

Fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045



© Sjöfartsverket

Rapporten finns tillgänglig på Sjöfartsverkets webbplats www.sjofartsverket.se

Dnr/Beteckning 21-0110
Månad År Februari 2023

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

Förord

Energimyndigheten har finansierat det här projektet (52430-1) inom utlysningen Fossilfritt flyg 2045 från 2021. I tillägg har en stor 'in-kind'-insats från deltagare i projektgruppen möjliggjort projektets genomförande och drivit projektidéerna framåt. I projektgruppen har statliga myndigheter med flygverksamhet och en operatör inom luftambulansen ingått tillsammans med representanter från akademi, forskningsinstitut och bränsleleverantörer. Kontaktuppgifter ges i bilaga 1 till rapporten.

I tillägg till de resultat som presenteras här har projektet haft ett stort fokus på att sammanställa en för myndigheter och operatörer gemensam målbild om det samhällsviktiga flygets klimatomställning. Den sammanfattas i texten 'Vägen till fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045', som finns tillgänglig som bilaga till denna rapport, och som har kommunicerats med politiker på riksnivå för att lyfta frågan till beslutsfattare. Många av de steg som behöver tas för att ställa om det samhällsviktiga flyget ligger utanför myndigheters och operatörers egen kontroll. Att sprida resultaten från den här studien utanför projektgruppen är avgörande för att arbetet som genomförts ska ge en långsiktig nytta och för att fördelarna med ett fossilfritt samhällsviktigt flyg ska bli verkliga.

Aktörerna inom det samhällsviktiga flyget ser behov av att frågan drivs framåt efter projektets slut för att omställningen ska bli möjlig och att samarbetet är fortsatt viktigt. Projektets partners har varit:



i samarbete med:



Sammanfattning

Det pågår flera initiativ för att göra fossilfri flygverksamhet möjlig. Politiska styrmedel, som reduktionsplikt för flygbränsle, och relativt goda möjligheter till finansiering av forskning och innovation inom området är ett par exempel. Det samhällsviktiga flyget använder endast en liten andel av det flygbränsle som säljs för inrikes flyg i Sverige och omnämns sällan i utredningar inom området i samma omfattning som det kommersiella flyget. Försvarsmaktens flyg använder troligen mer bränsle än det övriga samhällsviktiga flyget, men rapporterar inte utsläpp och har egna leveranskedjor och egen standard för sitt flygbränsle.

Jetbränsle från förnyelsebar råvara, ofta kallat SAF¹, är ett alternativ till petroleumbaserade flygbränslen som kan bidra till flygets omställning på kort till medellång sikt². Klimatavtrycket från våra flygverksamheter kan minska snabbt utan att servicegraden sänks om vi får ekonomiska förutsättningar att handla upp SAF. En jämförande analys av två bränslens livscyklar visade att svensk produktion av bränsle är fördelaktigt ur klimatsynpunkt. Det beror dels på att svensk el har låga koldioxidutsläpp, och dels på att långväga transporter kan undvikas. Studien visade också att med en 35-procentig inblandning av SAF i fossilt bränsle minskar växthusgasutsläppen med cirka 30 procent mätt som koldioxidekvivalenter över bränslets livscykel. Studier inom det här projektet visar också att emissioner av kolmonoxid kan minska genom att använda bioinblandat bränsle i en helikoptermotor. Däremot ökar kväveoxidutsläppen jämfört med utsläpp från förbränning av fossil Jet A1. Emissionsmätningar och numeriska simuleringar visade båda samma trend.

Flera frågor som rör flygets klimatomställning är gemensamma för samhällsviktigt och kommersiellt flyg, vilket gör att introduktionen av förnybart bränsle kan förväntas ske ungefär i samma takt i de olika typerna av flygverksamhet. De skillnader som finns mellan verksamheterna, och som vi särskilt vill poängtera efter att ha genomfört det här projektet, är (1) att myndigheter och operatörer med uppdrag inom det samhällsviktiga flyget idag inte har förutsättningar att gå före i klimatomställningen och (2) att vi ser att svenska inhemska produktionskedjor kan ge en mer tillförlitlig energiförsörjning. Beredskapsfrågan särskiljer oss från övrigt flyg i och med

¹ Sustainable Aviation Fuel (SAF)

² Se till exempel: Blakely S., Rye L. & Wilson C.W.; 2011 "Aviation Gas Turbine Alternative Fuels: A Review", Proc. Comb. Inst., **33**, p 2863.; Braun-Unkloff M. & Riedel U.; 2015, "Alternative Fuels in Aviation", CEAS Aeronaut J., **6**, p 83; Yang J., Xin Z., Quan H., Corcoran K. & Niu H.; och 2019, "An Overview on Performance Characteristics of Bio-Jet Fuels", Fuel, **237**, p 916.

våra roller i totalförsvaret. I Sverige planeras flera nya anläggningar för produktion av biobaserat jetbränsle av 'drop-in'-kvaliteter.

Idag godkänns SAF endast i inblandningar upp till 50 procent i fossilt jetbränsle. Nästa steg, omställningen till 100 procent fossiloberoende, är svårare och kommer ta längre tid. Det finns idag inget genomförbart alternativ för det civila flyget. En typ av flygbränsle som till 100 procent baseras på förnybar råvara har godkänts för militärt bruk i USA, vilket visar på att det är tekniskt rimligt att använda SAF till 100 procent i flygfarkoster. Processerna för att få ett nytt bränsle godkänt och producerat i de volymer som krävs, är tidskrävande och kostsamma. I tillägg är efterfrågan på både råvara för förnybara bränslen och biojet stor och det kan vara svårt att säkerställa att uttaget av råvara till biobränslen är hållbart. Många steg för att nå en omställning ligger alltså utanför vår rådighet.

För oss som utförare finns få alternativ att välja på i omställningen. Vi är hänvisade till de bränslekvaliteter som är godkända för användning, och som finns tillgängliga på marknaden. Det här, och det faktum att bränslekostnaderna skulle öka betydligt vid en övergång till SAF-inblandat bränsle, innebär att omställningstakten till stor del bestäms av framsteg inom forskning och innovation, och av de ekonomiska förutsättningar vi har att förhålla oss till.

Norrköping Februari 2023



Katarina Norén
Generaldirektör



Hulda Winnes
Miljöstrateg och projektledare

Innehåll

1	INLEDNING	5
2	MÅL, STYRMEDEL, OCH INITIATIV FÖR ATT MINSKA CO₂-UTSLÄPP FRÅN FLYGET	6
2.1	Corsia.....	7
2.2	EU:s arbete inom 'Fit for 55' och EU-ETS	7
2.3	Svensk reduktionsplikt för flygfotogen	8
2.4	Biojet för flyget	8
2.5	Betänkande om Sveriges globala klimatavtryck	9
2.6	Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning	9
2.7	En nationell bioekonomistrategi - ett verktyg för den gröna industriella omställningen	9
2.8	Flygplatsutredningen	9
2.9	Forskning och innovation	10
2.10	Färdplan till fossilfritt flyg	10
2.11	Innovationsklustret Fossilfria Flygtransporter 2045	10
2.12	Försvarsmaktens tester av biojet.....	10
3	DET SAMHÄLLSVIKTIGA FLYGET	11
3.1	Aktörer	11
3.2	Det samhällsviktiga flygets flottor och bränsleförbrukning	12
3.3	Bränsleinfrastruktur.....	14
4	FLYGBRÄNSLEN FÖR DET SAMHÄLLSVIKTIGA FLYGET.....	16
4.1	Jetbränslenas egenskaper.....	16
4.2	Certifieringsprocesser för flygbränslen	18
4.3	Hållbarhet.....	21
4.4	Tillgänglighet och tänkbara framtida volymer	23
4.5	Flygbränslen – en del av försörjningsberedskapen	25
5	UTVÄRDERING AV FLYGNINGAR MED BIOJET I SJÖFARTSVERKET'S HELIKOPTER 2022	26
5.1	Bränsleanalyser	26
5.1.1	Testresultat maj 2022	27
5.1.2	Testresultat på hösten 2022	27
5.2	Påverkan på daglig operation och leveranser	27
5.3	Påverkan på tekniska system	28
6	EMISSIONER BIOINBLANDAD JET A1	28
6.1	Resultat från mätningar	29
6.2	Resultat från simuleringar	30
7	DISKUSSION OCH SLUTSATSER.....	34

7.1	Utsläpp och miljöpåverkan.....	34
7.2	Tillgång och efterfrågan på bränsle	35
7.3	Fossilfri verksamhet 2045.....	35
7.4	Politisk diskussion och hållbarhet.....	36
7.5	Beredskapsperspektiv	36

1 Inledning

Svenskt samhällsviktigt flyg omfattar många olika verksamheter och det har inte varit självklart hur gränserna ska dras i det här arbetet. Vår definition av det samhällsviktiga flyget är *‘flyg som upprätthåller eller säkerställer samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet’*. Det omfattar bland annat flyg för räddningstjänst-, sjukvårds-, polis- och försvarsändamål. Det samhällsviktiga flyget har inga officiella gemensamma mål i arbetet med omställningen och det finns inte heller några uttalade konkretiserade planer för hur det fossila jetbränslet ska fasas ut till förmån för hållbara alternativ. Det här projektet har initierat en gemensam plattform från vilken flera aktörer kan ta avstamp i omställningsarbetet.

De aktörer med flygverksamhet som deltagit i projektet är Polismyndigheten, Kustbevakningen, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, Svensk Luftambulans, och Sjöfartsverket. Alla deltagarna har samhällsviktiga uppdrag inom räddningstjänst och för skydd av civila. Försvarets materielverk, som upphandlar, utvecklar och levererar materiel och tjänster till det svenska försvaret, har varit med och delat erfarenheter och kunskaper från Försvarsmaktens arbete med fossilfritt flygbränsle. Lunds Tekniska Högskola (LTH) och IVL Svenska miljöinstitutet (IVL) har genomfört tester, analyser och utvärderingar och förankrat arbetet i vetenskapen. Air BP har bidragit med ett industriperspektiv. I tillägg har Fly Green Fund deltagit i projektgruppens möten och bidragit med kunskaper kring biojetbranschen och möjligheter till omställning.

Vi har identifierat både möjligheter och hinder i omställningsarbetet. Genom att samarbeta har vi större möjligheter att skapa ett fokus kring de frågor som är viktiga för att kunna fortsätta leverera tjänster säkert, tillförlitligt och effektivt med en hållbar drift av flygmaskinerna. Hindren utgörs av osäkerheter kring finansiering av ökade bränslekostnader och att det idag inte finns något certifierat flygfotogen som innehåller mer än femtio procent förnybar råvara. De handlar också om en förväntad ökad konkurrens om de råvaror som används i produktionen av alternativa bränslen, och en konkurrens med det kommersiella flyget om det hållbara jetbränslet.

Den här slutrapporten bygger till stor del på tre delrapporter som tagits fram inom projektet:

- IVL:s rapport 'Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study' som innehåller en livscykelanalys på biojet, en potentialanalys av hur mycket fossilfritt jetbränsle som skulle kunna produceras av

tillgängliga råvaror i Sverige, och en genomgång av planerad produktionskapacitet³

- LTH:s rapport 'Biofuel Impact on Aviation - Chemical Composition of Aviation Fuels and its Impact on Combustion and Emission' som beskriver kemin hos olika jetbränslen och som ger en överblick över emissioner från flyget⁴, och
- LTH:s rapport 'Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine', som presenterar resultat och slutsatser från emissionsmätningar och numeriska simuleringstudier⁵.

Slutrapporten är därför kortfattad och hänvisar till de mer detaljerade rapporterna för fördjupning och referenser som förankrar arbetet i forskningen. Efter inledningen följer ett kapitel som beskriver klimatmål, styrmedel, och initiativ för att minska CO₂-utsläpp från flyget. Därefter, i kapitel 3, ges en överblick över det samhällsviktiga flygets aktörer och deras bränsleanvändning. I kapitel 4 beskrivs olika aspekter på jetbränsle, med specifikt fokus på fossilfritt bränsle. Bland annat behandlas jetbränslenas egenskaper, certifieringsprocesser, och hållbarhetsfrågor. Det femte kapitlet sammanfattar slutsatser från flygningar med bioinblandat jetbränsle i Sjöfartsverkets helikoptrar. I Kapitel 6 presenteras de emissionsmätningar och numeriska simuleringstudier på förbränning av olika bränslekvaliteter som utförts av Lunds tekniska högskola. Rapporten avslutas med övergripande slutsatser i kapitel 7.

Nomenklaturen kring jetbränsle som producerats från icke-fossila källor är inte helt tydlig. Det vanligaste samlingsnamnet är 'Sustainable Aviation Fuel', med förkortningen SAF, en förkortning som också används på svenska. Beteckningen SAF används i vår text endast för bränslen som till 100 procent är av icke-fossilt ursprung. I vissa sammanhang används beteckningen SAF för det slutliga jetbränslet som är en blandning av icke-fossila och fossila produkter. SAF används uteslutande som 'drop-in'-bränsle och blandas i dag alltid med fossil flygfotogen innan användning.

2 Mål, styrmedel, och initiativ för att minska CO₂-utsläpp från flyget

Inrikes flyg omfattas av det nationella klimatmålet att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären 2045, och att det därefter

³ IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717

⁴ Passad M. & Nilsson E. J. K., 2022, 'Biofuel Impact on Aviation - Chemical Composition of Aviation Fuels and its Impact on Combustion and Emission', Fossilfritt Samhällsviktigt Flyg 2045, Lund University

⁵ Pignatelli F., Subash A., Åkerblom A., Richter M., Nilsson E. & Fureby C., 2023, Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine, Lund University

ska uppnås negativa utsläpp. Däremot är inrikes flyg inte en del av det etappmål som har satts upp för transportsektorns utsläpp. Det finns alltså inget mål om att till 2030 ha minskat utsläppen med 70 procent jämfört med 2010 års nivå, som det finns för övriga inrikes transporter. Det pågår arbeten på olika samhällsnivåer för att ställa om flyget i linje med nationella och internationella klimatmål. Motivering att prioritera en klimatomställning inom just de samhällsviktiga delarna av flyget finns i miljömålen och klimathandlingsplanen där det beskrivs att det offentliga behöver gå före. Transportpolitikens övergripande mål är också att säkerställa en samhälls-ekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet.

Det samhällsviktiga flyget utgör bara en liten del av svenskt inrikes flyg om försvarets verksamhet räknas bort, och de stora omställningsinitiativen riktas ofta mot den kommersiella trafiken. Men många styrmedel och satsningar som påverkar produktionen av alternativa flygbränslen har betydelse också för omställningen av samhällsviktigt flyg. En överblick över några viktiga internationella och nationella styrmedel och initiativ ges i följande stycken.

2.1 Corsia

Den internationella luftfartsorganisationen ICAO:s 'Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation' (Corsia) syftar till att CO₂-utsläppen från internationell civil luftfart inte ska öka från 2020. Flygbolag köper utsläppskrediter från andra sektorer för alla utsläpp som överstiger 2020 års nivå. Det här systemet kan ha inverkan på teknikutveckling och efterfrågan på SAF, men har i övrigt liten betydelse för det samhällsviktiga flyget.

2.2 EU:s arbete inom 'Fit for 55' och EU-ETS⁶

Inom EU förhandlas en ny förordning för att minska CO₂-utsläppen från flygfarten i EU genom tvingande inblandning av SAF i jetbränsle. Arbetet är en del av Kommissionens förslag i 'Fit for 55' och benämns 'ReFuel EU Aviation'. Kommissionens förslag innebär stegvis ökad inblandning från 2 procent 2025, 5 procent 2030, och ökande till 63 procent 2050⁷.

Koldioxidutsläpp från kommersiella flygbolags resor inom EU och EES är också med i EU:s handelssystem med utsläppsrätter, EU-ETS. Enligt en överenskommelse från december 2022 ska flygets utsläpp av CO₂ ingå till

⁶ 'Fit for 55' är en samling förslag som syftar till att se över och uppdatera EU-lagstiftningen och införa nya initiativ med syftet att se till att EU:s politik följer de klimatmål som rådet och Europaparlamentet enats om. Målet är att sänka EU:s utsläpp av växthusgaser med 55 procent till 2030 jämfört med utsläppsnivån 1990.

⁷ European Parliament, 2023, Legislative Train Schedule, ReFuelEU Aviation - Sustainable Aviation Fuels, Carriages preview | Legislative Train Schedule (europa.eu)

100 procent i handelssystemet 2026⁸, idag ingår endast en delmängd i systemet. Samhällsviktigt flyg är inte en del i EU-ETS.

2.3 Svensk reduktionsplikt för flygfotogen

I Sverige tillämpas så kallad reduktionsplikt på flygfotogen. Det innebär i praktiken en skyldighet för bränsleleverantörer att tillse att en delmängd av flygbränslet ska komma från hållbart förnybart bränsle, och att denna delmängd successivt ska öka⁹. Kraven på inblandad mängd når enligt lagen om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel 27 procent 2030, stegen framgår av Tabell 1. En leverantör som inte uppnår kvoten blir skyldig att betala böter. Reduktionsplikten beskrivs i lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila bränslen.

Tabell 1. Reduktion av CO₂-utsläpp genom inblandning av biobränsle i fossilt flygfotogen enligt reduktionsplikten.

År	Reduktion av CO ₂ -utsläpp genom inblandning av icke-fossil flygfotogen (%)
2021	0,8
2022	1,7
2023	2,6
2024	3,5
2025	4,5
2026	7,2
2027	10,8
2028	15,3
2029	20,7
2030	27

2.4 Biojet för flyget

En utredning om biojet för flyget presenterades 2019 i SOU 2019:11. Där föreslogs bland annat den reduktionsplikt på flygfotogen som införts i lag (2017:1201). Utredningen är omfattande och ger en heltäckande bild av utmaningar och möjligheter för användning av biojet inom flyget¹⁰.

Utredningen föreslår att Försvarsmakten ges i uppdrag att utreda förutsättningarna för inhemsk produktion och användning av biojetbränsle för Försvarsmaktens ändamål, men i övrigt ges inga förslag som direkt riktas till att ställa om det samhällsviktiga flyget.

⁸ European Parliament, 2023, Legislative Train Schedule, Revision of the EU Emissions Trading System for aviation, as part of the European Green Deal Carriages preview | Legislative Train Schedule (europa.eu)

⁹ Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel

¹⁰ SOU 2019:11, 2019, Biojet för flyget (tillgängligt via regeringen.se)

2.5 Betänkande om Sveriges globala klimatavtryck

Miljömålsberedning lade 2022 fram ett betänkande med förslag på hur klimatpåverkan från konsumtion ska minska. Den handlar bland annat om flygresor, framförallt reguljära passagerarresor, men föreslår också att riksdagen beslutar om att koldioxidutsläpp från inrikesflyg inkluderas i etappmålet för inrikes transporter till 2030¹¹.

2.6 Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning

Trafikanalys rapport från 2022 är resultatet av ett regeringsuppdrag för att ge underlag till nästa klimatpolitiska handlingsplan. Rapporten innehåller förslag på styrmedel som ska bidra till omställning till fossilfrihet i transportsektorn i enlighet med klimatmålen. Här ges förslaget att låta Kammarkollegiet få i uppdrag att upphandla hållbart bränsle utöver reduktionsplikten motsvarande bränslebehovet för de statliga flygtransporterna. Förslaget motiveras med att 'staten behöver föregå med gott exempel för att vara trovärdig i arbetet mot en fossilfri transportsektor och att styrmedlet kan samspela med styrmedel som syftar till att öka produktionen av hållbara drivmedel'. Rapporten beskriver också i mer allmänna termer att tillgången till drivmedel för totalförvarsändamål bör beaktas¹².

2.7 En nationell bioekonomistrategi - ett verktyg för den gröna industriella omställningen

I en utredning som avslutas 2023 tar utredaren fram förslag på hur en svensk bioekonomi kan bli möjlig. Utredningen ska bland annat föreslå konkreta åtgärder som kan främja bioekonomins utveckling. Behovet av inhemsk produktion av hållbara förnybara flytande drivmedel i Sverige bland annat för att öka försörjningstryggheten och minska den svenska drivmedelsmarknadens sårbarhet mot omvärldshändelser nämns specifikt i riktlinjerna för utredningen¹³.

2.8 Flygplatsutredningen

I utredningen "Statens ansvar för det svenska flygplatssystemet - För tillgänglighet och beredskap" som presenterades i februari 2023, görs en genomlysning av flygindustrins behov till omställning och behovet av fler beredskapsflygplatser och helikopterflygplatser. Slutsatserna som berör det

¹¹ SOU 2022:15, 2022, Sveriges globala klimatavtryck - Delbetänkande av Miljömålsberedningen (tillgänglig via Regeringen.se)

¹² Trafikanalys, 2022, Förslag som leder till transportsektorns klimatomställning, Rapport 2022:14 (tillgänglig via: trafa.se)

¹³ Kommittédirektiv 2022:77, 2022, En nationell bioekonomistrategi - ett verktyg för den gröna industriella omställningen (tillgänglig via: Riksdagen)

samhällsviktiga flyget handlar bland annat om att ställa om snabbare och att produktionen av biobränsle behöver öka¹⁴.

2.9 Forskning och innovation

Energimyndigheten har finansierat många forskning- och innovationsprojekt om biodrivmedel och omställning inom flygsektorn. Till exempel startades under 2021 18 projekt inom området med en sammanlagd budget på 100 miljoner kronor. Ett annat exempel är kompetenscentrumet för hållbara turbinbränslen för luftfart och kraftproduktion (CESTAP) som syftar till att utveckla nya bränsleproduktionsvägar och fossilfria bränslen. CESTAP drivs av Lunds Universitet och är finansierat av Energimyndigheten med cirka 40 miljoner kronor tillsammans med industrin och akademien. Andra viktiga finansiärer är EU genom programmet 'Connecting Europe Facility' (CEF) och det svenska Industriklivet¹⁵.

2.10 Färdplan till fossilfritt flyg

Föreningen Svenskt flyg och Initiativet Fossilfritt Sverige tog fram en färdplan för fossilfritt flyg i Sverige 2017¹⁶. Arbetet koordinerades av Svenskt Flyg med representanter för hela den svenska flygnäringen. Fem förslag ges varav flera berör det samhällsviktiga flyget. Två av dem handlar om förutsättningar för produktion av biobaserat bränsle, och ett handlar om att upphandla fossilfritt flygbränsle för offentliga transporter för att bidra till att skapa efterfrågan. Det är oklart om endast tjänsteresor avses.

2.11 Innovationsklustret Fossilfria Flygtransporter 2045

Rise, Swedavia och SAS fick ett uppdrag i projektform att forma ett innovationskluster inom området fossilfrihet i nationellt flyg. Projektet finansierades av Energimyndigheten och pågick 2019 och 2020. I rapporten 'Vägen till fossilfritt flyg 2045 - agerande, hinder och behov' från januari 2021 presenteras detaljerade resultat av en analys av hinder och möjligheter¹⁷. Tidsintervall för när saker behöver hända ges, och hinder och åtgärder föreslås inom ett flertal områden. Inriktningen är främst mot det kommersiella flyget.

2.12 Försvarsmaktens tester av biojet

Försvarsmakten fick i uppdrag genom regleringsbrev 2021 att redovisa hur myndighetens arbete med hållbarhet bidrar till Sveriges åtaganden under Parisavtalet. Den analys som gjordes redovisas i en rapport som beskriver

¹⁴ Regeringskansliet, Jordbruks- och infrastrukturdepartementet, 2023, Statens ansvar för det svenska flygplatssystemet För tillgänglighet och beredskap, Ds 2023:3

¹⁵ SOU 2022:15, 2022, Sveriges globala klimatavtryck - Delbetänkande av Miljömålsberedningen (tillgänglig via Regeringen.se)

¹⁶ Fossilfritt Sverige och Föreningen Svenskt Flyg, 2017, Färdplan för fossilfri konkurrenskraft – flygbranschen (Tillgänglig via: ffs_flygbranschen.pdf (fossilfrittsverige.se))

¹⁷ Fossilfritt flyg 2045, 2021, Vägen till fossilfritt flyg 2045 – agerande, hinder och behov (tillgänglig via: FULLTEXT01.pdf (diva-portal.org))

möjliga vägval för försvarssektorn¹⁸. Flygvapnet står enligt rapporten för cirka 70 procent av försvarssektorns koldioxidutsläpp, och det mesta förbrukas av JAS 39-systemet. Försvarsmakten provflög 2017 på 100 procent biodrivmedel i JAS 39 och Försvarets Materielverk har sedan 2013 samarbetat med US Air Force för att demonstrera två syntetiska jetbränslen: ett amerikanskt bränsle som godkänts för civil användning i upp till 50 procents inblandning enligt internationell standardisering, och ett svenskt bränsle som inte ännu gått igenom certifieringen. Båda bränslena beskrivs i rapporten 'Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna Möjliga åtgärder på kort sikt' uppfylla internationella krav som finns på jetbränslen utan att de blandas med fossilt jetbränsle. Det amerikanska bränslet är också godkänt för användning till 100 procent i den amerikanska marinens flygverksamhet i flera tillämpningar. Det svenska bränslet tillverkas inte i tillräckligt stor skala för att genomföra fullskaletester, men har demonstrerats i en jetmotor i testmiljö¹⁹. Den militära godkännandeprocessen behöver säkerställa att respektive luftfarkost är godkänd för inblandning av syntetiska jetbränslen enligt processen för civilt flyg, annars krävs egna kvalificeringar.

3 Det samhällsviktiga flyget

Som skrivits tidigare har vi valt att definiera det samhällsviktiga flyget som 'flyg som upprätthåller eller säkerställer samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet'. Det omfattar bland annat flyg för räddningstjänst-, sjukvårds-, polis- och försvarsändamål.

Det samhällsviktiga flyget är till stor del skattefinansierad verksamhet. Högre bränslekostnader innebär ökade anslag till de berörda flygverksamheterna och behöver bäras av samhället. Kostnaderna kan inte, som i det kommersiella flyget, överföras till en slutkonsument som har stark reslust eller önskan om snabba transporter av högvärdiga varor.

3.1 Aktörer

De statliga myndigheterna Kustbevakningen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Polismyndigheten, och Sjöfartsverket använder flygplan och/eller helikoptrar i delar av sina verksamheter för att kunna fullfölja sina uppdrag. I tillägg handlar regionerna upp ambulansflyg. Här finns flera operatörer som till exempel Svensk Luftambulans, Babcock, och Kommunförbundet svenskt ambulansflyg (KSA). Vissa verksamheter har dagliga uppdrag, till exempel Kustbevakningen, medan andra

¹⁸ Nykvist B. & Mårtensson T., 2021, Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna - Möjliga åtgärder på kort sikt, FOI-R-5201-SE

¹⁹ Nykvist B. & Mårtensson T., 2021, Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna - Möjliga åtgärder på kort sikt, FOI-R-5201-SE

verksamheter har flyguppdrag oregelbundet eller periodvis efter behov. I alla verksamheter är träning och övningsflygningar viktiga för att insatserna ska ske effektivt och säkert. Tillgång till flygbränsle är avgörande för insatserna som görs. När ett larm kommer in är det en absolut nödvändighet att tillgången på bränsle för uppdraget är säkrad.

3.2 Det samhällsviktiga flygets flottor och bränsleförbrukning

Enligt den översikt som gjorts i detta projekt kontrollerar det samhällsviktiga flyget 44 helikoptrar och 15 flygplan. Förändringar kan förstås ske till följd av ändrade behov. Försvarmaktens flygflotta är inte medräknad. En del av de flygande enheter vi räknar till det samhällsviktiga flyget ägs och opereras av myndigheterna själva, och en del är upphandlade tjänster. Upplägget kan eventuellt ha viss betydelse eftersom flygfarkosten och bränslesystem ombord är hänvisade till de bränslen de certifierats för. Äger man farkosten så har man sannolikt större möjlighet att själv styra över vilket bränsle som ska kunna användas, men med en livslängd på cirka 30 år så kan det vara svårt att ställa om till bränslen som är nya på marknaden. Handlar man upp en flygfarkost eller flygtjänst kan man eventuellt ställa krav som gör att nya bränslen snabbare kan användas inom verksamheten.

De statliga myndigheter som äger sina flygfarkoster är Polisen, Kustbevakningen, Försvarmakten och Sjöfartsverket. Polisen har nio helikoptrar som är stationerade i Stockholm, Göteborg, Malmö, Östersund och Boden. De flesta uppdragen för Polisflyget rör räddningsverksamhet eller brottsbekämpning där Polisen vill färdas snabbt, få överblick över stora områden, eller söka av områden som är svårtillgängliga från marken. Kustbevakningen har tre flygplan för sjöövervakning med hemmabas på Skavsta flygplats i Nyköping. Flygplanen ger beredskap för miljö- och sjöräddningsinsatser till sjöss. Övervakning och spaning bedrivs längs hela den svenska kusten samt över Vänern och Mälaren året om. Dessutom förekommer regelbundet internationella uppdrag. Sjöfartsverket har ansvar för att det finns räddningshelikoptrar för statlig sjö- och flygräddning. Sjöfartsverkets sju helikoptrar utgår från baser i Umeå, Norrtälje, Kristianstad, Visby och Göteborg. Förutom insatser i räddningsuppdrag krävs kontinuerlig övning för att upprätthålla kompetens och förmåga hos besättning. Försvarets flygfarkoster ingår inte i den här genomgången.

MSB:s flygverksamhet är inriktad på brandbekämpning av vegetationsbränder. MSB handlar upp tjänsten brandbekämpning och har i och med det tillgång till fyra skopande flygplan och tio helikoptrar 2023, som kan stödja räddningstjänsten med släckning från luften under skogsbrandssäsongen 1 april till 31 oktober. Flygplanen har hemmabas på Skavsta flygplats

Nyköping och helikoptrarna i Västerås²⁰. Beredskapen anpassas kontinuerligt efter brandrisken i landet. Delar av flygresurserna ingår även som en del av EU:s beredskap för skogsbrandsbekämpning.

Regionerna handlar upp ambulansflyg. Svensk Luftambulans har sex stycken helikoptrar för sjuktransporter. Babcock, som också bedriver ambulansflyg, har tolv helikoptrar och två flygplan. Regionerna äger också sex egna flygplan genom Kommunalförbundet Svenskt Ambulansflyg (KSA).

Bränsleförbrukningen i det samhällsviktiga flyget har i det här projektet uppskattats med hjälp av uppgifter från de organisationer som ingår i projektet, och Babcock som har omfattande upphandlad verksamhet med ambulansflyg. Den årliga förbrukningen uppgår totalt till cirka 9 360 kubikmeter per år. Eftersom vi saknar uppgifter från åtminstone en operatör antar vi att 10 000 kubikmeter är en rimlig siffra för allt samhällsviktigt flyg. Förbrukningen orsakar ungefär 26 000 ton CO₂/år²¹.

Försvarets bränsleförbrukning ingår inte i uppgifterna. På grund av det förändrade omvärldsläget så rapporterar Försvarmakten inte sin förbrukning längre och några aktuella offentliga uppgifter finns inte. Baserat på tidigare publicerade uppgifter är det rimligt att anta att Försvarets användning i allmänhet överstiger de andra operatörernas förbrukning²².

Inrikes flyg orsakade i genomsnitt ungefär 520 000 ton koldioxid per år mellan 2010 och 2019²³. Det samhällsviktiga flyget står alltså för ungefär fem procent av utsläppen från inrikes flyg, Försvarmaktens flyg är då undantagna. Som en jämförelse tankades flygbränsle för internationella flygningar i Sverige motsvarande cirka 2,4 miljoner ton CO₂ per år innan pandemin²⁴. Förhållandena i volym illustreras i Figur 1.

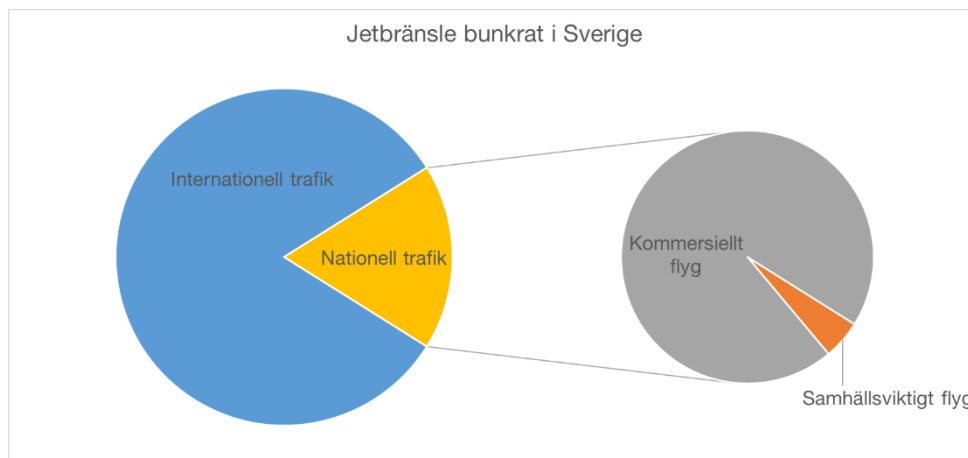
²⁰ MSB, 2022, Aktuellt, Nyheter, 31 mars 2022, <https://www.msb.se/sv/aktuellt/nyheter/2022/mars/skopande-flygplan-stalls-i-beredskap-for-skogsbrander/>

²¹ Densitet 0,8102 kg/dm³, emissionsfaktor 3,16 g CO₂/g Jet A1 (motsvarar 2,6 kg CO₂/dm³ bränsle)

²² SOU 2019:11, 2019, Biojet för flyget (tillgängligt via regeringen.se)

²³ Naturvårdsverket, 2022, Data och statistik, Klimat, Inrikes transporter, utsläpp av växthusgaser (naturvardsverket.se),

²⁴ Naturvårdsverket, 2022, Data och statistik, Klimat, Utrikes sjöfart och flyg, utsläpp av växthusgaser (naturvardsverket.se)



Figur 1. Fördelning av jetbränslets användning i olika typer av flygfart. Baserat på uppgifter om jetbränsle bunkrat i Sverige i genomsnitt 2010-2019 för internationell och nationell trafik, och uppgifter från operatörer inom det samhällsviktiga flyget de senaste fem åren.

3.3 Bränsleinfrastruktur

Den Jet A1 som finns i Sverige köps på världsmarknaden. Vanligtvis transporteras bränslet från regionen runt Antwerpen, Rotterdam, och Amsterdam med tankfartyg till terminaler i Sverige. Den största terminalen för flygbränsle finns i Gävle, men terminaler finns också i Stockholm (Berg), Göteborg, Malmö, Holmsund, Luleå, Sundsvall och Norrköping. Ofta hyrs terminalkapaciteten av oljebolagen. Från terminalerna distribueras det till så kallade bulk-kunder. Transporter på sträckan Gävle till Arlanda sker med tåg, och i övrigt används tankbilar för transport till slutkunden. Lagring sker dels i terminalerna men också i cisterner hos användarna. Cisternerna står aldrig tomma, utan fylls på när bränslevolymer i cisternen når en bestämd nivå.

Allt förnybart jetbränsle i Sverige 2022 importerades till Gävle dit det kom färdigblandat med fossilt bränsle. Närheten till Arlanda, som har de största kunderna, och möjligheten att transportera med tåg har varit viktigt för placeringen. Transporter till mindre kunder sker med bil.

Vid en snar omställning till användning av SAF-blandningar inom det samhällsviktiga flyget kan förändringar i upphandlingsförfarandet bli nödvändiga. Om ingen större förändring av var terminalerna med SAF finns kommer beställningar till stora delar av landet behöva läggas tidigare än vad man idag gör för fossilt bränsle, eftersom allt SAF-inblandat bränsle utgår från samma ort. Chaufförerna kommer få längre sträckor att köra vilket kräver framförhållning i schemaläggning. Uppskattningsvis behöver tiden utökas till 15 dagars leveranstid jämfört med de 5 dagar som gäller idag uppger en bränsleleverantör. Beställningar från enskilda aktörer fyller ofta inte heller en tankbil och upplägg med sambeställningar av SAF kan, genom

att tankbilen fylls, kan sänka transportkostnader och miljöpåverkan från transporterna.

På stora flygplatser levereras jetbränslen framförallt via hydrantsystem till flygfarkosterna. Hur vanligt detta är i Sverige har inte undersökts inom projektet. Det betyder i princip att det går ledningar under marknivån mellan en cistern med bränsle och flygplanen som står placerade vid utgångarna. SAF-inblandad Jet A1 kan användas i systemen på samma sätt som fossil Jet A1. Den SAF som används på flygplatser i dag blir i hög grad utspädd med konventionellt petroleumbränsle²⁵ och används i många olika flygplan.

I Sverige finns ett antal beredskapsflygplatser som ska vara tillgängliga för samhällsviktigt flyg dygnet runt. Det kan bland annat innebära att flygplatserna ska kunna erbjuda bränsle och eventuellt snöröjning på vintern så att flygplan kan landa. De ska också ha personal i beredskap dygnet runt för att kunna ta emot flyg som utför akuta samhällsviktiga transporter. Antalet beredskapsflygplatser varierar mellan åren beroende på omvärldsfaktorer. Trafikverket har i uppdrag av regeringen att förhandla och ingå överenskommelser med utpekade flygplatser och ingick avtal om beredskapsflygplats med 27 svenska flygplatser för år 2023. Beredskapsflygplatserna listas i Tabell 2.

Tabell 2. Svenska beredskapsflygplatser 2023²⁶.

Borlänge flygplats	Ronneby flygplats
Gällivare flygplats	Skavsta flygplats
Göteborg-Landvetter flygplats	Skellefteå flygplats
Halmstad flygplats	Stockholm Arlanda flygplats
Jönköpings flygplats	Sundsvall-Timrå flygplats
Kalmar flygplats	Trollhättan-Vänersborgs flygplats
Karlstads flygplats	Umeå flygplats
Kiruna flygplats	Visby flygplats
Kristianstad-Österlens flygplats	Västerås flygplats
Linköping-Saab flygplats	Växjö-Kronobergs flygplats
Luleå flygplats	Åre-Östersund flygplats
Lycksele flygplats	Örebro flygplats
Malmö-Sturup flygplats	Örnsköldsviks flygplats
Mora-Siljan flygplats	

Beredskapsflygplatserna spridning i landet visar på vikten av en välfungerande bränslelogistik i hela Sverige.

²⁵ US DOE (US Department of Energy), 2020, "Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways", tillgänglig från Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways Report (energy.gov)

²⁶ Regeringskansliet, 2023, Pressmeddelande Beredskapsflygplatser under 2023 ska förhandlas fram - Regeringen.se

4 Flygbränslen för det samhällsviktiga flyget

Alla jetbränslen inom flyget uppfyller väl specificerade krav. Kraven är ofta högre för flygbränslen än för till exempel marina bränslen eller bränslen för landtransporter eftersom säkerhetsriskerna är högre, och plan och motorer är dyra att ersätta²⁷. Skillnader mellan olika jetbränslen kan innebära att de följer specifikationer som ställer olika krav på till exempel fryspunkt eller flampunkt. Försvarets jetbränsle följer andra specifikationer och standarder än det civila flygbränslet. Civilt flyg i Europa använder i störst utsträckning bränsle av typen Jet A1 medan det flygbränsle som används mest inom Försvarmakten är Flygfotogen 75 som används i JAS 39²⁸.

4.1 Jetbränslenas egenskaper

Det dominerande bränslet för flyget idag är fossil fotogen, vilket är en komplex blandning av kolväten med olika egenskaper och funktionaliteter i bränslet. För att minska nettoutsläpp av växthusgaser kan det fossila bränslet ersättas med förnybart bränsle producerat från biomassa. De förnybara bränslena är också kolväteblandningar, men har en annan sammansättning än fossil fotogen. Flygbränsles sammansättning och egenskaper regleras genom standarder från ASTM (American Society for Testing and Materials), där en specifik certifiering kallad ASTM D4054 krävs för att ett alternativt bränsle ska få användas som 'drop-in' bränsle med en inblandning upp till 50 procent i fossil fotogen.

Huvuddelen av komponenterna i både fossil och förnybar fotogen är så kallade paraffiner, långa kolvätekedjor utan dubbelbindningar. Paraffinerna kan vara långa ogrenade kolkedjor (så kallade n-paraffiner), iso-paraffiner med grenade kolkedjor, eller cykliska paraffiner. I de flesta förnybara flygbränslen består mer än 98 procent av bränslet av paraffiner, ofta främst iso-paraffiner. Fossil fotogen kan bestå av cirka 75 till 85 procent paraffiner och 15 till 25 procent aromater som är cykliska kolföreningar med dubbelbindningar. De ogrenade kolkedjorna och iso-paraffinerna utgör ofta 55 till 60 procent och har låg energitäthet (MJ/L), och hög specifik energi (MJ/kg).

Egenskaperna hos de aromatiska föreningarna skiljer sig en del från paraffinerna, till exempel antänder de långsammare. Snabbast tändning ses generellt hos n-paraffinerna, något långsammare hos iso-paraffinerna, och långsammast hos aromaterna. Eftersom alla de aktuella bränslena är

²⁷ US DOE (US Department of Energy), 2020, "Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways", tillgänglig från Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways Report (energy.gov)

²⁸ Nykvist B. & Mårtensson T., 2021, Klimatneutral Försvarmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna - Möjliga åtgärder på kort sikt, FOI-R-5201-SE

blandningar av dessa typer av komponenter behöver varje bränslesammansättning undersökas med beräknings- och/eller experimentella metoder för att avgöra antändnings- och förbränningsegenskaper. Vad gäller miljöaspekterna så bidrar aromaterna till sotbildning och ger negativa miljö- och hälsoeffekter. Studier visar att inblandning av biobränslen i fossil fotogen minskar sotbildning. Positiva egenskaper hos aromaterna är att de bidrar till bättre termisk och oxidativ stabilitet. Termisk stabilitet innebär att bränslet förblir stabilt vid höga temperaturer och inte antänds förrän det är tänkt. Oxidativ stabilitet innebär att bränslet är stabilt vid lägre temperaturer, 100 till 160° C, i närvaro av syre. Helst ska bränslet vara stabilt i 3 timmar, medan det har visat sig att vissa typer av syntetiska bränslen är stabila endast cirka en timme²⁹.

För mer ingående kemiska beskrivningar av bränslet och en referensförteckning hänvisar vi till rapporten 'Biofuel Impact on Aviation - Chemical Composition of Aviation Fuels and its Impact on Combustion and Emission', som tagits fram av Lunds Universitet inom projektet²⁹.

Att de flesta icke-fossila jetbränslen innehåller låga eller obefintliga mängder aromater innebär en stor skillnad mellan dem och det fossila bränslet. Aromaterna innehåller lite energi i förhållande till massan, men mycket energi i förhållande till volymen de upptar. Ett Jet A1 bränsle ska enligt ASTM:s standard D1655 innehålla minst åtta procent aromater. En viktig anledning är att aromaterna 'smörjer' vissa packningar genom att få dem att svälla³⁰. Mest känsliga är O-ringar och tätningar av nitrilgummi som förlorar tätningsförmåga om de exponeras för bränslen som saknar aromater. Även tätningar av materialen polytioeter och polysulfit kan påverkas av bränslen med lågt aromatinnehåll³¹. Senare studier har visat att känsligheten, i fall då nitrilgummi används, beror av om tätningarna tidigare varit exponerade för bränslen med högt aromatiskt innehåll eller inte. Tätningar som aldrig exponeras för konventionella jetbränslen har i tester fungerat bra med den vanligaste typen av syntetiskt framställt bränsle utan aromater^{32,33}.

²⁹ Passad M. & Nilsson E. J. K. , 2022, 'Biofuel Impact on Aviation - Chemical Composition of Aviation Fuels and its Impact on Combustion and Emission', Fossilfritt Samhällsviktigt Flyg 2045, Lund University

³⁰ Oldani A. L., 2019, Physicochemical and Performance Study of Next Generation Alternative Jet Fuels, Dissertation Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, University of Illinois

³¹ Boeing, 2012, "Impact of Alternative Jet Fuel and Fuel Blends on Non-Metallic Materials Used in Commercial Air Fuel Systems", framtagen av the Boeing Company och University of Dayton Research Institute för "Federal Aviation Administration", DOT/FAA/AEE/2012-01

³² Bränsle framställt genom en metod med hydrering av estrar och fettsyror, så kallad HEFA

³³ US DOE (US Department of Energy), 2020, "Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways", tillgänglig från Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways Report (energy.gov)

Jetbränslets kemiska och fysikaliska egenskaper kan delas in i

- egenskaper som är viktiga för att få ut den energi man behöver under förbränningen på ett säkert och effektivt sätt och
- egenskaper som har blivit viktiga för att bränsleförsörjningssystem och motor har konstruerats med hänsyn tagen till ett petroleumbaserat bränsle.

De kallas ibland bulkegenskaper respektive spåregenskaper. Ett 'drop-in'-bränsle behöver möta krav på både bulk- och spåregenskaper. Spåregenskaperna får inte påverka syftet med bulkegenskaperna, de ska inte negativt påverka driften av flygmaskinen eller förbränningsegenskaperna. Spåregenskaperna påverkar typiskt slitning på material och komponenter. Exempel på bulk- och spåregenskaper presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Exempel på bulk- och spåregenskaper hos jetbränsle.

Bulkegenskaper	Spåregenskaper
Energiinnehåll	Smörjförmåga
Förbränningsegenskaper	Stabilitet
Destillationsområde	Korrosiva egenskaper
Densitet	Föroreningsgrad
Fluiditet	Elektrisk ledningsförmåga

Flygbränslets bulkegenskaper härleds från de kolväteklasser som utgör bränslet, alltså n-paraffiner, iso-paraffiner, cykliska paraffiner och aromater. Amerikanska energidepartementet beskriver i en rapport möjligheterna med att producera SAF-bränslen genom att fokusera på de kolväteklasser som är viktigast för bulkegenskaperna snarare än att efterlikna ett petroleumbaserat bränsle. I rapporten diskuteras att ett jetbränsle skulle kunna möta kraven på bulkegenskaper i ASTM D1655 med iso-paraffiner och cykliska paraffiner som enda komponenter. Betydelsen av aromater i bränslet tonas ner med hänvisning till den stora utblandningen av SAF med traditionellt jetbränsle i flygplatsers hydrantsystem³⁴. För det samhällsviktiga flygets bränsleinfrastruktur fungerar inte det resonemanget. I de egna tankanläggningarna är det möjligt att konsekvent använda SAF-inblandat bränsle och det är inte rimligt att förutsätta ett scenario med utblandning av fossila jetbränslen i samma utsträckning.

4.2 Certifieringsprocesser för flygbränslen

Generellt ska en flygfarkost endast använda sådana bränslen som bränslesystemet har godkänts för. Bränslesystemet omfattar tankar, bränsleförsörjningssystem och motor. Systemen är uppbyggda av en mängd olika material, metalliska och icke-metalliska, som är utvalda och utprovade efter

³⁴ US DOE (US Department of Energy), 2020, "Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways", tillgänglig från Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways Report (energy.gov)

de egenskaper som finns i ett petroleumbaserat jetbränsle. Både motor-tillverkare och tillverkare av flygplan och helikoptrar behöver därför certifiera användandet av nya bränslen. Det kan ses som två separata system som båda behöver godkännas för användning av nya bränslen.

Flygbränsle som uppfyller specifika krav på kemiska och fysikaliska egenskaper kan certifieras enligt någon av de standarder som finns. ASTM D1655 'Standard Specification for Aviation Turbine Fuels' beskriver kraven på bränslet Jet A1, som är det mest förekommande jetbränslet i Sverige och Europa i civilt flyg. ASTM D7566 beskriver tillverkningen av flygturbinbränsle som innehåller syntetiserade kolväten för användande som 'drop-in'-bränsle. Varje 'drop-in'-bränsle som produceras med nya processer behöver gå igenom flera steg med tester och analyser vilket i sin tur har standardiserade tillvägagångssätt (ASTM D4054). Det finns även ett antal andra standarder som används för försvarsändamål. De mest använda är Def Stan 91-091 som är en brittisk standard för försvarsändamål samt två ytterligare standarder för försvarsändamål, Mil-DTL-83133 och Mil-DTL-5624³⁵.

Vanligtvis tar certifieringsprocessen från tre till fem år och kostar över 5 miljoner USD, och i något fall har kostnaden rapporterats vara 10 till 15 miljoner USD³⁶. Certifieringen enligt ASTM D4054 omfattar fyra huvudsakliga steg³⁷. Originaltillverkare av flygplan och motorer (OEM³⁸) är i hög grad inblandade i tester och godkännande. I det första steget ska det nya bränslet specificeras med avseende på motorns säkerhet, prestanda och varaktighet. I det andra steget testas kemiska och fysikaliska egenskaper hos bränslet som inte nödvändigtvis ingår i specifikation men ändå har betydelse för motortillverkarna då de designar motorerna. För de konventionella bränslena är dessa egenskaper relativt lika mellan bränslena, men man har bedömt att de kan se annorlunda ut för alternativa bränslen. I steg tre testas hur bränslet påverkar komponenter i en testbädd. Vilka tester som ska genomföras i steg 3 baseras på resultaten från steg 1 och steg 2. I det fjärde steget testas man uthållighet genom motortester. Certifieringen omfattar både tillverkningsprocess och råvarorna i processerna. Standarden beskriver sedan högsta godkända inblandning av det testade bränslet i fossilt jetbränsle. Den slutliga, blandade, produkten måste i sin tur uppfylla de specificerade kraven för, till exempel, Jet A1.

³⁵ SOU 2019:11, 2019, Biojet för flyget (tillgängligt via regeringen.se)

³⁶ US DOE (US Department of Energy), 2020, "Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways", tillgänglig från Sustainable Aviation Fuel: Review of Technical Pathways Report (energy.gov)

³⁷ Se till exempel CAAFI (Commercial Aviation Alternative Fuels Initiative), 2013, ASTM D4054 Users' Guide, tillgänglig från: Microsoft Word - D4054 User's Guide V6 2.docx (caafi.org)

³⁸ På engelska "Original Equipment Manufacturers" (OEM)

Som beskrivs tidigare i detta kapitel blandas icke-fossila kvaliteter av jetbränslen med fossilt jetbränsle innan användning. Som mest tillåts en inblandning på femtio procent. Femtioprocentsgränsen gäller för bränslen som framställts genom den så kallade 'Fischer-Tropsch'-processen, hydrering av estrar och fettsyror (HEFA), och för jetframställning från alkohol (AtJ). I Tabell 4 listas de processvägar som är godkända enligt ASTM D7566 och den maximala tillåtna inblandningen för respektive bränsle. I tillägg till bränslen och processer i Tabell 4 är det också tillåtet med så kallad sam-processning av både HEFA och 'Fischer-Tropsch'-bränsle, där slutprodukten till max fem procent är från förnybart ursprung.

Tabell 4. Certifierade icke-fossila jetbränslen ³⁹.

Processväg	Kort beskrivning av processen	Råvara	Max Inblandning	År
Fischer-Tropsch (FT-SPK ⁴⁰)	Biomassa förgasas i hög temperatur. Gasblandningen separeras och syngas (vätgas och kolmonoxid) produceras och konverteras till långa kolkedjor/vax med hjälp av katalysator. Vaxet sönderdelas till flytande paraffiner.	Biomassa / Syngas	50 %	2009
Hydrering av estrar och fettsyror (HEFA-SPK)	Naturliga oljor behandlas med vätgas för att avlägsna syre och andra molekyler från dem. Kvarvarande kolväten sönderdelas och behandlas för att bilda flytande paraffiner.	Fetter och oljor	50 %	2011
Syntetiska iso-paraffiner (SIP)	Sockret får jäsa och bildar en C15-molekyl som heter farnesen. Farnesen omvandlas i sin tur till en paraffin som kan användas som drop-in.	Socket	10 %	2014
Fisher Tropsch med tillsatta aromater (SPK/A)	I tillägg till processen för FT-SPK läggs här också till en alkylering av aromater, främst bensen.	Biomassa	50 %	2015
Alcohol-to-Jet (AtJ)	Etanol och butanol dehydreras och processas för att skapa kolväten som kan blandas i jetbränsle.	Biomassa för produktion av isobutanol och etanol	50 %	2016/2018
Catalytic Hydrothermolysis Synthesized Kerosene (CH-SK, or CHJ)	Hydrotermisk omvandling av fettsyraestrar och fettsyror tillsammans med konventionell raffinaderiprocess och fraktionering som slutligt processsteg.	Fetter och oljor (Fettsyror och fettsyreestrar)	50 %	2020
Hydrering av estrar och fettsyror (HC-HEFA SPK)	Som HEFA-SPK men från annan råvara	Olja som innehåller en hög andel omättade kolväten som kallas botryococcenes och som produceras av en alg	10 %	2020

4.3 Hållbarhet

I det här projektet har vi främst fokuserat på utsläpp av växthusgaser som hållbarhetsaspekt. Vi har inte inkluderat några analyser som tar hänsyn till uttag av bioråvaror för bränsleproduktion och biodiversitet i skogsbruket.

³⁹ Rumizen Mark, 2022, Certification of Drop-in Alternative Fuels for Aviation, Federal Aviation Administration; SOU 2019:11, 2019, Biojet för flyget; och IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717

⁴⁰ (SPK = Synthetic Paraffinic Kerosene/Syntetiskt paraffiniskt fotogen)

Inte heller den sociala dimensionen av begreppet hållbarhet ingår i vårt arbete.

Det pågår en politisk diskussion om bioråvara för bränsletillverkning. I september 2022 hölls en omröstning i Europaparlamentet där man röstade för att primär skogsråvara fortsatt ska kunna räknas som förnybar och erhålla stöd. Uttaget föreslogs begränsas med ett tak för hur stor andel av ett lands totala förnybara energi som får komma från primära källor. Gränsvärdet ska motsvara ett genomsnittsvärde för den andel av den förnybara energin som utgjordes av primära källor 2017-2022. Taket kommer sedan sänkas med tiden. Nu sker förhandlingar enligt 'normalt' EU-förfarande genom trepartsförhandlingar mellan Parlamentet, Rådet och Kommissionen. En slutlig kompromiss förväntas under första halvåret 2023⁴¹.

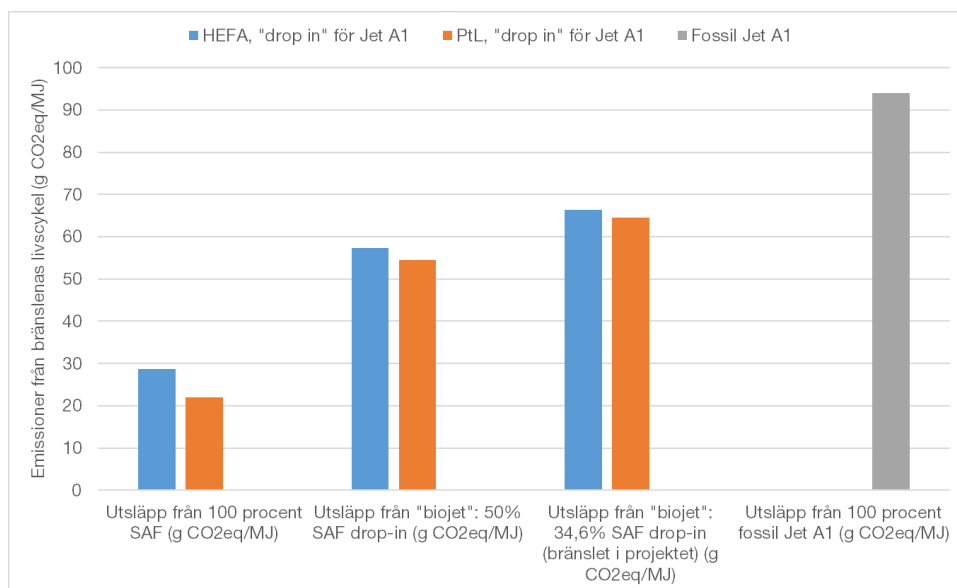
Analysen av SAF ur ett livscykelperspektiv⁴² visar att en inhemsk produktion kan göra stor skillnad på de totala växthusgasutsläppen förknippade med bränslet. Transporterna står för en stor del av de utsläpp som brukar betecknas som uppströms utsläpp, och som omfattar utsläpp under produktion och transport.

Två produktionssätt analyseras i IVL:s rapport: HEFA och 'Power-to-Liquid' (PtL) via en 'Fischer Tropsch'-process, och jämförs med produktion av fossilt jetbränsle. PtL får något bättre resultat än HEFA, främst beroende av att råvaran tas från svenska skogsrester och produktionen sker i Sverige med svensk el. Att producera flytande bränsle från CO₂ och vätgas kräver ett elektrolyssteg och är mycket energikrävande.

Både HEFA och PtL har betydligt lägre utsläpp av växthusgaser under sin livscykel än fossilt jetbränsle. Det bränsle som användes i det här projektet var ett HEFA-bränsle, och hade 29,5 procent lägre utsläpp under en livscykel jämfört med fossilt jetbränsle. I Figur 2 presenteras utsläppen från de alternativ som analyserades i den här studien. Försörjningskedjan för HEFA omfattar insamling och behandling av matavfall i Kina, transport av avfallet från Kina till Belgien där slutprodukten produceras innan den når Sverige för distribution och användning. Den PtL som analyseras antas ha hela försörjningskedjan i Sverige.

⁴¹ European Parliament, 2022, Legislative Observatory, Renewable Energy Directive, access via: <https://oeil.secure.europarl.europa.eu/oeil/popups/summary.do?id=1716331&t=e&l=en>

⁴² IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717



Figur 2. Emissioner av CO₂-ekvivalenter ut ett livscykelperspektiv för HEFA, PtL och fossil Jet A1 i g/MJ bränsle. Drop-in i 34,6 %, 50 %, respektive 100% SAF och Fossilt bränsle redovisas.

4.4 Tillgänglighet och tänkbara framtida volymer

I IVL:s rapport uppskattas den inhemska teoretiska produktionspotentialen i Sverige med hänsyn till tillgång på råvaror och ekologiska begränsningar. Resultatet visar en teoretisk potential inom spannet 66 och 86 TWh år 2045. En genomgång av olika produktionssätt och hur mycket råvaror som finns tillgängligt visar att råvarorna i princip finns i ett överflöd om rester från skogsbruket görs tillgängligt som förnybar råvara i de EU-gemensamma bestämmelserna. För att utnyttja den här teoretiska potentialen i praktiken krävs att många andra förutsättningar finns tillgängliga. Det kan handla om geografiska avstånd som försvårar logistiken eller ekonomiska möjligheter att starta produktion på lämpliga platser. Eftersom energiråvaror har stor efterfrågan så minskar sannolikheten att den teoretiska potentialen uppfylls och det är troligt att råvarorna används till fler produkter än flygbränsle. För mer detaljerad beskrivning av produktionspotentialen hänvisar vi till IVL:s rapport⁴³.

I ytterligare en studie i IVL:s rapport uppskattas tänkbara framtida volymer av jetbränsle från förnybara källor baserat på planerade produktionsanläggningar⁴⁴. Anläggningar för flera olika produktionsvägar planeras, och de största volymerna kan förväntas komma från processer för HEFA och AtJ (Alcohol-to-Jet). Produktionskostnaderna för HEFA och AtJ är lägre än

⁴³ IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717

⁴⁴ IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717

för andra förnybara jetbränslen, en situation som förväntas kunna ändras i och med att teknikutvecklingen pågår för flera olika produktionsvägar⁴⁵. IVL:s studie har i första hand ett svenskt perspektiv, men tittar också i viss mån på möjligheten att importera Jet A1 med förnybart ursprung, och förväntad produktionskapacitet i Europa och globalt. Den övergripande slutsatsen kring svensk produktion och efterfrågan är att den planerade kapaciteten överstiger behovet idag, och det förväntade behovet 2045. Rapporten beskriver en planerad total inhemsk produktion om cirka 7 TWh per år, redan inom de närmsta åren. Enbart den planerade produktionen av HEFA har en kapacitet som överstiger behovet. Den förväntade framtida efterfrågan från inrikesflygsektorn förväntas vara cirka 5 TWh 2045. Eftersom marknaden är global finns det förstås inget som säger att svenskproducerat bränsle ska säljas och användas inom landet. Eftersom HEFA samproduceras med HVO⁴⁶ och produktionen till viss del går att styra, kan volymen av HEFA variera.

Vilka bränslen som får stort genomslag på marknaden är mycket beroende av pris. IVL:s rapport redogör för förväntade priser på olika typer av icke-fossila bränslen. Exempelen är uträknade från litteraturvärden och antaganden om importkostnader. Generellt följer de icke-fossila jetbränslena konventionella jetbränslets prisutveckling, och det är svårt att säga något om absoluta värden. I IVL:s rapport beskrivs ett scenario där priset på konventionellt bränsle fortsätter öka men priserna på alternativa bränslen är konstanta på en relativt låg nivå. Jetbränsle från alkohol (AtJ) antas bli det mest fördelaktiga alternativet av samtliga jetbränslen så snart det tekniken är mer mogen⁴³. Det förväntas ske relativt snart. I IVL:s rapport anges ett lägsta pris för AtJ på 6,8 kr/liter vilket är lågt jämfört med andra uppskattningar. I utredningen 'Biojet för flyget' anges till exempel att den lägsta produktionskostnaden är omkring 8–10 kronor per liter men att kostnaden varierar mycket mellan olika tekniker och råvaror⁴⁷. EU-kommissionen har beräknat att produktionskostnaden för AtJ och övriga lovande bränslen, förutom HEFA, är minst tre gånger högre än för fossil flygfotogen⁴⁸. Produktionskostnaden för HEFA är i dag är cirka två gånger högre än den för fossilt jetbränsle. De stora kostnaderna för produktion av biojetbränsle är råvarukostnad och investeringskostnad för anläggningen.

Över tid förväntas produktionskostnader för de olika teknikerna kunna minska. Undantaget är möjligen HEFA som redan är en teknik med hög mognadsgrad^{Fel! Bokmärket är inte definierat.}, vilket innebär en mer förutsägbar och

⁴⁵ SOU 2022:15, 2022, Sveriges globala klimatavtryck - Delbetänkande av Miljömålsberedningen (tillgänglig via Regeringen.se)

⁴⁶ Hydrogenated Vegetable Oil (HVO) är ett bränsle som används i dieselmotorer som 'drop-in'-bränsle eller som HVO100

⁴⁷ SOU 2019:11, 2019, Biojet för flyget (tillgänglig via regeringen.se)

⁴⁸ SOU 2022:15, 2022, Sveriges globala klimatavtryck - Delbetänkande av Miljömålsberedningen (tillgänglig via Regeringen.se)

jämn kostnad framöver. I Miljömålsberedningens delbetänkande om Sveriges globala klimatavtryck beskrivs att produktionskostnaden för fossilfritt flygbränsle förväntas sjunka i förhållande till fossilt flygfotogen och i framtiden hamna på en nivå som är två till fyra gånger högre. Däremot kommer marknadspriset för fossil flygfotogen öka när EU-kommissionens förslag i 'Fit For 55' inklusive kvotplikt är färdigförhandlat och införs.

I den här rapporten håller vi fokus på syntetiska jetbränslen från förnybara källor. Det finns andra alternativ som beforskas och utvecklas⁴⁹. Elektrobränslena kan bli tekniskt möjliga att använda som alternativa flygbränslen men är ungefär 6 till 9 gånger dyrare än fossil flygfotogen att tillverka. Liksom för biobaserade bränslen förväntas kostnaden minska även för dessa elektrobränslen i takt med att tekniken mognar⁵⁰. Alternativ som el och vätgas har låg energitäthet och det behövs innovationer och utveckling för att få dem tillämpbara för till exempel helikoptrar. Vätgas kan på längre sikt vara aktuellt för civilt flyg på korta och medellånga distanser men det innebär en radikalt annorlunda design av flygplan då bränslets låga energidensitet per volymenhet gör att bränsletankarna behöver vara fyra gånger större för samma räckvidd⁵¹.

4.5 Flygbränslen – en del av försörjningsberedskapen

Samtliga delar av det samhällsviktiga flyget ingår i det svenska totalförsvaret. Vid politiska oroligheter och internationella konflikter kan bränsleförsörjningen påverkas. I USA har regeringen gett mandat till olika militära grenar att säkra tillgång på energi vilket har lett till att det amerikanska försvarsdepartementet har vidtagit åtgärder för att snabba på utvecklingen av alternativa bränslen från inhemska råvaror⁵². Tanken är att med många olika leverantörer av bränsle kan man skyddas mot potentiella avbrott i bränsleförsörjningen och kraftiga svängningar i priset⁵³. I en doktorsavhandling om alternativa jetbränslen från 'University of Illinois' står det att enligt mandatet ska Försvarsdepartementets flytande bränslen delvis komma från bio-baserade källor för att energiberoendet ska bli mer oberoende av utlandet och för att förenkla logistikkedjorna inom USA⁵².

⁴⁹ IVL, 2022, Fossil-free Airborne Search and Rescue Services - A pilot study, Trinh J., Nojpanya P., Hernández Leal M., Fagerström A. & Särnbratt M., IVL rapport C717

⁵⁰ SOU 2022:15, 2022, Sveriges globala klimatavtryck - Delbetänkande av Miljömålsberedningen (tillgänglig via Regeringen.se)

⁵¹ Nykvist B. & Mårtensson T., 2021, Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna - Möjliga åtgärder på kort sikt, FOI-R-5201-SE

⁵² Oldani A. L., 2019, Physicochemical and Performance Study of Next Generation Alternative Jet Fuels, Dissertation Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, University of Illinois

⁵³ Department of Defense, 2013, Fiscal Year 2012 Operational Energy Annual Report

I Sverige har ett resonemang om biobränslets roll ur försörjningsperspektiv förts av Totalförsvarets forskningsinstitut FOI⁵⁴. De anger vissa förbehåll kring att en övergång från ett internationellt välfungerande system till en inhemsk produktion inte nödvändigtvis ger ett mer robust system. Det finns ingen inhemsk försörjningskedja för SAF idag. Bland annat påpekar de i rapporten att lagstiftningen som rör lagring av bränslen utgår från fossila bränslen, vilket kan innebära en minskad bränslelagring i Sverige om inte lagarna ändras. Lagarna baseras på internationellt överenskommelser om lagervolymer.

Också i utredningen 'Biojet för flyget' tas frågan om inhemsk produktion upp. Ett förslag ges att Försvarmakten och Försvarets materielverk får i uppdrag att utreda förutsättningarna för inhemsk produktion och användning av biojetbränsle för Försvarmaktens ändamål. Utredningen påpekar att det finns säkerhetspolitiska skäl att analysera hur Försvarmaktens behov kan täckas av svensk produktion. I ett resonemang om styrmedel som kan åstadkomma produktion av biodrivmedel i Sverige nämns investerings- eller driftsstöd till anläggningar som mer säkert än reduktionsplikt. Nackdelen med produktionsstöd är att det i allmänhet inte går att säkerställa att de biodrivmedel som produceras i Sverige också används i Sverige

5 Utvärdering av flygningar med biojet i Sjöfartsverkets helikopter 2022

Under våren 2022 har Sjöfartsverket upphandlat biojet för flygningar och utvärderingar av påverkan på teknik, drift och leveranser. AirBP har levererat bränslet till helikopterbaserna i Kristianstad och Umeå. Inblandningen av SAF i det levererade bränslet har varit cirka 35 procent. På båda baserna tömdes och rengjordes cisternerna från fossilt bränsle innan de fylldes på av den bioinblandade produkten. Bränslet som använts är certifierat JetA1 med bioinblandning och har inte förväntats ge någon negativ effekt jämfört med fossil Jet A1.

5.1 Bränsleanalyser

I både Kristianstad och Umeå har den biojet som använts analyserats före och efter en period på 6 månader. Biojetproverna som analyserats förvarades utomhus i metallbehållare om fem liter. Jämförande tester gjordes också på ett referensbränsle som var fossilt. Testerna kan ge en indikation på om bränslets kemiska och fysikaliska egenskaper påverkas av lagring i olika regioner i Sverige.

⁵⁴ Totalförsvarets forskningsinstitut, 2019, Beredskapslagring – en kunskapsöversikt om beredskapslagring som ett verktyg för ökad försörjningsberedskap i Sverige, FOI-R-4644-SE av Stenérus Dover A-S., Odell A., Larsson P och Lindgren J.

Proverna skickades för analys andra veckan i maj respektive andra veckan i november 2022. Analyserna har genomförts av J D Cisternkontroll AB, och analysrapporten i sin helhet finns i Bilaga 2 till denna rapport.

I samtliga bränsleanalyser av biojet låg värdena för parametern ”MSEP” under gränsvärdet som ASTM anger. MSEP ger ett mått på hur lätt vatten fälls ut från bränslet, vilket kan påvisa om det finns tensider i bränslet. Ett MSEP-värde under gränsvärdet innebär att den lilla vattenmängd som finns i bränslet inte faller ut lika snabbt som när värdet är över gränsvärdet. Det är positivt om utfällningen sker snabbt så att vatten kan dräneras ur tankarna. Vi har inte kunnat bedöma om de uppmätta värdena kan förväntas ge några märkbara effekter på bränslet. Riskerna för någon operationell påverkan undviks genom de kontinuerliga bränsleanalyser som görs, och som identifierar eventuellt vatten i bränslet. Det finns också dagliga rutiner för att dränera eventuellt vatten från bränslet i tankanläggningen.

5.1.1 Testresultat maj 2022

Testresultaten från maj 2022 var inom rekommenderat område för Jet A1 enligt standardkraven i ASTM specifikation D1655 eller DEF STAN 91-091 med undantag för värdet på MSEP på båda biojet-proverna. Avvikelseerna var 11 enheter under gränsvärdet i provet från Kristianstad och 8 enheter under gränsvärdet i provet från Umeå. I övrigt sågs vissa mindre skillnader mellan analyserna som beställts inom projektet och de analysresultat som levererats som ‘Certificate of Analysis’ för samma bränsle. Avvikelseerna bedöms vara inom felmarginalen för testerna.

5.1.2 Testresultat på hösten 2022

Resultatet från analyserna som gjordes i november hade precis som proverna på våren avvikelser i MSEP-värdet. Provet från Kristianstad visade 30 enheter lägre än rekommenderat minimivärde och provet från Umeå 3 enheter lägre. Förändringarna under de sex månaderna innebar alltså en större avvikelse från det gränsvärdet i ett fall, och mindre avvikelse i ett annat fall. Skillnader mot analysresultaten i ‘Certificate of Analysis’ förekom, men samtliga värden förutom MSEP låg inom rekommenderade områden.

5.2 Påverkan på daglig operation och leveranser

Påverkan på den dagliga driften utvärderades genom frågor till besättningsmedlemmar på de helikoptrar som flugit med biojet i juli 2022. Besättningen upplever att användningen av biojet har fungerat bra och de har inte märkt någon skillnad på att använda biojet i jämförelse med fossil Jet A1. Den flygoperativa verksamheten har fungerat precis som vanligt och ingen påverkan på operationen har noterats av användningen av biojet som flygbränsle.

Bränslet har levererats var 14:e dag och leveranserna har fungerat och inga avvikelser i leveranskedjan har noterats. Leverantören av biojet har i dagsläget svårt att leverera bränslet oftare än två gånger per månad. Detta är något som behöver tas i beaktning för framtiden om behov av mer frekventa leveranser av bränslet skulle behövas.⁵⁵

5.3 Påverkan på tekniska system

Påverkan på den tekniska system utvärderades under kontinuerliga kvalitetskontroller av teknisk personal. Ingen teknisk påverkan är noterad av användningen av biojet och det finns inga tecken på att kvaliteten skulle vara annorlunda vid biojet-användning jämfört med det konventionella bränslet. Kvalitetskontrollerna som genomförts på bränslet och tankanläggningen har inte påvisat någon skillnad eller avvikelse och kontrollerna har kunnat genomföras på samma sätt som för fossilt flygbränsle.

Besättningen noterade att färgen på det biojetbränsle som använts var avsevärt mycket gulare än den fossila Jet A1 som vanligen används. Det här uppmärksammades i samband med den dagliga dräneringen.

6 Emissioner bioinblandad Jet A1

Flygplan och helikoptrars utsläpp av koldioxid (CO₂) bidrar till den globala uppvärmningen. Flygplan på hög höjd orsakar också kondensspår, som består av vatten i form av iskristaller. Kondensspåren påverkar molnbildningen i jordens atmosfär och har därigenom ytterligare klimatpåverkan⁵⁶. På mer lokal nivå ger förbränningen av jetbränsle miljö- och hälsoskadliga utsläpp av föroreningar som kolmonoxid (CO), kväveoxider (NO_x) och sot⁵⁷.

För att jämföra emissioner från de bränslen som ingått i projektet har emissionsmätningar genomförts på en av Sjöfartsverkets helikoptrar. Helikoptern är av typen Leonardo AW139, och drivs av två PW Canada PT6C-67C turbinmotorer. Emissioner från förbränning av en biojet med cirka 35 procent SAF har jämförts med värden från en referensmätning i samma motor med fossil Jet A1. Mätningar gjordes både vid tomgång och vid full belastning. Parallellt har numeriska simuleringar gjorts av förbränning av samma bränslen i en datormodell av förbränningskammaren. Resultaten från mätningarna och de numeriska simuleringarna kompletterar varandra och ger en ömsesidig validering av de använda teknikerna. Simuleringarna gjordes endast för lastfallet 'full belastning' på grund av att uppgifter om viktiga parametrar för tomgångsfallet saknades.

⁵⁵ Frågor ställda till: Gustaf Lannek, Baschef Kristianstad samt tjänstgörande besättning.

⁵⁶ Kärcher B.; 1999, "Aviation Produced Aerosols and Contrails", *Surveys in Geophysics*, **20**, p 113

⁵⁷ Harrison R.M., Maisol M. & Vardoulakis S.; 2015, "Civil Aviation, Air Pollution and Human Health", *Environ. Res. Lett.*, **10**, p 041001

6.1 Resultat från mätningar

Mätningarna på det bioinblandade jetbränslet genomfördes i september och mätningar på fossil Jet A1 genomfördes i november. Båda bränslena levererades av Air BP.

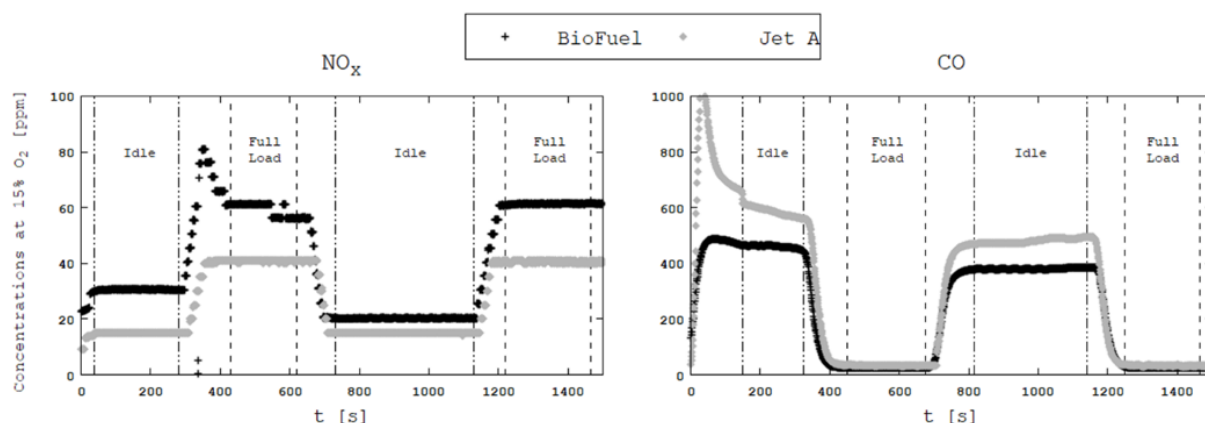
Under mätningarna monterades en emissionssond vid utloppet av helikopterns avgasrör och mätningarna utfördes dels vid tomgångskörning och dels vid full belastning på motorn. Mätningarna vid respektive lastfall upprepades två gånger för att säkerställa att resultaten var reproducerbara. Mätningarna vid varje enskilt driftläge varade under minst 250 s, med en provtagningshastighet på 1 Hz. Trenderna för utsläppskoncentrationen övervakades tills de var stabila, vilket minimerade de experimentella osäkerheterna.

Innan analys filtrerades gaserna i ett beredningssystem (M&C PSP 4000) med ett keramiskt filter och ett sondrör med en innerdiameter på 4 mm. Koncentrationer av emissionerna analyserades med följande instrumentering:

- CO: Fuji Electric 3-komponent ZKJ-system
- NO_x: Alfakomp Eco Physics CLD 822 M hr-system

Noggrannheten i mätningarna var 1 ppm för både NO_x och CO. När de uppmätta koncentrationerna var stabila, pågick mätningarna i minst 150 sekunder vid varje drifttillstånd för få tillräckligt med data för att säkerställa emissionsnivån.

I Figur 3 presenteras emissionsnivåerna av CO och NO_x för de två bränslena vid tomgång och full last på motorn. I Tabell 5 presenteras medelvärden från mätningarna.



Figur 3. Emissioner av NO_x och CO vid olika belastning på motorn. Förbränning av en Jet A1 med drop-in med cirka 35 procent SAF ('Biofuel' i figuren) och en fossil Jet A1 ('Jet A' i figuren).

Tabell 5. Koncentrationen av emissioner av NO_x och CO vid olika belastning på motorn (medelvärden). Förbränning av en Jet A1 med drop-in med cirka 35 procent SAF ('Biofuel' i tabellen) och en fossil Jet A1 ('Jet A' i tabellen).

	Jet A		BioFuel	
	Idle	Full Load	Idle	Full Load
CO [ppm] - 1	571.82 ±9.26	33.34 ±0.78	461.84 ±8.15	20.30 ±1.58
CO [ppm] - 2	489.06 ±4.03	33.05 ±0.96	380.90 ±0.56	25.89 ±2.36
NO _x [ppm] - 1	17.46 ±4.29	40.88 ±1.11	30.536 ±4.02	57.66 ±0.56
NO _x [ppm] - 2	16.26 ±2.63	40.72 ±2.87	20.267 ±0.26	61.34 ±1.21

Den allmänna trenden från emissionsmätningarna är att CO-utsläppen minskar och NO_x-utsläppen ökar från tomgång till full last, medan CO₂-utsläppen är i stort sett konstanta. Det bioinblandade bränslet ger lägre CO-utsläpp, särskilt vid full last, men högre CO₂- och NO_x-utsläpp både vid tomgång och full last.

För mer ingående beskrivningar av emissionsmätningarna hänvisar vi till LTH:s rapport 'Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine'⁵⁸.

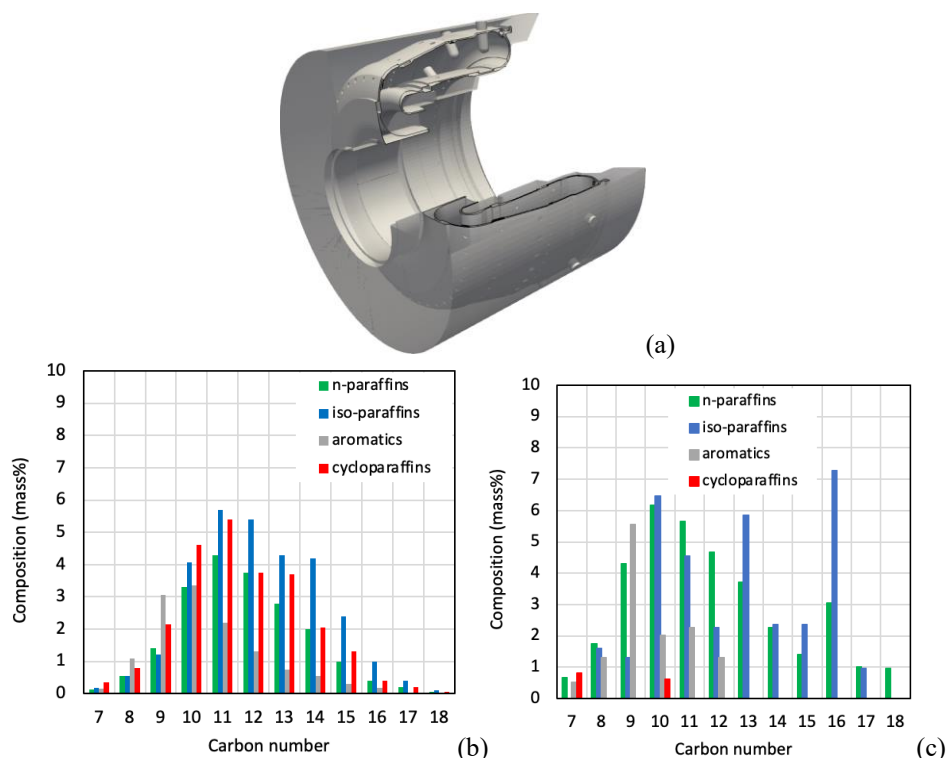
6.2 Resultat från simuleringar

I de numeriska simuleringarna skapades en modell av brännkammaren i en PW Canada PT6C-67C-turboaxelmotor⁵⁹ som driver Sjöfartsverkets helikoptrar. Med hjälp av en beräkningsteknik som kallas 'Large Eddy Simulations' (LES) genererades ett rum-tidsdiagram över hur flöden, temperaturer, tryck, och kemiska föreningar fördelades i motorn. Resultaten för CO, CO₂ och NO_x plockades ut ur modellen och jämfördes med resultaten från mätningarna.

Modellen som utvecklats i projektet baseras på öppna litteraturkällor. Geometrin i förbränningskammaren motsvarar en tidigare version av motorn PT6C-67C, med liknande dimensioner och sprutmunstycken. Den övergripande funktionaliteten är lika mellan de två versionerna av motorn, men en skillnad är att den tidigare modellen, som använts här, arbetar vid ett lägre tryck, vilket resulterar i högre emissioner jämfört med den testade motorn. Motormodellen visas i Figur 4(a).

⁵⁸ Pignatelli F., Subash A., Åkerblom A., Richter M., Nilsson E. & Fureby C., 2023, Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine, Lund University

⁵⁹ Echekki T. & Mastorakos E.; 2011 (Eds.), "Turbulent Combustion Modeling", Fluid Mechanics and its Applications, 95, Springer Science+Business Media



Figur 4. (a) Modell av geometrin i förbränningskammaren i PT6C-67C, (b) kemisk sammansättning av Jet A1, (c) kemisk sammansättning av den biojet som använts i projektet (Jet A1 med cirka 35 procent SAF som drop-in)

Med hjälp av öppna källor uppskattas också förhållandena i motorn vid full last. Simuleringar har gjorts för de bränslen som också testades i emissionsmätningarna, en fossil Jet A1 och en Jet A1 med 35 procent inblandning av SAF. Båda bränslena har analyserats med avseende på innehåll av n-paraffiner, iso-paraffiner, cykliska paraffiner och aromater. Sammansättning avgör vilken reaktionsmekanism som används i de numeriska simuleringarna för att beskriva omvandlingen av bränslet till förbränningsprodukter. Förbränningsprodukterna domineras av vattenånga (H_2O) och CO_2 . Det fossila Jet A1-bränslet har en sammansättning som väl liknar specifikationerna för genomsnittlig Jet A1, Figur 4 (b). Det gör att en redan beskriven mekanism från Stanford University för Jet A1, som använts i liknande simuleringar, kan användas⁶⁰. När det gäller det bioinblandade bränslet, Figur 4c, så skiljer den sig från Jet A1. Bränslet har en betydligt lägre halt av cykliska paraffiner, liknande halter iso- och n-paraffiner, och lägre aromathalt än Jet A1. Även för det bioinblandade bränslet kunde redan framtagna reaktionsmekanismer från Stanford University användas i

⁶⁰ Wang K., Xu R., Parise T., Shao J., Movaghar A., Lee D.J., Park J.-W., Gao Y., Lu T., Egolfopoulos F.N., Davidson D.F., Hanson R.K., Bowman C.T. & Wang H.; 2018, "A Physics-based Approach to Modeling Real-Fuel Combustion Chemistry - IV. HyChem Modeling of Combustion Kinetics of a Bio-derived Jet Fuel and its Blends with a Conventional Jet A", Comb. Flame, **198**, p 477.

simuleringarna⁶¹. Liknande reaktionsmekanismer utvecklas inom kompetenscentrumet CESTAP⁶².

Figur 5 (a) visar en momentan bild av temperaturen i brännkammaren från de numeriska simuleringarna av det bioinblandade bränslet och Figur 5 (b) visar fördelning av bränslesprayen (rosa droppar), det förångade bränslet (grönt), hydroxyl (OH, representerar där förbränning sker), CO (ljusblå) och CO₂ (grå). Det flytande bränslet sprutas in i brännaren och förångas snabbt på grund av de höga temperaturerna i de uppströms delarna av brännaren. Det förångade bränslet dras ner i ett område med halvsfärisk utformning. Där blandas ångorna med luft som tas in i samma område, och med varma förbränningsprodukter, varefter de antänds. Vid förbränningen drivs de heta gaserna nedströms, där de möts av kall luft som injiceras som en 'ridå' för att stoppa utsläpp av ofullständiga förbränningsprodukter. Denna stegvisa förbränning kallas ofta 'Rich-Burn', 'Quick-Mix' och 'Lean-Burn', och är gynnsam för att hålla NO_x-utsläpp på en låg nivå.

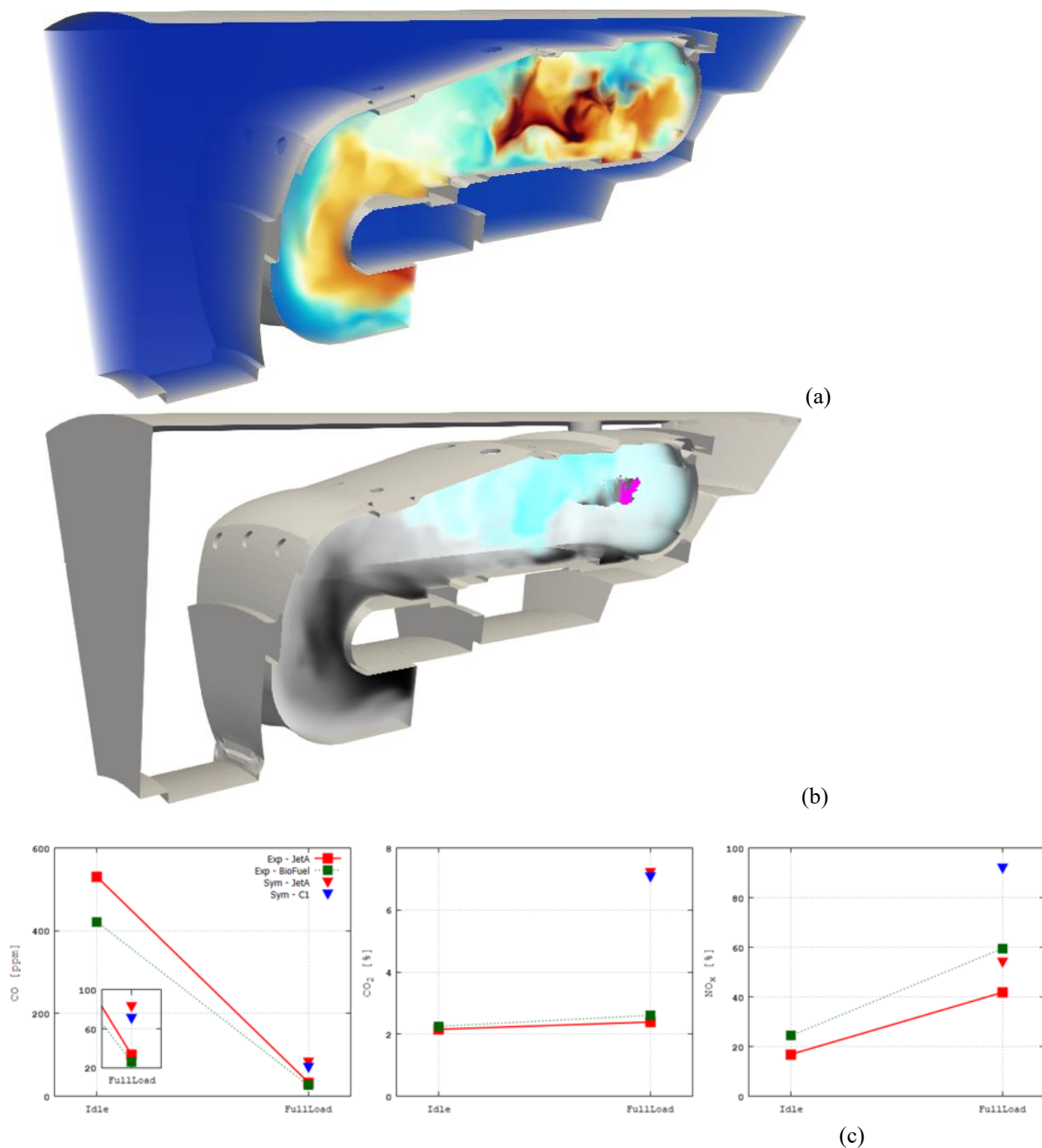
I Figur 5 (c) jämförs halter av CO-, CO₂-, och NO_x från mätstudien vid tomgång och full belastning, samt resultaten från både mätningar och simuleringar vid full belastning. De numeriska simuleringarna verifierar de trender som kunde utläsas från mätresultaten, med högre NO_x-halter från förbränning av bioinblandat bränsle än från fossil bränsle, och en omvänd situation för CO-halter. Simuleringarna visar också genomgående högre värden av CO, CO₂ och NO_x än emissionsmätningarna, vilket kan förklaras av att en modell av en äldre motor användes i de numeriska simuleringarna. De numeriska simuleringarna visar också att det bioinblandade bränslet resulterar i lägre mängder sotprekursorer än fossil Jet A1.

För mer ingående beskrivningar av simuleringsstudien hänvisar vi till LTH:s rapport 'Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine'⁶³.

⁶¹ <https://web.stanford.edu/group/haiwanglab/HyChem/>

⁶² <https://cestap.se>

⁶³ Pignatelli F., Subash A., Åkerblom A., Richter M., Nilsson E. & Fureby C., 2023, Experiments and Numerical Simulations of Fossil Jet Fuel and SAF Combustion in a Helicopter Engine, Lund University



Figur 5. (a) Ögonblicksbild av temperaturen (varma färger) i förbränningskammaren från numeriska simuleringar av det bioinblandade bränslet vid full last (b) fördelning av bränslespray (rosa), förångat bränsle (grön), OH (magenta), CO (ljusblå), och CO₂ (grå/svart), och (c) emissioner från mätningar och numeriska simuleringar vid tomgång och full last på motorn.

7 Diskussion och slutsatser

Det samhällsviktiga flygets klimatomställning kan påbörjas och verksamheterna skulle snabbt kunna minska koldioxidutsläppen genom att använda SAF.

I de flygningar som genomförts på SAF-inblandat bränsle märktes ingen teknisk påverkan och besättningen upplevde inga förändringar jämfört med drift på konventionellt fossilt jetbränsle. Som förväntat innebär alltså bränslebytet inga tekniska utmaningar för driften så länge certifieringen är entydig och följs.

Bränsleanalyserna som gjordes före och efter en sexmånadersperiod är inget robust underlag för att dra slutsatser, men ger en indikation på om fortsatt uppföljning av vissa parametrar kan vara viktigt. Det enda värdet som avvek från de rekommenderade värdena var parametern MSEP, som låg under gränsvärdet i samtliga bränsleprover som togs på biojet. Värdena avvek visserligen redan vid utsättningen av bränslebehållarna, men i ett fall försämrades värdet över tid. Det visar att det fortsatt är viktigt med de kontroller av bränsle som kontinuerligt genomförs på våra baser. Det visar också, mer specifikt, på vikten av de tester som identifierar eventuellt vatten i bränslet liksom de dagliga rutinerna för dränering av tankar. Rutiner för att kontinuerligt genomföra dessa tester finns och följs där jetbränsle används i vår verksamhet.

Infrastrukturen kommer kunna användas också med SAF som bränsle. Även i en framtid med 100 procent förnybart bränsle förutsätts eventuella förändringar ske simultant i samtliga system som är i kontakt med bränslet, och varken lagring eller transporter bör bromsa upp omställningen.

7.1 Utsläpp och miljöpåverkan

Utsläpp med klimatpåverkan minskar ur ett livscykelperspektiv vid användning av en Jet A1 med biobränsleinblandning, jämfört med en fossil produkt. Emissioner med lokal miljö- och hälsopåverkan förändras i både positiv och negativ riktning.

Utsläppen av växthusgaser beräknades minska med cirka 30 procent över livscykeln vid en inblandning av 35 procent HEFA i fossil Jet A1. Emissionsmätningar och numeriska simuleringar visar att det bioinblandade jetbränslet också ger lägre utsläpp av kolmonoxid och sotbildande föroreningar än fossil Jet A1. En högst trolig förklaring är det relativt låga innehållet av cykliska paraffiner och aromater i biojet jämfört med fossil Jet A1. Lägre halter av sot och kolmonoxid är positivt för den lokala luftmiljön. Däremot verkar NO_x-halterna öka något vid förbränning av biojet, vilket är negativt ur lokal miljösynpunkt.

7.2 Tillgång och efterfrågan på bränsle

För att ställa om till fossilfri drift behöver det skattefinansierade flyget få tydliga instruktioner och planer för omställningen. Myndigheterna saknar idag ekonomiska förutsättningar för att påbörja omställningen.

Det finns stora mängder bioråvara som kan användas för att producera jetbränsle i Sverige. Den teoretiska produktionspotentialen är tillräcklig för att försörja både det samhällsviktiga flyget och kommersiellt inrikesflyg med fossilfritt flygbränsle, förutsatt att det finns vilja att betala och möjlighet att konkurrera med andra sektorer om råvaror. I nuläget är det stor efterfrågan på SAF i det kommersiella flyget. Bidraget från det samhällsviktiga flyget skulle kunna vara en stabil efterfrågan på en jämn volym SAF i Sverige. Det här kan också ses som den enda möjligheten att visa att det offentliga går för i dagsläget.

Priset på det SAF-inblandade bränslet som användes i det här projektet var 1,9 gånger dyrare än fossil Jet A1 i december 2021. Om det samhällsviktiga flyget (Försvarmaktens flyg undantaget) uteslutande skulle ha använt samma SAF-inblandade bränsle för all flygning hade det alltså kunnat innebära en årlig merkostnad för bränsle på cirka 120 miljoner kronor. Livscykelutsläppen av fossil koldioxid minskade med 30 procent med bränslet vi använde i projektet, jämfört med fossil Jet A. I ett scenario där allt samhällsviktigt flyg använder samma bränsle hade 7800 ton CO₂ undvikts. Åtgärds-kostnaden blir i det här beräkningsexemplet 15 kronor per kilogram koldioxid. Det är en hög åtgärds-kostnad sett ur ett biobränsle-perspektiv, och även jämfört med litteraturvärden som enbart rör jetbränsle⁶⁴. Eventuellt är detta en indikation på vikten att det offentliga behöver gå före för att öka efterfrågan och stimulera innovation och produktion. Bränslepriserna varierar kraftigt över tid och resultaten av ett sådant här räkneexempel kommer se olika ut beroende på vilken period som används som utgångsläge. På grund av politiska beslut och ökad mognadsgrad för produktion av förnybara jetbränslen förutspås den övergripande trenden vara att prisskillnaden mellan bränslena minskar framöver.

7.3 Fossilfri verksamhet 2045

Faktorer som ligger utanför myndigheternas kontroll är avgörande för en total klimatomställning av flygverksamheterna till 2045.

De anläggningar som planeras producera SAF i Sverige är avgörande för att minska CO₂-utsläppen på ett mer övergripande plan. De förväntade produktionsvolymerna är i flera fall stora och det finns stor möjlighet att producera flygbränsle som går utöver reduktionsplikten. Men att nå en helt

⁶⁴ ICCT, 2019, The cost of supporting alternative jet fuels in the European Union

fossilfri verksamhet 2045 är beroende av att nya bränslen, eller ny alternativ framdrivning av flygfarkosterna, blir tillgängligt. SAF är det mest mogna alternativet, elektrobränslen har en hög produktionskostnad och alternativ som el och vätgas har låg energitäthet och det behövs innovationer och utveckling för att få dem tillämpbara för våra helikoptrar. Många av stegen på vägen för att bli oberoende av fossila bränslen 2045 ligger alltså utanför de berörda flygaktörernas rådighet.

7.4 Politisk diskussion och hållbarhet

Att säkerställa ett hållbart uttag av råvara för biobränsleproduktion är en fråga som diskuteras bland annat inom EU:s institutioner. Kommande politiska beslut kan få stor påverkan på svensk jetbränsleproduktion.

Det är viktigt att uttaget av bioråvara görs på ett hållbart sätt för att inte motverka samhällets miljömål. I projektet har vi främst undersökt utsläpp av växthusgaser, men det är viktigt att hänsyn också tas till andra hållbarhetsaspekter. Diskussionerna som förs i EU inför RED III visar på svårigheter att väga olika typer av miljöpåverkan mot varandra och att det inte alls är klart att den potential som finns i resterna från det svenska skogsbruket kommer göras tillgängligt för bränsleproduktion. En annan hållbarhetsaspekt rör spårbarhet i bränslet. Att råvaruuttaget sker långt från användandet kan försvåra spårbarheten och möjligheten att säkerställa ett hållbart uttag. De planerade produktionsanläggningarna för HEFA kommer inte kunna hålla produktionen igång med enbart svensk råvara.

7.5 Beredskapsperspektiv

En inhemsk försörjningskedja kan vara fördelaktigt ur totalförsvarssynpunkt. Frågan är av stor vikt för det samhällsviktiga flyget.

Omställningen har också betydelse ur beredskapsperspektiv vilket i det här projektet har varit tydligt i och med de medverkande aktörernas roller i totalförsvaret. Ett sätt att undvika eventuella stopp i energitillgång på grund av internationella konflikter kan vara en inhemsk försörjningskedja. Alternativa bränslealternativ behöver då också certifieras för användning i flygfarkoster utan utblandning med fossilt bränsle. Det är angeläget att fler aspekter som rör omställningen ur beredskapsperspektiv, till exempel lagerhållning, utreds vidare.

Bilagor:

Bilaga 1: Kontaktuppgifter deltagare

Bilaga 2: Bränsleanalyser Jet A1

Bilaga 3: Vägen till fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045

Kontaktuppgifter deltagare

Organisation	Namn och /eller e-postadress
Air BP	Miklos Puskas, miklos.puskas@bp.com
Fly Green Fund	David Hild /david.hild@fgf.se
Försvarets Materielverk	Ingela Bolin Holmberg /ingela.bolin.holmberg@fmv.se
IVL Svenska miljöinstitutet	Mirjam Särnbratt /mirjam.sarnbratt@ivl.se
Kustbevakningen	Gunnar Jaensson /registrator@kustbevakningen.se
Lunds Tekniska Högskola	Christer Fureby /christer.fureby@energy.lth.se Mattias Richter /mattias.richter@forbrf.lth.se
MSB Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap	Mikael Korhonen /mikael.korhonen@msb.se
Polismyndigheten	polisflyget-ledning.noa@polisen.se
Sjöfartsverket (projektledare)	Hulda Winnes /hulda.winnes@sjofartsverket.se
Svensk Luftambulans	info@hems.se

Bränsleanalyser Jet A1

RAPPORT

UTVÄRDERING AV TESTER PÅ BIO JET.



RAPPORT

Uppdrag: 20220407, Utvärdering av tester på Bio Jet

Titel på rapport: UTVÄRDERING AV TESTER PÅ BIO JET

Status: Rapport, Version A

Datum: 2022-12-12

Medverkande

Beställare: Sjöfartsverkets Helikopterverksamhet

Kontaktperson: Marcus Rost

Konsult: J D Cisternkontroll AB

Uppdragsansvarig: Martin Karlsson

Handläggare: Martin Karlsson

Kvalitetsgranskare: Alexandra Rholén

Revideringar

Version	Datum	Status/Ändringar	Handläggare
A	2022-12-12	Rapport	MK

RAPPORT

1 Inledning

1.1 Uppdragsbeskrivning

J D Cisternkontroll AB har på uppdrag av Sjöfartsverkets Helikopterverksamhet att ombesörja test på produkten Bio Jet, samt sammanställa resultatet.

1.2 Syfte och mål

Syftet med testen är att utvärdera om Bio Jet (Jet A1 tillverkad av "animalisk" olja) är känsligare för långtidslagring (6 månader) gentemot traditionell Jet A1 (Jet A1 tillverkad av "fossil" olja).

Målet med testet är att Sjöfartsverkets Helikopterverksamhet ska ha ett underlag för beslut om dom ska använda Bio Jet i sin flygverksamhet.

1.3 Omfattning och avgränsningar

Uppdraget omfattar tester av Bio Jet och Jet A1 som referens, vid två tillfällen med 6 månaders mellanrum. Proverna som testen utfördes på var; bränsle som levererats till basen i Kristianstad och Umeå. Då dessa baser bytt till Bio Jet, togs referens prover från baserna i Norrtälje och Säve. Proverna förvarades under ca 6 månader på baserna i Umeå och Kristianstad. Ca 30 liter Bio jet och 30 liter Jet A1 togs till varje prov och förvarades i 5 liters dunkar som var hermetiskt tillslutna under lagringstiden.

Proverna utfördes av två laboratorier, ett i Göteborg: Independent Inspection Service AB (IIS) och Element AB i Linköping. Dessa båda labb är specialiserade på petroleumprodukter och väl använda inom branschen.

Definitioner:

Jet A1:	Kerosine, Jet A1, tillverkad av "fossil" olja.
SAF:	Sustainable Aviation Fuel, tillverkas av HEFA och/eller hushålls matavfall, även animaliska oljor kan användas.
Bio Jet:	Blandning av Jet A1 (ca 51%) och SAF (ca 49%).
"Fossil" olja:	Olja av mineraliserande djur och växter, men oftast förmultnade avlagringar och från ursprungligt kol från jordens inre.
HEFA:	Vätebehandlade estrar och fettsyror (hydreringsprocess av vegetabiliska oljor, spilloljor eller fetter).
Animalisk olja:	Olja framställd av djur fett.
Appearance/colour:	Okulär kontroll att bränslet är fritt från fasta partiklar och vatten.
Saybolt colour:	Okulär kontroll av kulören på bränslet. För att fastställa kvaliteten gentemot ett förutbestämt färgschema, se Appendix 1.
Distillation:	Test där "sotning/nedsmutsning" från förbränning av bränslet, testas med en destilations metod.

RAPPORT

Density @ 15°C:	Densiteten mäts vid 15°C.
Corroision (copper):	Ett "Corroision (copper)" test utförs för att säkerställa att ett fett i bränslet skyddar metallytorna det kommer i kontakt med över tiden.
Existent gum:	"Gum" är den icke-flyktiga återstoden som finns kvar efter avdunstningen av testet. Denna rest kan vara ett resultat av t.ex. oljor med högre kokning som inte avlägsnades under tillverkningen, eller partikelföroreningar, som är föroreningar till följd av dålig hantering av bränslet.
Thermal stability (JFTOT):	Termisk stabilitet är ett mått på mängden värmestrålning bränslet kan utsättas för, innan det oxiderar.
MSEP:	Microseparometer, dvs. hur lätt vatten fälls ut från Jet A1.
Stadis ®:	En tillsats som ökar den elektriska ledningsförmågan/Konduktiviteten.
Konduktivitet:	Ett mått på hur väl ett material kan transportera elektrisk laddning.
Flampunkt:	Vid den temperaturen en vätska avger brännbara gaser/ångor.
Certificate of Analysis:	Är ett test som utförs efter leverans till terminaler eller större lokala depåer.
ASTM specification D1655 eller DEF STAN 91-091.: Olika tillverknings standarder för Jet A1.	

1.4 Underlag

Följande underlag har använts i denna rapport:

Rapporter från Independent Inspection Service AB (IIS):

118680, 2022-06-15

118679, 2022-06-15

119633, 2022-12-02

119638, 2022-12-02

Rapporter från Element AB:

22-5418, 2022-06-09

22-5419, 2022-06-09

22-10494, 2022-12-02

22-10495, 2022-12-02

Certificate of Analysis (Bio Jet), Batch No: BP-SPK-007, Cistern 202, TEST 11601/00065436.3/L/22.
Test datum 2022-05-03

JIG 4, Issue 4, Sep 2021

1.5 Styrande dokument

Vid dessa tester har manualen: JIG 4 (Joint Inspection Group) "AVIATION FUEL QUALITY CONTROLS AND OPERATING STANDARDS FOR SMALLER AIRPORTS", Issue 4 Sep 2021, legat till grund för vilka tester som ska utföras, för att få en så bred bild om vilka parametrar som kan påverkas vid långtidsförvaring. I avsnitt 3, Sampling and Testing; 3.4.3 (b) Periodiskt Test, finns det beskrivet vilka

RAPPORT

tester som bör utföras vid ett periodiskt test, där bränslet har förvarats i 6 månader. Det är dessa tester som utförts på proverna, plus några till som är av intresse.

Table 3.4.1 Periodic Test requirements for Jet A1:

Appearance/colour

Saybolt colour

Distillation

Density @ 15°C

Corrosion (copper)

Existent gum

Thermal stability (JFTOT)

Prover som inte finns med i "periodiskt test" i Jig 4 är:

MSEP	Kan påverkas av tillsatsen Stadis [®] . Även min erfarenhet är att detta värde kan ändras vid långtids förvaring.
Flampunkt	Det värdet har jag också upplevt, att det påverkas av långtids förvaring.

1.6 Genomgång av tester

Testsvaren har sammanförts i en Excell fil, där det har markerats med olika kulörer, om testets utfall var utan avvikelse, markeras med Grönt. Avvikelserna har delats in i två kategorier, en för avvikelser som är inom rekommenderat område, markeras med Gult och den andra när avvikelsen är så pass stor, att det är utanför rekommenderat utrymme, markeras med Rött.

I testerna som utförts finns en naturlig felmarginal, som finns beskriven i varje tests standard. Dessa felmarginaler är små, men innebär att vid större tal finns en acceptans på avvikande testresultat, vid test av samma produkt vid två testtillfällen.

Testresultat på våren 2022:

Testresultaten från våren 2022 var så gott som inom rekommenderat område för Jet A1, enligt standardkraven i ASTM specification D1655 eller DEF STAN 91-091. Utom två tester som avvek, dom för MSEP värde på båda Bio Jet proverna. Avvikelserna var 11 enheter sämre på prov från Kristianstad och 8 enheter sämre på prov från Umeå.

Enligt Certificate of Analysis var MSEP värdet på de rekommenderade lägsta 85, när testet utfördes 2022-05-03.

Övrigt var några få parametrar avvikande mellan testerna på Bio Jet mot Certificate of Analysis på denna "batch", men avvikelserna är inom rekommenderat område och kan då vara inom felmarginalen för testerna.

Testresultat på hösten 2022:

Testresultaten har flera avvikande resultat, men dom flesta är inom marginalen för rekommenderat område för Jet A1. Där emot är MSEP värdet avvikande på båda dessa prover på Bio Jet. Värdena var avvikande när test utfördes under våren 2022, mot Certificate of Analysis.

Efter testerna som utfördes under hösten 2022 blev resultatet 19 enheter lägre på testet från Kristianstad. Och på testet från Umeå blev värdet 5 enheter bättre, men fortfarande utanför rekommenderade värden.

RAPPORT

I Appendix 3 till 7, redovisas alla mätdata från testerna:

Appendix 3:	PROVER FRÅN VÅREN 2022, MED TEST RESULTAT.
Appendix 4:	TEST RESULTAT FRÅN HÖSTEN 2022.
Appendix 5:	AVVIKELSER MELLAN PROVERNA.
Appendix 6:	PROVER FRÅN VÅREN 2022, emot Certificate of Analysis.
Appendix 7:	TEST FRÅN HÖSTEN 2022, emot Certificate of Analysis.

1.7 Slutsats

Vid jämförelse av testresultaten kan större avvikelser inte förväntas vid lagring av Bio Jet, emot lagring och resultat från test av Jet A1.

Där emot var MSEP värden för Bio Jet avvikande, men dessa värden var avvikande vid de första testerna under våren och ett värde blev bättre vid lagring i 6 månader.

Samt att erfarenhet har visat att dessa värden kan avvika vid längre förvaring av traditionell Jet A1.

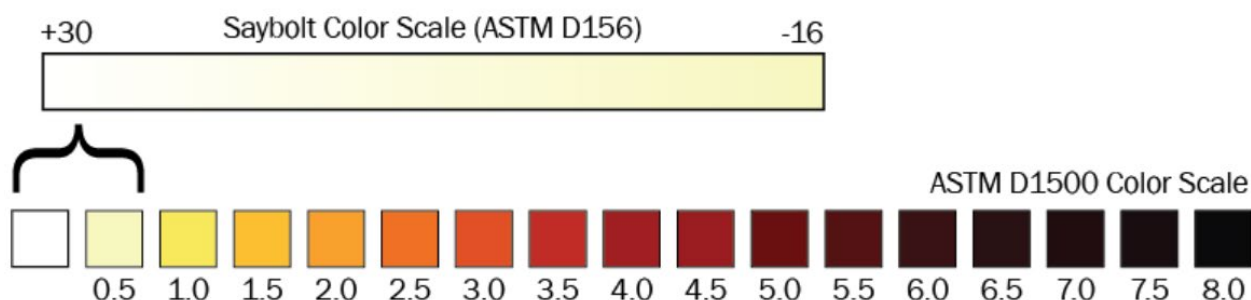
Här får Sjöfartsverket göra sig en egen bedömning utifrån dom redovisade resultaten.

J D Cisternkontroll AB

RAPPORT

2022-12-12

Appendix 1:



Appendix 2:

TABLE 1 Detailed Requirements of Aviation Turbine Fuels^A

Property		Jet A or Jet A-1	Test Methods ^B
COMPOSITION			
Acidity, total mg KOH/g	max	0.10	D3242/IP 354
1. Aromatics, percent by volume	max	25	D1319 or IP 156 ^C
2. Aromatics, percent by volume	max	26.5	D6379/IP 436
Sulfur, mercaptan, ^D percent by mass	max	0.003	D3227/IP 342
Sulfur, total percent by mass	max	0.30	D1266, D2622, D4294, D5453, or IP 336
VOLATILITY			
Distillation temperature, °C:			D86, ^E D2887/IP 406, ^F D7344, ^{G, H} D7345, ^G IP 123 ^F
10 % recovered, temperature	max	205	
50 % recovered, temperature		report	
90 % recovered, temperature		report	
Final boiling point, temperature	max	300	
Distillation residue, %	max	1.5	
Distillation loss, %	max	1.5	
Flash point, °C	min	38 ^I	D56, D93, ^J D3828, ^J IP 170 ^J or IP 523 ^J
Density at 15 °C, kg/m ³		775 to 840	D1298/IP 160 or D4052 or IP 365
FLUIDITY			
Freezing point, °C	max	-40 Jet A ^K	D5972/IP 435, D7153/IP 529, D7154/IP 528, or D2386/IP 16
Viscosity -20 °C, mm ² /s ^L	max	-47 Jet A-1 ^K 8.0	D445/IP 71, Section 1, D7042, ^M or D7945
COMBUSTION			
Net heat of combustion, MJ/kg	min	42.8 ^N	D4529, D3336, D4809, or IP 12
One of the following requirements shall be met:			
(1) Smoke point, mm, or	min	25.0	D1322/IP 598
(2) Smoke point, mm, and	min	18.0	D1322/IP 598
Naphthalenes, vol, %	max	3.0	D1840
CORROSION			
Copper strip, 2 h at 100 °C	max	No. 1	D130/IP 154
THERMAL STABILITY			
(2.5 h at control temperature of 260 °C min)			
Filter pressure drop, mm Hg	max	25	D3241 ^O /IP 323 ^O
Tube rating: One of the following requirements shall be met: ^P			
(1) Annex A1 VTR, VTR Color Code	Less than	3 (no peacock or abnormal color deposits)	
(2) Annex A2 ITR or Annex A3 ETR, nm average over area of 2.5 mm ²	max	85	
CONTAMINANTS			
Existent gum, mg/100 mL	max	7	D381, IP 540
Microseparator, ^Q Rating			D3948
Without electrical conductivity additive	min	85	
With electrical conductivity additive	min	70	
ADDITIVES			
Electrical conductivity, pS/m		See 6.2 ^R	D2624/IP 274

J D Cisternkontroll AB

RAPPORT

2022-12-12

Appendix 3:

PROVER FRÅN VÅREN 2022, MED TEST RESULTAT.					TEST 118680	TEST 118679	TEST 22-5418	TEST 22-5419
	Värde inom rekommendation				Bio Jet Kristianstad	Jet A1 Säge (ref prov)	Bio Jet Umeå	Jet A1 Norrtälje (ref prov)
	Värde utanför rekommendation			Rekommendation	2022-04-07	2022-05-15	2022-05-18	2022-05-16
Ref nr.	Test.	Enhet	Test metod	AFQRJOS utg. 33	Test datum 22-06-15	Test datum 22-06-15	Test datum 22-06-09	Test datum 22-06-09
1	Visual Appearance		Visual	Klar och Skinande	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*
2	Saybolt Colour		ASTM D 156		Pluss 17	Pluss 28	Pluss 17	Pluss 19
3	Copper Corrosion, 2h/100°C		ASTM D 130	max 1	1a	1a	1a	1a
4	Density @ 15°C	kg/m³	ASTM D 4052	775,0-840,0	792,6	797,2	792,9	797,2
5	Distillation	°C	ASTM D 86					
5.1	IBP	°C	ASTM D 86		143,0	148,9	144,4	149,2
5.2	Temp. @ 10% Recoverd	°C	ASTM D 86	max 205	168,5	162,0	179,3	174,4
5.3	Temp. @ 50% Recoverd	°C	ASTM D 86		212,7	182,4	210,5	190,1
5.4	Temp. @ 90% Recoverd	°C	ASTM D 86		269,9	226,0	268,0	221,5
5.5	FBP	°C	ASTM D 86	max 300	279,9	247,4	282,3	245,3
5.6	Residue	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,2	1,2	1,3	1,3
5.7	Loss	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,0	0,7	0,2	0,2
6	Electrical Conductivity @ 22,0°C	pS/m	ASTM D 2624	600	505,0	455,0		
7	Existent Gum	mg/100ml	IP 540	max 7	7,0	<1	<1	1,0
8	Flash Point	°C	IP 170	min 38	42,0	40,5	44,5	40,5
9	Microseparometer (MSEP)		ASTM D 3948	min 85	74,0	88,0	77,0	88,0
10	Thermal Stability JFTOT at 260°C		ASTM D 3241					
10.1	Tube Deposit Rating (Visual)		ASTM D 3241	max <3	<1**	<1**	1**	1**
10.2	Filter Pressure Differential	mm Hg	ASTM D 3241	max 25	0,0	0,2	0,0	0,1
* Clear, bright: visuellt fri från fasta partiklar, suspenderat vatten vid rums temperatur.								
** Ingen ovanligt stor färgavlagring.								

Appendix 4:

TEST RESULTAT FRÅN HÖSTEN 2022.					TEST 119633	TEST 119638	TEST 22-10494	TEST 22-10495
	Värde inom rekommendation				Bio Jet Kristianstad	Jet A1 Säge (ref prov)	Bio Jet Umeå	Jet A1 Norrtälje (ref prov)
	Värde utanför rekommendation			Rekommendation	2022-04-07	2022-05-15	2022-05-18	2022-05-16
Ref nr.	Test.	Enhet	Test metod	AFQRJOS utg. 33	Test datum 22-12-02	Test datum 22-12-02	Test datum 22-12-02	Test datum 22-12-02
1	Visual Appearance		Visual	Klar och Skinande	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*
2	Saybolt Colour		ASTM D 156		Pluss 17	Pluss 22	Pluss 15	Pluss 19
3	Copper Corrosion, 2h/100°C		ASTM D 130	max 1	1a	1a	1a	1a
4	Density @ 15°C	kg/m³	ASTM D 4052	775,0-840,0	792,6	798,0	792,7	796,6
5	Distillation	°C	ASTM D 86					
5.1	IBP	°C	ASTM D 86		145,5	150,7	144,0	149,1
5.2	Temp. @ 10% Recoverd	°C	ASTM D 86	max 205	169,6	162,9	179,3	168,6
5.3	Temp. @ 50% Recoverd	°C	ASTM D 86		213,8	183,4	210,8	190,0
5.4	Temp. @ 90% Recoverd	°C	ASTM D 86		269,8	227,3	268,9	221,9
5.5	FBP	°C	ASTM D 86	max 300	281,3	249,7	281,7	245,9
5.6	Residue	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,5	1,2	1,1	1,2
5.7	Loss	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	0,4	0,3	0,8	0,3
6	Electrical Conductivity @ 22,0°C	pS/m	ASTM D 2624	600	555,0	275,0		
7	Existent Gum	mg/100ml	IP 540	max 7	7,0	1,0	<1	<1
8	Flash Point	°C	IP 170	min 38	41,0	39,5	44,5	44,5
9	Microseparometer (MSEP)		ASTM D 3948	min 85	55,0	86,0	82,0	89,0
10	Thermal Stability JFTOT at 260°C		ASTM D 3241					
10.1	Tube Deposit Rating (Visual)		ASTM D 3241	max <3	<1**	<1**	<1**	<1**
10.2	Filter Pressure Differential	mm Hg	ASTM D 3241	max 25	1,5	0,5	<1	1,0
* Clear, bright: visuellt fri från fasta partiklar, suspenderat vatten vid rums temperatur.								
** Ingen ovanligt stor färgavlagring.								

Appendix 5:

AVVIKELSER					Bio Jet Kristianstad	Jet A1 Säge (ref prov)	Bio Jet Umeå	Jet A1 Norrtälje (ref prov)
	Avvikelse inom rekommendation							
	Avvikelse utanför rekommendation			Rekommendation				
Ref nr.	Test.	Enhet	Test metod	AFQRJOS utg. 33				
1	Visual Appearance		Visual	Klar och Skinande				
2	Saybolt Colour		ASTM D 156			6 ner	2 ner	
3	Copper Corrosion, 2h/100°C		ASTM D 130	max 1				
4	Density @ 15°C	kg/m³	ASTM D 4052	775,0-840,0		0,8 upp	0,2 ner	0,6 ner
5	Distillation	°C	ASTM D 86					
5.1	IBP	°C	ASTM D 86		2,5 upp	1,8 upp	0,4 ner	0,1 ner
5.2	Temp. @ 10% Recoverd	°C	ASTM D 86	max 205	1,1 upp	0,9 upp		5,8 ner
5.3	Temp. @ 50% Recoverd	°C	ASTM D 86		1,1 upp	1,0 upp	0,3 upp	0,1 ner
5.4	Temp. @ 90% Recoverd	°C	ASTM D 86		0,1 ner	1,3 ner	0,9 upp	0,4 upp
5.5	FBP	°C	ASTM D 86	max 300	1,4 ner	0,5 ner	0,6 ner	0,6 upp
5.6	Residue	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	0,3 upp		0,2 ner	0,1 ner
5.7	Loss	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	0,6 ner	0,4 ner	0,6 ner	0,1 upp
6	Electrical Conductivity @ 22,0°C	pS/m	ASTM D 2624	600	50 upp	180 ner		
7	Existent Gum	mg/100ml	IP 540	max 7				
8	Flash Point	°C	IP 170	min 38	1,0 ner	1,0 ner		4,0 upp
9	Microseparometer (MSEP)		ASTM D 3948	min 85	19,0 ner	2,0 ner	5,0 upp	1,0 upp
10	Thermal Stability JFTOT at 260°C		ASTM D 3241					
10.1	Tube Deposit Rating (Visual)		ASTM D 3241	max <3				
10.2	Filter Pressure Differential	mm Hg	ASTM D 3241	max 25	1,5 upp	0,3 upp	1,0 upp	0,9 upp
* Clear, bright: visuellt fri från fasta partiklar, suspenderat vatten vid rums temperatur.								
** Ingen ovanligt stor färgavlagring.								

J D Cisternkontroll AB

RAPPORT

2022-12-12

Appendix 6:

PROVER FRÅN VÅREN 2022, gentemot Certificate of Analysis.							
	Ingen avvikelse				TEST 118680	TEST 11601/00065436.3/L/22	TEST 22-5418
	Avvikelse inom rekommendation				Bio Jet Kristianstad	Batch No: BP-SPK-007, Cistern 202	Bio Jet Umeå
	Avvikelse utanför rekommendation			Rekommendation	2022-04-07	2022-04-24	2022-05-18
Ref nr.	Test.	Enhet	Test metod	AFQRJOS utg. 33	Test datum 22-06-15	Test datum 22-05-03	Test datum 22-06-09
1	Visual Appearance		Visual	Klar och Skinande	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*
2	Saybolt Colour		ASTM D 156		Pluss 17	Pluss 14	Pluss 17
3	Copper Corrosion, 2h/100°C		ASTM D 130	max 1	1a	1a	1a
4	Density @ 15°C	kg/m³	ASTM D 4052	775,0-840,0	792,6	792,6	792,9
5	Distillation	°C	ASTM D 86				
5.1	IBP (Initial Boiling Poin)	°C	ASTM D 86		143,0	145,1	144,4
5.2	Temp. @ 10% Recoverd	°C	ASTM D 86	max 205	168,5	169,7	179,3
5.3	Temp. @ 50% Recoverd	°C	ASTM D 86		212,7	214,2	210,5
5.4	Temp. @ 90% Recoverd	°C	ASTM D 86		269,9	270,2	268,0
5.5	FBP (Final Boiling Point)	°C	ASTM D 86	max 300	279,9	281,7	282,3
5.6	Residue	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,2	1,2	1,3
5.7	Loss	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,0	1,0	0,2
6	Electrical Conductivity @ 22,0°C	pS/m	ASTM D 2624	600	505,0	593,0	
7	Existent Gum	mg/100ml	IP 540	max 7	7,0	1,0	<1
8	Flash Point	°C	IP 170	min 38	42,0	40,5	44,5
9	Microseparometer (MSEP)		ASTM D 3948	min 85	74,0	85,0	77,0
10	Thermal Stability JFTOT at 260°C		ASTM D 3241				
10.1	Tube Desposit Rating (Visual)		ASTM D 3241	max <3	<1**	<1**	1**
10.2	Filter Pressure Differential	mm Hg	ASTM D 3241	max 25	0,0	<1	0,0
* Clear, bright: visuellt fri från fasta partiklar, suspenderat vatten vid rums temperatur.							
** Ingen ovanligt stor färgavlagring.							

Appendix 7:

TEST FRÅN HÖSTEN 2022, gentemot Certificate of Analysis.							
	Ingen avvikelse				TEST 119633	TEST 11601/00065436.3/L/22	TEST 22-10494
	Avvikelse inom rekommendation				Bio Jet Kristianstad	Batch No: BP-SPK-007, Cistern 202	Bio Jet Umeå
	Avvikelse utanför rekommendation			Rekommendation	2022-04-07	2022-04-24	2022-05-18
Ref nr.	Test.	Enhet	Test metod	AFQRJOS utg. 33	Test datum 22-12-02	Test datum 22-05-03	Test datum 22-12-02
1	Visual Appearance		Visual	Klar och Skinande	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*	Klart och Skinande*
2	Saybolt Colour		ASTM D 156		Pluss 17	Pluss 14	Pluss 15
3	Copper Corrosion, 2h/100°C		ASTM D 130	max 1	1a	1a	1a
4	Density @ 15°C	kg/m³	ASTM D 4052	775,0-840,0	792,6	792,6	792,7
5	Distillation	°C	ASTM D 86				
5.1	IBP	°C	ASTM D 86		145,5	145,1	144,0
5.2	Temp. @ 10% Recoverd	°C	ASTM D 86	max 205	169,6	169,7	179,3
5.3	Temp. @ 50% Recoverd	°C	ASTM D 86		213,8	214,2	210,8
5.4	Temp. @ 90% Recoverd	°C	ASTM D 86		269,8	270,2	268,9
5.5	FBP	°C	ASTM D 86	max 300	281,3	281,7	281,7
5.6	Residue	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	1,5	1,2	1,1
5.7	Loss	% V/V	ASTM D 86	max 1,5	0,4	1,0	0,8
6	Electrical Conductivity @ 22,0°C	pS/m	ASTM D 2624	600	555,0	593,0	
7	Existent Gum	mg/100ml	IP 540	max 7	7,0	1,0	<1
8	Flash Point	°C	IP 170	min 38	41,0	40,5	44,5
9	Microseparometer (MSEP)		ASTM D 3948	min 85	55,0	85,0	82,0
10	Thermal Stability JFTOT at 260°C		ASTM D 3241				
10.1	Tube Desposit Rating (Visual)		ASTM D 3241	max <3	<1**	<1**	<1**
10.2	Filter Pressure Differential	mm Hg	ASTM D 3241	max 25	1,5	<1	<1
* Clear, bright: visuellt fri från fasta partiklar, suspenderat vatten vid rums temperatur.							
** Ingen ovanligt stor färgavlagring.							

Bilaga 3

Vägen till fossilfritt samhällsviktig flyg



Foto: Patrik Nilsson/Sjöfartsverket

Vägen till fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045

Bakgrund till projektet

Regeringen beslutade den 26 januari 2017 om en svensk flygstrategi¹ där en av prioriteringarna är att flygets miljö- och klimatpåverkan ska minska. Samma år beslutade regeringen också att skjuta till 100 miljoner kronor till Energimyndigheten med uppdraget att skapa ett program för att "Främja hållbara biobränslen för flyg". I uppdraget ingick bland annat att inrätta ett innovationskluster med aktörer från hela värdekedjan för att ta fram en behovsanalys för flygets omställning. I december 2020 lade innovationsklustret fram sin rapport "Vägen till fossilfritt flyg 2045" med en färdplan för att alla flygtransporter från svenska flygplatser ska vara fossilfria 2045, och ett fossilfritt inrikesflyg 2030.

Våren 2021 samlade Sjöfartsverket ett antal operatörer inom det samhällsviktiga flyget för att diskutera möjligheterna att genomföra ett projekt med inspiration från det arbete som gjorts inom det kommersiella flyget. Resultatet blev projektet "Fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045 – en pilotstudie", finansierat av Energimyndigheten². Projektet har letts av Sjöfartsverket och genomförts tillsammans med Kustbevakningen, Polismyndigheten, Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap och Svensk Luftambulans. Utöver operatörerna har även Försvarets Materielverk deltagit aktivt i projektet och bidragit med kunskap och erfarenheter från sitt tidigare arbete med biobaserat flygbränsle. Alternativa bränslens hållbarhet och produktionsmöjligheter i Sverige har analyserats av IVL Svenska miljöinstitutet. Lunds Tekniska Högskola har genomfört emissionsmätningar på en av Sjöfartsverkets SAR-helikoptrar och gjort datorsimuleringar av förbränningen av flygbränslet. Air BP har bidragit med ett industriperspektiv i projektet. I tillägg har projektgruppen haft nytta av ett stort engagemang i diskussioner från Fly Green Fund som generöst delat kunskap med oss.

I projektet har vi tagit fram en vision och en framtidsbild för ett fossilfritt samhällsviktigt flyg 2045. Det samhällsviktiga flyget är det flyg som upprätthåller eller säkerställer samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet. Det omfattar bland annat flyg för räddningstjänst-, sjukvårds-, polis- och försvarsändamål. Tillsammans har aktörerna identifierat ett antal hinder och utmaningar som behöver adresseras för att nå ända fram 2045.

1 Dnr N2017/0059/MTR

2 Energimyndighetens projekt P2021-90058

Projektgruppen vill rikta ett stort tack till alla som på olika sätt har varit med och bidragit i arbetet som lett till att vi idag har en tydligare bild av vad som behöver göras på kort och lång sikt för att vi ska nå vårt gemensamma mål.

Vi är övertygade om att det är tillsammans vi kommer att hitta lösningarna som gör att vi succesivt minskar vår miljö- och klimatpåverkan. Det är vår förhoppning att våra insikter och reflektioner kan bidra till att våra politiker kan fatta kloka och väl avvägda beslut som hjälper oss att bli fossilfria 2045.



I samverkan med:



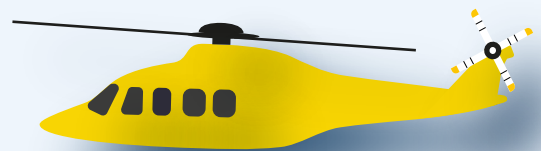
Med finansiering av:



Vision

År 2045 flyger allt samhällsviktigt flyg på fossilfritt flygbränsle tillverkat i Sverige på ett robust och hållbart sätt.

Det samhällsviktiga flyget agerar som föregångare och använder alltid det mest hållbara bränslealternativet som finns på marknaden, utan att kompromissa med den säkerhet och effektivitet som verksamheten kräver.



Framtidsbild

År 2045 flyger det samhällsviktiga flyget på det mest hållbara flygbränslet som finns tillgängligt på marknaden. Bränslet tillverkas i Sverige av hållbara råvaror och det finns ett distributionssystem som bidrar till att det samhällsviktiga flyget har en hög beredskap och finns tillgängligt för medborgarna dygnet runt, årets alla dagar. Biobränslen, elektrobränslen och el bidrar alla till flygets energiförsörjning. Den inhemska produktionen av flygbränsle möjliggör en god självförsörjning av bränsle, vilket bidrar till minskat beroende av import. Detta bidrar till redundans i systemet och ökar förmågan att agera i alla säkerhetspolitiska lägen. Elektrifieringen av flyg har tillämpningar också inom det samhällsviktiga flyget.

Det samhällsviktiga flyget agerar som föregångare och bidrar till att omställningen inom flyget går snabbt, en utveckling inom vilken öppenhet och kunskapsdelning har stor betydelse. Genom ett systematiskt kvalitetsarbete kan aktörerna garantera spårbarhet av det bränsle som används i verksamheterna. Tillsammans har aktörerna tagit fram kriterier för upphandling av fossilfria flygbränslen.

Medvetenheten om behovet av fossilfritt flygbränsle är hög och frågan är ständigt aktuell hos politiker och andra beslutsfattare som en del i arbetet med att nå Sveriges nationella miljömål.

Genom att det samhällsviktiga flyget i högre grad ges bästa möjliga förutsättningar att planera sina flygningar och använda ny teknik minskas bränsleförbrukningen och utsläppen, utan att minska beredskapsförmågan och tillgängligheten.

Omställningen

För att det samhällsviktiga flyget ska kunna flyga fossilfritt 2045 och upprätthålla den beredskap och förmåga som krävs behöver ett antal områden adresseras. Några av områdena handlar om att ge rätt förutsättningar för en hållbar försörjningskedja av förnybara bränslen och ligger utanför flygoperatörernas rådighet. Det är därför viktigt att politiken ger långsiktiga förutsättningar både för flygoperatörernas verksamhet och för bränsleproduktion. Andra områden kan till stor del styras av oss som operatörer och handlar om hur vi kan bedriva en effektiv flygverksamhet med miljö i åtanke.

Långsiktig energistrategi för samhällsviktigt flyg

Sverige behöver en långsiktig energistrategi för det samhällsviktiga flyget. Verksamheterna behöver fungera effektivt och ändamålsenligt oberoende av det säkerhetspolitiska läget. I projektet har vi identifierat följande områden som våra beslutsfattare behöver adressera:

- Inhemsk produktion av flygbränsle skulle kunna säkerhetsställa tillgång på flygbränsle även i ett förändrat säkerhetspolitiskt läge. Här är det viktigt att se över vilka råvaror som finns tillgängliga, hur bränsle lagras samt vilka produktionsmetoder som är certifierade. Det finns en stor potential att tillverka biobaserad Jet A1 av restprodukter från det svenska skogsbruket. Om uttaget görs på ett hållbart sätt kan skogsresterna bli en viktig grund för ökad självförsörjning av flygbränsle inom Sverige.
- Omställningen till fossilfritt flygbränsle kommer innebära ökade kostnader för operatörerna. Om det offentliga ska kunna gå före kommer politiska beslut om ökade anslag behövas. Utan ekonomiskt stöd till omställning kan samhällsviktigt flyg inte ligga i framkant och visa på möjligheterna att flyga fossilfritt.
- Tidsatta och tydliga mål för det samhällsviktiga flygets omställning till fossilfrihet skulle tydliggöra vilken tidsplan operatörerna ska följa. Målen kan beskrivas i exempelvis regleringsbrev och andra styrande dokument.
- Långsiktiga och tydliga ekonomiska spelregler för flygbränsleproducenter som gör investeringar i nya och existerande processer mer attraktiva. Den plan som finns för reduktionsplikt för flygbränsle bör ligga kvar för att öka marknadsutrymmet för de fossilfria bränslena.

Operatörernas roll i omställningen

Operatörerna inom det samhällsviktiga flyget kan bidra till att minska sina utsläpp och nå fossilfrihet till 2045 genom:

- Att ta fram gemensamma kravspecifikationer som kan användas vid inköp av bränsle. Detta effektiviserar inköpsprocessen och skapar förutsättningar för gemensamma upphandlingar på lång sikt.
- Att flyga på det bränsle som innebär lägst utsläpp och som finns tillgängligt på marknaden vid given tidpunkt.
- Att utveckla tankningsmöjligheter på till exempel beredskapsflygplatser, sjukhus och andra strategiskt viktiga platser som är utrustade med teknik som gör platserna tillgängliga även vid dåliga flygförhållanden.
- Att se över förutsättningar för samarbete och koordinering som gynnar effektivisering (exempelvis resurseffektivisering, inköp, lagring och flygplanering). Hänsyn måste tas till att förutsättningar ser olika ut för olika operatörer, och att olika verksamheter har olika krav.



