och vätgas att vara viktiga kompletterande komponenter. Gemensamt för detta är att det kommer att innebära initialt högre kostnader där vi behöver hitta en modell som skapar en marknad och där flera är med och betalar.

Den svenska flygnäringsens begränsade storlek gör att bränsleskiftet kan gå snabbt när vi får till storskalig och ekonomiskt hållbar produktion.

När vi tittar på lösningar får det perfekta inte bli det godas fiende. Införandet av SAF och nya energibärare kräver ett balanserat förhållningssätt och att man utgår från vad som är tekniskt och kommersiellt möjligt. Det finns lösningar som fungerar redan i dag. Genom att kontinuerligt våga satsa och lära oss av dessa satsningar kommer vi att kunna nå mycket längre än om vi fortsätter att vänta på den perfekta lösningen.

En omställning av flyget till fossilfrihet minskar flygets klimatpåverkan samtidigt som den ger möjlighet att skapa fler jobb i befintliga och nya gröna näringar.

Den svenska flygindustrin bidrar med tekniska lösningar som bland annat minskar flygplanetets vikt och bränsleförbrukning och hjälper piloter och flygtrafikledning att optimera flygningar för minskad bränsleförbrukning. Fortsatt satsning på svensk flygindustri – inklusive SAF, elektrifiering och vätgas – leder till att nya tekniska lösningar kommer in i både de stora och mindre flygplanstillverkarnas nya flygplan. Detta leder till minskade utsläpp och att innovativa lösningar från svenska tillverkare bidrar till att flygets globala utsläpp minskas. Flygtrafikledningen arbetar intensivt med att hitta lösningar för att optimera varje enskild flygning.

DENNA FÄRDPLAN

Denna färdplan vill visa hur Sverige skulle kunna ha ett helt fossilfritt inrikesflyg 2030 och hur allt flyg som startar vid svenska flygplatser skulle kunna vara fossilfritt 2045.

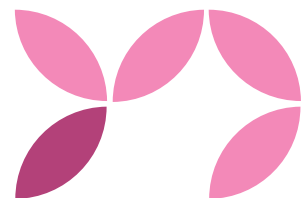
Målbild 2030 – Allt inrikesflyg är fossilfritt

Målbild 2045 – Allt flyg som startar vid svenska flygplatser är fossilfritt

Definitionen av målet 2030 är att motsvarande mängd bränsle som går åt i inrikesflyget ska vara ersatt av SAF i den totala mängd bränsle som tankas vid svenska flygplatser. Ur ett klimat- och systemperspektiv är det mer effektivt att mängden bränsle ersätts snarare än att det sker enbart på inrikesflyg. Det innebär även att kostnader och åtgärder för ett fossil flyg delas av hela industrin och inte enbart av inrikesflyget vilket inte hade varit hållbart. Målet är mer ambitiöst än riksdagens mål om att koldioxidutsläppen från inrikestransporter (exklusive flyg) ska minska med 70 procent 2030. Årtalet är dock ett naturligt delmål för flygets vision och att vi valt att fokusera på fossilfritt inrikesflyg till 2030 beror bland annat på att de andra inrikes transportslagen har detta målar samt att inrikesflyget till största delen inte trafikerar de höga höjder där det kan uppstå en ytterligare klimateffekt. Att vi väljer att fokusera på inrikesflyg till 2030 innebär att klimateffekten av det fossilfria bränslet till största delen kan kopplas loss från höghöjdsfrågan tills denna är bättre utredd avseende beslut och åtgärder. Fram till 2030 kommer elektrifiering och vätgas inte att ha en betydande roll att spela gällande utsläpp vilket gör att målet mer renodlat kan fokusera på ett bränslebyte i befintlig trafik samt olika former av energieffektiviseringar som finns inom räckhåll med dagens teknik.

»En omställning av flyget till fossilfrihet minskar flygets klimatpåverkan samtidigt som den ger möjlighet att skapa fler jobb i befintliga och nya gröna näringar.«

Tidpunkten 2045 för det totala flyget är satt utifrån regeringens nationella mål kring fossilfrihet men även satt i harmoni med de förväntningar på produktionsvolym av SAF som i dagsläget är rimliga samt i relation till övrig energieffektivisering och gradvis ökande elektrifiering och introduktion av vätgasframdrivning. Färdplanen utgår från att den vätgas som används är grön vätgas från icke fossila källor. En utmaning är att flygets internationella mål och åtgärder styr mot 2050 som målar med en relativt stor diskrepans mellan 2045 och 2050. De internationella åtgärderna kommer inte att räcka för att nå ett helt fossilfritt svenskt flyg till 2045. Detta innebär att det kommer att finnas ett beroende av olika former av frivilliga åtaganden och initiativ samt övriga nationella politiska åtgärder som stöttar omställningen.



Nulägesbeskrivning

NYTTAN MED FLYG

Medan färdplanens mål och övergripande slutsatser har en stark koppling till fossilfriheten försöker nedanstående avsnitt kortfattat lyfta in flygets roll i ett större sammanhang med koppling till tre centrala, övergripande samhällsnyttor:

- att leverera samhällstjänster med ökad kvalitet och effektivitet
- att skapa konkurrenskraft och jobb i en global kunskapsekonomi
- att möta globala samhällsutmaningar

Nytta 1: Leverera samhällstjänster med ökad kvalitet och effektivitet

Flygets främsta uppgift är att korta ned långa avstånd och göra det tidsmässigt realistiskt att förflytta människor och varor. Luftfarten finansierar nästan hela sin infrastruktur via biljettpriset. Transporter är av grundläggande betydelse för Sveriges ekonomi och dagens samhälle. Det handlar om betydelsen av mänskliga möten, integration och social hållbarhet. En ambition för Sverige är att det ska vara möjligt att leva och verka över hela landet. Flyget är den del av vår kollektivtrafik som snabbt kan överbrygga långa avstånd.

Sverige är EU:s till ytan tredje största land och det EU-land som har längst mellan landsändarna. För det svenska näringslivet och företagandet är tillgången till snabba och effektiva flygtransporter för gods och människor såväl inom landet som till och från andra länder avgörande för att kunna utvecklas i en alltmer globaliserad ekonomi. Luftfarten har även en viktig och samhällskritisk funktion när det gäller ambulansflyg, brandflyg samt att snabbt kunna få fram förnödenheter vid samhällsstörningar.

Nytta 2: Skapa konkurrenskraft och jobb i en global kunskapsekonomi

Det finns en direkt koppling mellan ett lands tillgänglighet och tillväxt. Det handlar bland annat om förutsättningar för företag Sveriges beroende av omvärlden ökar

och svenska företag ser hela världen som sin marknad. Även stora delar av Sveriges offentliga sektor kräver goda och snabba globala förbindelser för att fungera. Den industrialisering som pågår i Sverige med fokus på global grön omställning ställer höga krav på hållbar tillgänglighet med flyg. Flygförbindelser är en av de viktigaste faktorerna för att kunna upprätthålla det internationella kunskapsutbytet samt för att öka den kulturella förståelsen mellan olika områden i världen. Andra viktiga kunskapsutbyten sker mellan företag, universitet och högskolor som är beroende av internationellt samarbete och internationell expertis. Flygförbindelser är centrala för att attrahera internationell spetskompetens till svenska företag.

Turismen står för cirka tio procent av den globala sysselsättningen och för en lika stor del av den ekonomiska aktiviteten i världen. Utöver den direkta sysselsättningen bidrar tillgängligheten som flyget skapar (besöksnäring, handel, investeringar med mera) inom samt till och från Sverige med över 100 000 arbetstillfällen och 80–120 miljarder kronor till svensk BNP. (Källa: Tillväxtverket, Oxford Economics, Copenhagen Economics).

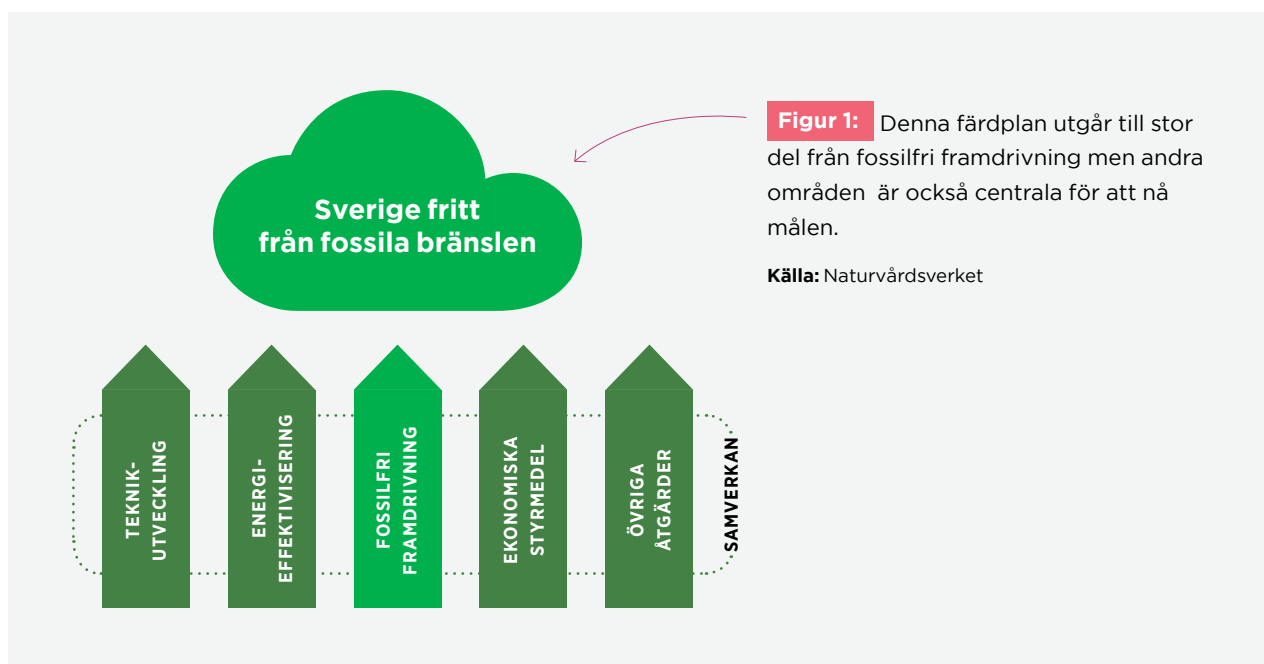
Nytta 3: Möta globala samhällsutmaningar

Vår globaliserade värld står inför en omställning mot ett läge där transporter kommer att behöva betraktas ur ett holistiskt perspektiv, där inga enskilda trafikslag kommer att kunna optimeras på egna meriter utan där alla trafikslag måste betraktas som en sammanhängande helhet – en multimodal syn på transporter och resande. Flyget är en del av transportsystemet och måste därför utvecklas i samverkan med övriga trafikslag för att skapa ett effektivt och hållbart transportsystem i sin helhet. Vägar, järnvägar, hamnar och flygplatser är alla viktiga delar i transportsystemet för att kunna erbjuda människor och näringslivet goda transportlösningar.

FLYGETS KLIMATPÅVERKAN

För att kunna diskutera flygets klimatpåverkan och vidta de åtgärder som krävs för att nå ett fossilfritt flyg är det viktigt att ha en gemensam utgångspunkt gällande vilka utsläpp som avses och hur stora de är.

- **Sveriges officiella klimatrapportering.** I denna färdplan avses de territoriella utsläpp som rapporteras av Naturvårdsverket och som ingår i Sveriges officiella klimatrapportering. Detta omfattar de koldioxidutsläpp som uppstår från allt flyg som startar vid svenska flygplatser fram till första destination oavsett om detta är inrikes eller utomlands. Detta är det officiella och globala sättet att mäta och rapportera flygets koldioxidutsläpp vilket gör att flygets sammanlagda globala koldioxidutsläpp fångas upp. Det är också dessa utsläpp som avses i färdplanen för ett fossilfritt inrikesflyg 2030 samt ett helt fossilfritt flyg 2045.
- **Utgångspunkt i fossilfrihet.** Fossilfritt Sverige handlar om att öka takten i att nå Sveriges mål om att nå klimatneutralitet 2045. Regeringen vill att Sverige ska bli ett av världens första fossilfria välfärdsländer. För att nå dit krävs att alla aktörer i samhället arbetar aktivt med att minska utsläppen. Syftet med initiativet är att skapa en plattform för dialog om klimatpolitiken mellan regeringen och aktörerna. Initiativet har samlat 23 branscher som tagit fram sina egna färdplaner för fossilfri konkurrenskraft, varav den här färdplanen är en. Reduktionen av flygets klimatpåverkan som redogörs för i färdplanen utgår till stor del från
 - den potential som icke-fossila energibärare skapar. Utöver detta finns ett flertal övriga åtgärder som krävs för att begränsa flygets samlade klimatpåverkan (se figur 1).
- **Global ömsesidig påverkan.** Flyget är en global bransch. Detta kommer, liksom för flertalet andra internationella verksamheter, att innebära utmaningar kring avgränsningar, definitioner av utsläpp och rådighet. I detta sammanhang bör det noteras att utvecklingen i andra länder kan ha betydande påverkan när det gäller att begränsa flygets utsläpp i Sverige. Samtidigt, som vi ska se nedan, har Sverige också goda påverkansmöjligheter på utvecklingen i andra länder.
- **Export och import.** En storskalig svensk och nordisk produktion av SAF skulle utveckla teknik, processer och affärsmodeller som skulle kunna exporteras och därmed också bidra till minskade fossila utsläpp i andra länder. Omvänt visar färdplanen att flygplan som startar vid svenska flygplatser eventuellt delvis kommer att kräva import av SAF beroende på hur marknaden utvecklas och vilka vägval som görs. Det är dock i dagsläget komplicerat att importera fossilfria bränslen in i EU, bland annat på grund av lagkrav via REACH.



Ökande behov av långväga transporter – och av ökad effektivisering

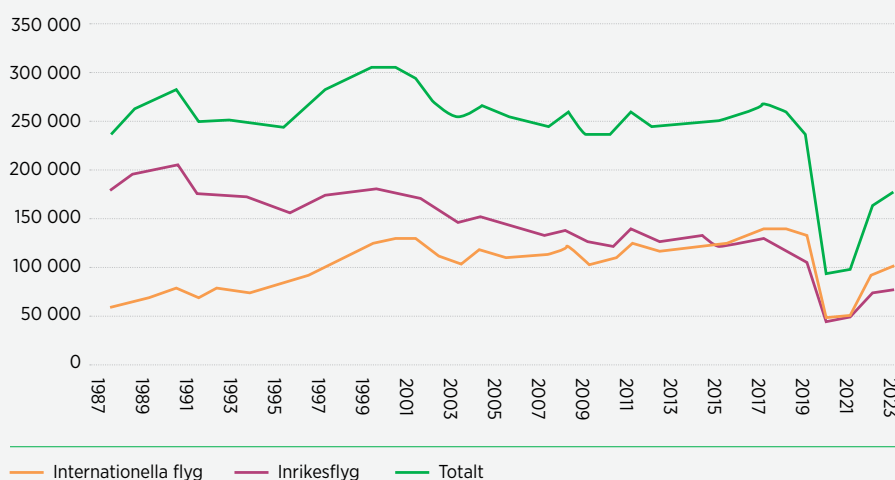
En ökad globalisering har gjort att efterfrågan och behovet av långväga tillgänglighet ökat. Expansionen inom den svenska luftfarten har sedan 90-talet skett inom utrikesresandet. Globalt bedöms det komma att ske en fortsatt ökning av flygresandet under lång tid framöver vilket ytterligare understryker behovet av storskalig introduktion av SAF, fortsatt kraftfull energieffektivisering och ökad grad av elektrifiering och vätgasdrift. Det bör dock noteras att inrikesresandet med flyg minskat med 40 procent och utrikesresandet med 20 procent sedan 2018 vilket gör att de nationella långtidsprognoserna reviderats ned samt att behovet av SAF och övriga fossilfria energibärare är lägre än tidigare prognostiserat.

Figur 2 visar utvecklingen av antalet starter och landningar (flygplansrörelser) vid svenska flygplatser. Där framgår att antalet rörelser är färre nu än i slutet av 80-talet. Den prognostiserade långsiktiga tillväxttakten för antalet flygplansrörelser ligger lägre än den prognostiserade passagerartillväxten och även lägre än den löpande energieffektiviseringen. Att rörelserna ökar långsammare än antalet passagerare beror på att den genomsnittliga flygplansstorleken fortsätter att bli större och att belägningsgraden fortsätter att öka. Den kraftiga nedgången i början av 2020-talet är primärt hänförligt till pandemin då stora delar av flygbranschen i det närmaste drabbades av näringsförbud under en period.

»Sverige, med sin begränsade och förhållandevis mogna flygmarknad och tillgång på råvara för SAF och grön el, har mycket goda förutsättningar att vara en föregångare i denna utveckling gällande samtliga flygplan som startar vid svenska flygplatser.«

Det har skett en betydande energieffektivisering inom det kommersiella flyget. Globalt sett har koldioxidutsläppen per passagerarkilometer minskat med över 80 procent de senaste 50 åren och ligger nu under 90 gram koldioxid per passagerarkilometer (källa: ICCT). Ener-

STARTER VID SVENSKA FLYGPLATSER 1987–2023



Figur 2: Historisk utveckling av antalet starter vid svenska flygplatser.

Källa: Transportstyrelsen

giefteffektiviseringen det senaste decenniet har legat på 1,5–2 procent per år. Den europeiska flygrörelsetillväxten bedöms långsiktigt ligga runt 1,4 procent per år, det vill säga i väl linje med effektiviseringen (källa: Eurocontrol). Utsläppen i absoluta tal behöver dock minska och här har fossilfria drivmedel en nyckelroll.

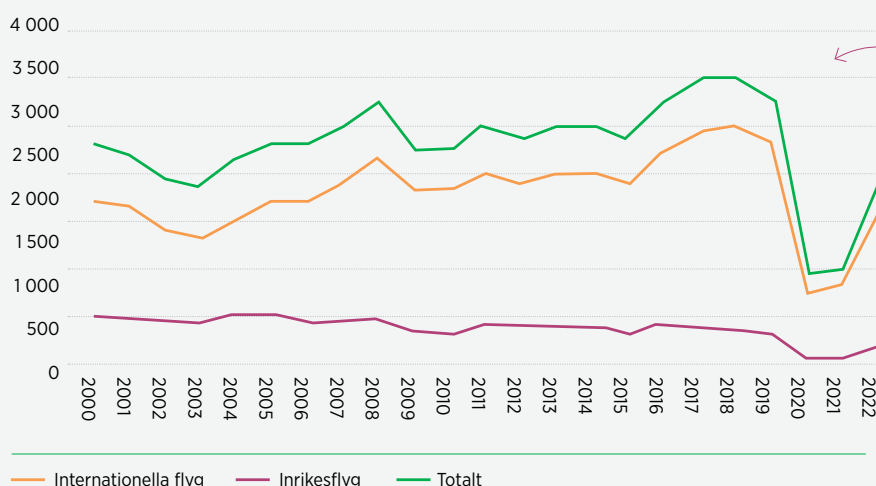
Sverige, med sin begränsade och förhållandevis mogna flygmarknad och tillgång på råvara för SAF och grön el, har mycket goda förutsättningar att vara en föregångare

i denna utveckling gällande samtliga flygplan som startar vid svenska flygplatser.

FYRA CENTRALA INSATSOMRÅDEN

Åtgärder för minskad miljö- och klimatpåverkan är under utveckling på många områden. I stort sett alla aspekter av flygtrafik och flygande kan ses som förbättringsområden, med större eller mindre potential. Åtgärdsspektret innehåller fyra olika insatsområden med koppling till de globala målen ovan:

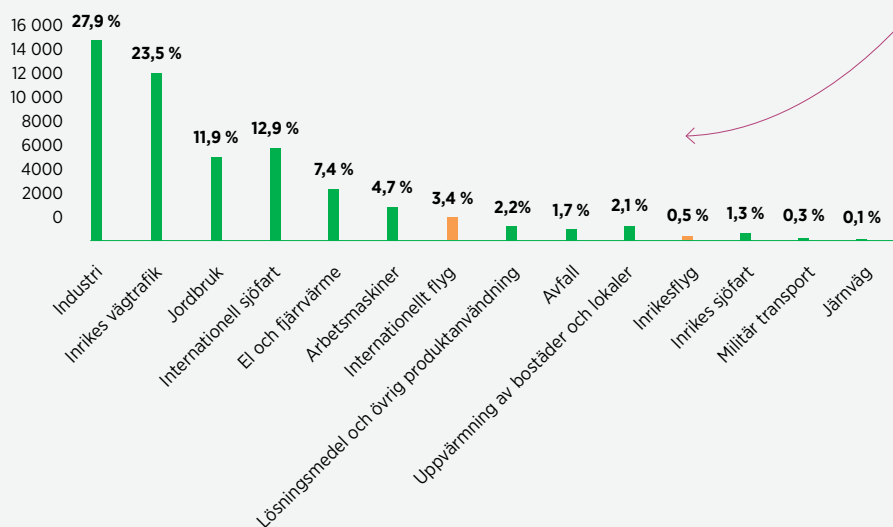
KOLDIOXIDUTSLÄPP FRÅN FLYGPLAN SOM STARTAR VID SVENSKA FLYGPLATSER (1 000 TON)



Figur 3: De senaste tio åren har utsläppen (och därmed bränsleåtgången) från flygtrafik som startar vid svenska flygplatser minskat betydligt.

Källa: Naturvårdsverket

SVENSKA KOLDIOXIDUTSLÄPP 2022 (1000 TON)



Figur 4: Som vi ser i denna graf stod internationellt flyg för 3,4 % av de totala koldioxidutsläppen under 2022, och inrikesflyget för 0,5 %.

Källa: Naturvårdsverket

Insatsområde: Teknik och nya drivmedel

Nya flygplan och motorer medför cirka 15–20 % effektiviseringar i bränsleförbrukning och därmed lika mycket i minskade koldioxidutsläpp jämfört med de flygplan och motorer som ersätts. Fortsatt introduktion av nya flygplan, storskalig användning av SAF, successivt ökad elektrifiering av kortare flygningar samt introduktion av vätgasframdrivning är en förutsättning för att nå de långsiktiga målen. Här bör noteras att SAF, batterier, vätgas och eventuella andra energibärare behöver produceras från fossilfria källor i fossilfria produktionssystem för att vara så hållbara som möjligt.

Insatsområde: Effektivare flygtrafik

Flygplanens användning kan optimeras så att det vid varje flygning kan sparas både tid, pengar och bränsle, och därmed minskar koldioxidutsläpp och höghöjdseffekter. Flygplan med modern navigationsutrustning krävs för att kunna flyga optimalt i det framtida flygtransportsystemet. Rakare flygvägar och bättre utnyttjande av luftrummet kan nås via politiska åtgärder på internationell nivå.

Insatsområde: Bättre flygplatsinfrastruktur

Energibesparingar kopplat till flygplanen kan uppnås genom exempelvis anläggning av effektiva taxningsvägar och genom att erbjuda flygplanströmförsörjning via elnätet i stället för de egna motorerna – inom EU bland annat reglerat vi EU-direktivet AFIR (Alternative Fuels Infrastructure Regulation).

Insatsområde: Marknadsbaserade åtgärder

Ett antal styrmedel för flyget finns på plats och kommer att ha stor påverkan under lång tid. Flygbranschen globalt har tillsammans med FN-organet ICAO infört det marknadsbaserade systemet CORSIA för att driva på minskningen av flygets utsläpp. Branschen har även bejakat implementering, utformning och utveckling av EU-ETS där flyget ingått sedan 2012.

När det gäller möjligheterna att kraftigt minska höghöjdseffekterna har forskning och kunskap tagit betydande steg framåt de senaste åren. Att implementera denna kunskap i flygtrafiksystemet blir en viktig parameter för att nå flygets övergripande klimatmål till 2045.

En ökad energieffektivisering är lika viktig oavsett framdrivningsteknologi då tillgången på nya energibärare i stort, oavsett om det är SAF, vätgas eller batterier, troligtvis kommer att vara begränsad under relativt lång tid.

Teknikutvecklingen i Sverige tas om hand av det strategiska innovationsprogrammet Innovair, där svensk flygindustri har en internationellt framskjuten position med stor påverkan på den globala energieffektiviseringen inom flyg. Det är nödvändighet att staten fortsätter att satsa på forskning och innovation inom flygteknikområdet.

Att enbart fokusera på bränslebyte utan att utveckla tekniska lösningar för minskad bränsleåtgång skulle bli kostsamt då det fossilfria bränslet i inledningskedet kommer att vara dyrt och tillgången begränsad. Batterier och vätgas ska användas där så är möjligt och därmed ytterligare minska det totala behovet av SAF.



Energieffektivisering kompletterar fossilfrihet

Svensk flygindustri arbetar med olika energieffektiviserande tekniker som ingår i bland annat Boeings och Airbus flygplan, och arbetet samordnas och synkroniseras både nationellt och internationellt via det strategiska innovationsprogrammet Innovair och deltagande i Clean Sky samt det nu aktuella Clean Aviation, EU:s stora Joint Technology Initiative. Därmed bidrar svensk flygforskning och utveckling i betydande grad till produkter som minskar flygets utsläpp på global nivå och i högre utsträckning än de utsläpp som kan isoleras till Sverige. Det förstärker också vikten av att säkerställa att svensk flygindustri ges bästa möjliga förutsättningar att verka och utvecklas.

Utvecklingen av flygplansteknik syftar i första hand till att minska bränsleförbrukningen och är framför allt fokuserad på ny aerodynamik, lättare strukturer, nya motorer och nya material. Det handlar om både löpande förbättringar och efter år 2030 om mer genomgripande förändringar. Nya material, bland annat med syfte att minska vikten, utvecklas redan i stor skala och kommer att introduceras i de flygplan som tas i bruk de närmaste åren.

De motortekniker som tas i bruk i dagsläget reducerar utsläppen betydligt jämfört med de flygplan och flygmotorer som de ersätter.

Om dessa nya motorer dessutom drivs med SAF och på sikt delvis med grön vätgas eller el minskar de fossila utsläppen relativt drastiskt.

Tekniska system gör att nya flygplan fullt ut kommer att kunna nyttja avancerad teknik och datakraft för att optimera varje enskild flygning ur bland annat utsläppsperspektiv. Sådana system går till stor del att införa i redan befintliga flygplan. Flygtrafiktjänsten arbetar bland annat med att utveckla mer bränsleoptimala flygprocedurer och den satellitbaserade tekniken möjliggör kortare flygvägar än vad som i dag är möjligt.



Målbilder och vision

GLOBALA MÅL

Under de senaste åren har den internationella flygbranschen både reviderat och enats om globala utsläppsmål till 2050 samt hur vägen dit kan se ut. Dessa innebär kortsiktiga, medellångsiktiga och långsiktiga globala mål för utveckling av flygets koldioxidutsläpp. Delar av målen följs upp via flygets FN-organ ICAO och den svenska flygbranschen står bakom mål och åtgärder.

Två globalt beslutade dokument att förhålla sig till är Waypoint 2050 (se figur 5) och Fly Net Zero. Målen innebär att flyget ska nå nollutsläpp 2050 och analysen är att det är möjligt men att det kommer att bli kostsamt. Den svenska färdplanen förhåller sig till dessa internationella mål men färdplanen tar samtidigt ett nationellt perspektiv i form av definitionen att allt flyg som startar vid svenska flygplatser ska vara fossilfritt 2045. Samtliga mål förutsätter åtgärder inom följande fyra områden: teknikutveckling och hållbara fossilfria drivmedel, flygtrafikledning, infrastruktur och marknadsbaserade åtgärder.

NATIONELLA MÅL

Regeringen tog fram en nationell flygstrategi 2017. Sedan dess har ingen ny övergripande flygstrategi tagits fram utan branschen fortsätter att arbeta utifrån uppsatta mål nationellt och internationellt vad avser flygets miljö- och klimatpåverkan. Den senast framtagna nationella strategin pekar på att:

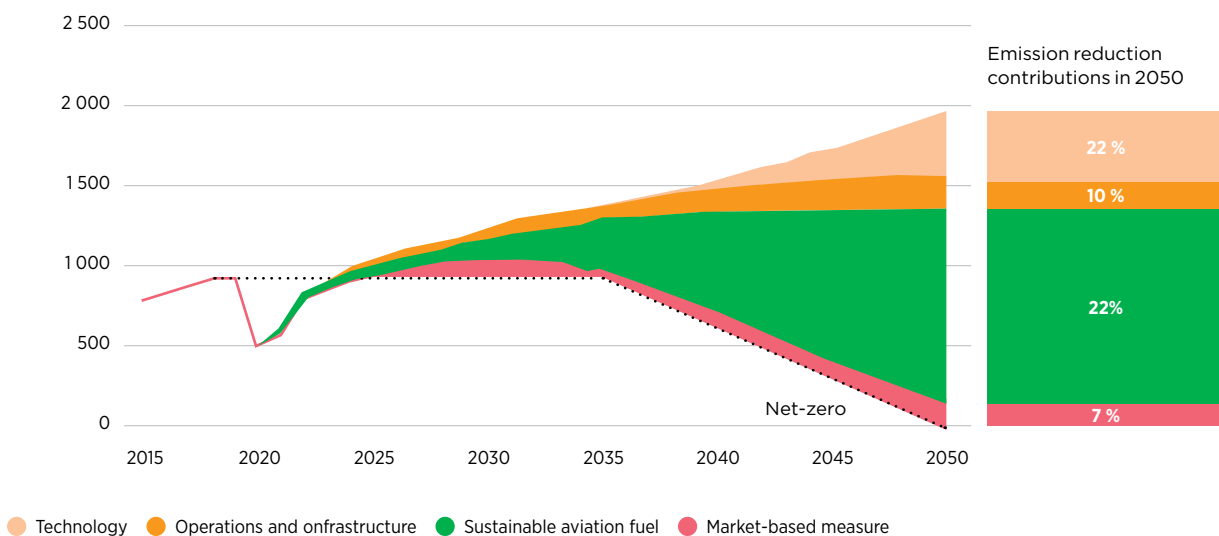
- Flyget ska, liksom övriga trafikslag, bidra till målet om Sverige som ett av världens första fossilfria välfärdsländer.
- Flyget ska bidra till att de nationella miljö kvalitetsmålen nås.

STRATEGISKA MÅL OCH INITIATIV

Under de senaste åren har det tagits fram allt tydligare klimatmål och ett tydligt regelverk på internationell nivå (Fit for 55 och ReFuelEU Aviation) avseende hur luftfarten ska utvecklas i linje med klimatmålen. Detta kompletteras med tydliga styrmedel i form av EU ETS, CORSIA och dessutom en EU-gemensam kvotplikt för att ersätta det fossila

Figur 5: Koldioxidneutralitet 2050 för flyg kan enbart uppnås genom kombinerade insatser inom olika områden.

Källa: Waypoint 2050 Report (ATAG)



bränslet med SAF. Hållbara bränslen i befintliga flyg, energieffektivitet i hela systemet, nya framdrivningsteknologier samt internationella ekonomiska styrmedel är flygets utgör pusselbitarna för att klara globalt uppsatta klimatmål.

ReFuelEU Aviation

Målet med ReFuelEU Aviation är att öka produktionen av hållbara flygbränslen. ReFuelEU Aviation innebär en ambitiös lagstiftning för att flyget ska bidra till att nå det utsläppsmål som fastställts i Parisfördraget och i EU:s hållbarhetsmål inom ramen för Fit for 55.

ReFuelEU Aviation tvingar EU:s flygplatser och bränsleleverantörer att se till att minst två procent av flygbränslet kommer att vara hållbart från och med 2025. Denna andel ökar sedan vart femte år: 6 % 2030, 20 % 2035, 34 % 2040, 42 % 2045 och 70 % 2050. Dessutom måste en specifik andel av bränslemixen (1,2 % 2030, 2 % 2032, 5 % 2035 och stiger successivt till 35 % år 2050) bestå av syntetiska bränslen såsom elektrobränslen där vätgas och infångad koldioxid används för att producera ett flytande bränsle. Enligt de nya reglerna kommer begreppet hållbara flygbränslen att omfatta syntetiska bränslen, vissa biobränslen framställda av jord- eller skogsbruksrester, alger, bioavfall, använd matolja eller vissa animaliska fetter. Dessutom har man säkerställt att foder- och livsmedelsgrödor och bränslen som härrör från palm- och sojamaterial inte kommer att klassas som hållbara eftersom de inte uppfyller hållbarhetskriterierna. Dessutom inkluderas även förnybart väte som en del av en hållbar bränslemix. Den svenska reduktionsplikten för flyg skulle innebära cirka 30 % inblandning av SAF 2030. I och med ReFuelEU Aviation minskar den lagstadgade inblandningen till sex procent 2030. Detta kommer att ställa krav på frivilliga åtaganden i större utsträckning än tidigare. ReFuelEU Aviation omfattar större flygplatser med mer än 700 000 passagerare per år. Detta innebär att SAF främst kommer att levereras dit, och att mindre flygplatser troligtvis inte kommer att prioriteras. De mindre flygplatserna är dessutom uppbundna av avtal om kvalitetsansvar, infrastruktur, betalssystem med mera vilket kan hindra distribution av SAF.

Net-Zero Act

Inom EU har rådet och parlamentet enats om den så kallade Net-Zero Industry Act som bland annat ska förbättra konkurrenskraften hos de näringar som arbetar med storskaliga hållbarhetslösningar och därmed snabba på vägen till fossilfrihet. Detta förtydligar hur medlemsländerna ska arbeta för att uppfylla de gemensamma klimatmål som man bland annat enats om i ReFuelEU Aviation.

För luftfartens del återfinns ett antal kraftfulla medskick till medlemsländerna. Bland annat pekas produktionen av hållbara flygbränslen ut som ett av flera strategiska projekt som ska prioriteras inom EU. Sammanlagt ska 40 procent av EU:s efterfrågan på så kallade net-zero-lösningar, inklusive hållbara flygbränslen, produceras inom unionen redan 2030. Kopplat till detta ligger krav på betydligt snabbare tillståndsprocesser vid byggnation av produktionsanläggningar för hållbar energi. Även lösningar för batteri- och vätgasdrivet flyg ska prioriteras inom ramen för detta.

Vidare innehåller Net-Zero Industry Act tydliga instruktioner för hur medlemsländerna ska prioritera och ställa krav på produkter med låga utsläpp i offentliga upphandlingar.

AZEA

Alliance for Zero-Emission Aviation är ett initiativ från EU-kommissionen som syftar till att samla aktörer med målet att främja vätgasdrivet och elektriskt flyg. Vätgas och batterier inom flyget innebär bland annat helt nya aktörskonstellationer och behov av ny infrastruktur och nya affärsmodeller. Ett antal svenska aktörer är med i initiativets arbetsgrupper.



EU ETS

Flyget inom EU ingår sedan 2012 i det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter. EU ETS innebär att det sätts ett tak för flygets utsläpp inom EU och att flygbolagen får handla med utsläppsrätter inom ramen för detta system. Efter reformeringen av EU ETS kommer den fria tilldelningen av utsläppsrätter att tas bort 2026. 2025 minskar den fria tilldelningen med 50 % och 2026 får flygbolagen betala fullt ut. Intäkterna från 5 miljoner utsläppsrätter ska gå till flygets innovationsfond. 20 miljoner gratis utsläppsrätter ska användas för att stimulera användningen av bränslen som bidrar till att fossila bränslen fasa ut inom luftfarten. Priset på utsläppsrätter har ökat från cirka fem euro/ton CO₂ 2018 till att det senaste året legat mellan 60 och 100 euro/ton CO₂. Inom ramen för det reviderade EU ETS premieras även de flygbolag som på frivillig väg ökar sin inblandning av SAF.

CORSIA

CORSIA (från engelskans Carbon Offsetting and Reduction Scheme) är ett globalt marknadsbaserat styrmedel som beslutats av det internationella FN-organet för flyget, ICAO (International Civil Aviation Organization). Målsättningen med CORSIA är att koldioxidneutral tillväxt i växthusgasutsläppen ska nås från och med år 2020.

Den huvudsakliga mekanismen för att nå detta mål är klimatkompensation i andra sektorer. Flygbolagen tillåts kompensera för utsläpp som överstiger 2020 års nivåer genom att köpa utsläppskrediter som ska reducera växthusgasutsläpp i olika delar av världen.

CORSIA omfattar endast internationell flygtrafik. Klimatkompensationsdelen av styrmedlet fasas in stegvis. För de som omfattas är CORSIA obligatoriskt att delta i från och med år 2027, efter två frivilliga infasningsperioder mellan år 2021 och 2026. De flesta stater som omfattas av den obligatoriska fasen har valt att delta frivilligt från starten

år 2021, däribland Sverige. CORSIA och EU ETS har flera gemensamma nämnare och EU har därför valt att utnyttja det ramverk som redan finns för EU ETS, med vissa anpassningar till vad som beslutats inom den internationella överenskommelsen för CORSIA. Om tillräckliga framsteg inte görs senast i juli 2026 måste kommissionen föreslå att utsläppen från flygningar utanför EES inkluderas i EU:s system för handel med utsläppsrätter. Flygningar till länder utanför EU som inte tillämpar CORSIA kommer att omfattas av ETS från och med 2027.

Handlingsplan för ett långsiktigt hållbart och konkurrenskraftigt svenskt flyg

År 2017 tog den dåvarande regeringen fram En svensk flygstrategi – för flygets roll i framtidens transportsystem. Ambitionerna var goda men genomförandet delvis svagt.

Med dokumentet »Handlingsplan för ett långsiktigt hållbart och konkurrenskraftigt svenskt flyg« har några av Sveriges största flygaktörer under 2023 gemensamt arbetat fram ett förslag till en uppdaterad flygstrategi. Den utgår från 2017 års strategi men tar även in den tekniska utvecklingen sedan dess samt klimatomställningens krav. Inom området klimat är handlingsplanen tydlig med att Sverige ska vara drivande i utvecklingen av fossilfritt flyg. Några av medskicken inom detta område i handlingsplanen är:

- Konkretisera målbilden för det fossilfria flyget för hur utsläppen kan minska utan att försämra tillgängligheten med flyg.
- Skapa en statlig kraftsamling för fossilfritt flyg genom ökat samarbete mellan relevanta myndigheter.
- Stötta aktörer som kan och vill utveckla produktion av fossilfria bränslen med ekonomiska incitament eller andra typer av åtgärder.
- Stimulera efterfrågan på fossilfria flygbränslen genom att ställa krav på sådana bränslen

för linjer med trafikplikt samt upphandla fossilfritt flygbränsle för statens tjänsteresor utöver kvotplikten.

- Initiera en översyn av avgifts- och stödsystem så att användning av fossilfria bränslen stimuleras.



Myndighetsinitiativ

Energimyndigheten har sedan den ursprungliga färdplanen togs fram drivit satsningen »Fossilfritt flyg«. Där har forskning och innovation medfinansierats om det anses ligga i linje med målet om att nå ett fossilfritt flyg 2045.

Exempel på satsningar är bland annat forskning för att finna de mest optimala förutsättningarna för svensk SAF-produktion med avseende på kolkällor, bränslesammansättning och på förbränningsegenskaperna. Forskningen leds av Competence Center in Sustainable Turbine fuels for Aviation and Power (CESTAP) som är ett nyetablerat kompetenscentrum vilket inkluderar akademiska och industriella partner som främjar produktion och användning av hållbara bränslen för stationära gasturbiner och flygjetmotorer. Ett annat svenskt initiativ är TechForH2, som är ett kompetenscenter för multidisciplinär vätgasforskning vid Chalmers. Båda de ovan nämnda forskningssatsningarna bidrar till kompetensveckling av stor betydelse för svensk konkurrenskraft inom internationella satsningar på hållbart flyg. En ytterligare satsning har varit stöd till innovationsklustret »Fossilfria Flygtransporter 2045« där flera av branschens aktörer medverkade.

Bränsleindustrins initiativ

Bland de större initiativ som är realiserade kan nämnas att St1 har öppnat en anläggning som kan producera 70 000 m³ SAF per år och Preem har beslutat om byggstart för en anläggning som ska kunna producera 600 000 m³ SAF per år.





MÅL

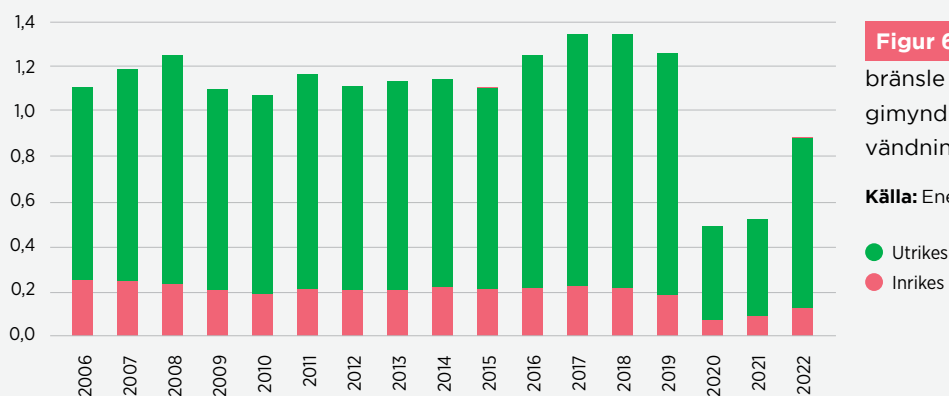
Den svenska flygbranschens mål:

- Allt inrikesflyg som startar från svenska flygplatser ska vara fossilfritt 2030.
- Allt flyg som startar vid svenska flygplatser ska vara fossilfritt 2045.

DEFINITIONER OCH AVGRÄNSNINGAR

- Formuleringen i målet om »allt inrikesflyg« definieras som att lika stor mängd bränsle som går åt inom det svenska inrikesflyget ska tankas vid svenska flygplatser och ersätta fossilt bränsle. Detsamma gäller för den internationella delen av målet. Ur ett klimat- och systemperspektiv är det mer effektivt att mängden bränsle ersätts snarare än att det sker enbart på specifika inrikesflyg. Det innebär även att kostnader och åtgärder för ett fossilt flyg delas av hela industrin och inte enbart av inrikesflyget vilket inte hade varit hållbart. Vidare innebär denna definition inte heller någon begränsning utifrån att det i dagsläget endast är tillåtet att blanda in 50 % SAF.
- I dagsläget är flera sorters SAF certifierade för inblandning mellan 30 och 50 procent i fossilt bränsle. Innan denna inblandningsgrad blir en begränsning räknar aktörerna med att det, för flertalet produktionsmetoder, blir tillåtet att flyga på 100 % SAF.
- På längre sikt har den svenska energimixen förutsättningar att generera den gröna el som behövs för att producera stora mängder vätgas och elektrobränslen som kräver el i produktionen. Det handlar på sikt om betydande elbehov vilket kräver systemperspektiv och koordinering med alla de övriga branscher som kommer att kräva mer el. Detta kräver samordning i en dimension som ligger utanför denna färdplan.
- Det totala flygbränslebehovet för tankning i Sverige bedöms inte vara högre 2045 än nu på grund av en begränsad ökning av starter och landningar och löpande energieffektivisering. Bortom 2030 har stegvis ökad elektrifiering och vätgas en viktig roll att spela för att nå målet. Viktigt i detta sammanhang är att SAF kommer att produceras i enlighet med högsta hållbarhetsstandarder och att energibehovet primärt finns i avfallsprodukter och spillråvara.

KONSUMTION AV FLYGBRÄNSLE I SVERIGE, MILJONER M³ PER ÅR



Figur 6: Konsumtion av flygbränsle i Sverige. (Källa: Energimyndigheten, Flygbränsleanvändning i Sverige 2014–2022)

Källa: Energimyndigheten

- Utrikes
- Inrikes

Teknikutveckling och energieffektivisering

OLIKA TEKNIKSPÅR

Det finns ett stort antal områden att adressera för att nå de målen. Dessa områden karaktäriseras av olika tids-
spann, varierande komplexitet, beroenden av regelverk

och mycket mer. I detta avsnitt redogörs för ett antal av de teknikspår och energieffektiviseringsinsatser som på olika sätt kommer att ha en roll att spela på vägen till ett fossilfritt flyg inklusive hantering av höghöjdseffekterna.

DRIVMEDEL

Hållbara kolvätebränslen (SAF) – generellt

- + Drop-in.
- + Redan certifierat för upp till 50 %, i vissa fall upp till 100 %. Inga större modifikationer av flygplan eller motorer behövs vilket i sig sparar mycket på jordens resurser.
- + Kan skräddarsys för lägre partikelutsläpp, genom att minska halten av långa eller aromatiska kolväten.
- Ger NO_x-utsläpp (kväveoxider) och kondensstrimmor vid höghöjdsflygning. Dock visar forskningen att det blir mindre sotpartiklar och därmed mindre kondensstrimmor med SAF jämfört med fossilt bränsle.

ICCAIA, som är en global sammanslutning av olika flygindustrigrupper publicerade i september 2023 ett förslag till åtagande att alla civila flygplan som är i produktion ska kunna köras på 100 % SAF år 2030. I dag är maximalt 50 % SAF certifierat och tillåtet.

SAF-bio (biobränsle)

Avser syntetiska flytande kolvätebränslen från biomassa och i vissa fall även vätgas.

- + Finns flera certifierade redan.
- Dyrare än fossila bränslen. Bränslen baserade på olika biooljor har begränsad tillgång på råvara. Bränslen tillverkade från förgasad biomassa (i första hand avverkningsrester, så kallad grot – grenar och toppar) med Fisher-Tropsch/GTL (gas-to-liquid) är ännu dyrare än bio-oljebaserad, men här finns gott om råvara.

SAF-PTL (Power-to-liquid)

Avser flytande kolvätebränsle, syntetiserat från koldioxid och vätgas (med hjälp av el).

- + Kan använda infångad koldioxid som råvara.
- Utvecklad tillverkningsprocess.
- Hög elförbrukning vid tillverkning av bränslet.

Vätgas

Vätgas är ett attraktivt fossilfritt bränsle som kan tillverkas genom elektrolys av vatten. Vätgas har hög energitäthet med avseende på massa (Wh/kg) men låg med avseende på volym (Wh/m³). Trycktankar är begränsade till små flygplan, då de blir för tunga vid uppskalning. För större flygplan krävs kryogent väte,

vilket betyder att man kyler ner vätgasen till -253°C så att den blir flytande och förvarar den i tankar. Troligen kommer det vara praktiskt att tillverka vätgas nära flygplatser, vilket kan leda till att flygplatser blir hubbar även för tankning av vätgasdrivna vägfordon.

Vätgas - förbränning i gasturbinmotorer

- + Billigare än elektrokolväten.
- + Väletablerad tillverkning via elektrolys av vatten.
- + Ger noll koldioxidutsläpp vid användning.
- + Energitätare än kolvätebränslen vad gäller vikt.
- + Lätt att förbränna i en gasturbinmotor.
- Ej drop-in.
- Cirka fyra gånger lägre energitäthet med avseende på volym (Wh/m³) än kolvätebränsle.
- Kräver storskalig produktion av grön vätgas.
- Kräver kryogena tankar och nytt bränslesystem, vilket är en teknisk utmaning.
- Ger kväveoxidutsläpp och vattenånga, men inga partiklar.

Vätgas - bränsleceller

- + Ingen koldioxid, bara vattenånga som utsläpp.
- + Inga kväveoxidutsläpp.
- + Högre energitäthet med avseende på massa (Wh/kg) än batterier.
- Det är en teknisk utmaning att skala upp till höga effekter och stora flygplan. Utveckling behövs för att nå högre effekttäthet med avseende på massa (W/kg). Svårt att få tillräcklig acceleration och att hålla hög flyghastighet. Kan fungera för mindre flygplan på regionalflygsträckor,
- Kringsystem för att kyla bränslecellerna behövs.

Batteri - elflyg

- + Etablerad teknik för vägfordon.
- + Hög verkningsgrad.
- + Enkelt och robust system.

- I första hand låg energitäthet med avseende på massa (Wh/kg) på dagens batterier vilket ger tunga flygplan och kort räckvidd. Även viss osäkerhet vad gäller batterilivslängd.

Elhybrid

Inom detta område studeras flera olika lösningar med olika grad av hybridisering. Gemensamt är att alla kräver SAF eller vätgas för att bli fossilfria.

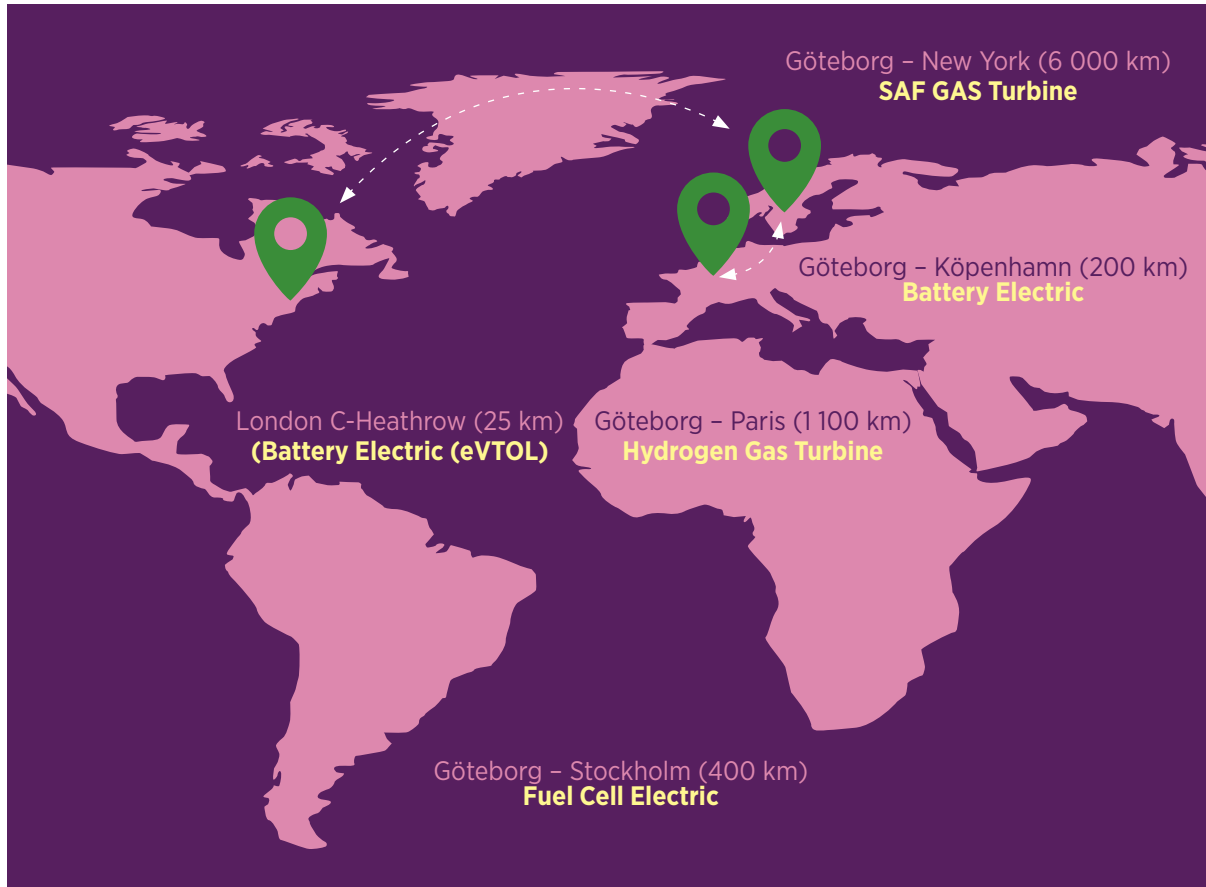
- More electric/mikrohybridisering: Mer el genereras till olika ombordsystem eller för optimering av jetmotorn (flytta arbete mellan moduler).
- Seriehybrid: Gasturbin – elgenerator (ev batteri) – flera elmotordrivna fläktar/propellrar – ger högre framdrivningsverkningsgrad då gastur-

binen driver fler än en fläkt (till nivåer över de högsta möjliga bypassförhållandena för en direkt driven fläkt/propeller)

- Olika arkitekturer med olika stora batterier.
- Parallellhybrid: Flera möjliga lösningar där en gasturbin eller turbopropmotor arrangeras parallellt med en elektrisk drivlina. Svenska Heart Aerospace utvecklar ett sådant koncept.
- Hybridlösningar som inkluderar vätgasbränsleceller.



VILKET DRIVMEDEL PASSAR I VILKET SEGMENT?

**Långdistansflyg – 250 passagerare eller fler**

1. Andel av globala CO₂-utsläpp från flyg: cirka 55%
2. I detta segment ligger fokus på utveckling av traditionell framdriftsteknik mot avsevärt lägre bränsleförbrukning. Målet är 30 % minskade CO₂-utsläpp från flygplan som introduceras 2030. Bränslemässigt kan total fossilfrihet nås via SAF.

Medeldistansflyg – cirka 150 passagerare

3. Andel av globala CO₂-utsläpp från flyg: cirka 37%
4. Här fokuseras både på SAF samt vätgasframdrivning genom förbränning av vätgas i turbofläkt- eller turbopropmotorer och lägre bränsleförbrukning genom ultraeffektiva flygplan och motorer. En utmaning ligger i bränslesystem för kryogent (extremt lågtempererat) bränsle.

Regionalflyg – typiskt upp till 50 mil, upp till 40 passagerare

5. Andel av globala CO₂-utsläpp från flyg: cirka 1%
6. I den här storleksklassen fungerar hybriddrift där elen kommer från gasturbindrivna generatorer eller vätgasbränsleceller i kombination med batterier. Flera olika hybridkoncept studeras.

Kortdistansflyg – typiskt upp till 20 mil, upp till 10 passagerare

7. Andel av globala CO₂-utsläpp från flyg: mycket liten
8. Här finns marknaden för batteriflyg, som kanske är den mest lockande lösningen med hög verkningsgrad och enkla system. Batteriutvecklingen styr möjligheten att klara längre räckvidder.

För att flyget ska kunna bidra till regeringens mål om fossilfrihet är en ökning av produktionen av SAF avgörande. Sveriges stora tillgång på spillmaterial från skogsavverkning och sågverk tillsammans med andra typer av råvara ger goda förutsättningar för inhemsk produktion av fossilfritt bränsle.

En gemensam utmaning för all produktion av SAF är att den sker i långa värdekedjor och många aktörer vilket leder till höga produktionskostnader. Produktionskostnaden bedöms kunna sjunka i takt med att efterfrågan ökar och att producenterna kan utnyttja effektivare produktionstekniker och eventuella stordriftsfördelar. En storskalig produktion av SAF kräver att fler produktionstekniker kommersialiseras. Det kommer dock att vara en utmaning att viss importerad SAF fortsatt kommer att vara billigare än bränsle baserade på svensk eller nordisk råvara.

Producera bränslet i Sverige eller i Norden kan transportkostnaden minimeras då det fossilfria bränslet hanteras inom den befintliga logistikkedjan. Det finns givetvis även en hållbarhetsaspekt i att producera bränslet på nära håll för att därmed minimera transporter. Utöver detta finns en viktig nationell beredskaps- och säkerhetsaspekt kopplad till att bygga upp en inhemsk produktion av drivmedel.

Gemensamt för övriga energibärare (SAF-PTL, vätgas och el) är att samtliga kräver betydande mängder grön el. Detta är en viktig systemfråga att beakta för den samlade svenska energiförsörjningen som redan i dagsläget har utmaningar avseende produktion och distribution.

Ren eldrift förutsätter omfattande forskning gällande elektrifiering inom luftfarten. Detta sker både inom forskningsvärlden samt direkt hos flygplanstillverkare och komponenttillverkare. En fullständig elektrifiering skulle till stor del kunna eliminera koldioxidutsläppen i slutförbrukarledet. Tekniken kommer att ha en begränsad roll i den närmare delen av framtiden, upp till 2030. I perspektivet till 2045 bedöms elektrifiering av kortare flygningar, bland annat via bränslecell, kunna få påverkan i takt med att mognadsgraderna ökar men då krävs satsningar redan nu. Bland annat skulle både en delvis och fullständig elektrifiering av kortare flygsträckor i närtid kunna bidra till att minska behovet av flytande bränslen oavsett råvara.

ENERGIEFFEKTIVISERING

Energieffektiviseringen uppgår till 1,5–2 procent per år, primärt genom införande av ny teknik i form av nya flygplan och nya motorer vilka ersätter äldre modeller. Detta korrelerar ungefär med motsvarande minskning av bränsleåtgång och koldioxidutsläpp. Även en något avtagande effektiviseringstakt skulle ungefär motsvara EU:s långtidsprognos avseende flygplansrörelser vilken ligger runt 1,4 procent per år (Källa: Eurocontrol).

Teknik för lägre energiförbrukning, vilket exempelvis kan vara effektivare motorer, lättare strukturer eller nya flygplanskonfigurationer, utgör det största uppmätta bidraget hittills vad gäller att minska flygets klimatpåverkan. Detta teknikspår spås vara fortsatt viktigt under lång tid och blir ännu viktigare med dyr SAF, vätgas eller batterier. En viktig drivkraft kring ökad energieffektivisering är därmed, vid sidan om minskade utsläpp, flygbolagens drivmedelskostnader. Vid ett ökat användande av SAF och vätgas kommer en fortsatt energieffektivisering att vara central, eftersom tillgången på icke-fossilt bränsle kommer att vara begränsad. En lägre genomsnittlig bränsleförbrukning korrelerar direkt med motsvarande minskning i behovet av drivmedel oavsett om detta är fossilt eller icke-fossilt.

HÖGHÖJDSEFFEKT

Det uppstår en ytterligare klimateffekt av att delar av flygets utsläpp sker på hög höjd. Det är utsläpp av kväveoxid och vattenånga som på hög höjd (över 8 000 meter) och vid vissa meteorologiska förhållanden kan ha en klimatpåverkande effekt. Det uppstår vid flygning på hög höjd då vattenånga kondenseras och det bildas kvarstående moln. Dessa riskerar att stänga inne värme i jordens atmosfär som annars skulle stråla ut på natten. Sedan den ursprungliga färdplanen lanserades 2018 har forskningen på detta område avancerat så att man nu kan prognostisera förekomsten av vilka höjder man ska undvika så att det inte bildas kvarvarande kondensationsstrimmor.

I ett läge där flyget i allt högre grad eliminerar sina direkta koldioxidutsläpp kommer det att krävas ett intensifierat arbete för att minska höghöjdseffekten och därmed minska flygets totala klimatpåverkan till 2045. Forskningen har alltså tagit stora steg framåt de senaste åren och kunskapen kring höghöjdseffekterna har ökat betydligt. Det innebär att det nu börjar finnas verktyg för att prognostisera var och när effekterna uppstår.

Forskning visar även att användandet av icke-fossila bränslen kan bidra till att minska klimatpåverkan från utsläpp på hög höjd, vilket i så fall innebär ytterligare vinster med en snabb infasning av icke-fossila bränslen för flyget.

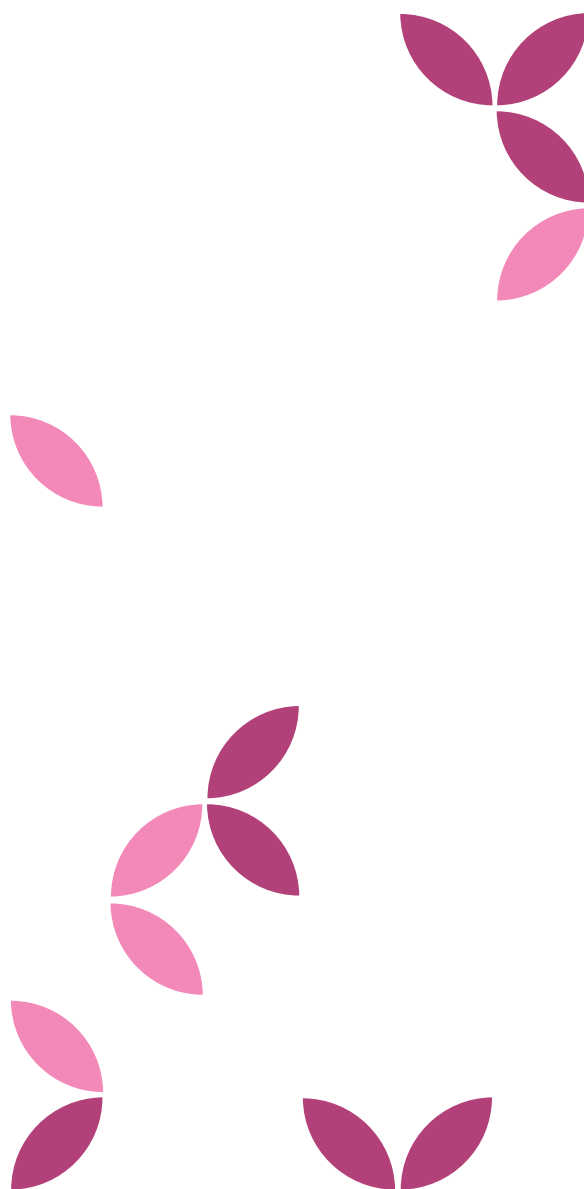
Den senaste forskningen och globala data indikerar att mindre än tre procent av världens flygningar genererar 80 procent av den molnbildningen som leder till ytterligare klimatpåverkan. Det är dessutom bara på vissa delar av jordklotet som effekter är vanligt förekommande. För att undvika detta handlar det till stor del om att i realtid göra små justeringar i de flygningar där utsläppen av kväveoxid och vattenånga har en klimatpåverkande effekt. Det är möjligt att flyga utan att skapa kondensstrimmor genom att inte flyga genom de mest fuktiga delarna av himlen. Detta kan undvikas genom att göra relativt små justeringar av flyghöjden. Flygplan gör liknande justeringar redan idag för att undvika turbulens. Att lista ut var himlen är som mest fuktig är en utmaning. Med hjälp av bland annat AI är lösningar på väg för att hitta var på himlen som kondensstrimmor. Till exempel har Googles Climate använt sig av bildigenkännings-AI ihop med satellitdata för att märka ut kondensationsstrimmor och inte blanda ihop dem med cirrusmoln vilka har ett snarlikt utseende.

Höghöjdseffekten är ytterst begränsade vid inrikes flygtrafik och uppstår inte alls vid trafik med turbopropflygplan. Det beror på att det krävs en flyghöjd på minst 8 000 meter för att skapa kondensstrimmor och cirrusmoln samt att temperaturen är låg, har en viss luftfuktighet med mera.

Flygtrafikledningen arbetar med att på ett säkert sätt leda all kommersiell flygtrafik mellan världens flygplatser. Till stor del bygger detta på i förväg definierade flygrutter och procedurer. För att undvika höghöjdseffekter krävs i vissa fall avsteg från detta i form av korrigeringar i flyghöjd och rutt. Denna form av justeringar görs redan i dagsläget för att undvika till exempel turbulens, oväder med mera. Med de digitala verktyg som nu utvecklas är meningen att även höghöjdseffekten ska kunna minskas via dynamiska flygningar som dessutom inte mer än nödvändigt medför längre flygningar och ökad bränsleförbrukning. Sverige, med sin förhållandevis begränsade flygtrafik, skulle kunna vara en utmärkt plats för att utveckla flygningar där man med hjälp av

realtime-data aktivt undviker områden där höghöjdseffekterna kan uppstå. Med ett intensifierat arbete torde det finnas mycket goda förutsättningar att flygningar i svenskt luftrum kan eliminera den klimatpåverkan som uppstår vid flygningar över 8 000 meter.

Den viktigaste slutsatsen är att det endast är en mycket liten del av dagens flygningar som behöver korrigeras för att signifikant minska den ytterligare klimatpåverkan som kan uppstå på hög höjd.



Hinderanalys

TEKNIKEN DELVIS PÅ PLATS

Sverige och världen står inför stora utmaningar på klimatområdet. Teknikutvecklingen sker fort och Sverige ligger långt fram. Minskade utsläpp inom flyget förutsätter en fortsatt aktiv svensk medverkan i all den teknikutveckling som sker.

De hinder som finns för införsel av SAF ligger primärt inom andra områden än de rent tekniska. De handlar, som vi sett i tidigare kapitel, om produktion och att skapa en marknad. Eftersom dessa verksamheter huvudsakligen inte befinner sig på forskningsstadiet kommer det mesta att handla om ekonomiska och politiska prioriteringar. Samma sak gäller de tekniska möjligheter som börjar finnas inom räckhåll för att på allvar eliminera höghöjdseffekterna.

När det gäller batterielektriskt flyg och vätgasflyg krävs dock fortsatt forskning samt även en till stor del ny infrastruktur för laddning och tankning. Sverige är bra positionerat i dessa frågor men det finns betydande finansiella och tekniska utmaningar för att möjliggöra flyg på batteri och vätgas. Dels för att det krävs ny infrastruktur, dels för att passagerarvolymerna (och därmed intäkterna) kommer att vara begränsade under flera år. Samtidigt finns vinster med att introducera vätgas och batteridrift på lämpliga linjer. Framdrivning kommer att vara tystare och utsläppen i det närmaste noll. Samtidigt bidrar det till att minska behovet av SAF på kortare linjer. I takt med den tekniska utvecklingen finns potential att vätgas i jetmotorer kan utgöra en inte obetydlig del av flygets energibärarbehov från 2040 och framåt. Att sida vid sida hantera både fossilt flygbränsle, SAF, högeffektsladdning av batterier samt vätgas i flygplatsmiljön innebär ett antal utmaningar både vad gäller logistik, säkerhet och ekonomi. För att möjliggöra detta krävs insatser inom ett antal områden redan nu.

EKONOMISKA INCITAMENT OCH VILLKOR

Ett fossilfritt inrikesflyg skulle kräva mindre än 2 TWh per år i form av SAF. Detta motsvarar mindre än 200 000 kubikmeter bränsle vilket i sin tur endast motsvarar cirka en och en halv procent av den årliga svenska

»De hinder som finns för införsel av SAF ligger primärt inom andra områden än de rent tekniska. De handlar om produktion och att skapa en marknad.«

bioenergitillförseln. Ett helt fossilfritt flyg både in- och utrikes skulle kräva cirka 1,2 miljon kubikmeter SAF vilket motsvarar mindre än nio procent av den svenska bioenergitillförseln. Detta utgår dock från nivåerna före pandemin. I dagsläget är behovet betydligt lägre men vi har valt att behålla dessa högre nivåer som en form av buffert då det är svårt att prognostisera långt fram i tiden. Volymerna ovan får dock anses väl tilltagna. En introduktion av batterier och vätgas på kortare linjer skulle minska detta behov ytterligare men inte i så stor grad att det påverkar analysen ytterligare. Att producera de mängder hållbara energibärare som krävs är inte något problem i sig, men att göra det på ett affärsmässigt fungerande sätt kräver ett antal insatser. Detta är en global marknad och för att nå ekonomisk realism i detta måste det koordineras med vad som sker i Norden men också inom EU. Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Jordbruksverket och Skogsstyrelsen har tidigare konstaterat att försörjningen av svensk bioenergi skulle kunna öka med cirka 50 TWh i det korta perspektivet och 90 TWh i det längre perspektivet.

På den kostnadsdrivande sidan finns i dagsläget ett betydande prisgap mellan fossilt och fossilfritt, som i dagsläget inte uppvägs av ökad betalningsvilja för fossilfritt bränsle. Bland de kostnader vi i någon mån kan påverka

märks framför allt råvara, driftskostnader, investeringskostnader, transport och distribution. Det handlar exempelvis om att försöka använda billig råvara som inte är alltför dyr att processa och som kan hämtas relativt nära en produktionsanläggning.

På intäktssidan är det framför allt värdesättningen av huvudprodukten och samprodukterna som vi kan försöka påverka. Det kan röra sig om att öka nyttan bortom den faktiska produkten genom olika typer av tjänster, eller om att identifiera nya marknader att förädla sam- eller biprodukterna mot.

Tillgången på riskkapital är låg, som en följd av att affärsmässigheten i dagsläget är låg. En fungerande affärsmodell för hela värdekedjan är avgörande för om den överhuvudtaget kommer att omsättas i praktiken. Att värdekedjan innehåller ett stort antal aktörer som är beroende av varandra är en utmaning i sig.

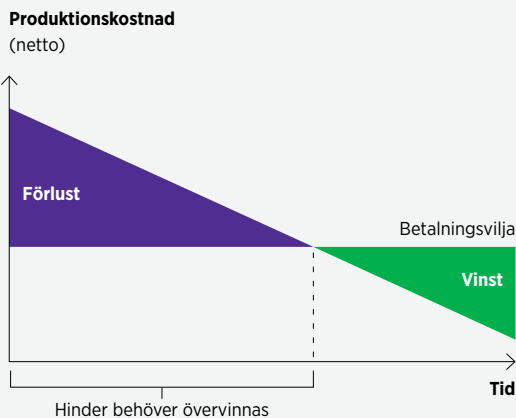
Ur ett samhällsperspektiv är det ofta lönsamt att investera i ny miljöteknik. När det gäller klimatfrågan är det snarast att se som en nödvändighet. Det är därför angeläget att samhället på olika sätt stödjer införandet av ny miljöteknik.

Som beskrivits i färdplanen finns ett antal internationella mekanismer på plats för att driva på utveckling. Bedömningen är att ett prisgap mellan fossilt och fossilfritt bränsle kommer att finnas kvar under lång tid. Detta gör att det i dagsläget saknas förutsättningar för att en

»En fungerande affärsmodell för hela värdekedjan är avgörande för om den överhuvudtaget kommer att omsättas i praktiken.«

marknad för fossilfritt flygbränsle ska uppstå på egen hand. Policyinstrument är nödvändiga för att en sådan övergång ska vara möjlig. Priset på fossilt bränsle har i detta sammanhang en viktig roll att spela och där är osäkerheterna betydande. Externa faktorer kan göra att priset på fossilt och fossilfritt bränsle på sikt kommer att närma sig varandra men det är inget som går att använda som antagande i dagsläget.

När det gäller elektriskt flyg och vätgas, för både förbränning och bränsleceller, handlar de ekonomiska villkoren bland annat om kostnaden för den nya infrastruktur som behövs i form av högeffektsladdning och vätgastankning. Resenärerna kommer inte att kunna bära kostnaden fullt ut för de investeringar som kommer



Figur 7: Schematisk bild över gapet mellan produktionskostnad och betalningsvilja fram till 2045. Därför behöver hinder övervinnas tills nettokostnaden möter betalningsviljan.

Källa: Trafikverket, Copenhagen Economics

att krävas för att möjliggöra flyg med batterier, bränsleceller och vätgasförbränning. Här krävs en modell för hur dessa kostnader ska hanteras på ett hållbart sätt.

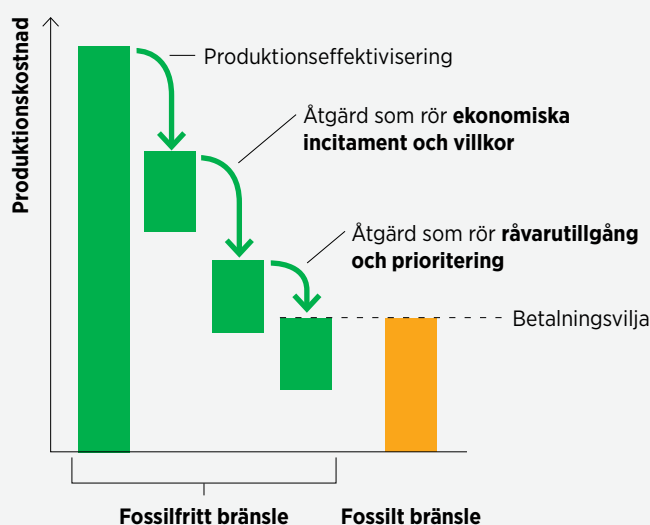
PRIORITERING

Gällande SAF är det andra potentiella hindret tillgången till råvara, speciellt om produktionen ska ske lokalt. Här måste det skapas en politisk tydlighet angående hur man ska prioritera. Sambandet mellan långsiktigt tillgänglighetsgörande av råvara (till stor del biomassa) för flygsammanhang och flygets användande av SAF för att minska utsläppen måste inses fullt ut.

Oavsett prioritering saknas det i dag en långsiktig säker tillgång till relevanta råvaror. Även om viss produktionskapacitet beslutats och kommit på plats sedan 2018 behövs ytterligare investeringar i produktionsanläggningar för SAF.

Viss andel av SAF kommer att vara så kallat elektrobränsle som å ena sidan inte kräver biomassa eller andra restprodukter men samtidigt kommer att kräva el och vätgas i processen. Här kan det komma att krävas en prioritering avseende tillgång till el och vätgas då en stor del av det framtida fossilfria samhället bygger på tillgång till stora

»Hinderröjningen behöver pågå hela tiden; vi måste i en positiv och möjliggörande anda fokusera på visioner, mål och lösningar med åtgärder som leder till konkret resultat. Genom att göra det och genom att spänna bågen högt kommer vi att kunna nå långt.«



Figur 8: Som vi såg i figur 7 antas slutkundens betalningsvilja vara begränsad vid övergången till SAF. Nettokostnaden för produktionen av SAF måste därför på sikt troligtvis ungefär möta kostnaden för fossil bränsle. Till viss del kommer det att ske genom produktionseffektivisering, men att övervinna övriga hinder är också helt nödvändigt.

Källa: Avinor

volymerna av dessa energibärare. När flyget också blir en del i pusslet för att säkra tillräckliga mängder el och vätgas krävs politisk tydlighet, långsiktighet och prioritering.

POLITISK VILJA, SAMSTÄMMIGHET OCH REGLERING

På EU-nivå har det tagits tydliga steg via Fit for 55 och ReFuelEU Aviation. För att investeringar ska ske i Sverige behöver dock marknaden veta att efterfrågan på flyg och hållbara energibärare består på längre sikt. Detta kräver en tydlig politisk vilja, stabila spelregler, tydliga mål och långsiktiga finansiella stödinstrument. Det gäller både fossilfritt bränsle (primärt SAF och vätgas) och elektrifiering via bränsleceller och batterier.

Utöver detta saknas dessvärre delvis global konsensus om hur hållbarhet ska definieras. Detta skapar en tveksamhet och återhållsamhet hos innovationsaktörer. Att vissa produktionsprocesser för SAF inte är certifierade är ett hinder. Certifiering är en kostsam och tidskrävande process som kan behöva offentligt stöd. Detsamma gäller certifieringsprocesser för nya typer av elektriskt flyg, vätgasdrivlinor och hybridlösningar.

Alla hinder ovan behöver röjas ur vägen för att vi ska kunna nå våra mål. Hindren är av olika karaktär och ger påverkan under olika delar av framtiden.

Det kommer att krävas ett balanserat förhållningssätt där man utgår från vad som är tekniskt och kommersiellt möjligt. Det finns lösningar som fungerar redan i dag, där de grundläggande insatserna som krävs är vilja, tydlighet och en fungerande affärsmodell. Genom att våga satsa och lära oss av dessa satsningar kommer vi att kunna nå mycket längre än om vi fortsätter vänta på den perfekta lösningen. Hinderröjningen behöver pågå hela tiden; vi måste i en positiv och möjliggörande anda fokusera på visioner, mål och lösningar med åtgärder som leder till konkret resultat. Genom att göra det och genom att spänna bågen högt kommer vi att kunna nå långt.

Hinderröjningen handlar om att skapa förutsättningar genom att stimulera både utbud, efterfrågan, energieffektivisering och teknikutveckling. Här har både staten och flygbranschen möjligheter att bidra.

Förslag 1: Staten bör snarast besluta om ramarna för statliga investeringsstöd för projektering och uppskalning av SAF-anläggningar, stöd för grön vätgasproduktion samt stöd för laddinfrastruktur på svenska flygplatser. Produktionskapacitet för att försörja flyget med det bränsle som behövs för att nå 2045-målet kräver betydande investeringar och staten behöver bidra finansiellt för att investeringarna ska genomföras.

Kommentar:

I dagsläget finns färdiga eller beslutade anläggningar som kommer att kunna producera upp mot 700 000 m SAF från 2027. Med en minskning av koldioxidutsläppen på 80 procent över en livscykel motsvarar detta cirka 50 procent av behovet för att göra allt flyg som startar vid svenska flygplatser fossilfritt. Staten kan vara med och bidra till att säkerställa att den svenska produktionskapaciteten för SAF motsvarar den mängd flygbränsle som kommer att tankas vid svenska flygplatser 2045. Som framgår ovan skulle det målet rent tekniskt kunna nås tidigare. Det kan handla om antingen större anläggningar eller flera små. Staten bör i detta sammanhang även arbeta för att undanröja hindret som handlar om att tillgängliggöra SAF vid mindre flygplatser.

El och vätgas kräver kostsam anpassning av flygplatserna vilket innebär en stor utmaning. Flyget finansierar nästan hela sin infrastruktur via biljettpriset. Denna finansieringsmodell fungerar inte för att fullt ut bekosta den omställning som flyget befinner sig i. Det handlar om stora investeringar i infrastruktur där intäkterna via biljettpriset är begränsade. Om hela Sverige ska kunna hantera fossilfritt flyg fullt ut 2045 kommer staten behöva avlasta infrastrukturägarna med finansiellt stöd för denna omställning.

Förslag 2: Staten bör ställa krav på att alla offentliga flygresor görs med hållbara drivmedel. Detta kan i dagsläget bland annat ske via upphandling av den mängd SAF som krävs. Staten kan då sätta upp hållbarhetskriterier, göra teknikval och stå för den mellanskillnad som gör att priset till slutanvändarna inom offentlig verksamhet blir realistiskt.

Kommentar:

Staten har ett ansvar att gå före och peka på riktning samt möjligheter för ett fossilfritt samhälle. På efterfråge-

sidan bör staten kräva att offentliga verksamheter köper eller upphandlar fossilfritt flygbränsle för att därmed bidra till att skapa en grundläggande efterfrågan. Denna möjlighet finns redan idag och ger omedelbart resultat. Ansvarsfull upphandling bidrar till hållbara transporter. Här har Upphandlingsmyndigheten en central roll. Myndigheten ger stöd genom att utveckla och förmedla kunskap, verktyg och metoder för offentlig upphandling. Upphandlingsmyndigheten arbetar bland annat för minskade utsläpp och ökad säkerhet inom transportområdet och här passar styrning mot fossilfritt flygande in mycket väl i profilen och ambitionen. Naturvårdsverket eller lämplig myndighet bör snarast ges uppdraget att utreda hur eventuella regeltekniska hinder, för att offentlig verksamhet ska kunna köpa SAF till sina egna resor, undanröjs.

Förslag 3: Staten bör stödja och finansiera forskning och utveckling kring teknik som ger energieffektivare flygplan samt som möjliggör övergången till nya energibärare i form av SAF, grön vätgas och batterier. Synkronisering bör ske med existerande program för flyginnovation.

Kommentar:

Den stora delen av arbetet med att skapa effektivare flygplans- och motorteknik samt ökad produktion av hållbara energibärare kommer att ske på den industriella nivån. För att vi ska nå 2045-målet kommer det att behövas insatser på forskningsnivå samt flera olika energibärare. Sverige är mycket väl positionerat för att ta en ledande position inom flera av de områden som krävs för att nå ett fossilfritt flyg. Att kanalisera detta på ett effektivt sätt kräver dock politiskt vilja och kraftfulla satsningar.

Förslag 4: Staten, via sitt ansvar för svenskt luftrum, bör verka för att utveckla flygningar där man med hjälp av realtidsdata aktivt undviker områden där höghöjdseffekterna kan uppstå. Det finns nu mycket kunskap samt teknik kring saken och med ett intensifierat stöd till detta arbete finns det mycket goda förutsättningar för att flygningar i svenskt luftrum till stor del kan eliminera den klimatpåverkan som uppstår vid flygningar över 8 000 meter.

Kommentar:

Höghöjdseffekten utgör är en del av flygets totala klimatpåverkan. Sverige är ett lämpligt land att börja tillämpa en aktiv selektering av rätt flyghöjder och flygrutter för att undvika dessa effekter. Inrikesflyget är speciellt bra för detta då ett fåtal ruttor trafikeras av jetflygplan på de längre sträckorna. Flygplanen är dessutom inte fulltankade så de är mer flexibla att utan förhöjd bränsleförbrukning välja en höjd som kan ligga över eller under det område där kondensationsstrimmor riskerar att bildas.

Förslag 5: Staten bör kommunicera en offentlig målbild för övergången till fossilfritt flyg, med hållpunkterna 2030 och 2045 och i linje med internationella mål. Detta för att det ska bli tydligt för alla aktörer i värdekedjan vad som måste göras, vem som ska göra vad, när det måste göras och hur mycket det bedöms kosta.

Kommentar:

För att vägen framåt ska vara tillgänglig för det stora antal aktörer som kommer att behöva bidra bör staten sätta upp ett tydligt och officiellt mål kring fossilfritt flyg i linje med visionen i denna färdplan till 2030 och 2045. Tydliga målbilder kan även bidra till att sänka den politiska risken vilket ökar incitamenten för satsningar. Till detta hör att staten bör kommunicera en tydlig målbild om att flyget behövs och är en viktig del av Sveriges transportsystem för att knyta ihop landet.

DRIVMEDELSBRANSCHENS MÖJLIGHETER

Den statliga investeringar som föreslås ovan, för att kompensera för det faktum att marknaden själv inte har den initiala kraft eller den uthållighet som behövs för en fungerande övergång till fossilfritt flyg, kan med fördel kombineras med finansiering från andra håll.

Här har produktionsbranschen (primärt producenter av SAF men även gällande vätgas och el/batterier) möjligheter att bidra genom att exempelvis söka alternativ finansiering. Produktionsbranschen bör, vid sidan om de föreslagna statliga insatserna, undersöka möjligheten till lån via exempelvis Europeiska Investeringsbanken (EIB) till de aktörer som är beredda att bygga eller utveckla produktionsanläggningar. Det finns även möjligheter att söka produktionsstöd via exempelvis EU:s innovationsfond.

När det gäller produktionen av vätgas behöver producenterna, tillsammans med staten, ta fram affärsmodeller och hitta finansiering för fullskaliga produktionsanläggningar och undersöka hur distribution och tankning ska ske och vad det kan bedömas kosta. Detsamma gäller el- och laddbehoven vid en gradvis ökad elektrifiering av delar av flyget. Här krävs modeller för hur produktion, överföring och laddning av el ska ske på ett ekonomiskt hållbart sätt. Ett mål i det fortsatta färdplanarbetet skulle även kunna vara att svensk SAF-produktion minst ska motsvara den volym flygbränsle som tankas vid svenska flygplatser.

FLYGBRANSCHENS MÖJLIGHETER

Med utgångspunkt i målen i den ursprungliga färdplanen 2018 har branschen tagit ett stort antal initiativ de senaste sex åren. För att genomföra färdplanen arbetar branschen huvudsakligen med

- **energieffektivisering hos flygplan, i luftrum och på flygplatser.**
- **fossilfria flytande bränslen.**
- **vätgas och elektrifiering.**

Ett antal konkreta initiativ finns på plats. Flygbolagen har möjlighet att förbinda sig till så kallade offtake-avtal för inköp av SAF givet att det handlar om ett säkert och konkurrenskraftigt pris. Flygbranschen kommer att bidra genom att förbinda sig att köpa målsatta kvantiteter SAF utifrån bland annat EU:s regelverk. Mer proaktivt kan flygbranschen ta en aktiv del i initiativ som leder till produktion av SAF, batteri- och vätgasdrivet flyg eller annan teknikinnovation som främjar energieffektivisering inom flyget. Lösningar behöver fortsätta att utvecklas där flygplats, politiken, flygbolag och energibolag samarbetar med slutkunden.

Läs mer om några saker som redan gjorts på dessa områden i kapitlet Pågående satsningar och initiativ i Sverige i linje med färdplanen.

VIKTEN AV LÅNGSIKTIGA SPELREGLER

Införande av SAF, vätgas och batterier för flygändamål – liksom för vilket annat ändamål som helst där det krävs en större omställning av produktion, distribution och finansieringsmodeller – kommer att behöva göras med en långsiktighet och en uthållighet som tar hänsyn till omställningens fallgropar, vilka i flera fall är av ekonomisk natur.

»Eftersom marknaden enligt tidigare resonemang i detta dokument inte kan förväntas stå som garant för hela omställningen kommer det att behövas ett statligt ansvar för att spelreglerna blir tydliga, fungerande och rättvisa för alla inblandade parter.«

Eftersom marknaden enligt tidigare resonemang i detta dokument inte kan förväntas stå som garant för hela omställningen kommer det att behövas ett statligt ansvar för att spelreglerna blir tydliga, fungerande och rättvisa för alla inblandade parter. Dessa spelregler kommer att behöva ta hänsyn till att omställningen tar tid och att det för de inblandade aktörerna kommer att röra sig om ett betydande mått av ekonomiskt risktagande även med en delvis statlig inblandning i finansieringsmodellen.

Spelreglerna kommer att behöva ge utrymme för de marknadskrafter som kommer att styra utvecklingen i det långa loppet. Det kommer exempelvis inte enbart att vara den initiala investeringen som kommer att utgöra en risk för aktörerna; det kommer också att finnas ett behov hos de tillkommande producenterna av en viss garanterad försäljning under omställningstiden. Den beslutade kvotplikten ger delvis en sådan garanti och kan skapa marknadsmöjligheter för svenska producenter. Sverige bör verka för att så mycket som möjligt av den SAF som produceras i Sverige också tankas vid svenska flygplatser.

Plan för implementering

VÄGEN TILL 2030

De fem förslag vi lämnar i kapitlet Hinderröjning är samtliga på olika sätt viktiga för att målet med fossilfritt inrikesflyg 2030. Förslagen har dock olika lång »levnadsstid« från det att de påbörjas tills de ger effekt.

»Givet ovanstående är det SAF i kombination med fortsatt energieffektivisering som är nyckeln för att nå delmålet 2030.«

I princip föreslår den här färdplanen att alla förslagen betraktas som prioriterade och behöver startas i närtid för att målen i färdplanen ska kunna nås. Ytterst övergripande kan man säga att SAF är den lösning som kan introduceras i en snabbare takt, denna kommer i första hand att vara beroende av produktionsmöjligheter för SAF samt frivilliga åtaganden utöver lagstadgad kvotplikt.

Introduktion av batteri- och hybriddrivna mindre flygplan för kortare sträckor kan genomföras från 2030 och är alltså inte en del av lösningen fram till 2030. Bränsleceller på mindre flygplan kan också introduceras från 2030.

Introduktion av flygplan med vätgasförbränning kan ske från allra tidigast runt 2035.

Givet ovanstående är det SAF i kombination med fortsatt energieffektivisering som är nyckeln för att nå delmålet 2030.

I samband med en uppdatering och revidering av flygets färdplan inom Fossilfritt Sverige är det relevant att dis-

kutera förutsättningarna att nå uppsatta målnivåer 2030 och 2045.

För 2030 är det nuvarande målet ett fossilfritt inrikesflyg definierat som att lika stor mängd bränsle som går åt inom det svenska inrikesflyget ska tankas i form av SAF vid svenska flygplatser och ersätta motsvarande mängd fossilt bränsle.

För att bedöma om det är rimligt att nå dessa volymer har ett antal kalkyler tagits fram:

- Utsläpp från inrikesflyget 2022: 310 000 ton CO₂
- Utsläpp från utrikesflyget 2022: 1 830 000 ton CO₂
- Utsläpp totalt från flygplan som startar vid svenska flygplatser: 2 140 000 ton CO₂
- Inrikesflygets andel av utsläppen 2022: 14 %

Om man utgår från Transportstyrelsens prognos som sträcker sig till 2030 kommer inrikesflygets andel av utsläppen att ha minskat till cirka 10 %. Det är därmed rimligt att anta att 10 % av tankat bränsle i Sverige allokeras till inrikesflyget.

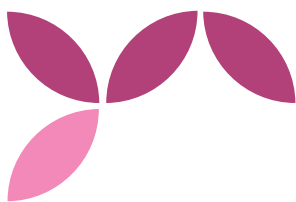
ReFuelEU Aviation kommer att innebära att andelen SAF som kommer att tankas vid svenska flygplatser 2030 är cirka 6 procent. Detta innebär att cirka hälften av målet om ett fossilfritt inrikesflyg (10 % av det tankade bränslet) uppfylls av kvotplikten via ReFuelEU Aviation. Då återstår att ersätta ytterligare fyra procentenheter av allt tankat bränsle med SAF för att nå målet. Det är rimligt att utgå från att bränsleåtgången i inrikesflyget är ungefär samma 2030 som 2022 samt att bränsleåtgången i utrikesflyget har ökat med cirka 25 % givet en fortsatt återhämtning efter pandemin.

Som alltid när det gäller framåtblickande prognoser innehåller nedanstående siffror ett antal osäkerheter. De får dock anses vara den bästa ungefärliga uppfattningen om vilka volymer det handlar om till 2030 och därmed fungera som underlag för fortsatt diskussion om vilka insatser som behövs för att nå målet.

- Bränsleåtgång i inrikesflyget 2030: 100 000 m³
- Bränsleåtgång i utrikesflyget 2030: 725 000 m³
- Bränsleåtgång totalt 2030: 825 000 m³
- SAF som tankas in via ReFuelEU Aviation 2030: 50 000 m³
- Bränslemängd som återstår att ersätta via andra åtgärder för att nå målet 2030: 50 000 m³ (100 000 – 50 000)

Utifrån regeringens underlag genererar flygresandet vid svenska myndigheter cirka 70 000 ton CO₂ (motsvarande 22 000 m³ flygbränsle). Utgår vi från att samma volym flygresor görs 2030 så innebär det att myndigheternas flygresor kräver cirka 22 000 m³ flygbränsle. Skulle staten ställa krav på att myndigheternas flygresor görs med SAF skulle alltså cirka 22 000 m³ ersättas med SAF. Då återstår 27 000 m³ att ersätta med SAF för att nå målet 2030.

Utifrån underlag avseende svenska kommuners flygresor (underlag med 20 kommuner inom olika kategorier) indikerar det utsläpp på cirka 250 ton CO₂ per kommun i genomsnitt. Detta skulle innebära totala utsläpp på cirka 70 000 ton CO₂ från kommunalt resande. Skulle kommunerna genomföra sina flygresor med SAF skulle ytterligare 22 000 m³ ersättas med SAF. Då återstår cirka 6 000 m³ att ersätta med SAF för att nå färdplanens mål 2030. Detta skulle behöva göras med frivilliga köp av SAF från företag och privatpersoner.



Mängd flygbränsle att ersätta (prognostiserade och avrundade siffror)

Mängd flygbränsle att ersätta med SAF 2030 för att nå målet:	100 000 m ³
Avgår mängd som ersätts via ReFuelEU Aviation 2030:	- 50 000 m ³
Avgår mängd som ersätts om statens myndigheter flyger på SAF:	- 22 000 m ³
Avgår mängd som ersätts om svenska kommuner flyger på SAF:	- 22 000 m ³
Återstår att ersätta via övriga åtgärder 2030:	= 6 000 m ³

Slutsatsen blir att den lagstadgade kvotplikten inom EU innebär att målet om ett fossilfritt inrikesflyg 2030 nås till hälften. ReFuelEU Aviation omfattar större flygplatser (mer än 700 000 passagerare per år). Detta innebär att SAF främst kommer att levereras dit. Det innebär att mindre flygplatser troligtvis inte kommer att prioriteras. De mindre flygplatserna är även uppbundna av avtal om kvalitetsansvar, infrastruktur, betalssystem med mera vilket kan hindra distribution av SAF till enskilda flygplatser. Samtidigt hanteras så pass mycket av den svenska flygbränsletankningen vid de fem största flygplatserna att målet om ett fossilfritt inrikesflyg kvarstår även om ovanstående omständigheter kan hindra distribution till de mindre flygplatserna.

Om det skulle ställas krav på att statligt och kommunalt flygresande görs via inköp/ upphandling av SAF skulle cirka 90 % av den återstående volymen hanteras vilket gör att drygt fem procent av den totala tankade volymen flygbränsle inrikes återstår att ersätta via frivilliga åtaganden för att nå målet om ett fossilfritt inrikesflyg 2030.

Det återstår att avgöra om det är rimligt att ställa krav på att stat och kommun ska flyga på SAF men här har det offentliga en möjlighet att via relativt begränsade åtgärder och kostnader gå före och bidra till måluppfyllelse. Vissa myndigheter och kommuner tar i dagsläget ut en intern avgift vid flygresor vilket sedan används för trädplantering och liknande. Denna kostnad borde i stället användas till att köpa SAF. Parallellt går det givetvis att öka trycket på privata företag att ersätta fossilt bränsle med SAF vid tjänsteresor. SBTi (Science

Based Targets Initiative) ställer hårdare krav på företag att minska denna typ av utsläpp vilket innebär att incitamenten att köpa SAF ökar. Det behöver även göras fler initiativ för att få privatpersoner att i större utsträckning betala för ett bränslebyte i samband med flygresor. Om det offentliga flyger på SAF 2030 så finns goda möjlighet att nå eller vara mycket nära att nå färdplanens mål om att lika stor mängd bränsle som går åt inom det svenska inrikesflyget ska tankas i form av SAF vid svenska flygplatser.

DEN FORTSATTA VÄGEN TILL 2045

En hel del av åtgärderna som ska leda till ett fossilfritt flyg 2045 har beskrivits tidigare i dokument men nedan sammanfattas och förtydligas några centrala insatsområden för att nå de långsiktigare målen.

SAF

ReFuelEU Aviation kommer att säkerställa att 70 procent av bränslet utgörs av SAF 2050 (42 procent 2045). Det är primärt produktionskapacitet och höga kostnader som i dagsläget hindrar högre ambitioner hos EU. Samtidigt kompletteras detta av de övriga internationella initiativ och styrmedel som har beskrivits tidigare i dokument.

Det är tydligt att frivilligmarknaden kommer att spela en större roll än den gjorde när den ursprungliga färdplanen skrevs. Det bör också förtydligas att färdplanen skrevs i en tid då Sveriges intresse för alternativa flygbränslen var större än många andra länders. Sedan dess har intresset för och efterfrågan på dessa bränslen ökat internationellt samtidigt som ReFuelEU Aviation påverkar våra möjligheter till att införa ännu ambitiösare inblandningskrav. Bland annat har ju Sverige fått backa från den svenska reduktionsplikten som skulle innebära 30 procent inblandning av SAF 2030 för att därefter öka ytterligare. De förutsättningar för måluppfyllnad som ställdes upp i den ursprungliga färdplanen har dock hittills visat sig vara rimliga.

Vi bör i det längre perspektivet inte heller bortse från att forskningen och kommersialiseringen av andra typer av avancerade råvaror har tagit stora steg. Det handlar då om råvaror med högt energiinnehåll som kan produceras på ett långsiktigt hållbart sätt. I detta perspektiv är det inte nödvändigtvis enbart en inhemsk produktion som är den mest hållbara eller ekonomiskt realistiska vägen. Det kan då handla om delvis import av SAF antingen från

grannländer eller produktionsanläggningar längre bort. En viktig faktor i detta perspektiv är de politiska vägvalen avseende tillgång till biomassa eller satsningar på andra långsiktigt hållbara råvaror för SAF-produktion.

Vätgas, elektrifiering och övrig innovation

Som vi nämnt tidigare i dokumentet innehåller vägen mot 2045 betydligt fler klimatåtgärder för flyg än enbart övergången till SAF. Det handlar främst om energieffektivisering, elektrifiering, vätgas och trafikledning men även om hantering av höghöjdseffekterna. Sannolikt handlar det inte bara om förbättringar av existerande teknik; även språngvis, så kallad disruptiv, utveckling kan inte uteslutas inom den så pass långa tidsramen.

I ett läge där flyget i allt högre grad eliminerar sina direkta koldioxidutsläpp kommer det att krävas ett intensifierat arbete för att minska höghöjdseffekten och därmed minska flygets totala klimatpåverkan fram till 2045. Som beskrivits tidigare i färdplanen har kunskapen kring höghöjdseffekterna ökat betydligt de senaste åren och det börjar finnas alltmer sofistikerade verktyg för att prognostisera var och när effekterna uppstår. Den senaste globala datan indikerar att mindre än 3 procent av världens flygningar genererar 80 procent av molnbildningen. På så vis ges möjlighet att göra små justeringar i flygrutter där utsläppen av kväveoxid och vattenånga har en klimatpåverkande effekt. Sverige, med sin förhållandevis begränsade flygtrafik, skulle kunna vara en utmärkt plats för att utveckla flygningar där man med hjälp av realtidsdata aktivt undviker områden där höghöjdseffekterna kan uppstå. Med ett intensifierat arbete torde det finnas mycket goda förutsättningar att flygningar i svenskt luftrum kan eliminera den klimatpåverkan som uppstår vid flygningar över 8000 meter. Det uppstår ytterligare klimateffekt av att delar av flygets utsläpp sker på hög höjd. Det är utsläpp av kväveoxid och vattenånga som på hög höjd har en klimatpåverkande effekt. Den vetenskapliga osäkerheten om denna klimatpåverkan är fortfarande mycket stor. Höghöjdseffekter är ytterst begränsade vid inrikes flygtrafik. Det beror på att det krävs en flyghöjd på minst 8 000 meter för att skapa kondensstrimmor och cirrusmoln samt att temperaturen är låg, har en viss luftfuktighet med mera.

Det strategiska innovationsprogrammet Innovair har hanterat svensk flyginnovation och planerar för att Sverige ska kunna bidra med miljömässig teknik och

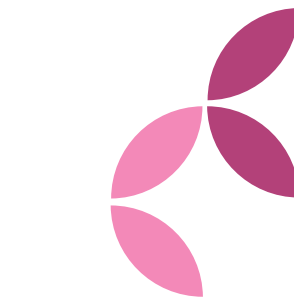
samtidigt kunna skapa fördelar för Sverige i form av sysselsättning och exportintäkter – precis som denna färdplans egen målsättning. Det finns ett stort behov av långsiktiga ambitiösa satsningar från staten på forskning och innovation inom flygområdet. Det råder dessvärre osäkerhet om statens framtida satsningar inom detta område. Det finns fortfarande osäkerheter kring batteriernas framtid och vilken betydelse den kommer att få inom flyget. Detta är främst korrelerat till energitätheten i batterier. Skulle det uppstå disruptiva lösningar gällande batteriers prestanda med avseende på vikt så finns förutsättningar för att detta får en något större långsiktigare roll gällande fossilfritt flyg. Satsningar på elektrifiering i form av bränsleceller och vätgas behöver också intensifieras då det finns långsiktig potential i att elektrifiera samtliga de delar av flyget som kommer att vara tekniskt möjligt. Här har markinfrastrukturen i form av högeffektsladdning, energilagring, vätgaslagring och tankning en viktig roll att spela.

När det gäller vätgas så kan denna, via bränslecell, spela en roll i regionalflyget efter 2030. Det kommer dock att krävas att farkoster och drivlinor certifieras, att markinfrastruktur och grön vätgas finns på plats samt att rätt kompetens och affärsmodeller finns på plats. Det krävs även en acceptans hos användarna.

Flygplan med vätgasförbränning skulle tidigast kunna introduceras 2035 men där effekterna ligger bortom 2040. Trots det är det på global nivå ett mycket relevant långsiktigt utvecklingsspår, bland annat utifrån utmaningarna som finns internationellt avseende att få fram tillräckliga volymer av SAF när vi närmar oss 2045. Att då även kunna använda vätgas för längre flygningar är ett mycket intressant alternativ. Det kräver dock betydande mängder grön vätgas som i sin tur kräver stora mängder el. Här krävs fortsatt arbete för att säkerställa att långsiktig produktionskapacitet av vätgas finns att tillhandahålla till en kostnad som marknaden kan hantera.

För flygplatsernas del innebär det att de framöver kan komma att behöva tillhandahålla tre energislag (flytande bränslen, el och vätgas) för att inte bli en trång sektor i omställningen. Då el och vätgas kräver kostsam anpassning av flygplatserna innebär detta en stor utmaning för flygplatser. Flyget finansierar historiskt sett nästan hela sin infrastruktur via biljettpriset. Denna finansieringsmodell fungerar inte för att fullt ut bekosta den omställning

som flyget befinner sig i. Det handlar om stora investeringar i infrastruktur där intäkterna via biljettpriset initialt är begränsade. Om hela Sverige ska kunna hantera fossilfritt flyg fullt ut 2045 kommer staten behöva avlasta infrastrukturägarna med betydande finansiellt stöd för denna omställning.



Pågående satsningar och initiativ i Sverige i linje med färdplanen

Nedan presenteras ett urval av de initiativ, satsningar och projekt som drivs av svenska aktörer i linje med målen i färdplanen.

Swedavia

Swedavia har under de senaste åren gjort ytterligare satsningar – på egen hand och samarbete med andra – för att bidra till framdrift i utveckling/produktion av hållbara flygbränslen och flygplatsernas utveckling för att klara framtida krav. Detta gäller inte minst el och vätgas och Swedavia är med i flera vätgasprojekt.

Swedavia ger även incitament till flygbolag som vill

tanka SAF (50 % kostnadsersättning av premiumkostnaden för SAF) med ett tak på 40 MSEK. Bolaget har även infört CO₂-baserad startavgift på ARN och GOT. Vidare gör Swedavia fortsatta kommunikativa insatser och påverkansarbete för att få fler att flyga på SAF (framför allt tjänsteresor men också privatresor). Swedavia handlar årligen upp SAF som motsvarar egna tjänsteresor samt erbjuder andra organisationer som också lyder under upphandlingsreglerna att vara med i denna upphandling.

CFM RISE

CFM International är ett joint venture mellan GE Aerospace och SAFRAN. 2021 lanserade man sitt största teknikutvecklingsprojekt någonsin – RISE (Revolutionary Innovation for Sustainable Engines). Målet är att utveckla tekniken för att kunna minska bränsleförbrukning och CO₂-utsläpp med mer än 20

procent jämfört med dagens mest effektiva motorer, samtidigt som man ska möjliggöra alternativa energikällor såsom Sustainable Aviation Fuels (SAF) och vätgas. Projektet ska bland annat demonstrera en helt ny motorarkitektur kallad Open Fan. GKN Aerospace i Trollhättan har som enda externa part blivit inbjudna att delta i RISE-programmet.

Clean Aviation

EU:s nya, stora demonstrator-program Clean Aviation bedriver forskning och innovation för att accelerera utvecklingen mot flygets klimatneutralitet till 2050. I den första utlysningen inom programmet lyckades GKN Aerospace i Trollhättan komma med i två projekt – OFELIA (Open Fan for

Environmental Low Impact of Aviation) och SWITCH (Sustainable Water-Injecting Turbofan Comprising Hybrid-Electrics) där man utvecklar innovativa lösningar för nästa generations ultraeffektiva medeldistansflygplan som ska ha 30 % lägre bränsleförbrukning. Motorerna ska kunna köras på 100 % förnybart flygbränsle och dessutom vara lätta att konvertera även till vätgasdrift.

H2JET

Projekt finansierat av Energimyndigheten för att demonstrera delsystem- och komponentteknik för

vätgasdrivna gasturbiner med syfte att öka utvecklingstakten och positionera deltagarna inför internationella flygmotor- och flygplansutvecklingsprojekt.

Nya tillverkningsmetoder

GKN Aerospace tar en ledande roll inom hållbar produktion och investerar 600 miljoner kronor i att industrialisera additiv tillverkning. Genom Industriklivet stödjer Energimyndigheten projektet med 152 miljoner kronor. Projektet kommer att bidra till

minskad användning av råmaterial till produktionen med upp till 80 %. Den nya tillverkningsmetoden möjliggör också ny effektivare design för framtidens motorer vilket kommer att leda till en avsevärd minskning av dessa motorers bränsleförbrukning och därmed minskade utsläpp. Den nya produktionen beräknas tas i drift under 2024.

Gröna inflygningar

Gröna inflygningar är en teknik för att minska utsläpp och buller intill flygplatser. Bland annat LFV har haft en ledande roll i detta arbete. Det handlar om att flyga med minsta möjliga förbrukning och påverkan under sjunkfasen. ICAO har tagit fram en definition om fyra perspektiv som innebär att piloten ges de bästa förutsättningarna under inflygningsfasen:

1. Flygtrafiktjänsten ger piloten möjlighet att lämna sin marschhöjd vid rätt tillfälle och erbjuder en förutbestämd flygbana utan fart- och höjdstrektioner.

2. Piloten sjunker med bränsleoptimal fart.

3. Piloten slipper och undviker att planflyga, framför allt på lägre höjder. Detta kan även betyda att piloten aktivt måste bidra för att uppnå största möjliga nytta.

4. Piloten får flyga så kort sträcka som möjligt.

Ett av de fyra perspektiven som pekas ut för att minska flygets utsläpp är förbättring av flygtrafikledning. Här finns en del förbättringar att göra som kan leda till minskning av flygets koldioxid på kort och medellång sikt.

Grön Flygplats

Projektet Grön Flygplats syftar till att energiefektivisera och minska koldioxidutsläppen från de regionala flygplatsernas egen verksamhet. Det ska också vara möjligt för flygbolagen att tanka fossilfritt flygbränsle, vätgas och ladda elflyg efterhand

som den tekniska utvecklingen går framåt. En av världens kraftigaste elförsörjningar för elektrifierad luftfart finns på en svensk flygplats. Ett antal regionala flygplatser och kommuner har upphandlat fossilfritt flygbränsle motsvarande behovet för egna tjänsteresor.

Batteri- och hybridflyg

Det svenska företaget Heart Aerospace utvecklar ett hybriddrivet regionalflygplan med plats för 30

passagerare. 2019 lanserades en nordisk satsning finansierad av Nordic Innovation för att driva på utvecklingen av framför allt batteridrivna elflyg.

Möjlighet att köpa SAF

Sedan färdplanen lanserades 2018 har både SAS och BRA gjort det möjligt för resenärerna att köpa till SAF på sina flygningar och därmed minska koldioxidutsläppen från resorna med upp till 80 procent. Norwegian har satt upp kraftfulla mål om minskade utsläpp, bland annat via inblandning av SAF utöver lagstadgade nivåer. KLM har de senaste åren varit involverade i svenska satsningar på SAF-produktion. Flera flygbolag på den svenska marknaden har de senaste åren gjort betydande investeringar för att fasa in nya flygplanstyper med minsta möjliga bränsleförbrukning.

Detta handlar dock om begränsade volymer då priserna är betydligt högre än för det fossila bränslet. Flera av de ovanstående flygbolagen har även ingått avsiktsförklaringar som avser framtida inköp av SAF från anläggningar under projektering.

Svenska Flyg Green Fund erbjuder möjlighet för privatpersoner, företag och offentliga aktörer att köpa SAF i valfri mängd och därmed säkerställa att hela eller delar flygresans bränsleåtgång ersätts med SAF.

Kvotplikt

Flygbranschen omfattas nu av den reduktionsplikt som infördes vid halvårsskiftet 2021 men svårigheter för flygbolag att tillgodoräkna sig utsläppsreduktionen i kombination med kraftiga prishöjningar på fossilfritt bränsle har gjort det lönsamt att i vissa fall nyttja pliktavgiften i stället vilket inte är reduktions-

plikstens syfte. Från 2025 ersätts reduktionsplikten av EU:s gemensamma kvotplikt. Såväl Swedavia som ett antal regionala flygplatser och kommuner har upphandlat fossilfritt flygbränsle motsvarande behovet för egna tjänsteresor. Den upphandlade mängden fossilfritt bränsle har ersatt motsvarande mängd fossilt bränsle.

The Perfect Flight

Den 16 maj 2019 landade världens mest klimateffektiva flygning på Bromma Stockholm Airport – The Perfect Flight. Med »The Perfect Flight«, som var en direkt effekt av den ursprungliga färdplanen 2018, ville flygbranschen visa hur mycket man kan minska utsläppen med hjälp av befintlig teknik och inom ramen för dagens regelverk. Med ett fullsatt propellerflygplan av modellen ATR 72-600 genomförde BRA en helt klimatoptimerad flygning mellan Halmstad och Stockholm, för att visa hur klimatsmart det går att flyga med dagens teknik. Flygningen var ett samarbete mellan BRA, flygplanstillverkaren ATR, leverantörerna av biobränsle Air BP och finska Neste samt Halmstad City Airport och Bromma Stockholm Airport.

Flygningen genomfördes med 50 procent SAF i tanken, en optimerad flyghöjd, en långsammare inflygning, rakast möjliga flygväg. Det här gjorde det möjligt att minska de fossila utsläppen av koldioxid med hela 46 procent jämfört med samma flygresa med fossilt bränsle. Detta med teknik och lösningar som finns tillgängliga idag. De fossila utsläppen vid flygningen blev 34 gram CO₂ per kilometer och passagerare. Sedan dess har ATR och BRA flugit en ATR-72 med 100 % SAF för att visa att detta är säkert och tekniskt möjligt och därmed skynda på en certifiering av 100 % användning av SAF i kommersiell flygtrafik.



LFV

LFV arbetar intensivt med luftrumsfrågor kopplade till minskade utsläpp. LFV har fått regeringens uppdrag att föreslå hur luftrummet under 2900 meters höjd ska utformas för att skapa bättre förutsättningar för miljövänligare flygningar till svenska flygplatser.

I maj 2019 redovisade LFV ett regeringsuppdrag som omfattade en fördjupad studie om utformningen av det svenska luftrummet. Studien resulterade bland annat i ett förslag på luftrumsstrategi som kan utgöra underlag för uppdrag att genomföra en översyn av

luftrummet. I strategin pekades bland annat på behovet av en översyn av det undre luftrummet för att säkerställa att luftfartyg kan flyga miljöeffektivt in till landets kontrollerade flygplatser utan att piloter behöver begära att flyga i okontrollerat luftrum – samtidigt som tillgängligheten säkerställs för Försvarmakten och andra användare av luftrummet på lägre höjder. Utredningen ska resultera i ett förslag på hur det undre luftrummet kan organiseras. Förslaget ska kunna vara ett underlag för flygplatserna att genomföra förändringar i sina respektive luftrum så att det skapas moderna förutsättningar för dagens och morgondagens flyg.

Fossilfritt Flyg 2045

Som en fortsättning av färdplanen drevs innovationsklustret »Fossilfritt Flyg 2045« under 2018–2020. Klustret samlade aktörer i hela värdekedjan och arbetade bland annat med temat »Marknadsutveckling mot slutkund« där frågan belystes ur ett stort antal perspektiv. Det innebär att det nu finns kunskap och konsensus för hur arbetet kan drivas vidare. På kort sikt har arbetet inneburit enklare och transparentare sätt för resenärer att köpa SAF till resor.

Energimyndighetens satsningar på Fossilfritt flyg 2045 har genererat ett betydande antal projekt i linje med färdplanen. Dessa går att läsa om på energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/transporter/fossilfritt-flyg/ samt energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2024/tio-nya-forskningsprojekt-ska-bidra-till-ett-fossilfritt-flyg/



Referenslista i urval

- Anheden et al, *Value chain for production of bio-oil from kraft lignin for use as biojet fuel*, 2017
- ATAG, aviationbenefits.org/media/167417/w2050_v2021_27sept_full.pdf
- ATAG, *Beginners Guide to Aviation Biofuel*, 2023 aviationbenefits.org/downloads/beginners-guide-to-sustainable-aviation-fuel
- climate.ec.europa.eu/eu-action/transport/reducing-emissions-aviation_en
- Energimyndigheten – beviljade och genomförda projekt 2018 och framåt. energimyndigheten.se/forskning-och-innovation/forskning/transporter/fossilfritt-flyg/
- Energimyndigheten, *Hållbar produktion av flygbränsle i Sverige med biokemiska metoder*, 2017
- Fethers, B., *Aviation Biofuel Production in Sweden – An Insight into the Potential of Forestry Biomass as a Feedstock*, IIIIEE, Lund University, 2014
- flygreenfund.se/app/uploads/2024/02/2024-02-14-Contrail-avoidance-riksdagen.pdf
- icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx
- Naturvårdsverket, Jordbruksverket, Energimyndigheten, Skogsstyrelsen, *Bioenergi på rätt sätt*, 2017
- Norden, Nordic Council of Ministers, *Sustainable jet fuel for aviation*, 2016
- nordicnea.com
- Nordisk Energiforskning, *Sustainable jet fuel for aviation – Nordic perspectives on the use of advanced sustainable jet fuel for aviation*, 2016
- NRIA Flyg 2024, innovair.org/nriaflyg2024
- Ramböll, *Sustainable aviation biofuel*, 2017
- Trafikverket, *Marknadsanalys och affärsmodell gällande lönsamhet av biobränsle för flygplatsfordon och luftfarkoster, med inriktning på icke-statliga, regionala flygplatser i Norrland*, 2017
- transport.ec.europa.eu/document/download/ce-8eae01-435e-4313-8d46-42463c3027ce_en?filename=ReFuelEU_list_airports.pdf
- transport.ec.europa.eu/transport-modes/air/environment/refueleu-aviation_en
- Vinnova, Luleå Tekniska Universitet, IVL, *Bioflygbränsle från skogsråvara*, 2017
- weforum.org/publications/clean-skies-for-tomorrow-sustainable-aviation-fuels-as-a-pathway-to-net-zero-aviation
- www.itaka-project.eu

Arbetet med denna färdplan har koordinerats av föreningen Svenskt Flyg. Föreningen bildades 1994 av representanter för hela den svenska flygnärings.

Medlemmar i föreningen är:

Ordinarie medlemmar

Swedavia, LFV, Saab, GKN Aerospace Sweden och Svenska Regionala Flygplatser.

Associerade medlemmar

SAS, BRA, KLM, Norwegian, Powercell, Innovair och Täby Air Maintenance.

Svenskt Flyg representerar därigenom en stor del av den samlade svenska flygnärings.

Färdplanen har tagits fram i samarbete med Transportföretagen Flyg.



