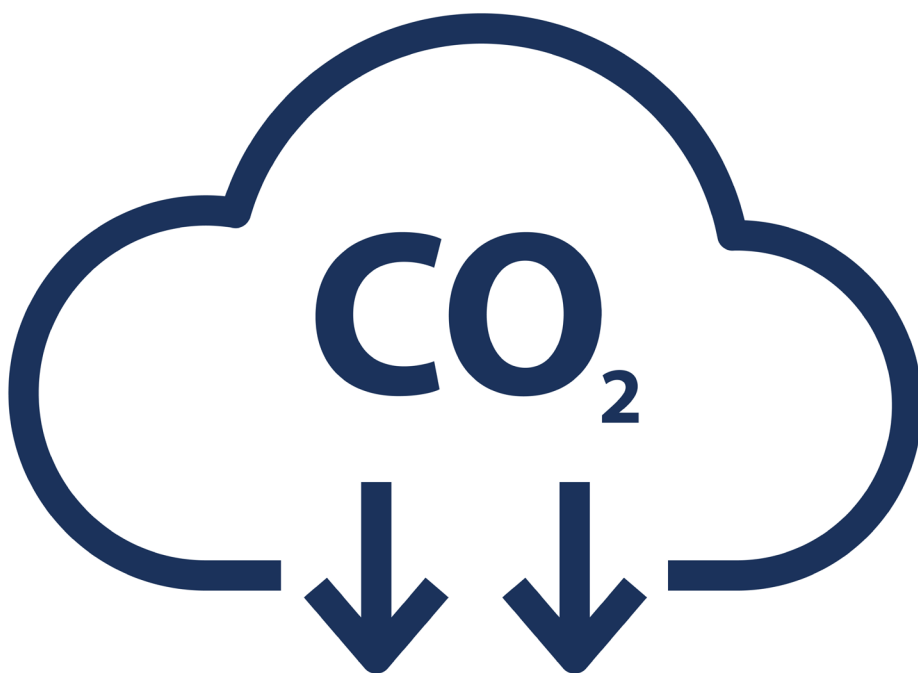


Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna

BJÖRN NYKVIST, TOMAS MÅRTENSSON

Möjliga åtgärder på kort sikt



Björn Nykvist, Tomas Mårtensson

Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna

Möjliga åtgärder på kort sikt

Titel	Klimatneutral Försvarsmakt – Analys av fossilfria vägval för försvarsgrenarna – Möjliga åtgärder på kort sikt
Title	Towards climate neutrality for the Swedish Armed Forces - An analysis of short term fossil free options for the Army, Navy and Air Force
Rapportnr/Report no	FOI-R--5201--SE
Månad/Month	November
Utgivningsår/Year	2021
Antal sidor/Pages	53
ISSN	1650-1942
Uppdragsgivare/Client	Försvarsmakten
Forskningsområde	Övrigt
FoT-område	Inget FoT-område
Projektnr/Project no	E85301
Godkänd av/Approved by	Lars Höstbeck
Ansvarig avdelning	Försvarsteknik

Bild/Cover: Illustration av Oleksandr Rybitskiy (Shutterstock)

Detta verk är skyddat enligt lagen (1960:729) om upphovsrätt till litterära och konstnärliga verk, vilket bl.a. innebär att citering är tillåten i enlighet med vad som anges i 22 § i nämnd lag. För att använda verket på ett sätt som inte medges direkt av svensk lag krävs särskild överenskommelse.

This work is protected by the Swedish Act on Copyright in Literary and Artistic Works (1960:729). Citation is permitted in accordance with article 22 in said act. Any form of use that goes beyond what is permitted by Swedish copyright law, requires the written permission of FOI.

Sammanfattning

Omställningen av Sverige till klimatneutralitet innebär en snabb utveckling mot elektrifiering och bränslebyte. Försvarsmakten har i uppdrag att minska sitt fossilberoende men samtidigt innebär en omställning utmaningar då Försvarsmaktens materiel har mycket lång livslängd (+30 år) och unika operationella krav.

Denna rapport redovisar hur Försvarsmaktens tre försvarsgrenar på kort sikt kan arbeta för att gå i takt med den civila utvecklingen mot ett bränslebyte. Givet nuvarande doktrin och behov av mobilitet bedöms elektrifiering inte få någon större tillämpning på kort sikt. Däremot påverkas Försvarsmakten och totalförsvaret starkt av den civila utvecklingen mot elektrifiering och osäkerheten om vilka tekniska lösningar som kommer dominera för luft- och sjöfart samt långväga tunga vägtransporter.

Försvarsmakten rekommenderas fortsätta arbetet med att certifiera flygvapnets flygsystem för biojet och olika syntetiska bränslen. Potentialen för utsläppsminskningar är störst och den tekniska osäkerheten lägst för Flygvapnet. Arbetet bör vara inriktat på försöksverksamhet med alternativa bränslen i egna flygfarkoster, eller i samverkan med andra totalförsvarsmyndigheter. Försvarsmakten behöver generellt ställa krav på fossilfria bränslen för ny materiel och påbörja en mer systematisk studieverksamhet av det civila bränslebytet. En specifik uppgift är att analysera om flytande drivmedel syntetiserade från vätgas är ett långsiktigt alternativ inom totalförsvaret.

Nyckelord: Klimatneutralitet; Biodrivmedel; Syntetiska bränslen; Elektrifiering, Flygvapnet, Flottan, Armen

Summary

The transformation towards a climate neutral Swedish society means a rapid progress towards electrification and new types of fuels. The Swedish Armed Forces is tasked to reduce its dependence on fossil fuels but this pose challenges as the operational requirements on fuels in the Armed Forces are high and many vehicle systems have very long life-times (+30 years).

This study analyse some of the Armed Forces challenges to transform in line with the civil developments toward electrification and fossil free fuels. Given the current doctrine's dependence on mobility, it is unlikely that electrification will find any significant use in the Armed Forces in the short-term. However, the Armed Forces is influenced by the civilian development toward electrification and the large uncertainty on technology choices that will dominate air, sea and heavy long range land based transports.

The recommendation is to intensify the work on certifying the Air Force aircraft systems for bio- or synthetic fuels. Here the potential for carbon dioxide emissions savings are highest and the technical uncertainty is at the same time the lowest. There is also a clear need for more studies on how the civil transformation can affect operational requirements, implications on cost, organization and logistics. An important task for future studies is to assess if liquid fuels synthesized from hydrogen can be the long-term option that the Swedish Total Defence concept need in times of crisis and armed conflict.

Keywords: Climate neutrality; Biofuels; Synthetic fuels; Electrification; Air Force, Navy, Army

Innehåll

1	Klimatneutralitet och Försvarsmakten	7
1.1	Tolkning av uppdraget.....	10
1.2	Mål och frågeställningar	12
1.3	Rapportens struktur	13
2	Metod.....	14
2.1	Analytiska utgångspunkter	14
2.2	Avgränsningar och förutsättningar givet tillväxten i försvaret ...	15
3	Den civila utvecklingen och tidigare slutsatser	18
3.1	Bränslebyte och elektrifiering	18
3.2	Uteslutna alternativ på kort sikt	22
4	Förutsättningarna för klimatneutralitet i försvarsgrenarna på kort sikt	24
4.1	Armén	24
4.2	Flygvapnet	28
4.3	Marinen.....	32
5	Analys, slutsatser och rekommendationer.....	40
5.1	Försvarsmaktsgemensamma möjligheter och utmaningar med HVO och syntetiska jetbränslen	41
5.2	Potential för utsläppsminskning och andra miljökonsekvenser	42
5.3	Kostnader	43
5.4	Att hantera osäkerheter, kortsiktiga beslut med konsekvenser på lång sikt.....	44
5.5	Koncept för att realisera prov- och försöksverksamhet i större skala.....	46
5.6	Fortsatt arbete med långsiktiga utmaningar.....	47
5.7	Slutsatser för en framtida handlingsplan.....	49

Begrepp och Förkortningar

ASTM	ATSM International. En ideell standardiseringsorganisation från USA. (Ursprungligen <i>American Society for Testing and Materials</i>)
ATJ/SKA	Syntetiskt Jetbränsle, engelska Alcohol-to-Jet Synthetic Kerosene with Aromatics
Bränsle	Energibärare i gasform, flytande eller kryogen flytande
B0	Bränsle utan inblandat biodrivmedel
CHCJ-5	Catalytic Hydrothermolysis Conversion Jet fuel
Drivmedel	Bränsle i fordon och farkoster för framdrift och övrig energianvändning
DME	Dimetyleter – Drivmedel producerat genom förgasning av biomassa
E5	Bensin med upp till 5 % inblandad Etanol
E10	Bensin med upp till 10 % inblandad Etanol
E85	Etanol med bensinblandning upp till 85 % Etanol
FAME	Fettsyrametylester, engelska Fatty Acid Methyl Esters – Drivmedel producerat av biologiska oljor, t.ex. RME
FT	Fischer-Tropsch
FTD	Fischer Tropsch Drivmedel, engelska Fischer Tropsch Diesel – Drivmedel framställt från syngas genom förgasning av kolväten
FMV	Försvarets materielverk
HEFA	Hydrerade estrar och fettsyror, engelska "Hydroprocessed esters and fatty acids"
HVO	Hydrerad vegetabilisk olja – Drivmedel skapat genom katalytisk reaktion av vegetabiliska oljor och vätgas
HVO100	Drivmedel bestående av 100 % HVO
LBG	Flytande biogas, engelska Liquefied Biogas
LNG	Flytande natur gas, engelska Liquefied Natural Gas
MGO	Eldningsolja, engelska Marine Gas Oil
MTC	Militärt typcertifikat
MK1	Miljöklass 1, till exempel i Diesel, MK1
RAF	Royal Air Force
RME	Rapsmetylester, se FAME
USAF	United States Air Force

1 Klimatneutralitet och Försvarsmakten

Denna rapport sammanfattar arbetet under 2020 - 2021 i studien Klimatneutral Försvarsmakt.¹ Studien leds av Totalförsvarsavdelningen på ledningsstaben på försvarsmaktens högkvarter. Rapporten innehåller, utöver författarna, bidrag från: Carl Lundberg, FOI, Martin Garmelius, FOI, Louise Simonsson, FOI samt Ingela Bolin Holmberg, FMV. Detta är en delrapport. Studien fortsätter sitt arbete under 2022.

Sveriges riksdag har sedan 2017 ett klimatpolitiskt ramverk med mål om noll nettoutsläpp av växthusgaser till 2045 och ett för transportsektorn specifikt klimatmål om 70 % minskning av utsläppen till 2030 jämfört med 2010.² På grund av de både nationellt och globalt stora konsekvenserna av ett förändrat klimat skärps gradvis både de vetenskapliga rekommendationerna och klimatpolitiken nationellt i Sverige, inom EU och globalt.³ Trenden är att hela samhället tar klimatfrågan på allt större allvar och ställer om allt mer aktivt. På lång sikt (till 2045) är det därför en rimlig utgångspunkt att samhället når, eller i varje fall arbetar mycket hårt för att nå målet om noll nettoutsläpp.

Klimatarbetet är allt viktigare även för Försvarsmakten. Den senaste försvarspolitiska propositionen konstaterar att klimatförändringarna förvärrar säkerhetssituationen i flera delar av världen. Tillgång på fossil energi är en betydande global säkerhetspolitisk drivkraft. Att aktivt arbeta för minskad klimatpåverkan och fossilfrihet reducerar därmed en av de övergripande tematiska säkerhetsfrågorna för Sverige.⁴ I de senaste budgetpropositionerna uttrycker regeringen därför tydligt att

*”Försvarssektorn ska fortsätta minska sitt fossilberoende. Det är i linje med Sveriges mål om att vara klimatneutral senast 2045, men sker även av säkerhetspolitiska skäl.”*⁵

Mer konkret återfinns i 2021 års regleringsbrev uppdrag nummer 30 att

¹ Studien har beteckningen GEM182004S i Försvarsmaktens studieplan 2021 (FM2020-18475:2)

² Klimatpolitiska rådet (2018) Klimatpolitiska rådets rapport 2018.

³ IPCC (2021) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Change [Masson-Delmotte, V. et al (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

⁴ Totalförsvaret 2021–2025 Prop. 2020/21:30

⁵ Budgetpropositionen för 2020 (Prop. 2019/20:1) och budgetpropositionen för 2018 (Prop. 2017/18:1).

”...redovisa hur myndighetens arbete med hållbarhet bidrar till Sveriges åtaganden under Parisavtalet.”⁶

Det är mot bakgrund av detta uppdrag som innevarande rapport redovisar analys av möjliga vägval för Försvarsmakten att minska fossilberoendet och därmed bidra till att nå det svenska målet om klimatneutralitet.

För Försvarsmakten är operativ förmåga överordnat andra krav och reducerad prestanda är inte acceptabelt. Försvarsmaktens doktrin karakteriseras av hög rörlighet och tempo i manövrering av förband för att möta en numerärt överlägsen och kvalificerad motståndare.⁷ Så länge de här doktrinära utgångspunkterna gäller och fossila drivmedel används sker därför försvarets CO₂ utsläpp främst från användning av drivmedel. Alla tre försvarsgrenar är starkt beroende av fossil energi för att uppnå mobilitet. Försvarsmaktens utsläpp är knutna till energianvändning i materiel och plattformar med mycket lång livslängd vilka är mycket svåra och kostsamma att omsätta på kort sikt (2030). Som exempel kan nämnas att JAS 39-systemets jungfruflygning skedde 1988, beslut om utvecklingen fattades 1982, och JAS 39 förväntas vidmakthållas i ytterligare minst 20 år, en livstid på storleksordningen 50 år.⁸

För Försvarsmakten är operativ förmåga ett grundläggande krav och måste vara garanterat även i en klimatneutral framtid⁹. Försvarsmaktens huvuduppgift är att skydda Sverige mot ett väpnat angrepp och detta mål är tydligt överordnat i det senaste försvarsbeslutet jämfört med tidigare försvarsbeslut.^{10,11} Försvarsmaktens uppdrag är därmed unikt med speciella skyddsvärden och krav som skiljer sig från det civila. Operativa krav på räckvidd, vikt och lagringsbeständighet på drivmedel och bränslen är mer begränsande i militära tillämpningar än i civila. Försörjningssäkerhet i leveranser av drivmedel i både kris och krig är en central del av totalförsvarsförmågan generellt och för Försvarsmakten specifikt.

Dessa speciella förutsättningar ställer därmed särskilda krav på teknik med lägre utsläpp. Utveckling av nya tekniska lösningar som tas fram av civila aktörer uppfyller inte alltid Försvarsmaktens krav och detta kan i lagstiftning komma till

⁶ Regeringsbeslut 2020-12-17 Regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Försvarsmakten F62019/00250.

⁷ Försvarsmakten (2020) Doktrin för gemensamma operationer. DGO 20. FM2018-18369:30.

⁸ Försvarsmakten (2021) Försvarsmaktens Strategiska Inriktning 2021-2030. FM2021-7333:1.

⁹ Försvarsmakten (2020) Försvarssektorns inriktningsdokument inom miljöområdet. FM2020-24569:2.

¹⁰ Totalförsvaret 2021–2025. Prop. 2020/21:30.

¹¹ Värnkraft - Inriktningen av säkerhetspolitiken och utformningen av det militära försvaret 2021-2025. Ds 2019:8.

uttryck i form av olika undantag.¹² Ett tydligt exempel är flygvapnets drivmedel för JAS 39 Gripen och flertalet helikoptrar, Flygfotogen 75. Detta drivmedel skiljer sig något från det civila drivmedlet Jet A1 i form av striktare krav på lagringsstabilitet och specifika krav i flygande plattformar och är undantaget i den nya reduktionsplikten för biodrivmedel för det civila flyget.¹³

Försvarsmakten är från augusti 2021 även undantagen reduktionsplikten för diesel och bensen. Således är det viktigt att notera att oavsett vilken den dominerande tekniken för civila energibärare i en klimatneutral framtid utgör en minskad användning av fossila drivmedel och förbränningsmotorer stora utmaningar för Försvarsmakten på kort och lång sikt.

Samtidigt är det viktigt att poängtera att allt för långt gångna undantag eller särlösningar för Försvarsmakten har baksidor. En civil omställning bort från fossila drivmedel (men fortsatt användning i Försvarsmakten) innebär mindre volymer av lagrade bränslen och drivmedel baserade på fossil olja och fler egna försörjningskedjor för Försvarsmakten med lägre totalförsvarsförmåga som följd. Även teknikutveckling för fordon där förbränningsmotorteknik fasas ut ur civila tillämpningar påverkar i förlängningen teknikutveckling, kompetens och kommersiell tillgång på teknik som Försvarsmakten idag är beroende av. Försvarsmaktens bakre logistik är starkt beroende av totalförsvaret och samverkan med det civila, till exempel för service av fordon och tillhandahållande av fordon och farkoster i höjd beredskap. Försvarsmaktens kravställningsarbete på materielanskaffningar har långa ledtider, styrdokument som gäller materiel som ska vara operativ 2030 formuleras nu.

Redan idag annonserar fordonstillverkare att utveckling av förbränningsmotorer avvecklas och uttalar stöd till ett förbud för försäljning av bensen- och dieslbilar, en ytterst remarkabel utveckling.¹⁴ Förbud för försäljning av förbränningsmotorer eller 100 % minskning av CO₂ utsläpp från runt 2030 utreds i en lång rad länder och Europeiska kommissionen föreslog nyligen 2035 som slutår.¹⁵ Den nyligen genomförda Utfasningsutredningen (SOU 2021:48) föreslår att all användning av fossila drivmedel för både inrikes transporter och arbetsmaskiner i Sverige ska vara urfasad senast 2040.¹⁶ Endast Försvarsmaktens energianvändning lämnas utanför den detaljerade analysen. Samtidigt poängterar

¹² Till exempel kommande undantag för reduktionsplikt i Flygfotogen 75 när reduktionsplikt för flygfotogen nu införs SOU 2019:11.; Prop. 2020/21:135.

¹³ Reduktionsplikt för flygfotogen. Prop. 2020/21:135.

¹⁴ Campbell (2020) Volvo chief suggests ban on petrol cars to drive the switch to electric. Financial Times. url: <https://www.ft.com/content/5c511e5d-404e-45f1-9057-96cc2f947ec9>. Hämtad 2021-10-18.

¹⁵ European Commission (2021) European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. url: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_21_3541. Hämtad 2021-10-18.

¹⁶ I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040 (SOU 2021:48).

utredningen i likhet med denna rapport att totalförsvaret påverkas oberoende av nya politiska förslag och exakt datum för utfasning av fossila bränslen. Övergången till fossilfrihet och högre grad av elektrifiering leder ofrånkomligen till nya utmaningar för nationell beredskap och samhällsviktiga funktioner. Militär bränsleanvändning för reservkraft och elanvändningen i fält påverkas av övergången, liksom civila totalförsvarsresurser som kustbevakningen och blåljusverksamhet och elberoende samhällskritiska funktioner som försörjning av livsmedel och läkemedel.

Den inledda civila omställningen och accelererande teknikutvecklingen har därmed potentiellt mycket stor påverkan på totalförvarsfrågor generellt och Försvarsmaktens drivmedelsförsörjning specifikt. Inte minst är hastigheten i förändringen en utmaning. Omställning till noll nettoutsläpp genomförs nu med ett tidsperspektiv på 25 år (mellan 2020 och 2045) och detta är en tidsperiod som understiger, eller är av liknande storleksordning, som livslängden på merparten av materialet i Försvarsmakten.

Sammantaget är det tydligt att Försvarsmakten precis som resten av samhället behöver möta och hantera klimatkrisen. Detta innebär att både minska utsläppen där så är möjligt så fort som möjligt, att förstå den civila teknikutveckling och vägvalen som görs i omställningen samt analysera hur detta på olika sätt påverkar Försvarsmakten och de tre försvarsgrenarna. Försvarsmakten behöver aktivt arbeta med att minska utsläppen och samtidigt förbereda sig för nya totalförvarsutmaningar i en klimatneutral framtid. Beslut om hur Försvarsmakten ska hantera denna viktiga fråga är tidskritiskt och behöver skyndsamt integreras i berörda processer.

1.1 Tolkning av uppdraget

Detta arbete är en del av den pågående Försvarsmaktsstudien om Klimatneutral Försvarsmakt. Under 2020 färdigställdes den första delrapporten (hädanefter Delstudie 1) inom studien *Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén* vilken utgjorde en förstudie och en översikt av förutsättningar för klimatneutralitet genom en omställning till alternativa drivmedel med mindre fossilberoende.¹⁷ I början av 2021 analyserades det kommande arbetet i ett memo från FOI om förslag på de viktigaste frågeställningarna framåt för studien.¹⁸

Sammantaget finns det idag i studien en nulägesbeskrivning av utvecklingen på klimatområdet med avseende på politik, styrmedel och de viktigaste dragen i den

¹⁷ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutral FM Maj 2020.

¹⁸ Nykvist (2021) Klimatneutral Försvarsmakt – Frågeställningar för Armén och sammanställning av förslag på inriktning för fortsatt arbete mot minskat fossilberoende inom FM. FOI Memo 7433.

pågående civila utvecklingen, samt analys av för och nackdelar med alternativa drivmedel som kan bidra till att minska Försvarmaktens klimatpåverkan. Analysen i Delstudie 1 gjordes med fokus på utmaningarna för Armén. Till exempel återfinns en analys av hur olika drivmedel är beskaffade och hur de skulle kunna fungera i Försvarmakten med avseende på framför allt försörjningssäkerhet, interoperabilitet och lagringsbeständighet vilket är mycket viktiga perspektiv på drivmedelsfrågor för Försvarmakten.¹⁹

Initiala slutsatser i studien från tidigare arbeten är att klimatomställningen för Försvarmakten inte är fråga om *en* omställning eller *ett* teknikskifte. Även om det går att urskilja ett antal trender för utvecklingen av fossilfri teknik är det trots det svårt att komma till en entydig slutsats som Försvarmakten kan navigera efter på lång sikt (år 2045).²⁰ En rad parallella utvecklingstrender påverkar vägvalen som i mångt och mycket utgör externa faktorer för både Försvarmakten och någon enskild aktör. Exempel som drivkrafter som påverkar vägvalet är dels hur snabbt elektrifieringen av olika fordon sker och hur fort syntetiska elektrobränslen²¹ kan bli mer konkurrenskraftiga, dels ytterligare skärpt politisk styrning som kan vara mer eller mindre tekniks-specifik. Vidare är flertalet av innovationssystemen ifråga globala till karaktären. Exportberoende svenska aktörer är tydligt sammankopplade med globala utvecklingstrender. Inte minst finns det en generellt stor osäkerhet om vilka systemeffekter som den snabba teknikframväxten inom förnyelsebar elproduktion och högre grad av elektrifiering ger och hur detta påverkar Försvarmakten och samhället som helhet. Osäkerhet i tillhandahållande av alternativa biodrivmedel och kostnader är ytterligare försvårande.

Samtidigt finns det en tydlig styrning från politiken att påbörja omställningen idag, och alternativen för Försvarmakten är betydligt färre på kort sikt. Det vidare arbetet i studien är nu inriktat på att kartlägga och sammanställa förutsättningarna för samtliga tre försvarsgrenar i en sammanhängande analys och diskutera både specifika och gemensamma utmaningar och vägval ***med fokus på vilka steg som kan tas på kort sikt.***

Innevarande rapport fokuserar därför på att sammanställa tidigare insikter från analysen av fossilfria drivmedel generellt och att genomföra analys av förutsättningarna för alla försvarsgrenarna. Dessutom beskrivs övergripande slutsatser och försvarsmaktsgemensamma frågor på kort sikt givet denna snabba och osäkra utveckling. De övergripande frågorna för studien är därmed:

¹⁹ Östenson, m.fl. (2013) Inventering av Försvarmaktens energianvändning. FOI Memo 4792.

²⁰ Försvarmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

²¹ Elektrobränslen avser här flytande bränslen som syntetiserats från infångad koldioxid och vätgas framställd genom elektrolys med förnyelsebar elektricitet.

- Hur kan Försvarsmakten på kort sikt minska fossilberoendet och bidra till klimatneutralitet med bibehållen operativ förmåga?
- Vilka är de viktigaste utmaningarna för Försvarsmakten när civila samhället snabbt ställer om i linje med klimatmålen och hur påverkar detta Försvarsmaktens energianvändning?

Den centrala problemställningen är att analysera vilka realistiska och pragmatiska alternativ det finns för Försvarsmakten att ställa om och nyttja alternativa drivmedel.

1.2 Mål och frågeställningar

Målet med rapporten är att resultaten ger ett beslutsunderlag för inriktning av Försvarsmaktens vidare klimatarbete. Rapporten strävar efter att ge så konkreta rekommendationer som möjligt för att främja klimatarbetet och samtidigt bibehålla eller stärka totalförsvarsförmågan. Syftet är att arbetet ska ge underlag om vilka lösningar som är aktuella för att Försvarsmakten ska närma sig noll nettoutsläpp på framför allt kort sikt men även utblickar till frågor på längre sikt görs och rapporten kan utgöra ett underlag till en kommande handlingsplan. I arbetet ingår att även beskriva konsekvenserna av att inte ändra på nuvarande fossila system samt att dra eventuella slutsatser som kan avfärda alternativ som i dagsläget inte bedöms som framkomliga. Sammantaget leder detta till följande frågeställningar:

1. Hur kan hastigheten i omställningen till fossilfrihet civilt karakteriseras och hur relaterar det till Försvarsmakten?
2. Vilka är möjligheterna att reducera utsläpp på kort sikt (till 2030) med bibehållen verkan i de tre försvarsgrenarna givet nuvarande materiel?

Dessa frågor behandlas var för sig för respektive försvarsgren. Efter detta följer en analys av gemensamma frågeställningar där förutsättningarna är likartade för försvarsgrenarna. Detta inkluderar även redogörelser av möjliga utsläppsminskningar samt en beskrivning och initial analys av kostnadsökningar vilket sammanfattas i följande frågeställningar:

3. Vilka gemensamma utmaningar finns det för försvarsgrenarna?
4. Vilka utsläppsminskningar kan realiseras och till vilken kostnad på kort sikt (till 2030)?

Slutligen sammanställs slutsatser från analysen i rekommendationer och underlag för framtida handlingsplan som besvarar den övergripande frågeställningen:

5. Vad kan vara nästa steg för Försvarsmakten i en handlingsplan mot klimatneutralitet som möter pågående förändringar i samhället?

1.3 Rapportens struktur

Rapporten organiseras på följande sätt. I kapitel 2 redovisas analytiska utgångspunkter och metoder för inhämtning av expertkunskap. Efter detta följer i kapitel 3 en sammanställning av tidigare resultat i studien och en vidare analys av den civila utvecklingen. Detta svarar på frågeställning 1 ovan. I kapitel 4 redovisas resultat om utmaningar och möjligheter i respektive försvarsgren vilket svarar mot frågeställning 2. I kapitel 5 följer slutligen en sammanställande analys av gemensamma utmaningar, möjliga utsläppsminskningar, kostnader samt slutsatser för en handlingsplan, motsvarande frågeställningarna 3, 4 och 5.

2 Metod

Utgångspunkterna i uppdraget och ovan beskrivna inledning beskriver ett problem som är delvis ordnat med okända lösningar och som är komplext till sin natur.^{22,23} Att utesluta alternativ och förtydliga problemet kan vara ett lika viktigt resultat som att nå en given slutsats.²⁴ Andra delar är mer väldefinierade men utgör komplicerade problem som kräver systemanalys, en bredd av expertkunskaper samt analys över många dimensioner.²⁵ De huvudsakliga metoderna i rapporten är därför att systematisk sammanställa expertkunskap inom FOI, Försvarmakten och FMV, samt litteraturstudier av teknik och policyutvecklingen. Multikriterieanalys används för att systematiskt göra övergripande sammanställningar av kunskapsläget om olika teknikalternativ. Metoderna syftar samtaget till att sammanställa ett material som kan utgöra ett beslutsunderlag och inriktning av vidare studieverksamhet inom Försvarmakten.²⁶ Ett för problemets art lämpligt verktyg, som kommer används genomgående, är att parallellt analysera förutsättningarna för olika fossilfria alternativ utifrån flera kriterier och värdera alternativ både tekniskt och kvalitativt, så kallad multikriterieanalys.²⁷ Även om en systematisk multikriterieanalys ej genomförts berör rapporten genomgående en rad kriterier och en övergripande sammanställning återfinns i bilaga.

Fokus i rapporten ligger på att analysera det egna målet för Försvarmakten om att aktivt arbeta mot klimatneutralitet genom att minska fossilberoendet. Alternativ som negativa utsläpp i andra delar av ekonomin för att kompensera Försvarmaktens utsläpp eller vidare undantag diskuteras, men analysen är inriktad på att förstå förutsättningarna för ett nå ett eget mål om att minska fossilberoendet och implikationerna av samhällets snabba omställning.

2.1 Analytiska utgångspunkter

Garanterad operativ förmåga är ett grundläggande krav även i en klimatneutral framtid²⁸ givet Försvarmaktens huvuduppgift: att skydda Sverige mot ett väpnat

²² Snowden och Boone (2007) A Leader's Framework for Decision Making. Harvard Business Review.

²³ Försvarmakten (2017) Svensk planerings och ledningsmetod. SPL 2017.

²⁴ Roxtröm, m.fl. (2020, p. 94) Underlag till Försvarmaktens handbok i studiemetodik 2020 - FOI MEMO 7045.

²⁵ Försvarmakten (2017, p. 38) Svensk planerings och ledningsmetod. SPL 2017.

²⁶ Roxtröm, m.fl. (2020) Underlag till Försvarmaktens handbok i studiemetodik 2020 - FOI MEMO 7045.

²⁷ Hansson, m.fl. (2019) Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholders. Biomass and Bioenergy. v. 126, ss. 159-173.

²⁸ Försvarmakten (2020) Försvarssektorns inriktningsdokument inom miljöområdet. FM2020-24569:2.

angrepp^{29,30}. Operativ förmåga är följaktligen fortsatt centralt i studien. På kort sikt måste den operativa förmågan vara samma eller bättre. Då omställningen till klimatneutralitet i grunden handlar om en energiomställning från fossil energi till alternativa lösningar är de viktigaste dimensionerna av operativ förmåga relaterade till:

- beredskapskrav
- prestanda (exempelvis räckvidd, och rörlighet)
- lagringsbeständighet
- livslängd på fordon, farkoster och energibärare
- försörjningstrygghet i kris och krig
- tillgänglighet och totalförsvar (tillgång på marknaden eller i särlösningar för Försvarsmakten)
- logistik (taktisk påverkan)
- interoperabilitet (samverkan med annan part inom och utanför Sverige).

Dessa frågeområden kommer inte analyseras i detalj i rapporten. Syftet med att lyfta fram de operativa dimensionerna är att sammanställa tidigare kunskap om möjliga klimatneutrala lösningar och sedan analysera vilka alternativ som uppfyller Försvarsmaktens krav och vilka som måste förkastas.

Noterbart är också att på lång sikt kan operativa krav ändras och ny förmåga prioriteras för utveckling. För- och nackdelar med olika lösningar på lång sikt diskuteras där så är relevant men i stort begränsas studien till nuvarande tekniker och plattformar i Försvarsmakten. Flertalet av dagens eller redan planerade materielsystem har livslängder som överskrider de svenska klimatmålens tidshorisont och kan antas vara fortsatt operativa även efter 2045.

2.2 Avgränsningar och förutsättningar givet tillväxten i försvaret

Tolkningen av uppdraget är att ett stort fokus bör vara på minskat fossilberoende och de största drivkrafterna till CO₂-utsläpp i Försvarsmakten. Detta gör att analysen fokuserar på energianvändning i fordon och farkoster som i dag är Försvarsmaktens huvudsakliga utsläppskälla. Vidare leder samma resonemang till ett visst fokus i analys och de övergripande slutsatserna på flygets förutsättningar då Flygvapnet står för de klart största utsläppen med ca 70 % av

²⁹ Totalförsvaret 2021–2025. Prop. 2020/21:30.

³⁰ Värnkraft - Inriktningen av säkerhetspolitiken och utformningen av det militära försvaret 2021-2025. Ds 2019:8.

dagens förbrukning av drivmedel.³¹ På grund av Försvarsmaktens tillväxt är det också viktigt att betona att energieffektivisering generellt inte är en långsiktig lösning. En ökande energianvändning kräver byte av drivmedel eller system. Energieffektiviseringar kommer därför inte att vara en central fråga för studien. Vidare avgränsas energianvändning i byggnader bort då dessa är i stort sett klimatneutrala jämfört med utsläpp från transporter och taktiska fordon.³²

En avgränsning görs också till att i första hand analysera Försvarsmaktens direkta utmaningar kopplade till användning av alternativa drivmedel för att minska fossilberoendet. Generellt berör samhällets omställning till klimatneutralitet en rad totalförsvarsfrågor som energianvändning i andra myndigheter, robust energiförsörjning och tillgång till el, utmaningar med reservkraft i samhällsviktig infrastruktur i civila samhället som sjukhus, mobiltelefoninät, serverhallar och bränsledepåer. Så länge elkraft genereras med bensin- eller dieselgeneratorer behöver samhället säkerställa driftssäkerhet och lagringsbeständighet av nya drivmedel. Vidare analys av lösningar på bredare totalförsvarsutmaningar pekas ut när det har tydlig koppling direkt till Försvarsmaktens drivmedelsanvändning men omhändertas inte vidare i denna rapport. På ett liknande sätt behandlas interoperabilitet och världlandsstöd. Möjligheten att samverka och ge och ta emot stöd med kort varsel ställer stora krav på teknisk interoperabilitet. När krav på interoperabilitet är avgörande för analys av vägval och slutsatser redovisas detta men en detaljerad analys lämnas utanför detta arbete. Hur olika vägval påverkar känsligheten för framtida cyberhot beaktas inte heller i denna rapport (exempelvis konsekvenserna av ett generellt större inslag av elektrifiering och batterier). Slutligen görs inga detaljerade analyser av importberoende och försörjning eller logistik, även om perspektivet berörs i avslutande diskussion och analys.

Analysen utgår från att Försvarsmakten är i tillväxt enligt det nyligen tagna försvarsbeslutet.³³ Försvarsmakten kommer därmed att fram till 2030 att vara i tillväxt numerärt, men också med tydliga mål om ökad användning av befintligt materiel (bland annat Stridsfordon 90 och Stridsvagn 122) i de nya mekaniserade brigaderna³⁴. Vidmakthållande av dagens JAS 39 C i insatsorganisationen och JAS 39 D som avancerat skolflygplan³⁵ parallellt med nya JAS 39 E ger en större

³¹ Personlig kommunikation med Försvarsmakten, de absoluta volymerna är sekretessbelagda.

³² Försvarsmakten (2018) Försvarsmaktens miljöredovisning 2017.

³³ Totalförsvaret 2021–2025. Prop. 2020/21:30.

³⁴ Värnkraft - Inriktningen av säkerhetspolitiken och utformningen av det militära försvaret 2021-2025. Ds 2019:8.

³⁵ Försvarsmakten (2021) Försvarsmaktens Strategiska Inriktning 2021-2030. FM2021-7333:1.

numerär på flygplan och ett utökat flygtidsuttag.³⁶ Baserat på det nya försvarspolitiska beslutet, Försvarsmaktens nya strategiska inriktning och dialog med FMV och försvarsgrenarna görs därför en förenklad och samlad bedömning att energianvändning i ett växande försvar kan förväntas öka proportionerligt med de ökade försvarsanslagen för försvarsgrenarna. Analysen hålls på detta sätt övergripande och undviker detaljerad analys där sekretess kan råda.

Slutligen görs endast enklare beräkningar av möjliga utsläppsminskningar och förändrade kostnader. Relativa förändringar uppskattas på kort sikt jämfört med dagens läge. Resultat i absoluta termer, så som kostnaden för att ställa om hela Försvarsmakten, är behäftade med stora osäkerheter, kräver sekretessbelagda uppgifter och framför allt att en given ambitionsnivå i omställningstakten definieras. Beräkningar av detta slag redovisas ej då detta ligger utanför den ställda uppgiften.

³⁶ Värnkraft - Inriktningen av säkerhetspolitiken och utformningen av det militära försvaret 2021-2025. Ds 2019:8.

3 Den civila utvecklingen och tidigare slutsatser

Det tidigare arbetet i studien konstaterar att de viktigaste frågorna för Försvarsmakten på kort sikt dels rör vilka alternativa drivmedel som är praktiskt användbara i Försvarsmakten, dels kunskapsläget om vad den snabba civila utvecklingen mot fossilfria transporter innebär för tillgången på bränslen och drivmedel i Sverige. Hur Försvarsmakten bör förhålla sig till den civila utvecklingen kan med andra ord delas upp i analys av vad som är trolig utveckling civilt och vad Försvarsmakten behöver göra för att möta den civila utvecklingen och arbeta mot minskad klimatpåverkan. Den underliggande och mer långsiktiga centrala frågan är försörjningssäkerhet. Andra mer närliggande och konkreta frågor rör operativa krav och möjlighet eller svårigheten att aktivt minska utsläppen genom att byta drivmedel och tekniklösningar i takt med civilsamhället.^{37,38}

3.1 Bränslebyte och elektrifiering

På kort sikt är de specifika klimatpolitiska målen om utsläppsminskningar på 70 % till 2030 för transportsektorn i Sverige mycket ambitiösa för civilsamhället. Trots den positiva utvecklingen av elektrifierade fordon^{39,40} och snabbt växande försäljning av laddbara bilar i Sverige är detta tekniskifte på global skala fortfarande i ett inledande skede. På grund av begränsningar i möjligheterna med elektrifiering (för främst flyg och sjöfart) och framförallt begränsningar i omsättningstakten av existerande produktionsapparater och fordonsflotta är de politiska målsättningarna för utsläppsminskningarna skarpare än vad elektrifiering kan bidra till. Det höga politiska trycket på en snabb omställning bort från fossila drivmedel, en hög teknisk potential för hållbara inhemska biodrivmedel⁴¹ och ett historiskt fokus på biodrivmedel i Sverige⁴² har resulterat

³⁷ Nykvist (2021) Klimatneutral Försvarsmakt – Frågeställningar för Armén och sammanställning av förslag på inriktning för fortsatt arbete mot minskat fossilberoende inom FM. FOI Memo 7433.

³⁸ Ellis och Pastuhoff (2021) Energisystem för robust energiförsörjning. FOI-R-5000.

³⁹ Nykvist och Nilsson (2015) Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, v. 5, ss. 329–332.

⁴⁰ Nykvist, Sprei, Nilsson (2018) Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles, *Energy Policy* v 124, ss. 144-155.

⁴¹ Börjesson, m.fl. (2014) Biofuel futures in road transport – A modeling analysis for Sweden. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. v. 32, ss. 239-252.

⁴² Hillman, Sandén (2008) Exploring technology paths: The development of alternative transport fuels in Sweden 2007–2020. *Technological forecasting & social change*. v. 75(8), ss. 1279-1302.

i en mycket aktiv politik för ett bränslebyte: från bränslen baserade på fossil olja till förnyelsebar biobaserad råvara.

Biodrivmedel har historiskt stöttats med olika investeringsstöd och skattelättnader. Idag är styrmedlet för ökad biodrivmedelsanvändning istället inriktat på krav om allt högre nivåer av inblandning i diesel och bensin genom så kallad reduktionsplikt. Reduktionsplikten innebär att alla drivmedelsleverantörer måste minska växthusgasutsläppen från bensin och diesel med en viss procentsats och detta sker genom inblandning av biodrivmedel med lägre nettoutsläpp av CO₂. Systemet genomförs genom att de drivmedelsleverantörer som är skattskyldiga för att bensin och/eller dieselbränsle också har ansvar att rapportera vilken inblandning som sker.⁴³

Läsaren bör här notera att ändringen från fossila till biobaserade drivmedel civilt kallas för bränslebyte medan Försvarmakten ofta använder begreppet drivmedel för bränslen som används i fordon och farkoster. I denna rapport följer vi inte denna nomenklatur strikt. Rapporten använda både begreppet bränsle och drivmedel respektive biobränsle och biodrivmedel synonymt för bränslen som används i fordon och farkoster.

Tekniken som omgärdar ett byte till alternativa bränslen är välkänd. Detta efter flera årtionden av teknisk utveckling som bland annat drivits av politiska initiativ kring biodrivmedel med syftet att minska utsläpp.⁴⁴ Framställning och tillgång på biodrivmedel av generation ett (exempelvis etanol E85, biogas och FAME) och generation två, (så som HVO, DME, och FTD) är inte direkt föremål för, eller avhängiga av teknisk utveckling. Som Delstudie 1 konstaterade har i stort sett alla i delstudien diskuterade biodrivmedel redan kommersiella tillämpningar, om än begränsad volym och kostnadseffektivitet.⁴⁵ Den generella slutsatsen i forskningslitteraturen om biodrivmedel är densamma.

Nomenklatur för blandade drivmedel

När drivmedel benämns med förkortning på formen XYZ123 som t.ex. E85 står detta för andelen av det inblandade bränslet.

- E85: Etanol 85 % inblandad volym
- E10: Etanol 10 % inblandad volym
- HVO100: 100 % HVO
- B0: Diesel utan inblandade biodrivmedel

⁴³ Energimyndigheten (2019) Kontrollstation 2019 för reduktionsplikten – Reduktionspliktens utveckling 2021–2030. ER 2019:27.

⁴⁴ Se till exempel SOU 2013:84 Fossilfrihet på väg.

⁴⁵ Försvarmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

Även om den tekniska potentialen för biodrivmedel är stor i Sverige⁴⁶, så är potentialen för framtida kostnadsminskningar begränsad och implementeringen civilt avgörs generellt av ekonomi och politik snarare än nya tekniska framsteg.^{47,48} Som exempel kan nämnas att både framväxten och sedan tillbakagången i försäljning av etanol E85 under inledningen av 2000-talet och den mer sentida ökningen av HVO främst beror på ekonomiska incitament och styrmedel, inte förbättrad kostnadseffektivitet. HVO är fortsatt cirka två till tre gånger dyrare att producera än fossil diesel och Energimyndigheten räknar inte med några framtida kostnadsminskningar.⁴⁹

HVO och HEFA

HVO, eller Vätebehandlad Vegetabilisk Olja, engelska "hydrogenated vegetable oil" kan produceras från en rad olika vegetabilisk oljor. Genom en hydreringsprocess uppgraderas kolvätekedjor med väte och aromater och alkener mättas till parafiner. Detta ger en syntetisk diesel som är mer stabil och med mycket liknande kemiska egenskaper som vanlig diesel. Köldegenskaper kan dock variera och densiteten är något lägre än konventionell diesel. Samma process används för att framställa jetbränslet HEFA, engelska "Hydroprocessed esters and fatty acids".

Skillnaden i utveckling av biodrivmedel och elektrifiering är därför principiellt stor. Sedan tidigt 2000-tal har kostnaderna för litium-jon batterier minskat med över 90 %^{50,51} och även om också omställningen till elektrifiering subventioneras i Sverige och på många håll i världen drivs omställningen i grunden av allt bättre och billigare batterier. Globalt sker en snabb framväxt av pluginhybridfordon och rena batteridrivna personfordon i allt fler marknadssegment.⁵² Även kategorier av fordon där det historiskt ansetts omöjligt att elektrifiera påverkas och det är troligt att helt elektriska drivlinor slår igenom även på tunga vägfordon på kommersiella grunder.⁵³ De civila tillverkarna av tunga fordon i Sverige satsar

⁴⁶ Börjesson, Hagberg, m.fl. (2016) Bioenergy futures in Sweden – Modelling integration scenarios for biofuel production. *Energy*, v. 109, ss. 1026-1039.

⁴⁷ Börjesson, m.fl. (2016) Dagens och framtidens hållbara biodrivmedel – i sammandrag. Rapport f3 2016:03.

⁴⁸ Johansson och Jonsson (2018) Beredskap i framtida energisystem. En analys med utgångspunkt i Energimyndighetens "Fyra framtider" FOIR4589.

⁴⁹ Energimyndigheten (2021) Scenarier över Sveriges energisystem 2020. ER 2021:6

⁵⁰ Nykvist och Nilsson (2015) Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, v. 5, ss. 329–332.

⁵¹ Nykvist, Sprei, Nilsson (2018) Assessing the progress toward lower priced long range battery electric vehicles, *Energy Policy* v 124, ss. 144-155.

⁵² Nykvist och Olsson (2019). Decarbonizing road freight systems: stakeholder-generated scenarios for deep emission reductions in Sweden. Policy brief. Stockholm Environment Institute.

⁵³ Nykvist och Olsson (2021). The feasibility of heavy battery electric trucks. V. 5(4), ss. 901-913.

mycket på elektrifiering och ser det kommande årtiondet främst en utveckling mot elektrifiering med batterier och vätgas på global skala snarare än biodrivmedel.⁵⁴

Även vätgas har i likhet med batteriteknik goda utsikter för framtida kostnadsminskningar. Både för bränsleceller och produktion av vätgas⁵⁵ och allt fler aktörer inom både industrin, tunga vägfordon och det civila flyget ser möjliga tillämpningar. Generellt ger allt lägre produktionskostnader för vätgas genom elektrolys möjligheter att mer kostnadseffektivt syntetisera även andra flytande drivmedel som metanol från vätgas och koldioxid⁵⁶. En rad ämnen kan framställas i processer där antingen förnyelsebar biomassa förgasas eller koldioxid infångas och syntetiseras tillsammans med vätgas i katalytiska processer vilket ger olika kolväten som metan (CH_4), metanol (CH_3OH), DME (CH_3OCH_3), och FTD ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$). Efter detta kan även tyngre bränslen likvärdiga med olja, diesel och bensin syntetiseras^{57,58}. När bränslen syntetiserats från vätgas framställd med förnyelsebar elektricitet genom dessa metoder kallas det generellt elektrobränslen och den framtida potentialen med sådana syntetiska bränslen kan vara betydande men är fortfarande förknippad med stor osäkerhet.⁵⁹

Flera parallella civila utvecklingstrender påverkar med andra ord Försvarsmakten i närtid och på längre sikt. Kontinuerlig minskning i kapitalkostnad för förnyelsebar elproduktion och teknologier för syntetisering ändrar gradvis på konkurrenskraften för elektrifiering, vätgas och bränslen från elektricitet relativt traditionella biodrivmedel. ***Den övergripande slutsatsen är dock att på kort sikt är det realistiska alternativet för Försvarsmakten ett bränslebyte.*** På längre sikt kan även elektrifierade alternativ analyseras inom respektive försvarsgren. Försörjningssäkerhet med el i fält kommer vara en central frågeställning. Elektrifieringen av samhället berör främst Försvarsmakten indirekt och då främst vid höjd beredskap, då framtida civila resurser tas i anspråk.

⁵⁴ Se Scania (2018) The Pathways study - Achieving fossil-free commercial transport by 2050

⁵⁵ Glenk och Reichelstein (2019) Economics of converting renewable power to hydrogen. Nature Energy. v. 4, ss. 216–222.

⁵⁶ Brynolf, m.fl. (2018) Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 81(22), ss. 1887-1905.

⁵⁷ Hansson, m.fl. (2019) Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholders. Biomass and Bioenergy. v. 126, ss. 159-173.

⁵⁸ Brynolf, m.fl. (2018) Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 81(22), ss. 1887-1905.

⁵⁹ Brynolf, m.fl. (2018) Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 81(22), ss. 1887-1905.

3.2 Uteslutna alternativ på kort sikt

Tidigare analys i studien konstaterar att ett bränslebyte i Försvarsmakten på kort sikt generellt begränsas av att nya drivmedel måste fungera i dagens system, och materiel av mycket varierande ålder och användningsmönster, utan förlust av förmåga eller stora ombyggnationer.^{60,61} Även om halvtidsmodifiering av större plattformar som fartyg öppnar upp möjligheter för anpassningar till alternativa bränslen har Försvarsmakten en lång rad av äldre fordon och farkoster vilka inte är realistiska att bygga om för bränslen med nya egenskaper. Vidare är det viktigt att så få bränslen som möjligt används för att förenkla försörjningskedjor och interoperabilitet vid insats, varför ytterligare diversifiering till olika bränslen bör undvikas. Snarare är det eftersträvarsvårt med ett enhetsbränsle.⁶²

I efterföljande kapitel analyseras och sammanfattas förutsättningarna för respektive försvarsgren i mer detalj. Här redovisas först generella begränsningar på kort sikt för ett bränslebyte i Försvarsmakten enligt tidigare arbete i studien. En sammanställning görs även i tabell 1 i Bilaga 1.

- **FAME/RME kan uteslutas.** Den lägre lagringsbeständigheten gör att bränslet inte är möjligt som drivmedel i Försvarsmaktens materiel som ofta förädlas eller har låg omsättning på bränsle.
- **Dagens civila diesel av Miljöklass 1 (MK1) med 7 % inblandning av FAME är generellt inte möjligt att använda** (och används endast undantagsvis idag) av samma anledning som ett rent FAME bränsle. Om sämre lagringsprestanda bedöms hanterbar kan möjligen inblandning av FAME övervägas i till exempel delar av Armén och Marinen med hög omsättning på drivmedel. Men Försvarsmakten behöver i så fall göra egen fördjupad analys och utveckla en egen strategi för vilka system som kan försörjas med samma bränslebyte som det pågående civila.
- **Alkoholerna etanol och metanol är problematiska på grund av att det inte går att använda utan kostsamma modifieringar i dieselmotorer vilka dominerar i Försvarsmakten.** Mycket pekar idag på att metanol kan bli ett viktigt bränsle i den civila sjöfarten, detta bör analyseras vidare givet Marinens behov men ett byte medför sänkt taktisk förmåga. Metanol kan även få tillämpningar i Försvarsmakten för stationär energiförsörjning i kombination med bränsleceller.

⁶⁰ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

⁶¹ Nykvist (2021) Klimatneutral Försvarsmakt – Frågeställningar för Armén och sammanställning av förslag på inriktning för fortsatt arbete mot minskat fossilberoende inom FM. FOI Memo 7433.

⁶² Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

- **Gasformiga bränslen som biogas, vätgas och DME och ammoniak är generellt mycket svåra eller omöjliga att använda i Försvarsmakten** på grund av lägre energidensitet, stora krav på ombyggnad av motorer och sämre lagringsbeständighet. Försvarsmakten behöver dock förhålla sig till utvecklingen av biogasanvändning i civila transportfordon som lastbilar och mot vätgas i civila flyget och eventuell teknikutveckling och kommersialisering av andra gasformiga bränslen.
- **Elektrifiering och hybridisering begränsas generellt av krav på räckvidd, energitäthet och brist på utrymme**, men konsekvenser och möjligheter med den civila omställningen till elektrifierade drivlinor behöver belysas på både kort och lång sikt.

Det är tydligt att de bränslen som konceptuellt är möjliga på kort sikt i Försvarsmakten främst avgränsas till dieselsubstitut så som HVO, HEFA eller syntetiska bränslen.⁶³ Det pågående civila bränslebytet och möjligheterna med motsvarande bränslebyten i Försvarsmakten kräver ett intensifierat arbete med konkreta tester i fordon och farkoster, certifiering av motorer och bränslesystem samt analys av äldre fordon och farkoster. I följande kapitel analyseras nu respektive försvarsgren mer i detalj givet dessa övergripande slutsatser med fokus på vad Försvarsmakten kan göra på kort sikt.

⁶³ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

4 Förutsättningarna för klimatneutralitet i försvarsgrenarna på kort sikt

4.1 Armén

För mobilitet på marken används främst diesel inom Försvarsmakten, både i taktiska fordon och för logistik. Utöver i personfordon används bensin främst i äldre terrängfordon som nyttjas av hemvärnet.⁶⁴ Förutsättningarna kopplade till ett drivmedelsbyte är likartade i stora delar av Armén och går ut på att byta ut fossil diesel till ett mer klimatvänliga alternativ i en rad vitt skilda fordonsystem, från Stridsvagn 122 till civila lastbilar som tas i anspråk av Försvarsmakten vid kris och krig. För Armén fokuserar denna rapport därför på frågeställningar kopplade till drivlinor, bränslen och energibärare snarare än olika lösningar i olika typer av fordon.

Förändringar av vilka bränslen som tillåts och säljs civilt påverkar Försvarsmakten genom de beroendeförhållanden som finns till civila tillverkare och distributörer av drivmedel för både leveranser och lagerhållning. Sedan färdigställandet av föregående års delrapport i studien⁶⁵ har den politiska inriktningen mot ett bränslebyte styrt via reduktionsplikt klarnat ytterligare. Regeringen har kommit överens med stödpartierna om indikativa nivåerna om 66 % reduktion i diesel och 28 % i bensin till 2030⁶⁶ och ambitionsnivån är i stort sätt i linje med klimatmålet till 2030.⁶⁷ Vidare föreslår den nyligen färdigställda Utfasningsutredningen att försäljning av fossila bränslen förbjuds helt för både inrikes transporter och arbetsmaskiner senast 2040.⁶⁸ Detta innebär att civilsamhället redan har gjort ett tydligt ställningstagande för hur Sverige ska bli fossilfritt genom bränslebyte på kort sikt och mycket hög grad av elektrifiering på längre sikt.

Armén behöver därmed på kort sikt anpassa sig till den inslagna civila vägen. Utbudet av möjliga fordon att införskaffa till Försvarsmakten kan inom kort

⁶⁴ Armén använder också små mängder bensin i exempelvis motorcyklar, terrängfordon motorsågar och snöskotrar.

⁶⁵ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

⁶⁶ Lag (2017:1201) om reduktion av växthusgasutsläpp från vissa fossila drivmedel.

⁶⁷ Naturvårdsverket (2019) Underlag till regeringens klimatpolitiska handlingsplan. Rapport 6879.

⁶⁸ I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040. SOU 2021:48.

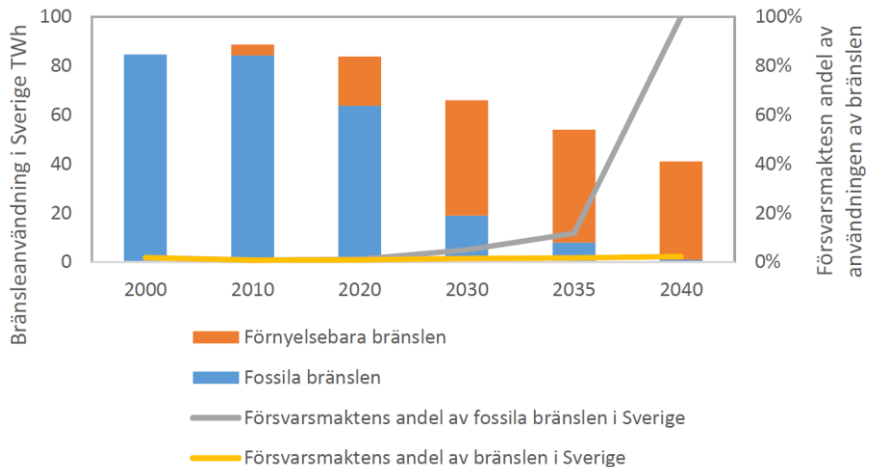
begränsas av utvecklingen civilt. Detta måste omhändertas i pågående kravställningsarbete på framförallt personfordon men gradvis även tyngre fordon som lastbilar.

Både Diesel MK1 och Bensin MK1 förändras i och med den nya reduktionsplikten i mycket snabb takt med potentiellt stora konsekvenser för tillgången på olika typer av drivmedel på relativt kort sikt. Försäljning av Diesel MK1 B0 utan biodrivmedel till Försvarsmakten är från augusti 2021 undantagen kravet om reduktionsplikt enligt den rekommendation och dialog som återgavs i första delstudien. Detta underlättar för leverantörer att förse Försvarsmakten med diesel utan tillsatt FAME.⁶⁹ Trots detta kan tillgängligheten, lagerhållningen och priset på diesel MK1 B0 med hög lagringsbeständighet komma att ändras påtagligt till 2030 och mycket snabbt efter 2030 på grund av att vanlig diesel MK1 med hög inblandning blir en allt större andel av totala drivmedelsförsörjningen och MK1 B0 utan inblandning minskar i volym och därmed tillgänglighet (se figur 1).

Arméns utmaning med inblandade biobränslen illustrerar också en generell utmaning för Försvarsmakten. Utfasningsutredningen räknar med ett totalt behov av flytande och gasformiga bränslen i Sverige på ca 60 TWh till 2030 varav förnybara står för ca 45 TWh. Eftersom Försvarsmaktens inte nämnvärt kan förväntas elektrifiera några transporter på kort sikt och eftersom civilsamhället ställer om fort ökar Försvarsmaktens andel av flytande bränslen generellt. Framför allt ökar specifikt andelen av fossila bränslen. Läsaren påminns om att Försvarsmakten är den enda sektor som lämnas utanför förslag på politik om utfasning av fossila bränslen⁷⁰. Försvarsmakten bör därför på kort sikt inleda ett mer aktivt arbete att anpassa fordon i linje med den civila utvecklingen. Om Försvarsmakten inte genomför några förändringar och inte följer den civila utvecklingen är Försvarsmakten mot mitten av 2030-talet en av få aktörer som använder fossila bränslen och därmed de facto beroende av egna drivmedelslager och försörjningskedjor istället för civila.

⁶⁹ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

⁷⁰ I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040. SOU 2021:48.



Figur 1. Försvarmaktes andel av fossila bränslen i Sverige utan omställning till fossilfrihet baserat på data i Utfasningsutredning, SOU 2021:48.

Generellt innebär den allt tydligare politiska inriktningen mot det generella styrmedlet reduktionsplikt (istället för skattelättnader och stöd för specifika bränslen) att den historiska florin av alternativa biobränslen i praktiken styrs hårdare mot inblandning. Både Etanol E85 och HVO100 minskade i totala leveranser 2019 och HVO blandas idag i större utsträckning in i vanlig Diesel MK1.⁷¹ Effekten är än så länge liten men ökar sannolikt när reduktionsplikten gradvis höjs. Reduktionsmålet om 66 % reduktion gäller i absoluta tal på CO₂-utsläpp i sektorn, inte volym levererade biobränslen som blandas in. Eftersom det dels är olika reduktionsnivåer för olika biobränslen och dels är oklart hur stora energieffektiviseringar (genom elektrifiering) det blir till 2030 och utsläpp räknas med livscykelanalys, kan kravet på inblandning bli ännu högre.

På längre sikt finns dock flera möjliga utvecklingar av styrmedlen som kan ändra på spelreglerna. Även om undantag för beskattning av rena biodrivmedel är osäkra kan specifika biobränslen kvarstå, om dessa införlivas i reduktionsplikten som är ett förslag i Utfasningsutredningen. Alternativt kan också styrmedlen förändras till en handel med utsläppsrätter, speciellt om EU inför detta styrmedel.⁷²

⁷¹ Energimyndigheten (2019) Drivmedel 2019. ER 2020:26.

⁷² I en värld som ställer om - Sverige utan fossila drivmedel 2040. SOU 2021:48.

4.1.1 Möjligheter och utmaningar med det pågående civila bränslebytet

På grund av prestandakrav och de långa livslängderna på Arméns materiel är ett dieselsubstitut med samma eller mycket liknande egenskaper som fossil diesel den snabbaste och enda framkomliga vägen för minskade utsläpp från markfordon på kort sikt. För Försvarsmakten framstår användning av Diesel MK1 B0 med inblandad HVO, men utan FAME, som både en möjlig och tekniskt sett framkomlig väg att sänka sina utsläpp. Mot bakgrund av den snabba civila förändringen beskriven ovan är det även en delvis nödvändig anpassning till civilsamhället. Ett byte till MK1 B0 med en inblandning av HVO i nivå med vanlig diesel MK1 om ca 17,5 % (år 2019) innebär enligt energimyndighetens beräkningsmodell utsläppsminskningar om ca 15 %. Användning av HVO 100 skulle ge en ca 85-procenting minskning.

Delstudie 1 konstaterade att även om inte alla dieselmotorer är certifierade för HVO100 bör en stor andel av Försvarsmaktens fordon kunna drivas på bränslet.⁷³ Blandningar i likhet med det gradvisa civila bytet genom en ny kombination av dagens MK1 B0 diesel och HVO är inte särskilt utredd men bör vara enklare än att genomföra än en övergång till HVO100. Tillgången på HVO100 är dock begränsad och reduktionsplikten gör att HVO i större utsträckning blandas i diesel MK1 istället för att säljas som rent biobränsle. Detaljerade frågor kvarstår också om till exempel tillförlitligheten vid lägre temperaturer. Idag isomeriseras HVO-bränsle vid tillverkningen på vintern för att uppnå bättre köldegenskaper men av kostnadsskäl är det inte troligt att all tillverkad HVO får goda köldegenskaper vilket leder till lägre försörjningssäkerhet och problem med fordon som tankas på sommaren men sedan används på vintern.

Försvarsmakten kan börja arbeta med att analysera behovet av konkreta tekniska lösningar så att diesel med inblandning av HVO uppfyller Försvarsmaktens krav. Oavsett om och hur fort Försvarsmakten kan arbeta för att införa dieselsubstitut som HVO på kort sikt kvarstår utmaningen att den civila dieseln som säljs har inblandning av FAME och allt högre andel HVO.

En specifik fråga för Försvarsmakten är att reduktionsplikten påverkar även inblandning av biobränslen i bensin. Bensin MK1 E5 stöds av Försvarsmakten men den pågående förändringen till Bensin MK1 E10 kan påverka Försvarsmaktens bränsleförsörjning av bensindrivna fordon, aggregat och arbetsmaskiner som är tillverkade före januari 2011.⁷⁴ Frågan om det är möjligt att framgent ha tillgång till bensin utan inblandad etanol behöver utredas. Alternativet är en annan teknisk lösning som konvertering till diesel eller

⁷³ Försvarsmakten (2020) Klimatneutralitet och alternativa drivmedel i Försvarsmakten – Armén. Delrapport 1 inom studien Klimatneutralt FM Maj 2020.

⁷⁴ Främst Hemvärnet och vissa jägarförband som använder snöskoter i verksamheten.

anpassning till ny bensinkvalitet med högre etanolinnehåll. Hur stor påverkan är på Hemvärnet och övrig verksamhet inom Armén bör utredas närmare, men det kan noteras att förändringen i tillgänglighet av Bensin MK1 E5 på civila tankstationer ändras till Bensin MK1 E10 genomfördes under augusti 2021.⁷⁵

Armén är således den försvarsgren som på kort sikt tydligast påverkas av den snabba civila omställningen av vägtrafiken, mot en högre grad av elektrifiering och med bränslebyte bort från fossil diesel. Kontrasten mellan militära behov och den påbörjade civila omställningen är därmed också tydligast för Armén och marktransporter i Försvarsmakten eftersom elektrifiering har mycket begränsade möjligheter i Försvarsmakten på kort sikt. Operativa krav som räckvidd, energiförsörjning, förmåga till snabb logistik gör rena elfordon taktiskt och operativt omöjliga i dagens energisystem.

En konkret utmaning ur totalförsvarsperspektiv är det faktum att många kategorier av civila person- och lastbilar så småningom kan komma att elektrifieras i stor utsträckning, men samtidigt planeras att dessa tas i anspråk av Försvarsmakten för logistik i kris och krig, med helt andra operativa krav. På längre sikt innebär dock elektrifieringen av markfordon både utmaningar så som lägre tillgänglighet på förbränningsmotorteknik och möjligheter givet den generella utvecklingen mot elektriska vapen och förmågor⁷⁶.

4.2 Flygvapnet

Flygvapnet står för majoriteten av utsläppen från Försvarsmaktens bränsleanvändning. Största delen av bränslet förbrukas av JAS 39-systemet varför frågan om vad Försvarsmakten kan göra på kort och lång sikt för att bidra till noll nettoutsläpp i Sverige i mycket hög utsträckning avgörs av vilka bränslen och plattformar som används inom flyget. Med utgångspunkten att dagens typ av system används även i framtiden är omställningen av flyget till fossilfrihet betydligt mer tekniskt utmanade än den för transporter till sjöss och på väg, så väl för militära som för civila aktörer. De tekniska kraven är på många sätt betydligt högre inom flyget. Flyg använder i jämförelse med markfordon ca 10 gånger mer bränsle i relation till totalvikten, vilket medför behov av ett energisystem med mycket höga prestandakrav. En Airbus A320 kan starta med mer än 30 % av startvikten i form av bränsle och JAS-39 har liknade förutsättningar.⁷⁷

⁷⁵ Transportstyrelsen (2021). E10-bränsle. url: transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Klimat/E10/. Hämtad 2021-10-18.

⁷⁶ Nyholm, mfl (2006) Slutrapport AECV-energisystem. FOI—R--2195.

⁷⁷ FMV (2021) Mer fakta om JAS 39 Gripen. url: fmv.se/projekt/jas-39-gripen/mer-fakta-om-jas-39-gripen. Hämtad 2021-10-18.

Den starka trenden mot elektrifiering av den landbaserade transportsektorn⁷⁸ är därför långt ifrån lika självklar för flyget. Med bättre batteriteknik skulle batterielektriska flygplan kunna bli aktuella för regionala transporter begränsade till samma kontinent, men det krävs en stark teknisk utveckling av dagens litiumjon batterier⁷⁹ samt acceptans för fler mellanlandningar.

Vidare effektiviseringar av jetmotortekniken är möjlig men för att lösa klimatfrågan är flygindustrin i dagsläget primärt inriktad på två möjliga tekniska lösningar för att byta energibärare. Dels ett bränslebyte i dagens system till så kallade SAF (Sustainable Aviation Fuels), det vill säga syntetiska bränslen baserade på bioråvara eller syntetiserade från infångad koldioxid, dels en ny systemlösning baserad på flytande kryogen vätgas som kan användas antingen direkt i traditionella jetmotorer eller i bränsleceller tillsammans med elmotorer.⁸⁰

I denna rapport sammanställs främst arbetet mot biobaserade syntetiska bränslen. Att notera är att dock att framväxten av syntetiskt jetbränsle går fort och bör studeras närmare i fortsatta studier. USA:s Flygvapen rapporterade i oktober 2021 att de i ett forskningssamarbete lyckats producera flygbränsle (E-Jet) syntetiserat direkt ur koldioxiden i luften.⁸¹ Flertalet initiativ baserade på samma teknik genomför liknande pilotverksamhet med ambitioner om mer storskalig produktion till exempel Zenid i samarbete med Climworks⁸² och 1PointFive i samarbete med Carbon Engineering.⁸³

⁷⁸ Nykvist och Olsson (2019). Decarbonizing road freight systems: stakeholder-generated scenarios for deep emission reductions in Sweden. Policy brief. Stockholm Environment Institute; Nykvist och Olsson (2021). The feasibility of heavy battery electric trucks. V. 5(4), ss. 901-913.

⁷⁹ Schäfer, m.fl. (2018) Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft, Nature Energy. v. 4, ss. 160-166.; Trafikanalys (2020) rapport 2020:12 Elflyg början på en spännande resa – redovisning av ett regeringsuppdrag. Rapport 2020:12.

⁸⁰ NLR – Royal Netherlands Aerospace Centre och SEO Amsterdam Economics (2021) Destination 2050 A route to net zero European aviation. NLR-CR-2020-510.

⁸¹ <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/2819999/the-air-force-partners-with-twelve-proves-its-possible-to-make-jet-fuel-out-of/>. Hämtad 2021-10-25

⁸² <https://zenidfuel.com/>. Hämtad 2021-11-30

⁸³ <https://www.1pointfive.com/>. Hämtad 2021-11-30

Tabell 1. Konceptuell jämförelse av alternativa bränslesystem för civilt flyg baserat på dagens teknik och förväntad framtida teknikutveckling, källor enligt text.

	Dagens fossila bränsle	Biojet (som bred kategori)	Elektrobränsle	Kryogen vätgas	Batterielektrisk
Räckvidd	>15 000 km	Samma som fossilt bränsle	Samma som fossilt bränsle	2000 - 5000 km	Potentiellt upp till 1000 km
Förändringar av bränsle-system	-	Inga eller få anpassningar av motorer och bränslesystem	Inga eller få anpassningar av motorer och bränsle-system	Helt nytt bränslesystem. Anpassade motorer eller övergång till eldrift	Helt nytt system baserat på batterier och elmotorer
Påverkan på övergripande design	-	Ingen	Ingen	Helt ny design på grund av stora tankar för kryogen vätgas	Helt ny design på grund av krav på effektivitet
Viktigaste utmaningar för bränsle-försörjning	Tillgång i en allt mer fossilfri framtid	Hållbar resursbas och höga kostnader i konkurrens om biomassa	Reducering av totalkostnaden för syntes av vätgas med koldioxid	Utveckling av tankar, och infrastruktur för kryogen vätgas	Teknisk utveckling av batterier med högre specifik energi

Den nyligen genomförda utredningen om biojet SOU 2019:11 redovisar i detalj hur bränslebyte genom ett kvotpliktsystem, liknande dagens system för diesel och bensen för vägfordon, kan se ut för flygbränsle.⁸⁴ Regeringen lade i mars 2021 fram en proposition där det föreslås 27 % kvotplikt till 2030.⁸⁵ Biobränslen är tydligt det civila förstahandsalternativet på kort sikt. Vätgas kan på längre sikt vara aktuellt för civilt flyg på korta till 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 räckvidd.⁸⁶ Kryogen vätgas kan inte heller lagras längre tid utan kokar av och ny energi behöver tillföras kontinuerligt för förvätskning. På lång sikt kan förändrade behov och nya plattformar för Flygvapnet möjligen medföra ändrade krav på förmåga. För dagens JAS 39-system och för en framtida plattform med liknande eller högre krav på räckvidd och/eller lastförmåga är vätgas emellertid inte ett alternativ, även om den civila flygindustrin skulle utvecklas starkt i denna riktning.

⁸⁴ Biojet för flyget. SOU 2019:11.

⁸⁵ Reduktionsplikt för flygfotogen. Prop. 2020/21:135.

⁸⁶ Barouitaji, m.fl. (2019) Comprehensive investigation on hydrogen and fuel cell technology in the aviation and aerospace sectors. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 104, ss. 31-40.

4.2.1 Fokus på utvecklingen mot syntetiska bränslen

För flyget, liksom för vägfordon, finns alternativa bränslen och processvägar baserade på olika resursbaser. Det syntetiska biojetbränsle för fossilfritt flyg som främst utvärderats i Sverige och som på kort sikt kan komma att öka i det civila flyget är inblandning av HEFA. Flygbränslen är en global fråga och följer internationella civila- och militära standarder. I dessa anges maximal inblandning av syntetiska jetbränslen i fossila jetbränslet (till exempel JETA 1 och NATO F-34). För att kunna blanda in alternativa syntetiska jetbränslen måste dessa processer genomgå en omfattande standardiserad kvalificeringsprocess enligt ASTM D4054. När processen är godkänd förs de in i standard ASTM D7566. Idag (2021) finns det sju processer som är godkända för tillverkning med inblandning upp till max 50 % i fossilt jetbränsle. För dessa tillverkningsprocesser anges även vilka råvaror som kan användas (exempelvis kol, naturgas samt vegetabiliska- och animaliska oljor).

Det syntetiska flygbränsle som består av bioråvara och finns kommersiellt tillgängligt är HEFA. Både råvaror och tillverkningsprocess är liknande som för HVO som dominerar för vägtrafiken. Försvarsmaktens förbrukning av det egna drivmedlet Flygfoto 75 är baserat på, men skiljer sig något från den civila Jet A1, och är i det nuvarande förslaget undantaget från kvotplikten.

Lyckade försök med 100 % biodrivmedel i JAS 39 under 2017 visar att det går att använda syntetiska jetbränslen baserade på biomassa även i militära applikationer, se figur 2. FMV har sedan 2013 samarbetat med USAF för att demonstrera två olika syntetiska alternativa jetbränslen.⁸⁷ Dels det amerikanska CHCJ-5 civilt godkänt i ASTM 7566, Annex 6, år 2020 upp till 50 %, dels det svenska ATJ/SKA som ännu inte är godkänd i ASTM D7566. Dessa två syntetiska biobaserade jetbränslen uppfyller internationella kraven för jetbränslen (JET A1, NATO-34) utan inblandning av fossilt jetbränsle till skillnad mot övriga idag kvalificerade processer. Amerikanska Marinens flygverksamhet har med få undantag godkänt 100 % användning av CHCJ-5 i alla flygande system. Gripen provflögs med mycket goda resultat med samma bränsle. Svenskproducerade bränslet ATJ/SKA har också utvärderats enligt ASTM D4054. Inga demonstrationsflygningar har gjorts men år 2020 testades JAS 39 motorn RM12 med 50 % inblandning. Detta på grund av små tillgängliga volymer av bränslet.

⁸⁷ Prisell. (2021) Teknisk slutrapport FoT Projekt Biojet 21FMV1816-3:1



Figur 2. Provflygning med biobränsle i JAS 39 (Foto Saab)

Sammantaget gör den civila utvecklingen av HEFA och lärdomarna från det genomförda FMV-projektet på CHCJ-5 och ATJ/SKA att kunskapsläget är högt inom myndigheter och flygindustri. Flera biojetbränslen har bekräftat likvärdig prestanda och har potential för att i framtiden kunna kvalificeras för både civil och militär användning upp till 100 %. Det ska noteras att det är innehavaren av plattformens militära typcertifikat (MTC) som utfärdar ett godkännande om syntetiska jetbränslen i enlighet med ASTM D7566 kan accepteras. Typcertifikatet för JAS 39 innehas av Saab AB.

Det finns därför goda möjligheter och anledningar för Flygvapnet att i större skala kunna fortsätta testa alternativa syntetiska bränslen för att gå i takt med den civila utvecklingen mot inblandning av till exempel HEFA eller andra nya hållbara bränslealternativ som kommer ut på marknaden. Flygvapnet har den största andelen utsläpp varför potentialen att minska utsläppen är störst inom denna försvarsgren. Samtidigt är den civila luftfarten tydligast beroende av nuvarande typ av flytande kol-vätebaserade jetbränslen. Den tekniska utvecklingen bör vara relativt sett mer likartad under längre tid för militärt och civilt flyg än för militära och civila marktransporter. Vidare försök och satsningar på fossilfria bränslen inom Flygvapnet karakteriseras med andra ord mindre av unika lösningar för Försvarsmakten.

4.3 Marinen

Sjöfarten i hela världen, inklusive Sverige, använder idag nästan uteslutande tyngre eller lättare eldningsolja som drivmedel. Endast en liten mängd alternativa

bränslen så som flytande metan i form av naturgas, biogas, MK1 diesel och metanol används i Sverige.⁸⁸ Redan år 2015 sänktes den högsta tillåtna svavelhalten till max 0,1 viktprocent svavel i vissa mycket sårbara ekosystem såsom Östersjön och Nordsjön. EU:s svaveldirektiv innebär i övrigt att den 1 januari 2020 sänktes den maximala svavelhalten i marina bränslen globalt från 3,5 % till 0,5 %, vilket minskar luftföroreningarna och skyddar hälsa och miljö. Idag använder Försvarmakten Dieselbrännolja 60 vilket uppfyller villkoren.⁸⁹

Generellt är de fossilfria alternativen i fartyg till sjöss många och den civila forskningen har studerat en rad alternativ. Dels kan etablerade biobränslen som biogas, etanol och HVO användas precis som i vägfordon. Vidare är sjöfarten en av de sektorer där syntetiska elektrobränslen studerats^{90,91} vilket kustbevakningen refererar till som e-MGO för elektro Marine Gas Oil.⁹² Slutligen sker även i sjöfarten en snabb utveckling mot hybridisering och ren eldrift med vätgas i bränsleceller eller batterier för kortväga transporter där Norge är ett föregångsland.⁹³



Figur 3. Illustration av bredd av fartyg i Marinen, HMS Carlskrona, Bastransportbåt, Stridsbåt 90 E, Ubåt Gotland, Korvett Visby, Minröjningsfartyg Koster. (Foto: Försvarmakten)

⁸⁸ Kouckey & Partners (2016) Sjöfartens energianvändning - Hinder och möjligheter för omställning till fossilfrihet. Uppdrag till Energimyndigheten.

⁸⁹ FMV (2019) Försvarmaktens Drivmedel Produktkatalog. M7789-000183.

⁹⁰ Hansson, m.fl. (2019) Alternative marine fuels: Prospects based on multi-criteria decision analysis involving Swedish stakeholders. Biomass and Bioenergy. v. 126, ss. 159-173.

⁹¹ Brynolf, m.fl. (2018) Electrofuels for the transport sector: A review of production costs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. v. 81(22), ss. 1887-1905.

⁹² Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

⁹³ Steen, m.fl. (2019) Greening the fleet: A technological innovation system (TIS) analysis of hydrogen, battery electric, liquefied biogas, and biodiesel in the maritime sector. SINTEF 2019:0093.

För långväga marina transporter med stort effekt- och energibehov pekar forskningen idag på att metanol är ett av de främsta fossilfria alternativen för den civila sjöfarten.⁹⁴ Trots lägre energiinnehåll och en rad utmaningar finns det ett stort civilt och kommersiellt intresse för metanol⁹⁵ med konkreta exempel på civila fartyg som testar metanoldrift⁹⁶. Världens största rederi för containerfartyg, danska Maersk, satsar tydligt på metanol och de första stegen tas mot storskaliga kommersiella satsningar på produktion av metanol som marint fossilfritt bränsle.^{97,98,99}

Försvarsmaktens förutsättningar är dock annorlunda än de civila. Marinen har sammantaget ett 20 tal fartygstyper med allt från större serier som Stridsbåt 90, fåtaliga farkoster som svävarer, enstaka fartyg som stöd- och ledningsfartyg HMS Carlskrona, och fåtaliga och mycket tekniskt unika farkoster som Ubåt HMS Gotland med framdrift genom både dieselmotor, batteridrift och stirlingsmotor (se figur 3). Den stora variationen i Marinens typer av farkoster och fartyg med enstaka eller ett fåtal exemplar i varje kategori eller fartygstyp ger också annorlunda förutsättningar än för Flygvapnet. Anpassningar till fossilfrihet behöver i många fall göras individuellt på fartygsnivå istället för att kvalificera en plattform som JAS 39 med en specifik motortyp och ett bränslesystem.

Gemensamt för samtliga fartyg och farkoster är dock att de idag har samma fossila energibärare i form av Dieselbrännolja 60.¹⁰⁰ Andra gemensamma förutsättningar är den taktiska fördelen att göra fartyg så små och snabba som möjligt, och att det är mycket viktigt att ha så få olika sorters drivmedel som möjligt för att möta krav på förenklad logistik, taktiska krav och totalförsvarsfråga.

I praktiken betyder detta att ett fossilfritt bränsle på kort sikt behöver ha liknade egenskaper som dagens drivmedel, att samtliga fartyg inom Marinen bör kunna

⁹⁴ Verhelst, m.fl. (2019) Methanol as a fuel for internal combustion engines. Progress in Energy and Combustion Science. v. 70. ss. 43-88.

⁹⁵ Adamopoulos (2021) Maersk claims progress in carbon neutral methanol hunt. Lloyd's List. News. url: <https://lloydslist.maritimeintelligence.informa.com/LL1136363/Maersk-claims-progress-in-carbon-neutral-methanol-hunt>. Hämtad 2021-10-22.

⁹⁶ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

⁹⁷ Maersk (2021) Maersk secures green e-methanol for the world's first container vessel operating on carbon neutral fuel. Press releases. url: <https://www.maersk.com/news/articles/2021/08/18/maersk-secures-green-e-methanol>. Hämtad 2021-10-22.

⁹⁸ <https://www.liquidwind.se>. Hämtad 2021-10-22.

⁹⁹ Obmiska (2021) Koldioxiden ska ge 200 000 ton metanol – per år. Ny teknik 2021-04-15. url: <https://www.nyteknik.se/premium/koldioxiden-ska-ge-200-000-ton-metanol-per-ar-7012937>. Hämtad 2021-10-22.

¹⁰⁰ Ett undantag är mindre användning av bensin för utombordsmotorer på främst RIB-båtar.

använda samma energibärare och att den nya lösningen även bör vara densamma för myndigheter som till exempel Kustbevakningen vars fartyg utgör en viktig resurs in totalförsvaret.¹⁰¹ I den följande delen där fossilfria alternativen på kort sikt behandlas tar analysen därför avstamp i Kustbevakningens nyligen genomförda arbete och slutsatser.

4.3.1 Dieselsubstitut och individuell analys av farkoster

Kustbevakningen har liknande utmaningar som Marinen med en diversitet av fartyg i olika storlekar med olika prestanda och uppgifter. För att analysera förutsättningarna utvecklade Kustbevakningen inom ramen för sitt regeringsuppdrag om fossilfrihet nyligen en klassificering baserat på storlek och energibehov¹⁰². Energiförbehovet är mycket starkt beroende av fartresurserna varför en motsvarande klassificering av Marinens fartyg har genomförts. Underlagen nedan baseras på fartygens toppfart och storlek i termer av displacement. En inventering av Marinens samtliga typer av ytfartyg på dessa variabler visas i figur 4 och tabell 2.

¹⁰¹ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

¹⁰² Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

Tabell 2. Fartygskategorier i Försvarsmakten anpassad till klassificering gjord av Kustbevakningen

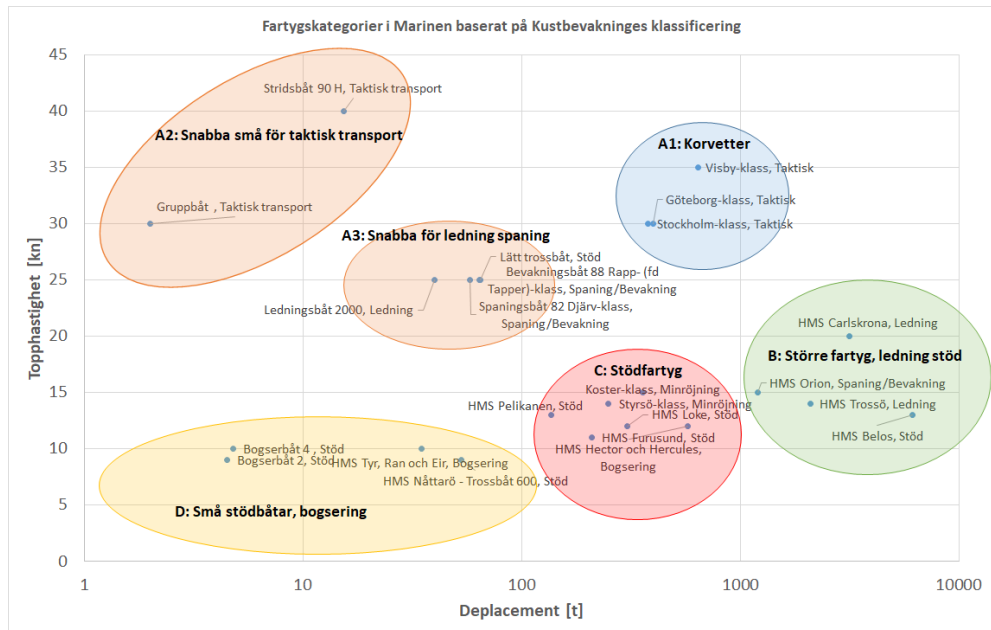
Fartygs-kategori	Exempel på fartygstyper	Uppgifter	Effekt- och energibehov relativt sin storlek samt noterade begränsningar.
A1	Korvett Visby	Taktiska	Hög effekt, stort energibehov, vikt känsliga och utrymmesbegränsade.
A2	Stridsbåt 90H	Transport/Taktiska	Hög effekt, stort energibehov, vikt känslig och utrymmesbegränsad
A3	Bevakningsbåt 88	Ledning/Spaning	Hög effekt, stort energibehov, vikt känslig och utrymmesbegränsad.
B	HMS Carlskrona	Ledning/Spaning/Stöd	Låg effekt, stort energibehov. Mindre vikt känsliga och inte lika utrymmesbegränsade.
C	Större bogserbåtar, Koster och Styröklass	Stöd/Minröjning	Låg effekt, mindre energibehov. Vikt och utrymmesbegränsade.
D	Små stödbåtar, små bogserbåtar	Stöd	Låg effekt, mindre energibehov. Mindre vikt känsliga och inte lika utrymmesbegränsade.

Försvarsmaktens fartyg har generellt motsvarande eller högre operativa krav än Kustbevakningen, i många fall har Marinens fartyg ett högre effektbehov. Det är en rimlig utgångspunkt att de bränslen som inte är aktuella för Kustbevakningen inte heller möter Marinens operativa krav. Baserat på Kustbevakningens slutsatser är gasformiga bränslen som DME, biogas och vätgas därmed generellt uteslutna på samma grund. Gasformiga bränslen har stora krav på lastutrymme, trycksatta tankar är både tyngre och större. Till exempel kräver enligt Kustbevakningen både biogas och vätgas tankar på däck om dagens fartyg ska konverteras.¹⁰³ Likaså är lagringsbeständighet en viktig faktor varför FAME är uteslutet.¹⁰⁴ Däremot är etanol sett ur både energiinnehåll och miljöprestanda ett

¹⁰³ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

¹⁰⁴ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

möjligt alternativ. Kustbevakningen konstaterar dock att det idag inte finns några marina motorer utvecklade för etanoldrift på grund av att kostnadsläget är högre för etanol än för metanol. Sammantaget gör den starka civila utvecklingen av metanol beskriven ovan, och det faktum att metan är ett enklare kolväte att syntetisera än etanol,¹⁰⁵ det troligt att metanol är den alkohol som kan komma ifråga som drivmedel i sjöfarten.



Figur 4. Klassificering i fartygskategorier baserat på deplacement och topphastighet. Klassindelningen baseras på Tabell 2. Notera den logaritmiska skalan på x-axeln.

Baserat på den utredning som Kustbevakningen genomfört och analys av storlekar, effekt och energibehov i marinens fartyg pekar mycket mot att dieselsubstitutet är det enda realistiska handlingsalternativet för Marinen på kort sikt. Även om den civila sektorn satsar på metanol, och kommersiellt gångbara lösningar utvecklas, är dagens fartyg och plattformar i Marinen generellt sett allt för utrymmesbegränsade (se exempelvis Visbykorvetten, figur 5). Utöver betydligt större tankar¹⁰⁶ behövs anpassningar av motorer, parallella tankar med diesel som används i liten mängd som pilotbränsle och en rad tekniska

¹⁰⁵ Verhelst, m.fl. (2019) Methanol as a fuel for internal combustion engines. Progress in Energy and Combustion Science. v. 70. ss. 43-88.

¹⁰⁶ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

förändringar i bränslesystem då metanol till exempel har låg flampunkt. Slutligen kräver metanol inblandning av vatten för att undvika knackning¹⁰⁷ och sänka kväveoxidutsläpp (NO_x)¹⁰⁸ vilket antingen leder till ytterligare lägre energiinnehåll och större tankar eller separata system för inblandning. På stora kommersiella fartyg kan dessa tekniska hinder hanteras, men Kustbevakningen gör bedömningen att endast ett fåtal av deras fartygskategorier kan överväga metanol och detta bör gälla även för Marinen (se tabell 3). Med andra ord är det mycket svårt att se att metanol kan bli ett generellt bränsle i Marinen på kort sikt. På lång sikt behöver Marinen emellertid följa utvecklingen mot metanol eller andra bränslen för den civila sjöfarten.

Hybridisering kan utvärderas för små stödfartyg som bogserbåtar med lågt energibehov kategori D men i flertalet stödfartyg som används vid bogsering krävs högre energimängder vid längre bogseringar varför ren elektrifiering inte är ett alternativ.

Tabell 3. Övergripande analys av alternativ bränslen i Marinens fartyg på kort sikt. Röd färg indikerar stora begränsningar, orange att lösningen kan fungera i vissa fartyg, grön att alternativet är konceptuellt möjligt. Notera att för dieselsubstitut är det inte klarlagt att alla Marinens fartyg stödjer HVO och anpassningar kan krävas. Klassindelning enligt Tabell 2 och Figur 4.

Bränslealternativ	Fartygsklass					
	A1	A2	A3	B	C	D
Dieselsubstitut (HVO/eMGO)	Inga begränsningar	Inga begränsningar	Inga begränsningar	Inga begränsningar	Inga begränsningar	Få begränsningar
Metanol	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk
FAME	Lagrings- beständighet	Lagrings- beständighet	Lagrings- beständighet	Lagrings- beständighet	Lagrings- beständighet	Lagrings- beständighet
Gasformiga bränslen, biogas, vätgas	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk	Räckvidd Utrymme Vikt/ Brandrisk
Elhybrid med diesellinstallation	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Utrymme Vikt	Få begränsningar	Utrymme Vikt	Räckvidd Utrymme Vikt

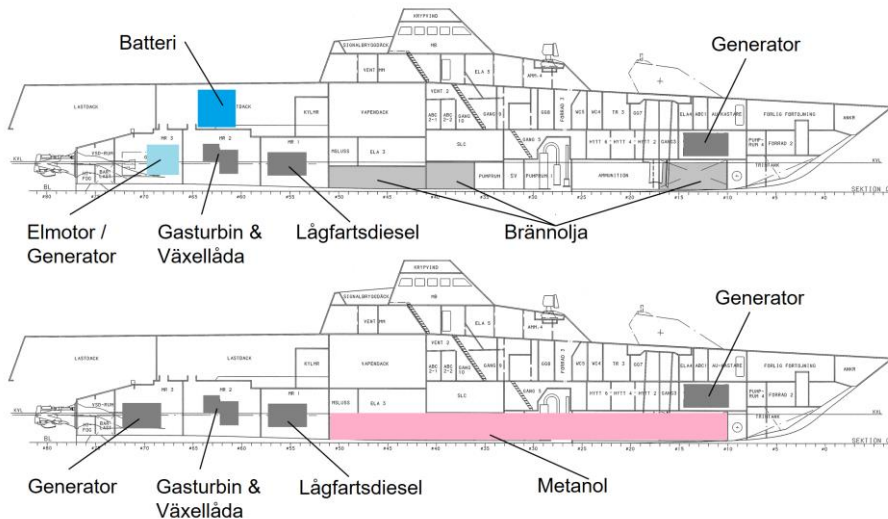
Beroende på taktiska för- och nackdelar kan det vara en möjlighet att överväga hybridisering av större fartyg i kategori A1, B och C då dessa vid en mycket övergripande systemanalys kan ha utrymme nog för införande av hybridsystem. Som exempel visas en schematisk illustration baserat på en grov uppskattning¹⁰⁹ av det utrymme som kan krävas för hybridisering av Visbykorvetter visas i figur

¹⁰⁷ Verhelst, m.fl. (2019) Methanol as a fuel for internal combustion engines. Progress in Energy and Combustion Science. v. 70. ss. 43-88.

¹⁰⁸ Soni och Gupta (2016) Numerical investigation of emission reduction techniques applied on methanol blended diesel engine. Alexandria Engineering Journal. v. 55(2), ss. 1867-1779.

¹⁰⁹ Illustrationen är översiktlig och baserat på medvetet förenklade beräkningar. Dessa redovisas ej öppet på grund av sekretess.

5. Det är dock oklart hur stora CO₂ besparingar som skulle kunna åstadkommas då både de tekniska möjligheterna och driftprofil varierar från fartyg till fartyg.



Figur 5. Exempel på ungefärligt utrymme som krävs för hybridisering av Visbykorvett (överst, dvs batteri och kombinerad elmotor och generator med högre effekt) samt ungefärlig ökning av storlek på bränsletankar vid drift på metanol (underst).

Sammantaget går det att konstatera att ett dieselsubstitut är den framkomliga vägen för Marinen på kort sikt med vissa möjligheter för hybridisering vid nyanskaffning. På samma sätt som för Armén kan Marinen bortom 2030 stå allt mer ensam om en fossilbaserad eldningsolja (dagens Dieselolja 60) då eldningsolja nästan helt fasats ut ur uppvärmning av till exempel villor och både industri och sjöfarten utvecklas mot alternativa energibärare. Det redan påbörjade arbetet att utvärdera om Marinens fartyg kan använda MK1 B0 Diesel som komplement till, eller istället för, eldningsolja bör fortsätta. Utmaningen är främst de mindre skillnader som finns i densitet och arbetet bör även inriktas på att klarlägga vilka farkoster som kan använda inblandad HVO. Lagringsprestandan begränsar dock möjligheterna med civil MK1 starkt så länge FAME används.

5 Analys, slutsatser och rekommendationer

Den övergripande slutsatsen är att arbetet mot minskad klimatpåverkan inom försvaret går fortast framåt genom att använda alternativa bränslen i Flygvapnet. Anledningarna är flera. Flyget står för 70 % av de totala utsläppen och till största delen sker dessa från ett specifikt bränsle, Flygfotogen 75, i en specifik plattform, JAS 39. Två olika biodrivmedel har redan testats med goda resultat i enstaka flygplan och JAS-motorn, RM12. En fungerande lösning i större skala för stridsflyget är därmed tekniskt realistiskt och har mycket stor potential att minska utsläpp på kort sikt och bidra till det långsiktiga målet om att bidra till klimatneutralitet. Utmaningarna ligger bland annat i att erhålla godkännande för flygning med biojet från ägaren av typcertifikatet för luftfartygen och att organisera en försörjningskedja för ett nytt bränsle.

Armén och Marinen är till skillnad från Flygvapnet mer intimt sammanvävda med civilsamhället i termer av både fordon, farkoster och bränsleförsörjning i ett totalförsvarsperspektiv. En omställning av försörjningen av Flygvapnet har därför mer begränsad påverkan på försvarsmaktens som helhet jämfört med motsvarande arbete i de andra försvarsgrenarna. Samtidigt finns det tydliga totalförsvarsvinster med att kvalificera JAS 39 för HEFA, eller andra framtida syntetiska flygbränslen. I händelse av kris och krig kan Flygvapnet baseras till civila flygplatser och där använda Jet A1 med tillsatser som ersättning för egna försörjningen av Flygfotogen 75. En certifiering av nya alternativ är nödvändigt för att bibehålla denna totalförsvarsförmåga.

De näst största utsläppen sker i Marinen och större utsläppsminskningar där kan endast nås genom modifieringar eller inköp anpassade till en rad olika fartygssystem och enheter. Detta är en betydligt mer svårframkomlig väg än ett bränslebyte i Flygvapnet. Även om det är samma bränsle i alla fartyg är många motorer och system unika.

Utsläppen från Armén är minst bland försvarsgrenarna och relativt sett mer hänförliga till lastbilar och transporter av olika slag än taktiska fordon. Armén och Försvarsmaktens som helhet är mycket beroende av civila aktörer vid inköp och användning av fordon i landbaserad logistik. Arbetet med att minska fossilberoendet i markfordon är således intimt förknippat med de fordon och bränslen som civila aktörer tar fram och Försvarsmakten har begränsad rådighet över utvecklingen och saknar idag en egen försörjningskedja för markfordon.

Teknikutvecklingen är också minst osäker för Flygvapnet vilket reducerar handlingsalternativen och minskar risken för felsatsningar. Krävande tillämpningar inom både militärt och civilt flyg tillhör de delar av transportsystem där det traditionella flytande kolvätebaserade bränslet är svårast

att ersätta och där sannolikt framtidens hållbara energisystem kommer vara mest lika dagens system under längst tid. Tekniktrenderna inom både mark och sjötransporter är mer oförutsägbara, med en hög grad av omdanande utveckling mot elektrifiering eller andra energibärare. Ett accelererat arbete för hållbara alternativa flytande bränslen i Flygvapnet ger erfarenheter som kan vara mer långsiktigt giltiga jämfört med osäkrare satsningar på Armén och Marinen.

Sammantaget är rekommendationen på kort sikt att prioritera det fortsatta arbetet med att testa flygbränslen med mindre klimatpåverkan i Flygvapnet. Detta bör ge störst effekt för minsta insats och relativt sett minst påverkan på dagens logistik. Det kan även nämnas att Sverige inte är ensamt om skarpa ambitioner att minska utsläpp från flyg. Storbritannien inför ett liknande mandat för inblandade bränslen som Sverige och brittiska Royal Air Force (RAF) arbetar därför med att anpassa brittiska Flygvapnet till alternativa bränslen. RAF har certifierat bränslen för upp till 50 % inblandning och har målsättningen att nå noll utsläpp 2040.¹¹⁰

5.1 Försvarsmaktsgemensamma möjligheter och utmaningar med HVO och syntetiska jetbränslen

Den viktigaste försvarsmaktsgemensamma slutsatsen är att den civila utvecklingen i Sverige är starkt inriktad på att minska utsläppen i transportsektorn genom dels elektrifiering, dels ökad inblandning av biodrivmedel. Då elektrifiering har mycket liten roll att spela på kort sikt i Försvarsmakten pekar dagens politiska utveckling starkt på en lösning som på kort sikt bygger på HVO för inblandning i Diesel MK1 och HEFA för inblandning i flygfotogen Jet A1. Möjligheterna med HVO och HEFA är utsläppsminskningar på ca 85 % men det ska återigen betonas att potentialen är starkt beroende av tillgång på hållbar råvara och det är betydande osäkerheter i faktiska utsläpp från biodrivmedel beroende på indirekta markeffekter. Rapportförfattarna gör inga egna värderingar av miljöprestanda utan hänvisar till Energimyndighetens beräkningar.

HVO och HEFA bedöms på kort sikt fortsätta dominera den politiska diskussionen som metod för att på kort sikt minska utsläppen från flytande bränslen. Diesel och flygfotogen är vidare likartade då HVO och HEFA är samma typ av biodrivmedel (båda är hydrerade estrar och fettsyror från en rad

¹¹⁰ Mehta och Chuter (2021) British military aircraft must hit net-zero carbon target by 2040, says Air Force chief. DefenceNews. url: www.defensenews.com/smr/energy-and-environment/2021/05/04/british-military-aircraft-must-hit-net-zero-target-by-2040-raf-head-says. Hämtad 2021-10-22.

olika råvaror och restprodukter). Utmaningarna med kostnaden för tillverkning, hur biobränslen av detta slag beskattas, och vilken miljöprestanda de har i framtiden, är således likartade i alla försvarsgrenarna på kort sikt.

Det är dock viktigt att betona att dessa övergripande slutsatser gäller just på kort sikt. Teknisk utveckling och kostnadsminskningar på andra syntetiska bränslen baserade på vätgas och infångad koldioxid kan ändra på förutsättningarna. Dock kvarstår det faktum att utmaningarna är likartade över de tre försvarsgrenarna. Analysen blir samma, med fokus på ett fossilfritt substitut till diesel och Flygfotogen 75, men med biobaserade bränslen utbyta till syntetiska bränslen.

Tekniskt sett är huvudutmaningen, oavsett vilket bränsle som införs, gemensam i Försvarsmakten: Certifiering av motorer och bränslesystem för nya bränslen som fungerar som dieselsubstitut utan större förändringar av motorer eller plattformar. De svåraste frågorna vid en övergång till lågaromatiska bränslen är hur packningar och material i bränslesystem påverkas, men även förändringar i köregenskaper och densitet är viktiga tekniska aspekter. Varje fordon- och farkostslag måste utvärderas och certifieras av respektive tillverkare och detta är sammantaget en viktig förutsättning för att minska det fossila beroendet.

Sett till logistikförutsättningar är valet för Försvarsmakten att antingen börja pröva inblandning i likhet med de civila reduktionsplikterna, eller att införskaffa en separat infrastruktur för ett specifikt bränsle. Fördelarna med att välja en separat logistik diskuteras mer nedan.

Oavsett logistiklösning är det en nyckelfråga för Försvarsmakten att identifiera vilka system och sammanhang som bör testas med inblandning av exempelvis HVO eller HEFA, för att snabba på utvecklingen av hur materiel och system i högre grad kan klara inblandning av alternativa bränslen i linje med den civila utvecklingen.

5.2 Potential för utsläppsminskning och andra miljökonsekvenser

Utsläppen från HVO var 2019 13.2 g CO₂e/MJ vilket leder till en utsläppsreduktion på ca 85 % enligt Energimyndighetens metod för livscykelanalys.¹¹¹ Hållbarheten och potentialen för reduktionen av CO₂-utsläpp är dock inte självklar. Utsläppen varierar ur ett livscykelperspektiv beroende på vilka råvaror som används. För HEFA varierar utsläppen mellan 14 och 60 g CO₂e/MJ där det senare endast motsvarar en minskning på ca 33 %. Siffran för HVO ovan är baserad på dagens produktionsmetoder med en hög andel restprodukter i den genomsnittliga resursbasen bland leverantörerna enligt

¹¹¹ Energimyndigheten (2019) Drivmedel 2019. ER 2020:26.

Energimyndighetens beräkningar. Vidare har biobränslen mycket varierande påverkan på andra miljöfrågor kopplat till markanvändning och biologisk mångfald. Resursbasen för HVO/HEFA är idag starkt begränsad, speciellt för restprodukter med både bra klimatprestanda och ekonomi.

För transporter kommer sannolikt biodrivmedel generellt att vara en sällsökningslösning ur ett globalt perspektiv. I skrivande stund pekar utvecklingen på att en merpart av landbaserade transporter sannolikt kommer elektrifieras och på längre sikt kan syntetiska bränslen bli en viktig beståndsdel i energisystemet. Samtidigt är majoriteten av det HVO bränsle som Sverige använder idag importerat. Det är inte självklart att inhemsk produktion växer i den takt som efterfrågas. Det ligger utanför syftet med studien att i detalj utvärdera miljöprestandan och tillgången på alternativa bränslen och slutsatsen i innevarande analys är därför att Försvarsmaktens arbete med klimatneutralitet bör sträva efter att gå i takt med samhället och politiken i övrigt.

En rimlig utgångspunkt för Försvarsmakten bör vara att i så stor utsträckning som möjligt pröva samma bränslen som civilsamhället. Vid ny teknikutveckling eller ändrad politikiska styrningar baserat på ny kunskap om till exempel miljöprestanda och hållbarhetsaspekter, får även Försvarsmakten ändra inriktning. Samhällsomställningen kan i sig själv generera nya miljökonsekvenser som idag är svåra att överblicka. Det är därmed mycket viktigt att följa fortsatt debatt och politisk inriktning och att delta i dialoger om strategier för biodrivmedelsanvändning i Sverige. Detta för att följa både den civila utvecklingen av planerad storskalig produktion av HVO i Sverige och de politiska prioriteringarna i Sverige och EU. En sammanhållen Svensk strategi om var den begränsade mängden hållbara biodrivmedel bör användas saknas fortfarande.

5.3 Kostnader

Produktionskostnaderna för fossil diesel och flygfotogen helt utan skatter är de senaste åren ca 5-6 kr/l inklusive marginal. I skrivande stund (hösten 2021) präglas dock de europeiska energimarknaderna av ovanligt höga energipriser vilket påverkar både el- och bränslepriser. I detta avsnitt refereras till typiska prisnivåer under senaste åren uppskattade i nyligen publicerade myndighetsrapporter och utredningar.

För HVO finns det inte spotpriser men Energimyndigheten uppskattar att priset på FAME om ca 8-10 kr/l är representativt. Samtidigt räknar Energimyndigheten med ett referenspris om 16 kr vid en råvarukostnad om 12 kr/l vilket används i de

långsiktiga scenarier som myndigheten tar fram¹¹². Sammantaget är kostnad för HVO ca två till tre gånger högre än fossil diesel.

Kostnaderna för HEFA för inblandning i Jet A1 är mer osäkra då de levereras i mycket små volymer. Den nyligen genomförda utredningen om Biojet för flyget (SOU 2019:1) räknar med en prisnivå 2021 på 18 kr/l för HEFA från avfall och rester det vill säga ytterligare något högre kostnader. På lite längre sikt kan prisbilden vara lägre och samma utredning uppskattar priset till 12 kr/l år 2030¹¹³ det vill säga ungefär samma som för HVO. Långsiktigt kan priset sjunka till 8-10 kr/l¹¹⁴ men en sådan utveckling är avhängig att ny storskalig produktion av biodrivmedel realiserar. HEFA och HVO konkurrerar om samma resursbas och kan förväntas ha ungefär samma prisbild, vilket snarare pekar på ett högre pris också för HEFA.

Även om prisbilden är mycket osäker är det tydligt att ett mer ambitiöst arbete med klimatfrågan innebär kostnadsökningar för Försvarsmakten. I studien har det än så länge inte gjorts detaljerade analyser av kostnadsökningarna men en omställning av flygvapnets bränsleförbrukning innebär åtminstone samma kostnadsökningar som för det civila flyget. För att illustrera hur bränslekostnaderna kan påverkas kan ett scenario vara att Försvarsmakten följer den civila utvecklingen och inför 30 % biojet till 2030. Med nuvarande föreslagna styrmedel antas kostnadsökningen vara ca 1,8 kr/l enligt Biojet utredningen.¹¹⁵

5.4 Att hantera osäkerheter, kortsiktiga beslut med konsekvenser på lång sikt.

Försvarsmaktens materielplan sträcker sig tolv år framåt i tiden.

Kravställningsarbetet påbörjas tidigt för systemen i planen. Farkost- och fordonssystem som anskaffas planeras för en mycket lång livslängd. Beslut om nyanskaffningar av större materielsystem som ska fattas i närtid (kommande åren) utgör därför en särskild problematik för Försvarsmakten då dessa kommer

¹¹² Energimyndigheten (2021) Scenarier över Sveriges energisystem 2020. ER 2021:6; Energimyndigheten (2020) Övervakningsrapport avseende skattebefrielse för rena och höginblandade flytande biodrivmedel under 2019. Dnr. 2020-000417.

¹¹³ Biojet för flyget. SOU 2019:11. Tabell 2, och Tabell 11.6.

¹¹⁴ NLR – Royal Netherlands Aerospace Centre och SEO Amsterdam Economics (2021, s. 142) Destination 2050 A route to net zero european aviation. NLR-CR-2020-510.

¹¹⁵ SOU 2019:11 Tabell 11.6.

att driftsättas i perioden 2025-2030 och förväntas vara operativa in på 2040-talet. Både ekonomiska och operativa risker måste beaktas.

För framförallt nya system i Armén blir osäkerheten i tillgång på förbränningsmotorteknik, service och kunnande i framtiden en svår fråga på kort sikt, både för person- och godstransporter men till viss del även taktiska fordon. Utmaningen ligger i att fatta beslut om anskaffning av system i dag, då det finns god tillgång på förbränningsmotorteknik, men där det finns en icke försumbara risk att tekniktillgången är avsevärt lägre i slutet av 2030-talet och framåt. Om en analys visar att de fordon som marknaden erbjuder idag inte har tillräcklig teknisk livslängd är det en stor operativ risk.

Det finns ett par sätt att konceptuellt hantera denna osäkerhet. Försvarsmakten kan välja att:

1. Planera för och anskaffa system utan vetskap om utvecklingen och hantera negativa konsekvenser och merkostnader i framtiden om beslutet visar sig vara felaktigt.
2. Välja att skjuta på beslut om anskaffning i avvaktan på bättre beslutsunderlag.
3. I det längsta planera för två eller flera möjlig parallella inköp och så sent som möjligt fatta beslut om inriktning.

Alla tre alternativen är förknippade med risk för negativa konsekvenser för Försvarsmakten. Vi väljer här att poängtera att osäkerheten och konsekvenserna sannolikt ser olika ut för försvarsgrenarna och deras olika materielsystem.

Vår analys pekar på att om Försvarsmakten väljer strategi ett är det lägre risk för felinvesteringar i Flyget och Marinen. Om Försvarsmakten väljer strategi två är det förmodligen lägst sammantagna risker med att skjuta på beslutet för Armén. Investeringar i Armén har varit lägre prioriterade under en längre tid.¹¹⁶ Möjligen bör stora investeringar i framförallt taktiska markfordon vänta ytterligare på grund av osäkerheten i framtida teknikval. Strategi tre innebär störst vinster för investeringar i Marinen och Armén då det råder störst diversitet i farkoster här och strategi tre kan appliceras på delsystem där det är lämpligt.

Strategi två och tre är slutligen delvis överlappande, båda innebär att beslut skjuts framåt i tiden. Skillnaden ligger i vilken omfattning alternativplanering genomförs. På låg nivå kan det ske genom omvärldsbevakning, på högsta nivå förbereds för parallella upphandlingar.

¹¹⁶ Riksrevisionen (2021) Att bygga nationell försvarsförmåga – statens arbete med att stärka arméstridskrafterna. RIR 2021:23

Studien lämnar inga rekommendation om vilken strategi som bör väljas utan analysen bör ses som uppslag för fortsatta studier och analys av problemet under kommande år.

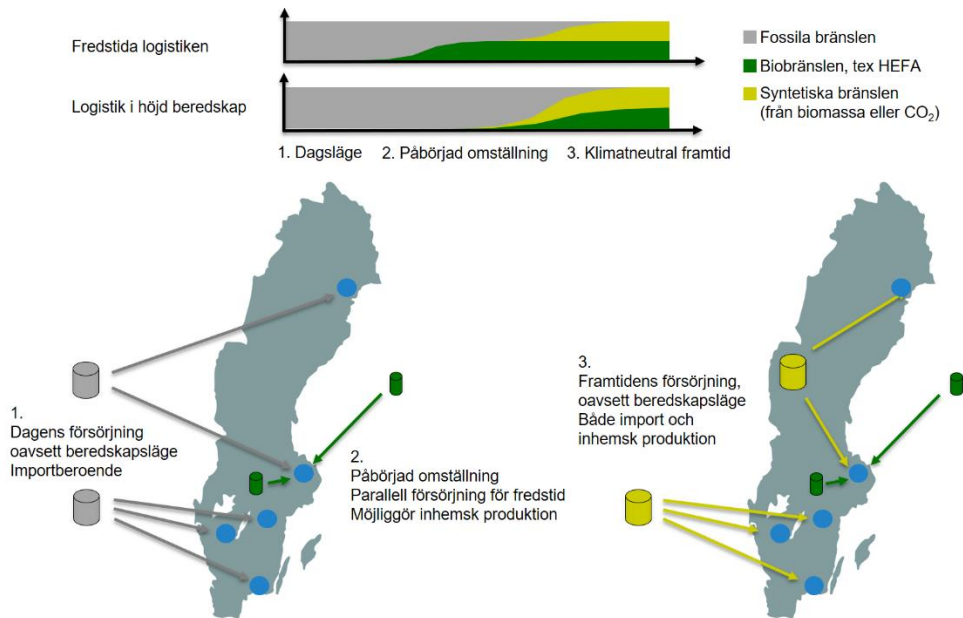
5.5 Koncept för att realisera prov- och försöksverksamhet i större skala

Förutsatt att certifiering och vidare tester och provverksamhet undanröjer kvarvarande tekniska hinder i motorer och bränslesystem kvarstår logistik och påverkan på totalförsvaret som de största hindren för provverksamhet med alternativa bränslen i större skala. Dagens försörjning kräver robusthet i alla noder och flöden i logistikkedjan, från att leverantörsavtal skrivs till tankning av stridsflyg, för att klara försörjning i alla ansträngda situationer och typfall. Eftersom operativ förmåga, inklusive beredskap, tillgänglighet, interoperabilitet och världlandstöd är överordnat är en möjlig väg att behålla dagens bränsleförsörjning och logistik parallellt med att en ny inskaffas. Försvarmakten kan då välja att använda den nya infrastrukturen i endast den fredstida verksamheten och bygga ut i takt med att nya bränslen med bättre klimatprestanda provas i allt större skala.

Genom att undvika förändringar i dagens system bibehålls operativ förmåga, beredskap, interoperabilitet och världlandsstöd samtidigt som både taktisk och operativ kunskap och erfarenhet av nya bränslen erhålls genom prov- och försöksverksamhet. Parallell utbyggnad av infrastruktur för ett alternativt bränsle kan göras i olika skalor och expanderas gradvis, från enstaka fordon och farkoster till hela förband eller flottor. Nuvarande logistik för bränsleförsörjning behålls för både fred och krig, och det nya systemet kan bidra med viss extra kapacitet och redundans. Det generella skiftet sker först när nya bränslen är fullt ut testade. Konceptet medför ökade kostnader, men civilt är kostnaderna hänfödda till distribution mycket lägre än själva produktionskostnaderna för bränslet. Det vill säga priset på drivmedel vid leverans till Försvarmakten är till största delen hänfört till råolja och kostnader för raffinering, inte transport och lagring. Merkostnaderna för Försvarmakten bör alltså främst avgöras av bytet till HEFA/HVO i sig, samt anpassning av bränslesystem i de fordon och farkoster som använder det nya bränslet.

Konceptet för hur Försvarmakten på detta sätt kan arbeta vidare mot minskat beroende av fossila bränslen visas schematiskt i figur 6. En möjlig förändring av drivmedelsförsörjningen för Flygvapnet illustreras här i olika beredskapslägen och över tid. Förslaget innebär alltså två försörjningslinjer men endast i fredstid. I kris och krig förlitar sig systemen endast på dagens logistik med möjlig extra redundans i det nya systemet. Detta förslag löser även frågan med världlandsstöd när de traditionella bränslena behålls för tredje part. Eftersom utmaningar

principiellt är likartade för alla tre försvarsgrenarna, med ett bränslebyte till nytt dieselsubstitut kan konceptet föras över till de andra försvarsgrenarnas logistik.



Figur 6. Koncept på parallell försörjning av flygbränsle med biodrivmedel till pilotverksamhet inom Flygvapnet. Nuvarande försörjningssystem påverkas inte av vidare arbete mot fossilfrihet men medför extra investeringar i infrastruktur.

5.6 Fortsatt arbete med långsiktiga utmaningar

På längre sikt är syntetiska bränslen ett viktigt alternativ att utreda vidare. Det är inte självklart att dagens alternativ på kort sikt i form av HVO och HEFA förblir de bästa lösningarna på längre sikt. Syntetiska bränslen i form av elektrobränslen kommer sannolikt bli mer kostnadseffektiva i takt med att lärandet om dessa kapitalintensiva produktionssystem fortsätter.

Oavsett utvecklingen på kort och lång sikt bör Försvarsmakten på längre sikt arbeta mer aktivt på att vara med och definiera vilka flytande bränslen som ska finnas kvar av totalförsvarsskäl. Kustbevakningen konstaterar att en strategi för fossilfrihet för civila totalförsvarsmyndigheter måste bygga på diesel så länge

detta är bränslet i Försvarsmakten.¹¹⁷ Även andra myndigheter och totalförsvarsfunktioner som blåljusfordon måste fungera vid kris och krig med till exempel brister i elförsörjningen. Det är med andra ord rimligt att en rad andra myndigheter med totalförsvarsuppgifter följer eller samverkar med Försvarsmaktens strategi för övergång till ett fossilfritt bränsle vilket lägger ett ansvar på Försvarsmakten att leda detta arbete.

Elektrifieringen av transportsektorn börjar redan idag få följdverkningar för Försvaret. Det är inte otroligt att detta kan få ännu större betydelse än vad utredningar hittills konstaterat. Kraften i omställningen mot elektrifiering har upprepade gånger underskattats och det globala teknikskiftet är tydligt. Försvarsmakten behöver i förlängningen hantera en mycket hög grad av elektrifiering i samhället och förmodligen mycket mindre tillgång på både civila flytande bränslen och förbränningsmotorteknik generellt. Detta kommer vara en framtida utmaning som berör Försvarsmakten och Totalförsvaret.

Oavsett vilken teknik som vinner kommer användare av äldre teknik behöva ta ett stort ansvar för att säkerställa dess funktionalitet i framtiden. Infrastruktur för logistik så som tankbilar, reparation, underhåll och utbildning av personal för system baserade på förbränningsmotorer kommer inte, som idag, ha självklara överlapp med civila samhället. Speciellt kan nämnas att det är troligt att A-platsfordon och generell användning av civila fordon kommer börja påverkas gradvis under 2020-talet och mycket snabbt under 2030-talet. Inköp av nytt materiel som tas i bruk på 2030-talet är en mycket långsam process och förutsättningar för inriktningsbeslut under mitten av 2020-talet kan ha ändrats radikalt under mitten av 2030-talet. Vidare scenarioanalys av olika utvecklingsvägar för elektrifiering, biobränslen och syntetiska bränslen är alltså viktiga i Försvarsmaktens fortsatta studieverksamhet.

Slutligen ska det nämnas att alternativet till att arbete med bränslebyte är att Försvarsmakten undantas arbetet med klimatneutralitet och att dessa utsläpp kompenseras för genom negativa utsläpp på samhällsnivå. Detta riskerar dock att låsa in Försvarsmakten en i försörjning som inte är långsiktigt hållbar i termer av försörjningstrygghet i takt med att allt mindre fossila råvaror används globalt. I ett sådant scenario blir Försvarsmakten under 2030-talet den största aktören i samhället som fortfarande använder flytande fossila bränslen med mer sårbara försörjningslinjer.

¹¹⁷ Kustbevakningen (2021) Uppdrag att analysera och föreslå hur myndighetens fartygsflotta skulle kunna bli fossilfri. 2020-1103.

5.7 Slutsatser för en framtida handlingsplan

Ett trovärdigt försvar är en förutsättning för att kunna driva och hävda Sveriges säkerhetspolitik. För att säkerställa full beredskap med hög tillgänglighet och uthållighet måste Försvarsmakten säkerställa att verksamheten planerar för de förändringar som pågår, bland annat avseende samhällets omställning och försörjningskedjor.

Den övergripande slutsatsen är att arbeta vidare med en konkret handlingsplan för en klimatneutral Försvarsmakt. Att intensifiera arbetet med att anpassa energianvändningen till det bränslebyte som görs i civilsamhället, med ökad inblandning av HVO100 i Diesel MK1 och HEFA i Jet A1 är ett viktigt första steg. Försvarsmakten rekommenderas att generellt genomföra forskning, studier och försöksverksamhet som bland annat undersöker möjligheterna till att säkra köldegenskaper och verifiera lagringsbeständigheten för HVO100 och HEFA. Behov av tillsatser eller andra metoder där bränslekomponenter hanteras uppdelat och blandas vid behov bör utredas och konsekvenser och kostnader för modifieringar, inköp (eventuellt egen tillverkning) och utvecklingen av ny logistik bör belysas i alla dessa typer av studier.

Följande sammanställning listar *exempel på möjliga uppgifter* som en handlingsplan för respektive försvarsgren skulle kunna innehålla:

Flygvapnet:

- Klargör om samtliga flygande plattformars militära typcertifikat (MTC) innefattar ett godkännande om syntetiska jetbränslen i enlighet med ASTM D7566.
- Om MTC-godkännande saknas behöver det utvärderas vad som krävs för att få ett godkännande.
- Delta i referensgruppen i Sjöfartsverkets projekt syftande till fossilfrihet för sjöräddningshelikoptersystemet.
- Modellera och analysera förutsättningar och konsekvenser avseende logistikkedjor i alla beredskapsnivåer anpassade för olika grader av övergång till förekommande alternativ till fossila drivmedel för respektive flygsystem.
- Utvärdera lagringsstabilitet och hur biojet kan hanteras i försörjningskedjan.
- Analysera en långsiktig strategi för bränslebyte i Flygvapnet, speciellt potentialen med elektrobränslen syntetiserade från infångad koldioxid.
- Identifiera rätt omfattning för provverksamhet inom Flygvapnet. Planera för (och prova ut) ny parallell logistik för nytt bränsle. Exempelvis prov

på en flygflottilj (JAS 39), ett helikoptersystem, eller för det nya skolflygplanet SK40.

- Kravställ alla nya system för att klara fossilfria syntetiska flygbränslen.

Armén:

- Genomför en systematisk genomgång av alla markfordon med avseende på vilka som kan använda HVO100.
- Genomför tester med Diesel MK1 B0 med HVO100 inblandning för att dra lärdomar om köldegenskaper och kunna utvärdera hur stora delar av Armén som kan använda HVO och hur stor inblandning.
- Genomföra tester med Bensin MK1 E10 med 10 % etanol i Bandvagn 206. Utvärdera implikationer och i hur stor omfattning E10 är en utmaning för hemvärnet och jägarförbanden.
- Utvärdera hur HVO skulle kunna hanteras i försörjningskedjan.
- Kravställ alla nya system för att klara fossilfria syntetiska dieselbränslen.
- Fortsätt analysera potentialen i elektrobränslen och utvärdera om syntetiska jetbränslen kan användas som enhetsbränsle i både Flygvapnet och Armén.

Marinen:

- Testa de fartyg som står för störst procentuell andel bränsleanvändning för MK1 B0 med hög andel inblandning av HVO (exempelvis 50 %) eller kvalificera för HVO100.
- Vid ändringar i drivlina eller om halvtidsrenovering medger: Kvalificera eller byt ut system för att klara alternativa drivmedel.
- Kravställ alla nya system för att klara fossilfria dieselbränslen.

Transporter i övrigt

- Börja utvärdera konsekvenserna av omställningen av lastbilar till fossilfrihet mer systematiskt med fokus på nationell tillgång på fordon. Initiera långsiktig analys av konsekvenserna för totalförsvarsförmåga i och med allt högre grad av elektrifiering, till exempel för A-platsfordon.
- Arbeta med att minska utsläpp från inköpta och inhyrda fordon för tjänsteresor och transporter, t.ex. genom pluginhybrider.

Om, och i så fall inom vilket område och i vilken utsträckning, Försvarsmakten väljer att påbörja prov- och försöksverksamhet kommer detta i verkligheten också styras av tillgång och pris på lämpliga drivmedel. En sådan vidare

kostnadsanalys och inventering bör vara en av de första åtgärderna i ett nästa steg.

Ytterligare mer långsiktiga rekommendationer är att intensifiera samverkan med övriga berörda myndigheter i totalförsvaret angående försörjning och val av teknikinriktningar. Även ökad internationell samverkan med till exempel NATO och EDA är viktigt. Att samverka vidare med andra länder vars försvarsmakter också tar steg mot förnyelsebara flygbränslen så som Storbritannien kan ge både kostnads- och interoperabilitetsvinster.

Försvarsmakten bör slutligen aktivt ta in klimat- och drivmedelsfrågor i Perspektivplanarbetet för att öka förståelsen för vilka konsekvenser omställningen kommer att få, men också för att inrikta andra studier, särskilt försvarsgrenarnas huvudstudier. Hur de ökade kostnaderna för fossilfria bränslen i stort ska hanteras behöver också utredas vidare. En omställning kommer påverka hela strukturen med kostnader för forskning och studier, prov- och försöksverksamhet, materielanskaffningar, ökade bränslekostnader (i all förbandsverksamhet). På längre sikt kanske också organisatoriska förändringar av till exempel logistikkedjor behöver genomföras i freds- och krigsförbanden för att kunna möta uppsatta operativa krav.

Bilaga 1 – Övergripande multikriterieanalys av bränslealternativ

Tabell 1. Övergripande teknisk och operativ analys av bränslealternativ på kort sikt. Röd symboliserar stora begränsningar, orange visa begränsningar, gröna likvärdiga möjligheter.

Bränslealternativ	Hybridisering	Elektrifiering Batteri- elektriska	Vätgas: Gasformigt, Flytande kryogent	Ammoniak	Alkoholer Etanol, Metanol	DME	Metan: Biogas, LBG	FAME/RME	Hydrerade vegetabiliska oljor: HVO, HEFA	Syntetiska substitut
Räckvidd	Likvärdigt	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt	Likvärdigt
Prestanda	Likvärdigt	Likvärdigt	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Likvärdigt	Vissa begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt
Lagringsprestanda	Likvärdigt	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Begränsningar	Likvärdigt	Begränsningar	Begränsningar	Stora begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt
Logistik/ Distribution	Likvärdigt	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Likvärdigt	Begränsningar	Begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt	Likvärdigt
Påverkan på nuvarande plattform (tex bränslesystem)	Generellt stora begränsningar	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Stora begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt	Likvärdigt
Interoperabilitet (äldre fordon och farkoster kan nyttja både bränslet)	Begränsningar	Stora begränsningar	Stora begränsningar (tre system behövs)	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Begränsningar	Vissa begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt
Sammanvägning av operativt och teknisk kriterier	Begränsningar men också möjligheter på lång sikt	Stora begränsningar men också möjligheter på lång sikt	Sammantaget stora begränsningar	Sammantaget stora begränsningar	Begränsningar avfärdar troligen alternativet	Sammantaget stora begränsningar	Begränsningar avfärdar troligen alternativet	Sammantaget stora begränsningar	Likvärdigt	Likvärdigt

Tabell 2. Sammanställning av vidare perspektiv och kriterier berörda i analysen utöver operativa och tekniska på kort sikt i Tabell 4. **Röd symboliserar stora utmaningar, orange visa utmaningar, gröna begränsade utmaningar.**

Bränslealternativ	Hybridisering	Elektrifiering Batteri- elektriska	Vätgas: Gasformigt, Flytande kryogent	Ammoniak	Alkoholer Etanol, Metanol	DME	Metan: Biogas, LBG	FAME/RME	Hydrerade vegetabiliska oljor: HVO, HEFA	Syntetiska substitut
Hållbarhets- utmaningar tex resursbas	Nej, fossilfri elektricitet om laddbara	Nej, fossilfri elektricitet	Nej, fossilfri elektricitet	Nej, fossilfri elektricitet	Hållbar biomassa/ Fossilfri elektricitet	Hållbar biomassa	Hållbar biomassa	Hållbar biomassa	Hållbar biomassa	Fossilfri elektricitet
Totalförsvär och försörjnings- trygghet	Nej, likvärdigt med dagens system	Begränsande, elektricitet kritiskt i höjd beredskap	Begränsande, gasformiga bränslen kritiska i höjd beredskap	Positivt, inhemsk produktion möjlig	Positivt, inhemsk produktion möjlig	Positivt, inhemsk produktio n möjlig	Positivt, inhemsk produktion möjlig	Positivt, inhemsk produktion möjlig	Positivt, inhemsk produktion möjlig	Positivt, inhemsk produktion möjlig
Kostnader på kort sikt	Högre	Mycket höga	Mycket höga	Mycket höga	Mycket höga	Högre	Högre	Marginellt högre	Högre	Mycket höga
Möjligt alternativ på lång sikt: Relevant vid nyanskaffning	Ja men begränsade tillämpningar	Ja men begränsade tillämpningar	Ja men begränsade tillämpningar	NEJ	Ja, men med begränsade tillämpningar	NEJ	NEJ	NEJ	Ja men oklar resursbas på lång sikt	JA
Sammanvägning av kriterier	Utmaningar men också möjligheter på lång sikt	Utmaningar men också möjligheter på lång sikt	Utmaningar men också möjligheter på lång sikt	Utmaningar och oklara möjligheter på lång sikt	Utmaningar men också möjligheter på lång sikt	Vissa begränsni ngar och få fördelar på lång sikt	Vissa begränsnin gar och få fördelar på lång sikt	Vissa begränsningar och få fördelar på lång sikt	Möjlighet idag men troliga begränsningar på lång sikt	Möjligt alternativ på lång sikt

FOI är en huvudsakligen uppdragsfinansierad myndighet under Försvarsdepartementet. Kärnverksamheten är forskning, metod- och teknikutveckling till nytta för försvar och säkerhet. Organisationen har cirka 1000 anställda varav ungefär 800 är forskare. Detta gör organisationen till Sveriges största forskningsinstitut. FOI ger kunderna tillgång till ledande expertis inom ett stort antal tillämpningsområden såsom säkerhetspolitiska studier och analyser inom försvar och säkerhet, bedömning av olika typer av hot, system för ledning och hantering av kriser, skydd mot och hantering av farliga ämnen, IT-säkerhet och nya sensorers möjligheter.



FOI
Totalförsvarets forskningsinstitut
164 90 Stockholm

Tel: 08-55 50 30 00
Fax: 08-55 50 31 00

www.foi.se