

Teknologiske løsninger for energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren

Oddvar Myhre, Trine Reistad, Kristin Fjellheim, Hege Ringnes og Kjetil Sager Longva

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

26. mars 2012

FFI-rapport 2012/00605

1153

P: ISBN 978-82-464-2089-9

E: ISBN 978-82-464-2090-5

Emneord

Miljørapport

Klimaendringer

Militært materiell

”Fully Burden Cost of Fuel, FBCF”

Livssyklusanalyse (LCA)

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingsjef

Sammendrag

Hensikten med denne rapporten er å foreslå hvilke teknologiske tiltak forsvarssektoren kan gjennomføre for å redusere drivstoff- og energiforbruket og dermed klimagassutslippene fra bruk av fossile energibærere i sektoren i henhold til nasjonal målsetting innen 2020. Samtidig skal den operative evnen opprettholdes eller forbedres. Målet om nasjonale utslippskutt er nedfelt i "Klimaforliket" som flertallet på stortinget inngikk i 2008, hvor utslippene i Norge skal reduseres med 28 prosent innen 2020, i forhold til referansebanen for 2007.

Basert på en litteraturgjennomgang tar rapporten for seg mulige teknologiske energi- og miljøeffektiviserings tiltak for hæren, luftforsvaret, sjøforsvaret, eiendom, bygg og anlegg (EBA), samt effekter ved innføring av alternative klimanøytrale energi- og drivstoff typer (biodrivstoff). Alle energi- og klimautslippsbesparende teknologiløsninger eller konsepter er oppsummert i egen tabell. Her er de ulike teknologiløsningene eller tiltakene rangert ut i fra forventet økning i operativ evne, energigevinst, energiforsyning eller sikkerhet, miljøgevinst, kostnad, samt om det foreslåtte alternativet er konkurransedyktig i forhold til eksisterende teknologi innen 2020.

For å vurdere relevansen av de foreslåtte teknologiske løsningene eller tiltakene for den norske forsvarssektoren vil livssyklusanalyser (LCA) kombinert med livssyklus kostanalyse (LCCA) muliggjøre vurdering av kostnadene ved et prosjekt gjennom hele dets levetid. En LCCA ser på kostnadene relatert til materiellbruken og bruk av for eksempel drivstoff til et kjøretøy. Forsvaret har en mer innviklet drivstofflivssyklus enn det som er vanlig, og det vil være behov for en dypere forståelse og analyse enn det en LCCA kan gi, og utvikling av en modell for fullstendig kostnadsanalyse for drivstoff (FBCD) for det norske Forsvaret vil her være nødvendig. En gjennomgang av perspektivplan materiell vil kunne sikre at teknologiske forbedringer på materiell harmoniseres med øvrige oppgraderinger eller innkjøp. Redusert drivstofforbruk ved operasjoner i utlandet vil i tillegg redusere logistikkbehovet, og dermed bidra til å redusere sikkerhetsrisikoen for ISAF-personell.

Det anbefales derfor at de foreslåtte teknologiske løsningene gjennomgås i detalj av kvalifisert personell, slik at de forslagene med størst relevans og potensial for gevinst kan velges ut og vurderes ved hjelp av LCA kombinert med LCCA, FBCD og perspektivplan materiell for å finne den reelle gevinsten for forsvarssektoren.

English summary

The purpose of this report is to propose technological measures that can be implemented in the defense sector to reduce fuel and energy consumption and as an effect, reduce the emission of greenhouse gases according to the national target of 2020 from the use of fossil energy carriers in the sector. This should be done so that the operational efficiency is upheld and/or improved. The national target for cuts in emissions is stated in the agreement on climate statement (“Klimaforliket”) that the majority of the Norwegian Parliament agreed on in 2008. This states that Norway shall reduce its emission by 28 % by 2020, in relation to the values of 2007.

Based on literature review this report looks at possible technological measures within energy reduction and environmental improvement for the army, the air force, the navy, real estate, buildings and construction as well as the effect of introducing alternative climate-neutral energy types and fuel types (bio-fuels). All the energy- and climate savings from the technological solutions or concepts are summarized in a separate table. In this table the different technological solutions or measures are ranked according to expected increase in operational capacity, energy gain, energy supply and security, environmental gain, cost and whether the suggested alternatives are expected to compete with existing technologies within 2020.

To properly evaluate the proposed technological solutions or measures for the Norwegian defense sector, life cycle analysis (LCA) combined with life cycle cost analysis (LCCA) makes it possible to evaluate the cost of a project throughout its life time. An LCCA looks at the cost related to material use and the use of fuel for vehicles. The defense sector has a more intricate fuel life cycle than what is ordinary which necessitates a deeper understanding and analysis than what a LCCA can provide alone. Thus a fully burden cost analysis of fuel (FBCF) will be necessary for the Norwegian defense. An examination of the long-term investment plan for materials (“perspektivplan materiell”) would ensure that the technological improvements on materials are harmonized with upgrading and purchases. Reduction of fuel consumption in operations abroad would also reduce the need for logistics and hence contribute in reducing the security risk for ISAF personnel.

It is recommended that the suggested technological solutions should be studied in detail by qualified personnel, so that the suggestions with the highest relevance and potential for success can be chosen and evaluated with the use of LCA combined with LCCA, FBCD and the long-term investment plan for material to find the real gain for the defense sector.

Innhold

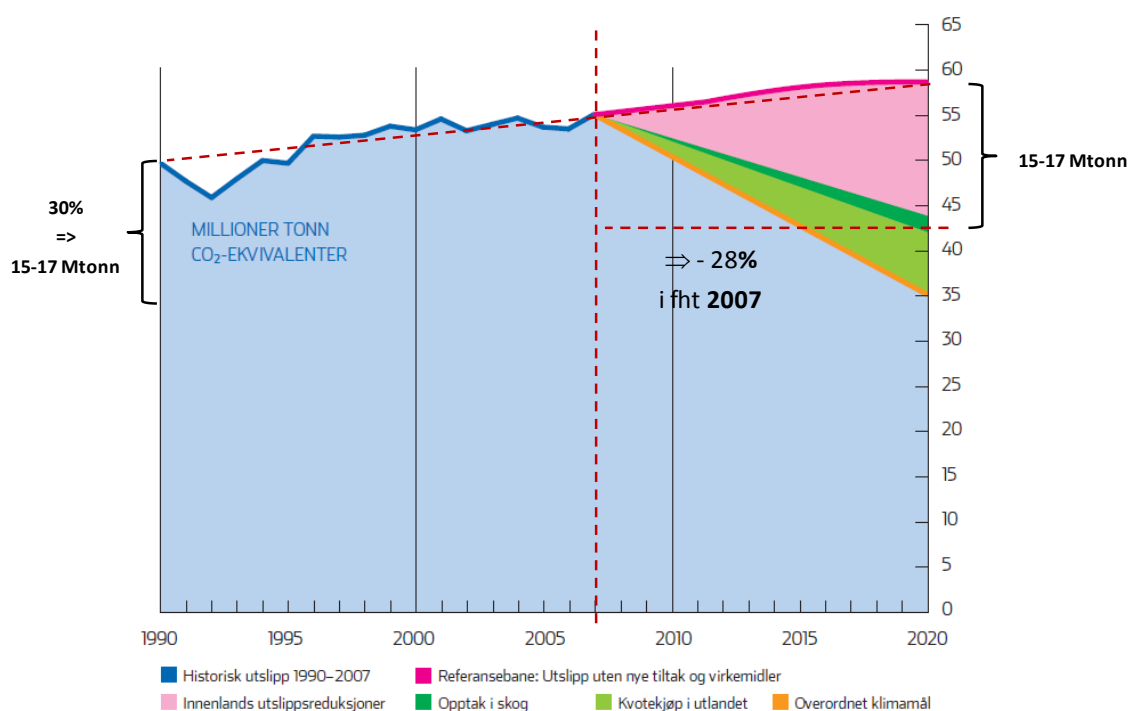
1	Innledning	7
1.1	Formål	7
1.2	Bakgrunn	8
1.2.1	Menneskeskapte klimaendringer	8
1.2.2	Globale konsekvenser av klimaendringene	10
1.2.3	Nasjonale klimaendringer og konsekvenser i norsk natur	10
1.2.4	Klimascenario med plutselig endring i temperaturen	11
1.2.5	Klimaendringens betydning for forsvarssektoren	12
2	Energi og klimasikkerhet	14
2.1	Stern-rapporten anbefaler handling nå	14
2.2	Klimasikkerhet	16
3	Energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren	16
3.1	Forsvarssektoren – organisering og materiell	16
3.2	Energi, drivstofforbruk og klimagassutslipp i forsvarssektoren	17
3.3	Klimakutt i forsvarssektoren fram mot 2020	18
3.4	Syntetisk drivstoff er framtidig energiløsning i EU	19
3.5	Biodrivstoff i Forsvaret	20
3.6	Livssyklusanalyser og "fully burden cost of fuel, FBCF"	21
3.7	Administrative kjøretøy	22
3.7.1	Utslippskrav og kjøreadferd	22
3.7.2	Lavutslippskjøretøy	22
3.7.3	Hybridteknologi	23
3.7.4	Nullutslippskjøretøy	23
3.7.5	Brenselcellekjøretøy med hydrogen som drivstoff	24
3.8	Militære kjøretøy	24
3.8.1	Hybridteknologi i militære feltkjøretøy	25
3.8.2	Aktive beskyttelsessystemer og redusert pansring	25
3.8.3	Hjelpestrømsaggregat i tunge pansrede kjøretøy	26
3.9	Luftfartøy	26
3.9.1	Annen generasjons biodrivstoff på militære fly	26
3.9.2	Ubemannede luftfartøy (UAV)	27
3.9.3	Landstrøm	28
3.9.4	Vektreduksjon	28
3.9.5	Andre løsninger for drivstoffreduksjon	28
3.10	Fartøy	28

3.10.1	Mulige teknologiske løsninger for drivstoffbesparelser	29
3.10.2	Iverksatte teknologiske løsninger for drivstoffbesparelser	34
3.11	Energiforbruk i eiendom, bygg og anlegg (EBA)	35
3.11.1	Iverksatte tiltak	35
3.11.2	Oppvarming	35
3.11.3	Energieffektivisering og adferd	36
3.11.4	Energieffektivisering ved operasjoner i utlandet	36
4	Metodikk for energi- og miljøeffektiviseringsanalyser	37
5	Oppsummering	40
6	Konklusjon	42
	Referanser	43

1 Innledning

1.1 Formål

Målet om nasjonale utslippskutt av klimagasser er nedfelt i "Klimaforliket" som flertallet på stortinget inngikk i 2008. Målet er at utslippene i Norge skal reduseres med 15-17 millioner tonn CO₂-ekvivalenter innen 2020, i forhold til referansebanen slik den er presentert i nasjonalbudsjettet for 2007 [1], når skog er inkludert. Skogtiltakene anslås å gi et netto opptak på 3 millioner tonn CO₂. De innenlandske utslippene skal dermed reduseres med 12-14 millioner tonn CO₂-ekvivalenter, slik at de ikke overstiger 45-47 millioner tonn CO₂-ekvivalenter i 2020 [2]. Sett i forhold til 2007 referansebanen tilsvarer dette en reduksjon i klimagassutslipp på 28 prosent fram mot 2020 (se Figur 1.1).



Figur 1.1 Målsetting for klimapolitikken [2].

Hensikten med denne rapporten er å foreslå hvilke teknologiske tiltak forsvarssektoren kan gjennomføre for å redusere drivstoff- og energiforbruk og dermed klimagassutslippene fra bruk av fossile energibærere i sektoren i henhold til nasjonal målsetting innen 2020, samtidig som den operative evnen opprettholdes eller forbedres. Data fra forsvarssektorens miljødatabase (MDB) er benyttet som datakilde for klimagassregnskapet for energi- og drivstofforbruket i forsvarssektoren. Rapporten tar for seg mulige teknologiske energi- og miljøeffektiviseringstiltak for hæren, luftforsvaret og sjøforsvaret, eiendom, bygg og anlegg (EBA), samt effekter ved innføring av alternative klimanøytrale energi- og drivstofftyper (biodrivstoff). Forsvarets samlede utslipp lå på omtrent 291 000 tonn CO₂-ekvivalenter i 2010, mot det nasjonale utslippet som lå på 53,7 millioner tonn i samme tidsperiode (SSB).

Rapporten gir også en oversikt over menneskeskapte klimaendringer som følge av forbrenning av fossile energibærere, og hvilke miljøkonsekvenser forsvarssektorens utslipp av klimagasser kan bidra til.

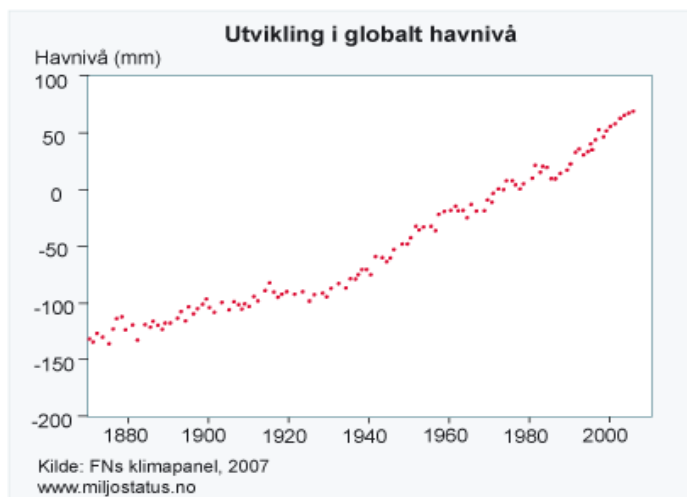
1.2 Bakgrunn

1.2.1 Menneskeskapte klimaendringer

FNs klimapanel (IPCC) regner det som mer enn 90 prosent sannsynlig at mesteparten av klimaendringene de siste 50 år er menneskeskapte. Konsentrasjonene av CO₂ og metan (CH₄) i atmosfæren ligger nå på et nivå langt over den naturlige variasjonen de siste 650 000 årene. I perioden fra den industrielle revolusjon har temperaturen på jorda økt med 0,8 °C globalt, mens havnivået har steget med 17 cm i gjennomsnitt. Temperaturen har økt mer over landområder enn over hav, og den største økningen er i Arktis. Der har temperaturen økt dobbelt så raskt som det globale gjennomsnittet de siste 50 årene. 11 av de siste 12 årene er blant de 12 varmeste årene som er registrert siden målingene startet i 1850 i Arktis.

Klimapanelets beste estimater angir en temperaturøkning i 2100 på mellom 1,8 og 4 °C i forhold til nivået i år 2000. Et tegn på oppvarming er den pågående reduksjonen av snø og is. Selv om det skulle bli satt inn umiddelbare kutt i klimagassutslipp, vil vi oppleve store klimaendringer de neste 20–30 årene som følge av tidligere utslipp og klimagassenes lange oppholdstid i atmosfæren. Konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren har økt betydelig siden den industrielle revolusjonen. Konsentrasjonen av CO₂ har økt med om lag 35 prosent. I flere tusen år og helt fram til den industrielle revolusjonen var konsentrasjonen av CO₂ ganske stabil, slik at endringen en nå har sett er dramatisk. Økningen i CO₂-konsentrasjonen skyldes først og fremst forbrenning av olje, kull og gass, samt arealendringer. I tillegg har jordbruk og bruk av fossile brenslere bidratt til en vesentlig økning i konsentrasjonen av CH₄ og lystgass (N₂O).

Det har vært hevdet av enkelte forskere at den globale oppvarmingen kan forklares ved endringer i solas innstråling. Klimapanelets fjerde hovedrapport konkluderer med at oppvarmingen som følge av menneskeskapte klimagassutslipp er mer enn 10 ganger større enn oppvarming forårsaket av variasjoner i solas innstråling. Den forventede temperaturøkningen vil, ifølge klimapanelet, medføre en stigning i det globale havnivågjennomsnittet på 18–59 cm fram til 2100.



Figur 1.2 Endringer i havnivå i perioden 1880 til år 2007.

I perioden 1961-2003 steg havet 1.8 mm pr år, mens stigningen var på 3.1 mm pr år i perioden 1993-2003. For Norge kan det medføre en havnivåøkning på minst 50 cm fram mot 2100. Det er ikke usannsynlig at havet kan stige med opptil 70–80 cm langs store deler av Norskekysten. Klimapanelets siste rapport viser til at trender siden 1900 og fram til i dag har gitt økt nedbør blant annet i Nord-Europa, mens det er påvist økt tørke rundt Middelhavet, i deler av Afrika og sørlige Asia. Klimapanelets modeller viser at en kan forvente en svekkelse av Golfstrømmen på inntil 25 prosent i dette århundret, men at temperaturen i og rundt Atlanterhavet likevel vil stige på grunn av den forventede økningen i utslipp av klimagasser.

Ifølge Klimapanelet er oppvarmingen selvforsterkende. Grunnen er at opptaket av karbon både på land og i havet reduseres ved høyere temperaturer. Det viser at vi har satt i gang en akselererende prosess vi ikke vet hvor vil ende hvis vi ikke tar drastiske grep for å endre kurs.

Arktis varmes opp dobbelt så fort som de fleste andre steder i verden. I løpet av de siste 30 årene er omfanget av sjøis i Arktis om sommeren redusert med 15–20 prosent. Reduksjonen forventes å gå enda raskere i årene framover. Klimaendringene i Arktis gir grunn til bekymring også utenfor det arktiske området. Redusert havis og snø vil føre til at stadig mer av solinnstrålingen absorberes, og smelting av permafrost vil gi økte CH₄-utslipp. Dette vil forsterke de globale klimaendringene og bidra til en ytterligere økning i temperatur. Smelting av landbasert is vil dessuten bidra til å øke havnivået. Det forventes at en vedvarende oppvarming på over ca. 2 °C over noen tusen år vil gi en total nedsmelting av Grønlandsisen. Dette vil i så fall medføre en havnivåstigning på om lag 7 meter.

Kystsamfunn i regionen blir mer utsatt for storm og kraftige bølger. Smelting av permafrost vil påvirke bygninger, veger og annen infrastruktur og skape nye utfordringer for lokalsamfunn i Arktis. Oppvarmingen kommer trolig også til å gi økt transport av miljøgifter til området.

1.2.2 Globale konsekvenser av klimaendringene

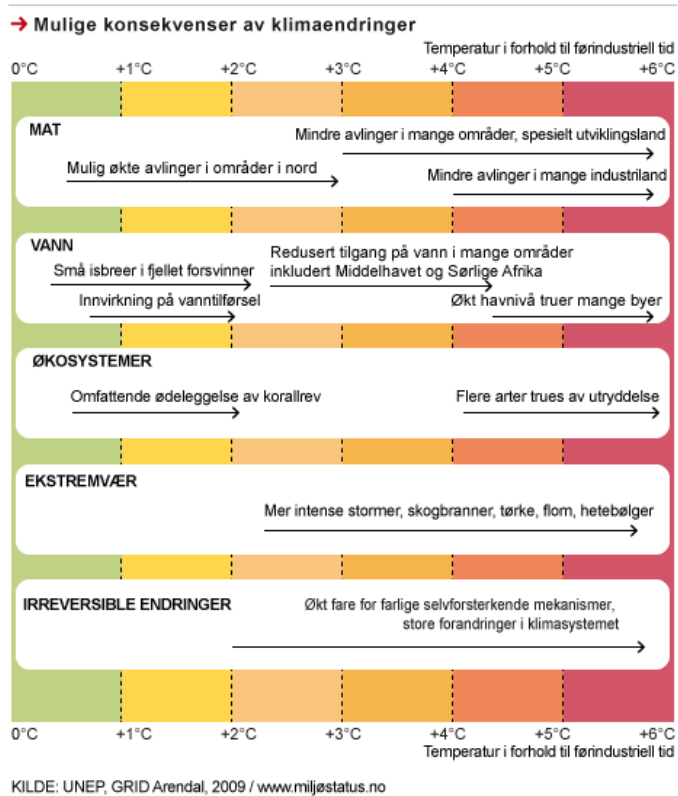
Globale klimaendringer kan medføre alvorlige økologiske og helsemessige konsekvenser, men kan også få store økonomiske ringvirkninger. Andre del av Klimapanelets fjerde hovedrapport, om konsekvensene av klimaendringer, ble lagt fram i april 2007. Rapporten tegner et dystert bilde av den framtiden vi står overfor som følge av menneskeskapte klimaendringer. Den viser at klimaendringene er i full gang over hele verden, og at konsekvensene vil øke i omfang og alvor i takt med temperaturøkningen.

Utviklingsland er generelt mer sårbare enn industriland. Dette skyldes i hovedsak to ting; de fleste av disse landene ligger i regioner som er mest utsatt for de negative virkningene av klimaendringene og fordi de har mindre ressurser og infrastruktur til å takle konsekvensene av de endringene som skjer. Omfanget av sultkatastrofer vil øke. Barns vekst og utvikling vil påvirkes av økt underernæring og sykdommer. Antall dødsfall vil øke på grunn av oversvømmelser, hetebølger, stormer og tørke. Klimapanelet forventer flere og mer intense hendelser med ekstremvær utover i dette århundret. I tillegg til ekstreme værforhold viser de at klimaendringene har konsekvenser for matproduksjon, vannforsyning, økosystemer og menneskers helse. I følge FN's klimarapport kan en global temperaturøkning på over 2°C gi en "farlig" klimaendring. Inntil 30 prosent av verdens plante- og dyrearter står i fare for å dø ut dersom den globale temperaturøkningen overstiger 1,5–2,5 °C. Dette vil gi ulike konsekvenser for verdens matvareproduksjon avhengig av geografi, med mindre avlinger på lave breddegrader og større på høyere breddegrader. En temperaturøkning på 3°C eller mer vil gi mindre avlinger på alle breddegrader.

1.2.3 Nasjonale klimaendringer og konsekvenser i norsk natur

Det er allerede observert flere endringer i norsk natur som skyldes klimaendringer, og det forventes store endringer i naturtyper og artssammensetning. Også mulighetene for å drive tradisjonelt friluftsliv vil bli endret. Effekter av klimaendringer på naturen i Norge kan ikke betraktes isolert fra andre faktorer, men må ses i sammenheng med disse. Klimaendringene kommer i tillegg til forringelse av leveområder, spredning av fremmede arter, forurensninger og overbeskatning. I noen tilfeller kan klimaendringer forsterke negative konsekvenser av de andre påvirkningene. Det er godt dokumentert blant annet gjennom hovedrapporter fra FNs klimapanel og rapporter fra Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), at klimaendringer skjer og vil fortsette i lang tid. Dette er et resultat av utslipp som allerede har skjedd, og er en utfordring vi må takle parallelt med at vi jobber for å redusere utslippene.

Figur 1.3 viser en oversikt over mulige konsekvenser av klimaendringer som variasjon av temperaturøkning.



Figur 1.3 Mulige konsekvenser av klimaendringer som variasjon av temperaturøkning.

1.2.4 Klimascenario med plutselig endring i temperaturen

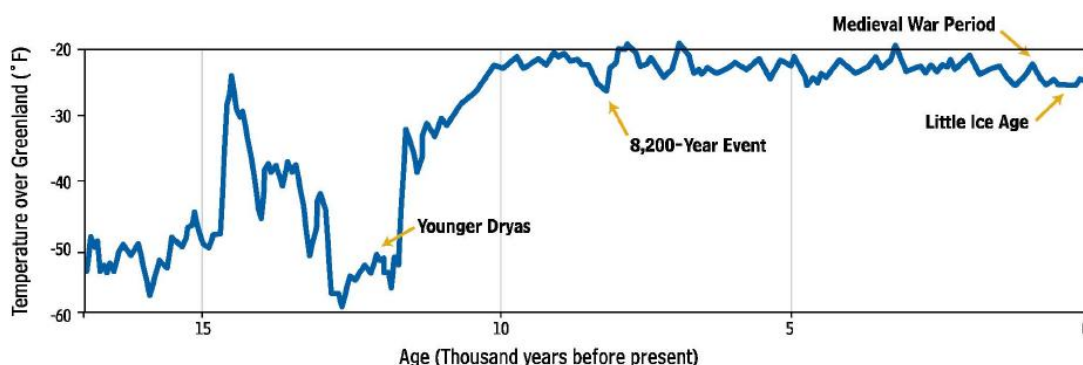
Studier av temperaturer i kjerneprøver fra is på Grønland (Figur 1.5) viser plutselige variasjoner i gjennomsnittstemperaturen etter lengre perioder med stabilitet. Disse plutselige variasjonene innebærer både senkning og stigninger i temperaturen. De mest ekstreme variasjonene er en økning i gjennomsnittstemperaturen på 12 °C i løpet av en periode på 50 år. For 8200 år siden, etter en lengre periode av gradvis temperaturstigning var det et plutselig fall i temperaturen på omtrent 2,8 °C. Et liknende tilfelle skjedde også fra 1300 e.Kr. til 1850 e.Kr. hvor vi fikk et temperaturfall som vi omtaler som den lille istiden. Slike hendelser er assosiert med en kollaps i den termohaline sirkulasjonen¹.

¹ Termohalin sirkulasjon: energien fra sola blir ikke jevnt fordelt på jorden. Sola er sterkere rundt ekvator enn på Norges breddegrader. Denne ujevne oppvarmingen driver de globale vind- og havstrømmene. Golfstrømmen fører vann fra varmere strøk til norskekysten, og er en liten del av den termohaline sirkulasjonen.



Figur 1.4 Klimaendringer kan gi økt frekvens av ekstremvær.

Ettersom data tyder på at store reorganiseringer av den termohaline sirkulasjon har forekommet, frykter forskere at dette kan skje igjen som en konsekvens av en lengre periode med global oppvarming. Konsekvensen for Europa ville være en kraftig regional nedkjøling dersom Golfstrømmen ble redusert eller stoppet opp. Dette kunne føre til en temperatursenkning på 6 °C over en periode på 10 år, med reduksjon i nedbør på opp til 30 prosent og med vinder som er 15 prosent sterkere enn normalt i Nord Europa. Et slikt scenario ville gi helt andre utfordringer for samfunnet enn det beskrevet i kapittel 1.2.1 til 1.2.3, med et klima som vi i dag finner i Sibir.



Figur 1.5 Kjerneprøver fra is på Grønland viser variasjon i temperatur over tid.

1.2.5 Klimaendringens betydning for forsvarssektoren

Klimaendringene skissert ovenfor vil få en rekke konsekvenser for samfunnet generelt, inkludert forsvarssektoren. Mer nedbør og høyere frekvens av ekstremvær kan føre til høyere kostnader ved bygging og vedlikehold av bygninger og infrastruktur. Ekstremvær kan gi flere skader på tekniske anlegg og elektrisitetsforsyning. Risikovurderinger for ras og flom må ikke kun baseres på historiske hendelser, men man må ta høyde for de fremtidige klimascenariene. En generell vannstandsheving vil kunne ha påvirkning på dimensjonering av kronehøyder på moloer og høyde på kaianlegg. Bølgeøking vil først og fremst ha betydning dersom høyere vannstand slipper større bølger mot konstruksjoner før brytning. Dessuten vil bunntopografiens innvirkning endres når havnivået øker, noe som kan medføre høyere eller lavere bølger. Tiltak mot mer ekstreme bølger kan være å legge ut bølgebarrierer av betong på havbunnen.

Endringer av klima vil ha direkte betydning for arealplanlegging. Det er farene for flom, ras og sterk vind som vil ha størst betydning for lokalisering av bebyggelse og infrastruktur. Ekstremvær vil kunne være en risikofaktor for skipsfarten, blant annet ved at flere skip kan komme i vanskeligheter. For å unngå kritiske situasjoner er værvarsling og bølgevarsling viktig for drift av skipene. Forsvarets infrastruktur, bygninger, kaianlegg og fartøy vil stå overfor de samme utfordringene.

Spesielt for Forsvaret er at de benytter flere terrenggående kjøretøy. På grunn av kortere sesong med tele i bakken vil fremkommeligheten bli redusert spesielt i våtmarksområder. Dette bør implementeres i utviklingen og fremskaffelse av nytt materiell. I tillegg er det en rekke typer materiell som må tilpasses nye vær- og vindforhold av typen radarer og navigasjonssystemer etc.

Totalforsvarskonseptet omfatter både sivil støtte til Forsvaret og Forsvarets støtte til det sivile samfunn ved kriser. Forsvaret bidrar til samfunnssikkerhet gjennom støtte til sivile myndigheters håndtering av flom, skogbrann og alvorlige ulykker [3]. En økt frekvens av skogbrann, skader fra flom og ras, og ulykker i offshorenæringen vil føre til en økt belastning på Forsvaret, ettersom personell og utstyr fra Forsvaret mobiliseres ved slike hendelser [4].

1.2.5.1 Klima som premiss for planlegging og gjennomføring av militære operasjoner

Klimaendringer vil kunne ha betydning for Forsvaret på flere måter. Været har alltid vært et sentral premiss i planlegging og gjennomføring av militære operasjoner. Dette for å unngå å utsette personell for farer og belastninger på grunn av værforholdene. Dernest vil både evnen til å gjennomføre en militær operasjon og utfallet i stor grad kunne bli påvirket av været.

Forsvaret har rutiner for å vurdere vær-, føre og lysforhold som kan påvirke operasjoner. Rutinene skal særlig sikre at faren for ekstreme forhold får tilstrekkelig oppmerksomhet. Fare for snøskred er et område Forsvaret har sterk fokus på. En av konsekvensene av klimaendringene for Forsvaret, vil være at det utvikles enda bedre prosedyrer slik at Forsvaret blir bedre trent/skikket til å ta vare på trykgheten til personellet.

Klimaendringer kan føre til at konfliktbildet endres mange steder og at det kreves økt innsats av Norske styrker i operasjoner i utlandet. Infrastrukturen i de typiske landene er som regel langt mer sensitive enn i Norge i forhold til klimaendringer, noe som krever at det tas høyde for hendelser som for eksempel at veier kan skylles vekk, og at områder kan oversvømmes. Dette setter spesielle krav til planleggingen av operasjoner i utlandet hvor risikovurderinger av ødeleggelser som følge av klimaendringer er inkludert. En konsekvens kan være at man må ha helikoptre i bakhånd som transportmiddel, i tilfelle veier og infrastruktur skulle svikte.

1.2.5.2 Økt behov for hjelp fra Forsvaret til det sivile samfunnet

Forsvarets støtte til det sivile samfunn er omtalt i flere stortingsmeldinger og proposisjoner. Stortingsmelding nr. 22 [5] sier følgende om det nye totalforsvarssamarbeidet at: «... sin kjerne

har det gjensidig støtte mellom Forsvaret og det sivile samfunn i forbindelse med forbygging, beredskap og konsekvenshåndtering i hele krisespekteret fra fred til sikkerhetspolitiske kriser og krig». Forsvaret sitt bidrag forutsetter at det kan medvirke med tilgjengelige ressurser og kompetanse som er etablert for å løse primæroppgavene til Forsvaret. Forsvaret gir allerede i dag støtte til politiet og til det sivile samfunnet ellers når viktige samfunnsinteresser og liv og helse står på spill. Hjelp til politiet er regulert gjennom en egen bistandsinstruks. Kommuner og andre myndighetsorgan kan få hjelp i forbindelse med større ulykker, kriser og naturkatastrofer. Kystvakten har en spesiell stilling ved at det er den som i hovedsak utfører den sivile grenseovervåkingen ved Norges sjøgrenser.

For Norge spesielt legges det vekt på at klimaendringene ytterligere vil styrke nordområdenes strategiske betydning, også i global sammenheng: En betydelig reduksjon av isdekket i Nordishavet, vil kunne føre til at Nordøstpassasjen og sjøruter over polhavet blir strategisk viktige transportruter. I så fall vil skipstrafikk gjennom norske havområder mangedobles, med de utfordringer dette kan medføre både for Norges forhold til stater med sterke interesser i denne transporten, og for miljøet. Videre vil Nordvestpassasjen kunne åpnes for skipstrafikk store deler av året. En vesentlig del av denne skipstrafikken kan være transport av olje fra Nordvest-Russland. Forsvarets tilstedeværelse i nordområdet vil her kunne bidra til samfunnsikkerheten, spesielt med tanke på miljørelaterte hendelser [6]. På grunn av de store avstandene er militært nærvær med fartøy og fly i nord en forutsetning for å kunne komme til innsatsområdene til rett tid. Annen infrastruktur er avgrenset eller fraværende, og på grunn av et avgrenset trafikkvolum kan ikke innsats baseres på «vessels of opportunity». De spesielle klimatiske forholdene (kulde, mørke, is, polare lavtrykk, sommertåke o.a.) forsterker også utfordringene. Dette fører til at det blir et behov for tiltak som kan øke aksjonsradiusen på Forsvarets fartøy.

1.2.5.3 Eiendom, bygg og anlegg

Forsvaret har betydelige eiendommer og eier store mengder avansert og svært kostbart utstyr. Forsvaret har på samme måte som andre sektorer behov for å sikre at rutiner for planlegging, bygging, tilsyn, vedlikehold o.a. er tilpasset et endret klima.

2 Energi og klimasikkerhet

2.1 Stern-rapporten anbefaler handling nå

Rapporten ”The Stern Review on the Economics of Climate Change” [7] konkluderer med at kostnadene ved å la klimaendringene gå sin gang vil være langt høyere enn kostnadene ved å begrense klimaendringene. Ekstrakostnadene ved å utsette arbeidet med utslippsreduksjoner er også store. Både Stern-rapporten og Klimapanelets fjerde hovedrapport konkluderer med at en fornuftig innrettet klimapolitikk vil kunne føre til betydelige reduksjoner i globale klimagassutslipp innen 2050 med en relativt beskjeden negativ virkning på verdens produksjons- og inntektsnivå. Med oppvarming på 5-6°C, som er en mulighet innen neste århundre, estimerer mange modeller et gjennomsnittlig tap på 5-10 prosent av global brutto nasjonalprodukt (BNP), hvor fattige land sannsynligvis vil lide tap på 10 prosent av BNP. Videre estimerer Stern at

uforminskede klimaendringer kan medføre kostnader på minst 5 prosent av BNP hvert år og kan muligens øke til 20 prosent hvis de verste scenariene i modellene slår til. Kostnadene ved å motvirke klimaendringene er betraktelig lavere og fullt gjennomførbart for verdens økonomi. De årlige kostnadene ved å oppnå stabilisering av konsentrasjonen på 500–550 ppm CO₂-ekvivalenter vil ligge på om lag 1 prosent av globalt BNP i 2050. Selv om man oppnår en stabilisering av klimagassutslippene på 550 ppm nå, tilsier Stern-analysene at drivhusgassene vil toppe seg først om 10-20 år. Nye investeringer over de neste 10-20 årene vil ha en betydelig effekt på klimaet i siste halvdel av dette århundret og det neste. Hvis verdenssamfunnet feiler i å iverksette disse tiltakene nå og i det kommende århundret vil dette medføre betydelig forstyrrelse av økonomiske og sosiale aktiviteter, som kan være svært krevende å reversere.

Klimakur anslår at dersom Norge gjør tiltak for å nå målet om 28 prosent reduksjon av utslippet i 2020 i forhold til referansebane 2007, vil dette koste omtrent 5 milliarder kroner. Det vil bli langt dyrere å ikke iverksette tiltak for å redusere utslippet.

Boks 1: Økt global etterspørsel etter energi vil øke karbonutslipp

International Energy Agency (IEA) sin “business as usual” analyse tar for seg politikk som alt er trått i kraft fram til midten av 2006. Denne analysen gir følgende prognoser for tidsperioden 2004-2030:

- Det global primære energibehovet vil øke med 53 prosent, noe som medfører en 55 prosent økning i globale utslipp av CO₂ relatert til energiforbruk
- Fossile energibærere vil fortsatt være den dominerende energikilden i verden sett under ett, og vil tilfredsstillende 83 prosent av økningen i energietterspørselen
- Utslipp fra generering av elektrisk kraft vil stå for 44 prosent av de globale energi-relaterte utslippene innen 2030 i tråd med at behovet for elektrisitet øker
- Kull vil være den sterkeste voksende kilden til generering av elektrisk kraft, hvor hovedøkningen sannsynligvis vil være i Kina (55 prosent)
- Over 70 prosent av den globale energietterspørselen vil komme fra utviklingsland, noe som vil gjenspeile den raske økningen i økonomisk vekst og befolkningsvekst
- Globalt vil en investering på omtrent \$10¹⁸ vil være nødvendig for å tilfredsstillende dette økende energibehovet

Utfordringene til verdenssamfunnet vil være å kunne møte det økende energibehovet som er nødvendig for den forventede økonomiske vekst samtidig som vi skal oppfylle kravene til en lav-karbon økonomi.

Kilde: IEA, World Energy Outlook, 2006.

2.2 Klimasikkerhet

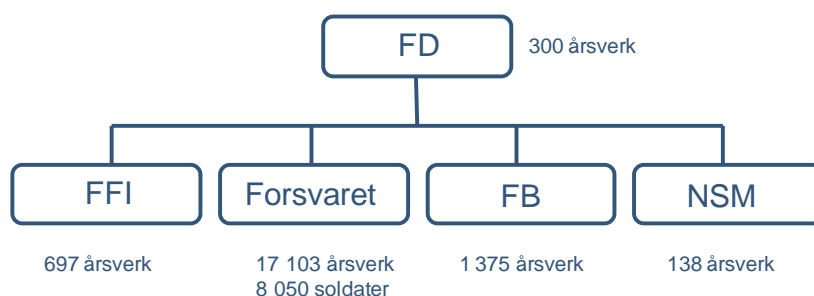
Klimaendringer forårsaker ikke konflikter direkte, men kan skape internasjonale spenninger. Med stor sannsynlighet vil store områder som i dag er preget av knapphet på essensielle fornybare ressurser bli ytterligere rammet av global oppvarming og endrede nedbørsmønstre, med hyppigere sultkatastrofer og epidemier som mulige konsekvenser. Det er derfor naturlig å se klimaendringer som en trussel mot menneskelig sikkerhet i utvidet forstand. Stadig oftere trekkes det også koblinger mellom klimaendringer og sikkerhet i mer tradisjonell forstand, og i begrunnelsen for tildeling av Nobels fredspris i 2007 til FNs klimapanel og Al Gore nevnes konflikt og krig eksplisitt [8].

Større klimaforandringer kan påvirke den globale sikkerhet i et langtidsperspektiv. Knapphet på ressurser som en følge av klimaforandringer kan føre til konflikter. Klimaforandringer kan svekke stater, noe som kan føre til intern sammenbrudd av lov og orden. Klimaforandringer truer økonomisk, sosial og politisk utvikling i utviklingsland. Videre kan dette påvirke den globale økonomien og gjennom det påvirke internasjonal sikkerhet. Tiltak for å redusere klimaforandringer, og samfunnets tilpasninger til forandringene kan påvirke den internasjonale sikkerheten [9].

3 Energi- og miljøeffektivisering i forsvarssektoren

3.1 Forsvarssektoren – organisering og materiell

FD har fire underliggende etater og har ansvar for oppfølging og kontroll av disse. Forsvaret er FDs største etat, etterfulgt av FB, FFI og NSM. Organiseringen av forsvarssektoren er som vist i figuren under, og omtrentlig antall årsverk for 2010 knyttet til de ulike etater er angitt.



Figur 3.1 Organisering av forsvarssektoren med omtrentlig antall årsverk for hver etat i 2010 [10].

I 2010 omfattet forsvarssektoren nærmere 28 000 årsverk, forvaltet en bygningsmasse på flere millioner kvadratmeter og et grunnareal på 1,3 millioner dekar. Forsvaret står som eier av størsteparten av sektorens materiellpark. Tabellen under gir en oversikt over Forsvarets personell og materiell fordelt på forsvarsgren.

Hæren	Sjøforsvaret	Luftforsvaret
Personell: 4340	Personell: 2362	Personell: 2686
Materiell:	Materiell:	Materiell:
Leopard 2 A4NO (120mm)	5 Fritjof Nansen-klasse fregatter	57 F-16 kampfly
Leopard 1 A5NO (105mm)	6 Ula-klasse undervannsbåter	12 Sea King helikoptre
CV 9030 stormpanservogner	6 Skjold-klasse fartøyer	6 P-3 Orion overvåkningsfly
M-113 pansrede kjøretøy	3 Oksøy-klasse minejaktfartøyer	4 C-130 J Hercules transportfly
SISU/PASI pansrede kjøretøy	3 Alta-klasse minesveipere	6 Lynx helikoptre
IVECO pansrede kjøretøy	2 Logistikk og støttefartøy	18 Bell 412 helikoptre
Scania lastevogner	1 Svalbard-klasse	3 DA-20 Jet Falcon
Mercedes feltvogner	3 Nordkapp-klasse	16 Saab Safari skolefly
Pansrede ingeniørvogner	3 Barentshav-klasse	2 NH-90 helikoptre (ankommer i 2010)
Dingo 2 pansrede kjøretøy	5 Nomen-klasse	
	2 Kystvaktfartøy	
	Kongeskipet KS Norge	
	Støttefartøy	
	Stridsbåt 90	

Tabell 3.1 Oversikt over Forsvarets personell og materielltyper fordelt på forsvarsgren i 2010 [3].

Forsvarsbygg hadde ved utgangen av 2010 ansvar for en total bygningsportefølje på 4 418 830 m³, hvorav 492 256 m³ var utrangert men ikke avhendet [11].

3.2 Energi, drivstofforbruk og klimagassutslipp i forsvarssektoren

Forsvarssektorens miljødatabase (MDB) er en database som skal danne grunnlaget for sektorens kontroll med egne miljøaspekter og miljøpåvirkninger. Forsvarssektorens viktigste miljøaspekter rapporteres i MDB, og med bakgrunn i beregningsmodeller regnes forbruksdata om (for eksempel forbruk av drivstoff) til utslippsdata (for eksempel utslipp til luft).

Tabell 3.3 viser hva som er rapportert inn i MDB av ulike drivstofftyper for perioden 2007 til 2010. Det er forbruk av flydrivstoff (jetfuel) og drivstoff til fartøy (marine fuel) som står for hoveddelen av sektorens drivstofforbruk (87 %) i 2010.

Drivstofftype	2007 (m ³)	2008 (m ³)	2009 (m ³)	2010 (m ³)
Bensin	596	343	825	761
Diesel/F34	6 852	6 614	6 641	7 316
Propan	2	4		55
Marine fuel	37 945	38 485	38 963	37 253
Jetfuel	45 478	39 183	39 567	41 250
Naturgass	-	-	490	3 248
Avgas 100 LL	1	1	-	3
Sum	90 874	84 630	86 486	89 886

Tabell 3.2 Forbruk av drivstoff (m³) fordelt på ulike drivstofftyper benyttet på forsvarssektorens/Forsvarets materiell fra 2007 til 2010.

Tabell 3.3 viser energiforbruket innrapportert til MDB fra 2007 til 2010. Forbruket på de ulike energikildene er omregnet til MWh, og rapporteringsgraden er estimert til 95-100 %.

Energibærer	2007 (MWh)	2008 (MWh)	2009 (MWh)	2010 (MWh)
Elektrisitet	352 698	288 996	517 588	484 461
Fjernvarme	9 679	11 154	6 848	6 351
Fyringsolje lett	98 615	103 740	110 456	126 754
Fyringsolje tung	5 549	4 278		
Propan	16 426	13 249	13 175	20 457
Naturgass			5 916	
Parafin			19	0,48
Bioenergi	4 146	8 261	27 904	129 853
Diesel/F34/Bensin*	6 733		154	191
Sum	493 846	429 679	682 060	768 067
Rapporteringsgrad	60-80 %	60-80 %	~ 100 %	95-100 %

* benyttet på aggregat

Tabell 3.3 Forbruk av energi fordelt på ulike energibærere benyttet i forsvarssektoren/Forsvaret fra 2007 til 2010.

Tabell 3.4 angir utslipp (i CO₂ ekvivalenter) fra 2007-2010. Utslippet er aggregert opp, slik at tabellen skal vise et utslipp som er i hht 100 % rapporteringsgrad. Bruk av Forsvarets fartøy og luftfartøy står for hovedandelen av utslippene i forsvarssektoren i 2010.

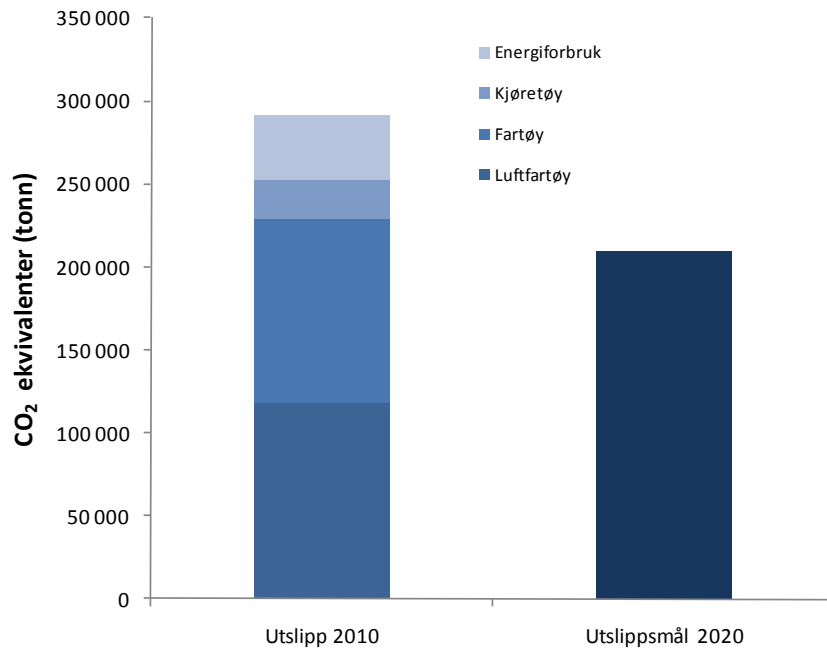
	CO ₂ -ekvivalenter (tonn)			
	2007	2008	2009	2010
Kjøretøy, administrative	8 932	7 303	10 143	9 416
Kjøretøy, militære	16 243	14 987	12 348	13 497
Fartøy	110 557	114 978	116 353	111 259
Luftfartøy	120 045	112 181	113 232	118 059
Sum	255 777	249 449	252 076	252 231
Oppvarming/fyring	31 630	34 612	34 080	38 771
Total	287 407	284 061	286 156	291 002

CO₂ ekvivalenter = CO₂ + (CH₄ x 25) + (N₂O x 298)

Tabell 3.4 Utslipp av CO₂ ekvivalenter som følge av forbruk av energi og drivstoff i 2010.

3.3 Klimakutt i forsvarssektoren fram mot 2020

Figuren under viser hvordan klimagassutslippene er fordelt på energiforbruk, kjøretøy, fartøy og luftfartøy for 2010, samt en søyle som illustrerer samlet reduksjon i utslippsmengde som må til for å nå målene om 28 prosent reduksjon innen 2020. De største utslippene kommer fra drivstofforbruk knyttet til luftfartøy og fartøy (tabell 3-4). Når det gjelder luftfartøy er det svært krevende å redusere klimagassutslipp gjennom teknologiske løsninger, og her vil det største potensialet ligge i å gå over til klimanøytralt drivstoff. For kjøretøy, fartøy og oppvarming av bygg vil teknologiske forbedringer kunne medføre betydelige energibesparelser. Dette er beskrevet og kvantifisert hvor det er funnet praktisk gjennomførbart i de følgende kapitler.



Figur 3.2 Klimagassutslippene fordelt på energiforbruk, kjøretøy, fartøy og luftfartøy for 2010, samt en søyle som illustrerer samlet reduksjon i utslippsmengde som må til for å nå målene om 28 prosent reduksjon innen 2020.

3.4 Syntetisk drivstoff er framtidig energiløsning i EU

Alternativt drivstoff har potensial til gradvis å erstatte fossile energibærere i transportsektoren i Europa innen 2050 [12]. EU har behov for en petroleumsfri og tilnærmet CO₂-nøytral energiforsyning innen 2050 for å redusere miljøpåvirkningene og for å sikre tilstrekkelig energiforsyning. Forventet behov for hele transportsektoren kan imøtekommes gjennom en kombinasjon av elektrisitet (batteriløsninger og hydrogen/brenselsceller) og biodrivstoff som hovedvalg, og syntetisk drivstoff (økende fra fornybare kilder) som en mellomløsning, metan (naturgass og biometan) som komplementære energikilder og LPG som supplement.

I følge denne rapporten er alternativt drivstoff den ultimate løsningen for å dekarbonisere transportsektoren, ved å gradvis erstatte fossile energibærere. Det er ingen enkeltkandidat for drivstoffsustitusjon, og en blanding av ulike drivstofftyper fra ulike primære energikilder vil sannsynligvis være nødvendig for å dekke det forventede behovet.

Drivstoff med høy energitetthet vil være det beste alternativet for transport over lange avstander, slik som tungtrafikk langs vei, maritim transport og lufttrafikk. Kompatibilitet av nye drivstofftyper med dagens teknologi og infrastruktur, eller behovet for banebrytende nye systemer må tas i betraktning som viktige faktorer ved utvikling av nye drivstofftyper, siden dette vil influere økonomien for de ulike valgene.

3.5 Biodrivstoff i Forsvaret

Biodiesel og etanol produsert fra landbruksvekster er første generasjons biodrivstoff. Oljeselskaper og forskningsmiljøer i Norge er opptatt av å utvikle prosesser for produksjon av syntetiske biologiske energibærere som har samme bruks- og lagringsegenskaper som fossile drivstoff. Disse drivstoffene kalles Biomass to liquids (BTL) og omtales som andre generasjons biodrivstoff, og vil i motsetning til første generasjons biodiesel ikke ha begrenset lagringstid. Etanol fra cellulose og BTL vil kunne bli neste generasjons syntetisk biodrivstoff [13]. Økt bruk av biodrivstoff til erstatning for fossilt drivstoff vil bidra til å redusere klimagassutslippene. Biodrivstoff regnes for å være klimagassnøytralt i henhold til Kyotoprotokollen. Kostnaden per tonn redusert CO₂-utslipp ved bruk av biodrivstoff framfor tradisjonelt fossilt drivstoff avhenger av en rekke forhold, blant annet råoljepris, dollarkurs, kostnader og avanse i oljesektoren samt kostnader og avanse i biodrivstoffsektoren. Beregninger som er gjort av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) indikerer at tiltakskostnaden for biodrivstoff vil være i størrelsesorden 800 til 1200 kroner per redusert tonn CO₂ [14].

Annen generasjons biodrivstoff vil kunne utnytte blant annet biomasse fra marginale landområder, biologisk avfall og restfraksjoner fra annen aktivitet, og forventes generelt å ha bedre miljøeffekt, mindre negative konsekvenser, bedre ressursutnyttelse, bedre drivstoffkvalitet og i tillegg et potensial for norsk produksjon. Ifølge ulike kilder forventes annen generasjons biodrivstoff å være kommersielt tilgjengelig i større skala i løpet av 5–10 år. For annen generasjons biodrivstoffproduksjon i Norge ville trolig norsk barskog bli brukt som kilde til drivstoffet. Skog har blitt ansett som å være CO₂-nøytral. Grunnet den norske skogen sin lange levetid og at opptaket av CO₂ er større i eldre trær enn yngre trær hevder Holstmark [15] at skog ikke er CO₂-nøytral og at bruk av hogstmodne trær (80-100 år) til bruk av biodrivstoff vil føre til høyere klimagassutslipp enn ved bruk av fossilt drivstoff. Hvis man derimot tar med hele livssyklusen til drivstoffet basert på norsk trevirke, CO₂ tap ved å kutte ned skogen, økt opptak ved økt albedo (bar mark med snø gir høyere albedo enn trær [16;17]) og inkluderer grot (greiner og topp) fra trærne vil man trolig få en miljøgevinst ved å bruke norsk skog til biodrivstoff i stedet for fossilt drivstoff [16].

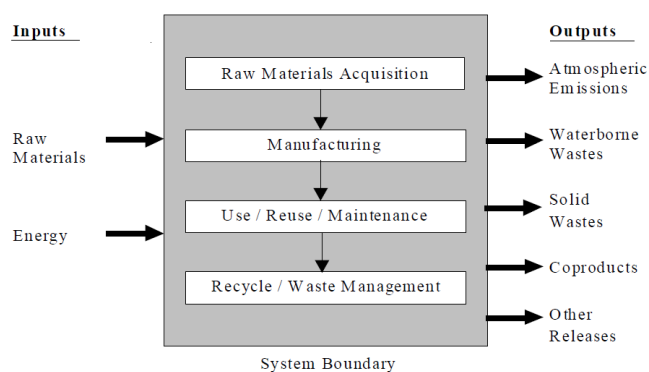
I Norge er det for tiden lavere hogst enn tilvekst, og det er et potensiale for biodrivstoffproduksjon. Dette vil redusere bruk av fossilt drivstoff i tillegg til å redusere bruk av førstegenerasjons biodrivstoff som konkurrerer med matproduksjon. Ved å bruke norsk barskog, både ved hogst av trær direkte til biodrivstoffproduksjon og bruk av grot som stammer fra ordinær hogst vil man kunne få et betydelig produksjonsnivå i Norge. Dette drivstoffet kan da brukes på kjøretøy, fartøy og spesielt viktig for forsvarssektoren er bruken i luftfartøy, der drivstoffkvalitet er meget viktig og må være på nivå med NATO enhetsdrivstoff.

Andre land som USA har allerede begynt en omfattende prosess med å innføre og teste syntetisk drivstoff og biodrivstoff. President Obama annonserte i midten av august 2011 at 510 millioner \$ er satt av over en treårsperiode for utvikling og produksjon av biodrivstoff for militær og kommersiell transport [18].

3.6 Livssyklusanalyser og ”fully burden cost of fuel, FBCF”

Redusert og forbedret materialbruk, drivstofforbruk og energibruk for materiell og EBA vil kunne gi økonomiske besparelser samt redusere miljøpåvirkningene. Ved å utføre livssyklusanalyser (LCA) av systemer eller produkter, for eksempel et fartøy, vil man kunne belyse områder med størst potensial for utslipp- og materialreduksjon.

Et av hovedmålene med å utføre en LCA er å inkludere hele livssyklusen til produktet for å finne totalt materialbruk og total miljøpåvirkning. Dette tilsier at råmaterialene og deres produksjons- og utvinningsprosess, produksjon av hovedkomponentene, distribusjon, transport, bruk av produktet og avfallsbehandling må være inkludert. Gjennom dette vil den totale effekten, produksjon og bruk av produktet har på miljøet bli synlig i tillegg til at man kan spesifisere hvor i verdikjeden bidraget er størst. Figuren under viser stadiene i en LCA, der den grå boksen viser hele livssyklusen til produktet eller systemet. Inn i systemet blir det tilført råmaterialer og energibruk og ut av systemet vil man få biprodukter, avfall og utslipp.



Figur 3.3 Stadiene i en livssyklusanalyse [19]

Ved hjelp av en slik analyse som LCA vil forsvarssektoren få muligheten til å sammenligne to eller flere produkter/materiell under innkjøpsprosessen. I tillegg vil det være mulig å evaluere effekten av tenkte og planlagte forbedringer/oppgraderinger på eksisterende materiell.

LCA ser hovedsakelig på materialbruk, bruk av produktet og transport, og den innvirkning dette har på miljøet. Ved å inkludere økonomisk analyse med LCA, slik som en livssyklus kostanalyse (LCCA) vil man også kunne vurdere kostnadene ved et prosjekt gjennom hele dets levetid. En LCCA ser på kostnadene relatert til materiellbruken og bruk av for eksempel drivstoff til et kjøretøy. Forsvaret har en mer innviklet drivstofflivssyklus enn det som er vanlig, og det vil være behov for en dypere forståelse og analyse enn det en LCCA kan gi. En ”fully burden cost analysis of fuel” (FBCF) vil kunne gi den nødvendige innsikten, og i kombinasjon med LCA og LCCA får man med alle aspekter ved produksjon, bruk og avhending av materiell og EBA.

3.7 Administrative kjøretøy

Tabellen under viser totalt utslipp av klimagasser fra personbiler og tunge kjøretøy leid gjennom Leaseplan både i Forsvaret og Forsvarsbygg for 2010.

Kjøretøy	CO ₂ ekv. bensin (tonn)	CO ₂ ekv. diesel (tonn)
Personbiler administrative kjøretøy	301	6 376
Tunge administrative kjøretøy	4	836

Tabell 3.5 Utslipp av CO₂ ekv som følge av drivstofforbruk på lette og tunge administrative kjøretøy (Leaseplan) i 2010.

3.7.1 Utslippskrav og kjøreadferd

Tall fra Forsvarets logistikkorganisasjon viser at spesifikasjoner på drivstofforbruk per biltype ligger 30 prosent under det faktiske forbruket. Dette tilsier at endret kjøreadferd kan redusere drivstofforbruk og klimagassutslipp med opp mot 30 prosent for personbiler, tilsvarende en reduksjon på 2003 tonn CO₂ ekvivalenter (se tabell 4-1 – hvilken tabell refereres det til her??).

Kjøreadferd kan gi 30 prosent redusert klimagassutslipp for administrative kjøretøy (personbiler), totalt 2 003 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.7.2 Lavutslippskjøretøy

De mest nærliggende reduksjonsmulighetene for administrative kjøretøy, utenom overgang til biodrivstoff, er nye tekniske løsninger med økt virkningsgrad fra tank til hjul, lettere biler og hybridteknologi.

Tunge kjøretøy bruker stort sett dieselmotorer. Disse er meget effektive energiomformere og godt egnet for transport av tungt gods over lange avstander med lastebil. Større bruk av biodiesel og utvikling av hybride dieslbiler vil imidlertid redusere de effektive utslippene av CO₂.

Potensialet på mellomlang sikt kan realiseres med nye, effektive naturgassmotorer og med hybridteknologi (dieselmotorer i kombinasjon med elektrisk drift). En større satsing på dieselmotorer innenfor administrative kjøretøy kan gi reduksjoner i utslippet av klimagasser. Overgang fra bensinmotorer til dieselmotorer i personbiler gir, på grunn av dieselmotorenes høyere virkningsgrad, en reduksjon av klimagasser på ca 25 prosent, tilsvarende 75 tonn CO₂ ekv (tabell 4-1). En slik overgang bør kombineres med partikkelfilter på eksos for å hindre økt partikkelutslipp. Dieseldrevne personbiler utgjorde 35 prosent av den totale personbilbestanden i Norge i 2010 [20], og det er da rimelig å anta at den samme fordelingen er lik i Leaseplanparken for personbiler i Forsvaret og Forsvarsbygg.

Overgang fra bensinmotorer til dieselmotorer i personbiler kan, på grunn av dieselmotorenes høyere virkningsgrad, gi en utslippsreduksjon av klimagasser på ca 25 prosent, tilsvarende 75 tonn CO₂ ekvivalenter. Overgang til dieselmotorer gir imidlertid høyere partikkel- og NO_x utslipp.

3.7.3 Hybridteknologi

Hybride kjøretøy kombinerer bruk av forbrenningsmotor og elektrisk motor i ett og samme kjøretøy. Det finnes flere hybridkonsepter. Hybridteknologi kan være enkle og rimelige løsninger som sparer 5-10 prosent, eller omfattende teknologiske løsninger som i spesielle tilfeller kan spare 30-50 prosent energi. Forbrenningsmotorer i hybridbiler kan være av en hvilken som helst type og kan være basert på forskjellige drivstoff. Ideen med hybridløsninger er at forbrenningsmotoren skal operere i driftsområder der utslippene er lave og virkningsgraden er høy. Forbrenningsmotoren kan gå på tilnærmet optimalt konstant turtall under de beste driftsbetingelser. Hybridbilen gir også mulighet for økt bruk av elektrisitet som energikilde i byer med redusert lokal forurensning som resultat. I motsetning til rene elbiler er begrenset rekkevidde ikke et problem for hybridbilen.

Hybridteknologi kan være enkle og rimelige løsninger som sparer 5-10 prosent, eller omfattende teknologiske løsninger som i spesielle tilfeller kan spare 30-50 prosent energi, og dermed tilsvarende reduksjoner i klimagassutslipp. Hvis en antar at 20 prosent av bilparken med administrative kjøretøy byttes ut med hybridbiler innen 2020, og gitt at dette gir 10 prosent reduksjon i klimagassutslipp, tilsvarer dette 1503 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.7.4 Nullutslippskjøretøy

En batterielektrisk bil drives av en elektromotor som får strøm fra en batteripakke. Elbilens styrke er at motoren har høy virkningsgrad (den er energieffektiv). En typisk elbil bruker mellom 2 og 3 kWh nettstrøm pr. mil, dvs 1-3 kr. pr. mil med dagens elpriser. Om man ser bort fra eventuelle kjøle- og varmesystemer med fossile energibærere er elbiler nullutslippsbiler dersom elektrisiteten som benyttes kommer fra utslippsfrie kilder. Dagens begrensede muligheter til å lagre elektrisk energi er den største hindringen for elektriske kjøretøy. Elektriske biler med batterier som energilager vil i overskuelig framtid være beheftet med sin egen vekt som et stort problem. Med en typisk rekkevidde på 100 km og 300 kg batterier er elbiler miljøvennlige, men også et kostbart nisjeprodukt.

En radikal forbedring i mulighetene for å lagre elektrisk energi ville imidlertid gjøre elektriske biler attraktive. En effektiv lagringsmulighet for elektrisk energi som har akseptabel lav vekt ville gjort at elektrisk drift ville konkurrere ut alle andre former for framdrift. Det er nå en positiv

utvikling på området slik at dette kan bli en interessant mulighet fram mot 2050, men det er mindre trolig at dette kan være et konkurransedyktig alternativ de nærmeste 15 årene. Studier av rapporter om batterier, energiforbruk og utviklingen innen bilindustrien gir ingen overbevisende indikasjoner på at elektriske kjøretøy vil bli et konkurransedyktig alternativ for transportsektoren i tiden fram til 2020.

Forsvaret leier ikke inn elbiler gjennom leaseplan på nåværende tidspunkt. Likevel stiller FD krav gjennom IVB for 2009 om at ”Det skal legges til rette for at de minste kjøretøyene snarest erstattes med nullutslippsteknologi (elbiler)”. Gitt at 10 prosent av personbilparken byttes ut med elbiler innen 2020, vil dette tilsvare reduksjoner på omtrent 668 tonn CO₂ ekv.

Hvis en forutsetter at 10 prosent av administrative personbiler byttes ut med elbiler innen 2020, vil dette tilsvare en reduksjon i klimagassutslipp på 668 tonn CO₂ ekv, hvis en antar samme aktivitetsnivå som nå.

3.7.5 Brenselcellekjøretøy med hydrogen som drivstoff

Oppfatningene om når og hvorvidt hydrogen kan bli et konkurransedyktig alternativ varierer sterkt. Som for elbiler gis det i ulike studier ingen overbevisende indikasjoner på at hydrogen kan bli et konkurransedyktig alternativ for transportsektoren de nærmeste 15 årene. Det teoretiske potensialet for reduksjon av klimagassutslipp ved hjelp av brenselcellekjøretøy og hydrogen som drivstoff er 100 prosent. Forutsetningen for dette er at hydrogenet produseres uten utslipp av klimagasser. I praksis er sikkerheten relatert til utbredelsen av brenselceller og hydrogen stor. Regjeringen velger å bruke et revidert EUmål om å erstatte 5 prosent fossil drivstoff med hydrogen i 2025 som et optimistisk potensial for kjøretøy med brenselceller. Hvis brenselcelleteknologien får et teknologisk og økonomisk gjennombrudd før 2025 samtidig som infrastruktur med hydrogen bygges opp, kan imidlertid en utskifting av kjøretøyparken med nullutslippskjøretøy være mulig innen 2050.

Selv om det teoretiske potensialet for reduksjon av klimagassutslipp ved hjelp av brenselcellekjøretøy og hydrogen som drivstoff er 100 prosent, anses det ikke som sannsynlig at dette kan bli et konkurransedyktig alternativ innen 2020 for administrative eller militære kjøretøy.

3.8 Militære kjøretøy

Forsvaret har en svært tung og divers kjøretøypark og omfatter alt fra stridsvogner på 55 tonn til lettere feltvogner. Tabellen under viser totalt utslipp av klimagasser fra militære kjøretøy som følge av drivstofforbruk i 2010.

Kjøretøy	CO ₂ ekv. bensin (tonn)	CO ₂ ekv. diesel (tonn)
Lette feltkjøretøy	9	973
Lette terrengkjøretøy	32	115
Pansrede beltekjøretøy		1 138
Tunge feltkjøretøy		269

Tabell 3.6 Utslipp av CO₂ ekvivalenter som følge av forbruk av drivstoff på lette og tunge militære kjøretøy i 2010.

3.8.1 Hybridteknologi i militære feltkjøretøy

Det Amerikanske forsvaret har planer for uttesting og mulig innfasing av hybridløsninger for militære kjøretøy, både taktiske tunge militære kjøretøy og lette feltkjøretøy. Det er estimert at ved å inkludere et hybridsystem til US Army's "new infantry fighting vehicle program" kan drivstofforbruket reduseres med 10-20 prosent. Andre viktige fordeler med hybrid framdrift er muligheten for økt strømproduksjon for framtidens mer strømkrevende digitale operasjoner. Et slikt kjøretøy kan skaffe elektrisitet til å drive en framskutt militærbase i 2-3 dager. I tillegg økes mobiliteten på grunn av lavere vekt, mindre volum, økt akselerasjon, lavere lydsignatur, samt økt dreiemoment på motor [21].

Innfasing av hybridteknologi i lette og tunge militære feltkjøretøy vil redusere drivstofforbruket med 10-20 prosent, tilsvarende reduksjoner i klimagassutslipp på 98-196 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.8.2 Aktive beskyttelsessystemer og redusert pansring

Aktive beskyttelsessystemer (APS) er systemer som påmontert eller integrert i kjøretøy detekterer og gjenkjenner en trussel og aktiverer et motmiddel som enten ødelegger/degraderer trusselen eller narrer/jammer den. Ett effektivt APS må kunne håndtere trusler avfyrt på kort hold, det skal ikke medføre vesentlig kollateral skade, og systemet skal ha mulighet for å takle flere treff nært i tid og rom. Vektkrav setter grenser for hvor god beskyttelse man kan oppnå gjennom tradisjonell (passiv) pansring av stridskjøretøy. APS har imidlertid potensiale for å gi adekvat beskyttelse mot selv de mest potente hulladningsvåpen, uten at det medfører en vesentlig vektøkning.

Selv om APS er en lovende militær kapasitet og teknologi, er det utfordrende å finne robuste løsninger på mange av de krav som det er naturlig å stille. Dette tilsier at det er få om noen slike fullgode løsninger som er brakt frem til ferdige feltmessig modne produkter. Den forventede forbedringen i beskyttelsen av pansrede kjøretøyer som APS kan gi, gjør at lett pansrede kjøretøy kan benyttes i scenarier der man før måtte benytte tunge stridsvogner. I tillegg kan framtidens APS i teorien kunne gi mulighet til lettere pansring av stridsvogner, spesielt i front, noe som vil øke operativ radius som følge av lavere drivstofforbruk.

Lettere strukturelementer og skrog i pansrede kjøretøy vil også kunne redusere kjøretøyets vekt og dermed kunne medføre lavere drivstofforbruk og forbedret operativ evne gjennom økt rekkevidde.

3.8.3 Hjelpstrømsaggregat i tunge pansrede kjøretøy

Forsvarets stormpanservogner CV90 operer på en måte som innebærer perioder med lengre stillstand da det er behov for elektrisitet for å drive som for eksempel ventilasjonssystemer og kommunikasjon. For å produsere elektrisitet ved stillstand har CV90 per i dag ingen alternativer ut over å la hovedmotoren gå på tomgang. Virkningsgraden av denne energiproduksjonen er på omlag 1-2 prosent, noe som innebærer uforholdsmessig stort drivstofforbruk. Brenselcellebasert APU for installasjon på CV90 kan potensielt oppnå en virkningsgrad på omlag 30 prosent ved bruk av reformert militært enhetsbrensel F34.

Det er per i dag ikke foretatt en nøyaktig vurdering av hvor mye drivstofforbruket vil reduseres i en typisk operasjon for CV90. Det amerikanske forsvaret har utført et studie med APU på stridsvognen M1A1/M1A2 Abrams. For operasjon Desert Storm ble det beregnet at drivstofforbruket kunne vært redusert med totalt 50 prosent for disse stridsvognene. Ved siden av å gjøre stridsvognen til en langt mer miljøeffektiv plattform gav tiltaket også betydelige operative gevinster i form av større rekkevidde, redusert behov for logistikk, lavere varmesignatur, lavere støysignatur og bedre arbeidsmiljø for mannskapet.

Det finnes ikke noe sikkert tallgrunnlag som tilsier hvor mye drivstoff som kan spares ved innføring av framtidige nye drivstoffbesparende teknologiske løsninger på tunge stridskjøretøy eller tunge feltkjøretøy, men i denne rapporten antar vi et innsparingspotensial på omtrent 5 prosent ved å kombinere bruk av hjelpstrømsaggregater, lettere skrogkonstruksjoner samt aktive beskyttelsessystemer på tunge beltekjøretøy og tunge feltkjøretøy innen 2020. Dette tilsier en reduksjon på 70 tonn CO₂ ekvalenter, gitt samme operasjonsmønster som i dag.

3.9 Luftfartøy

3.9.1 Annen generasjons biodrivstoff på militære fly

US Air force har testet og sertifisert en 50/50 blanding av annengenerasjons biodrivstoff og JP-8 på A-10C Thunderbolt, F-15 Eagle, C-17 Globemaster III og på F-22 Raptor [22]. Dette biodrivstoffet er utviklet fra en plante med høyt oljeinnhold (*Camelina sativa*).

Livssyklusanalyser ved Michigan Tech University viser at CO₂-utslippene fra denne camelina-baserte flydrivstoffblandingen er omtrent 80 prosent lavere enn petroleumsbasert jettfuel [23].



A-10C Thunderbolt



Camelina sativa

Testflyging med 100 prosent ren annen generasjons biodrivstoff (hydrotreated renewable jet; HRJ-drivstoff) er utført på A-10C Thunderbolt, uten noen form for modifikasjoner på flymaskinen. Neste trinn i planene om innføring av HRJ-drivstoff er testflyging på F-15, F-22 og C-17. US Air Force ønsker å sertifisere dette biomassedrivstoffet innen 2012 og ta det i bruk i 2016. Produksjonsfabrikker for framstilling av HRJ-drivstoff bygges i Louisiana og Washington [24].

Det amerikanske flyvåpenet har også sertifisert sine fly med en 50/50 blanding av JP-8 og syntetisk drivstoff laget fra naturgass og kull. Syntroleum har produsert over 1,5 mill liter diesel og jetdrivstoff fra naturgass via Fischer-Tropsch prosessen for det amerikanske flyvåpenet. Flyvåpenet jobber sammen med industrien for å teste og sertifisere alternative drivstofftyper på fly. US Air Force har satt seg som mål om at de innen 2016 anskaffer 50 prosent av drivstoffet som benyttes fra en alternativ drivstoffblanding.

Innfasing av klimanøytralt annen generasjons biodrivstoff er sannsynligvis den eneste løsningen for en vesentlig reduksjon av klimagassutslipp for luftfartøy. Innføring av 50 prosent biodrivstoffblanding vil kunne redusere klimagassutslippene i samme størrelsesorden, tilsvarende 59 030 tonn CO₂ ekvivalenter (se tabell 3-4).

3.9.2 Ubemannede luftfartøy (UAV)

Ubemannede luftfartøy kan redusere energiforbruket betraktelig i militære operasjoner, samtidig som dette kan medføre økt persistens, forbedret etterretning, overlevelse og slagkraft. Slike farkoster kan i mange sammenhenger delvis erstatte radarsystemer, samt bemannede fly som AWACS. Ingen drivstoffyllinger er da nødvendig innenfor en 50-timers periode, og gitt den store potensielle økningen i drivstoffinnsparinger, vil en stk UAV kan gi samme oppklaringsserVICEN som 9 ”Intelligence, surveillance and reconnaissance” (ISR) enheter. UAVs har også potensiale til å erstatte bruk av kampfly ved å gjennomføre bombetokter eller rakettangrep. Ubemannede farkoster er oppgitt å medføre drivstoffinnsparinger på opptil 97 prosent sammenlignet med de flyvningene dette erstatter.

3.9.3 Landstrøm

US Air Force har innført bruk av landstrøm for å dekke opp strømkrevende prosesser ved parkering på flyplasser i stedet for å bruke gassturbiner. Dette sparer miljøet for utslipp til luft, samt store drivstoffbesparelser.

3.9.4 Vektreduksjon

US Air Force har gjennomgått alle komponenter i de ulike flyene de benytter, og fjernet det som ikke er nødvendig. Dette har redusert vekten på flyet og dermed også drivstofforbruket. For ytterligere vektreduksjon er det mulig å erstatte spesielt tunge komponenter med lettere.

3.9.5 Andre løsninger for drivstoffreduksjon

US Air Force har i tillegg optimalisert tyngdepunktet i flyene som benyttes. Dette har medført redusert drivstofforbruk. Dersom marsjfarten i fly reduseres der dette er hensiktsmessig, vil dette føre til ytterligere drivstoffreduksjoner. Andre momenter US Air Force har fokusert på for å redusere drivstofforbruket er optimalisering av øvelsesplanleggingen og økt bruk av simulator. Redusert drivstoffetterspørsel i US Air Force vil øke effektiviteten og stridsevnen, samtidig som energisikkerheten økes.

Det finnes ikke sikre estimater for drivstoffinnsparepotensial ved å ta i bruk landstrøm, vektreduksjon, optimalisering av tyngdepunkt, økt bruk av simulatorer, reduksjon av marsjfarten i norske luftfartøy, samt utvidet bruk av UAV.

3.10 Fartøy

Tabell 3.2 angir forbruket av drivstoff på Sjøforsvarets fartøy over tid, og viser at forbruket har vært relativt konstant fra 2007 til 2010. Tabellen under viser utslipp av klimagasser fra fartøy vurdert i denne rapporten, som følge av drivstofforbruk i 2010. Når det gjelder utslipp av CO₂-ekvivalenter i 2010 er det kystvakten som står for hovedandelen av utslippet fra fartøy.

Fartøy	CO ₂ ekv. marine fuel (tonn)
Fregatt	23 765
Kystvakt	59 710
Minerydder/jakt	9 291
Stridsbåt m/støtte	595
Støttefartøy	3 657

Tabell 3.7 Utslipp av CO₂ ekvivalenter som følge av forbruk av drivstoff (marine fuel) på ulike fartøytyper i 2010.

For sjøforsvarets fartøy vil redusert drivstofforbruk medføre både reduserte kostnader, mindre utslipp til luft samt økt rekkevidde. Økning av rekkevidden er viktig for operasjonsfleksibiliteten ved at en forlenger tiden mellom drivstoffyllingene, og distansen mellom operasjonsområdet og

fyllingssted. Dette kan også redusere fartøyets infrarøde signatur, og dermed øke overlevelsesevnen ved å redusere utslipp av varme eksosgasser. Hvis tiltak gjennomføres på et tilstrekkelig antall fartøy, kan økt rekkevidde medføre reduserte kostnader av drivstoffrelaterte anlegg og infrastruktur (for eksempel lagringsfasiliteter) [25].

3.10.1 Mulige teknologiske løsninger for drivstoffbesparelser

For å sikre at miljøpåvirkningene fra fartøy er minimalisert, er det nødvendig å foreta en systematisk gjennomgang av alle typer utslipp som oppstår gjennom hele fartøyets livsløp: drift, vedlikehold og avhending. En slik gjennomgang vil gi Sjøforsvaret grunnlag for å stille krav ved fremtidige fremskaffelser og for å sette inn tiltak på eksisterende fartøy.

Følgende litteraturgjennomgang viser tiltak US Navy eller andre internasjonale organisasjoner har gjennomført, som bør vurderes i Sjøforsvaret.

3.10.1.1 Fartøyspesifikke utslipp til luft

I dag brukes i hovedsak utslippsfaktorer fra Norwegian Emission Inventory (NEI) [26] for å beregne utslipp fra Forsvarets fartøy. Disse faktorene er ikke fartøyspesifikke, og vil være en tilnærming til de reelle utslippsfaktorene med varierende nøyaktighet. For å kunne kvantifisere fartøyspesifikke utslipp må mengden av de ulike kjemiske forbindelsene som slippes ut fra fartøyene måles på en rekke av Forsvarets fartøyer. Dette er utført og godkjent av Sjøfartsdirektoratet for to slepebåter ved Håkonsvern Orlogsstasjon. Dette har blant annet medført redusert avgift på NO_x fordi utslippene av NO_x var overestimert ved bruk av faktorene fra NEI. Forbruk av drivstoff vil i hovedsak gi utslipp til luft i form av CO₂, CH₄, CO, N₂O, NO_x, SO₂ og NMVOC. I tillegg vil det slippes ut noe sot og partikler, samt PAH og dioksiner ved forbruk av drivstoff.

3.10.1.2 Biodrivstoff på fartøy

Andre land som USA har allerede begynt en omfattende prosess med å teste og innføre syntetisk drivstoff og biodrivstoff. Innen 2020 har US Navy et uttalt mål om at minst 50 prosent av all energiforbruk skal komme fra ikke-fossile energibærere. Dette gjelder all energiforbruk både til sjøs og på land. I løpet av 2012 har US Navy planlagt å starte oppbyggingen av "the great green fleet", en stridsflåte som skal seile utelukkende på ikke-fossile energibærere og som skal deployeres innen 2016. Flere fartøy er allerede testet i blandinger av biodrivstoff fra algeproduksjon. I følge Tracy Moriarty, Chief of Naval Operations Energy and Environmental Readiness Division/Task Force Energy, forventer den amerikanske industrien en langvarig strategi for satsing på biodrivstoff. Dette er nødvendig for å løse energiutfordringene for Department of Defense. Førstegenerasjons biodrivstoff er ikke akseptabelt for taktiske systemer på grunn av degradering ved lagring samt lavere energitetthet. Syngasteknologi gjennom Fisher-Tropsch prosessen med alger eller andre cellulosekilder som råvare ble uttalt å være den mest lovende teknologien [27], og testprogrammer er iverksatt for kvalifisering av biodrivstoff i blanding for en rekke fartøy. Hvis en antar at norske fartøy går over til 50 % biodrivstoff vil dette medføre en reduksjon på 55 623 tonn CO₂ ekv.

Hvis en antar at norske fartøy går over til 50 % biodrivstoff vil dette medføre en reduksjon på 55 623 tonn CO₂ ekv.

3.10.1.3 Elektrisitetsforbruk på fartøy

I følge Defense Science Board task force ble omtrent 30 prosent av alt drivstoff brukt til å drifte strømkrevende prosesser relatert til innkvartering på kystvaktfartøyet Princeton (CG-59) [28]. Elektrisitetsforbruket på fartøytypen kunne reduseres vha tiltak av operasjonell karakter, hvor lave eller ingen investeringskostnader var nødvendig. Rundt 19 prosent av elektrisitetsforbruket ble rapportert å kunne innspares på denne klassen av fartøy. Oppgradering av motor, pumper, kjølesystemer, lys og transportable vannsystemer kunne spare rundt 10-25 prosent av skipets elektrisitetsforbruk. Princeton's totale potensiale for elektrisitetsinnsparing ble estimert til rundt \$1 million per år, tilsvarende rundt \$10 millioner i løpet av levetiden samtidig som operativiteten økte [29].

Elektrisitetsforbruket på US Navy sitt kystvaktfartøy Princeton kan reduseres med 19 prosent ved å iverksette tiltak av operasjonell karakter, samt 10-25 prosent gjennom oppgraderinger av motor, pumper, kjølesystemer, lys, og transportable vannsystemer. Det er ikke oppgitt hva dette betyr i drivstoffreduksjoner og dermed klimagassutslipp.

3.10.1.4 Forbedret propellteknologi

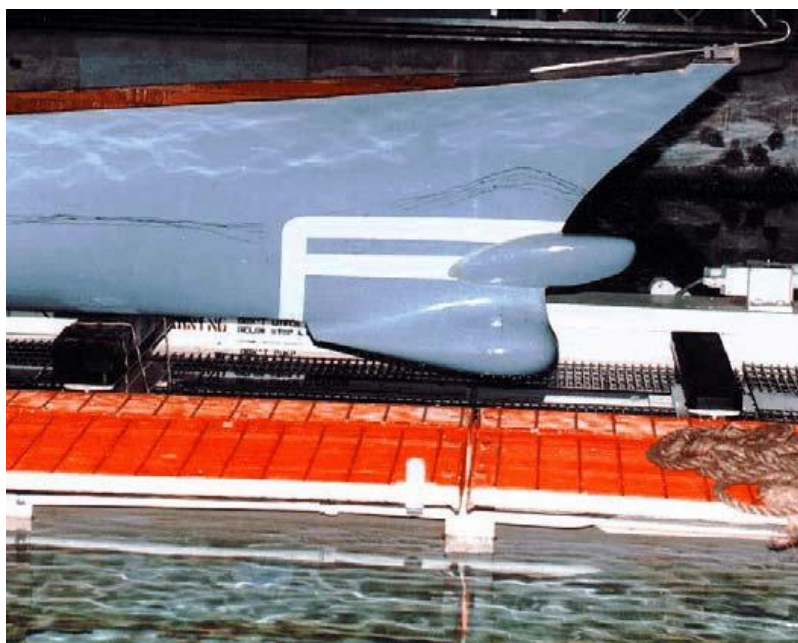
Kontraroterende propeller har potensial for en økning av framdriftseffektiviteten i størrelsesorden 5-10 prosent, hovedsakelig forårsaket av forbedret hydrodynamikk. Tester viser at disse propellene kan oppnå betydelig reduksjon i drivstofforbruk ved normal hastighet og sannsynligvis noe mindre gevinst ved høye hastigheter, sammenlignet med kontrollerbare propeller med aksel og stag. Det er sannsynlig at fordelene som oppnås ved økt energieffektivisering gjennom denne type teknologi vil kunne øke ytterligere gjennom økt hastighetspotensial og reduksjon i signatur [30].

Ny seks-bladet propell, spray rails, og stern flaps er innført på 49 Island klasse patruljebåter som opererer i den amerikanske kystvakten. Denne propellen er predikert til å oppnå gjennomsnittlig 8 prosent høyere effektivitet enn foregående propeller. Disse tre tiltakene i kombinasjon har medført økning av toppfarten med 2,5 knop, dette på grunn av redusert motstand i vann samt økt framdrift fra propellene [31].

Forbedret propellteknologi (kontraroterende propeller samt seks-bladet propeller) kan gi 5-10 prosent bedre fremdriftseffektivitet for kystvaktfartøy. Hvis en antar at dette medfører 5-10 prosent mindre drivstofforbruk, tilsier dette en reduksjon av klimagassutslipp på 2 986-5 971 tonn CO₂ ekv.

3.10.1.5 Bulbous Bows

”Bulbous bow” (Figur 3-4) kan redusere fartøyets motstand i vann og dermed øke drivstoffeffektiviteten. Inui Bow, en type bulbous bow utviklet av Takao Inui i Japan på sekstitallet, er i utstrakt bruk i dag på store og små kommersielle fartøy. Disse fartøyene har oppnådd en reduksjon av drivstofforbruk på typisk 5 prosent ved cruisinghastighet [32]. US Navy hangarskip, amfibiefartøy, hjelpefartøy og sealift skip har nå tatt i bruk bulbous bows. US Navy har gjennomgått dette konseptet for mulig inkorporering i andre typer fartøy som for eksempel stridsbåter.



Figur 3.4 Bullows bow design på en Destroyer av type DDG-51 (bulb øverst, sonarkuppel under)

Modelleringsstudier har vist at konstruksjon av en bow bulb på en Arleigh Burke (DDG-51) klasse destroyers kan redusere drivstofforbruket med 3,9 prosent, tilsvarende innsparinger på 2400 fat drivstoff per år for US Navy (Cusanelli, 2000). En tidligere studie fra samme organisasjon estimerte at installasjon av bulbous bow på 79 eksisterende US Navy kryssere og destroyere ville koste mindre enn \$30 millioner, men at livssyklusinnsparingene ville tilsvart \$250 millioner [33].

Innføring av Bulbous bow design på for eksempel norske stridsbåter, minerydder/jakt og støttefartøy kan redusere drivstofforbruket med 5 prosent, tilsvarende 677 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.10.1.6 Stern flaps

En stern flap (Figur 3-5) er en relativt liten plate som stikker ut som en forlengelse av fartøyets skrogstruktur. Denne konstruksjonen påvirker vannstrømmen på en gunstig måte som reduserer fartøyets motstand i vann og medfører dermed nedsatt drivstofforbruk med noen få prosent. En stern flap for et marinefartøy koster omtrent \$170 000 å fabrikkere og installere. Testresultater viser at stern flap på DDG-51s medførte en årlig innsparing på 6 til 7 prosent per fartøy. For et antall på hele 98 US Navy fartøy som ble påmontert stern flaps i 1994 viser beregninger innsparing av servic tilsvarende 403 fartøy-år og drivstoffinnsparinger på \$44 millioner [34].



Figur 3.5 Stern flap på DDG-51 klasse destroyere.

Montering av stern flap på kystvaktfartøy og fregatter kan redusere drivstofforbruket med 7 prosent, tilsvarende 5 843 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.10.1.7 Integrert elektrisk drevet framdrift

Sammenlignet med tradisjonell mekanisk drevet framdrift med to separate sett turbiner (en for framdrift og en for generering av elektrisitet for bruk ombord), vil et integrert elektrisk drevet framdriftssystem redusere fartøyets drivstofforbruk ved å tillate det ene settet av turbiner å gå oftere ved deres mest drivstofføkonomiske hastighet.

Det er rapportert at fartøy kan forbruke 10-25 prosent mindre drivstoff ved bruk av et slikt integrert elektrisk drevet framdriftssystem sammenlignet med et likt fartøy med mekanisk drevet system, men denne prosentandelen vil være avhengig av fartøytype og driftsprofil. US Navy har estimert en innsparing på 15 til 19 prosent for stridsbåter. I tillegg vil elektrisk drift muliggjøre bruk av nye propeller eller stern flap-konstruksjoner som kan redusere drivstofforbruket ytterligere gjennom økt hydrodynamisk effektivitet [35].

Integrert elektrisk drevet framdriftssystem på stridsbåter kan redusere drivstofforbruket med opptil 19 prosent, tilsvarende 113 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.10.1.8 Brenselsceller

Brenselscelleteknologi [36], hvis antatt optimalt utviklet for sjøforsvarets fartøy, kan potensielt redusere fartøyets drivstofforbruk ved å generere strøm mer effektivt enn gjennom forbrenning av marine fuel.

Gassturbinmotorene i US Navy opererer typisk ved 16-18 prosent effektgrad, fordi fartøyene vanligvis seiler ved lav eller medium hastighet hvor det ikke er behov for peakforbruk fra gassgeneratoren. Brenselscellesystemet utviklet av the Office of Naval Research har kapasitet på mellom 37 og 52 prosent effektivitet [37]. Som et resultat av dette har US Navy estimert at en DDG-51 gassturbin generator som opererer i 3000 timer vil konsumere 641 465 gallons drivstoff, mens fartøy med brenselscelledrift med innebygd drivstoffreformator for hydrogendannelse fra marine fuel ville konsumert 214 315 gallons, tilsvarende 67 prosent lavere drivstofforbruk. Andre potensielle fordeler med brenselscelleteknologi inkluderer lavere vedlikeholdskostnader, reduserte utslipp og dermed lavere infrarød signatur, lavere akustisk signatur, reduserte radarsignatur og økt stridsdyktighet på grunn av senket kraftbehov. Brenselscelleteknologi er innkorporert i tyske undervannsfartøy, og er i ferd med å innføres i US Navy og vil sannsynligvis bli tilgjengelig innen relativt kort tid.

Brenselscelledrift med innebygd drivstoffreformator for hydrogendannelse fra marine fuel på kystvaktfartøy kan konsumere opptil 67 prosent mindre drivstoff enn drift med gassturbingenerator.

3.10.1.9 Forbedret overflatebehandling av skrog

Bruk av selvpolerende, kobberinnholdende bunnstoff kombinert med ko-biocider for overflatebehandling av fartøy har vist seg å være effektivt for å hindre groing av biofilm på amerikanske fartøy. Dette gjøres for å redusere motstand i vann som dermed reduserer drivstofforbruk, kostnader og utslipp til luft, samt for å hindre innføring av nye arter ved

internasjonal skipsfart. Amerikanerne har endret sin behandling av en del fartøy med hell, og viser til 5-11 prosent reduksjon av drivstofforbruk sammenlignet med foregående systemer.

Bruk av selvpolerende, kobberinnholdende bunnstoff kombinert med ko-biocider for overflatebehandling av fartøy kan redusere drivstofforbruket med 5-11 prosent, gitt samme operasjonsmønster som nå. Dette tilsier i såfall en reduksjon av klimagassutslipp på 563-1 238 tonn CO₂-ekv.

3.10.1.10 Adferd

Marsjfart til fartøy kan senkes med relativt liten prosentandel men som vil gi lavere drivstofforbruk og utslipp til luft. Det totale reduksjonspotensialet ved å sette fartsgrenser til sjøs er beregnet til å være ca 3 prosent [38], noe som kan tilsi at potensialet ved å redusere marsjfarten på militære fartøy er i samme størrelsesorden. Det bør utarbeides oversikt over drivstofforbruk ved ulike hastigheter for de ulike fartøytypene. Videre bør det fastsettes retningslinjer som bidrar til å sikre at hastigheten avpasses i fartøyets oppdrag.

Det totale reduksjonspotensialet for klimagassutslipp ved å redusere marsjfarten på militære fartøy til sjøs er ca 3 prosent, tilsvarende 3 338 tonn CO₂ ekvivalenter.

3.10.2 Iverksatte teknologiske løsninger for drivstoffbesparelser

3.10.2.1 Gassturbindrift på fartøy

I motsetning til for utslipp som eksempelvis SO_x eller NO_x finnes det ikke noen rensemetode for CO₂ per i dag. Gjennom en aktiv holdning til energiforbruk vil forsvarssektoren kunne redusere energiforbruket på sine fartøy. Dette vil gi kostnadsbesparelser og redusere utslippene. Videre vil valg av tekniske løsninger som for eksempel propeller og skrogvalg kunne bidra til redusert energiforbruk. Reduksjon av CO₂ ved motortekniske tiltak må sees i sammenheng med krav til andre utslipp, spesielt NO_x. Det vil i enkelte tilfeller være en praktisk avveining mellom CO₂-gevinst og NO_x-utslipp.

Miljøgevinsten ved gassdrift er betydelig. Naturgass gir svært lave utslipp av sot, røyk og partikler. Naturgass gir heller ingen utslipp av SO_x fordi gassen er fri for svovel. Ved konvertering fra marine fuel til naturgass som drivstoff oppnås en reduksjon av CO₂ på ca. 25 prosent per skip. I følge Vegdirektoratet vil økte metanutslipp redusere klimagevinsten til ca. 15 prosent. Erfaringene tyder på at dette er et lønnsomt NO_x-tiltak dersom NO_x verdsettes til minst 20–25 kroner per kg NO_x. I følge ”Avgift på utslipp av NO_x 2012”, ligger NO_x avgiften på 16,69 kr pr kg NO_x sluppet ut for fartøy.

Ved konvertering fra marine fuel til naturgass som drivstoff oppnås en reduksjon av CO₂ på ca. 25 prosent per skip.

3.10.2.2 Landstrøm

Fartøy som ligger i havn trenger strømforsyning til kraftkrevende prosesser. Det er vanlig å generere denne strømproduksjon gjennom bruk av hjelpemotorer. Innføring av landstrøm ved Haakonsvern Orlogstasjon har medført redusert forbruk på omtrent 1,6 millioner liter marine fuel per år, tilsvarende en reduksjon på omtrent 4000 tonn CO₂-ekv. Dette tilsvarer ca 4 prosent av det totale klimagassutslippet fra alle fartøy i sjøforsvaret.

Innføring av landstrøm på Haakonsvern orlogstasjon har medført reduksjoner i forbruk av marin fuel på ca 1,6 millioner liter. Dette tilsvarer en reduksjon på 4000 tonn CO₂ ekvivalenter

3.11 Energiforbruk i eiendom, bygg og anlegg (EBA)

I Iverksettelsesbrev for Forsvaret 2009 og Iverksettelsesbrev til forsvarssektoren for 2009 til 2012 heter det ”...*det skal legges vekt på energieffektivisering og omlegging til oppvarming basert på fornybar energi.* Basert på forbrukstall fra forsvarssektorens miljøregnskap 2010 (tabell 2-5) vil en omlegging fra fossilt brensel til fornybar energi innen 2020 gi en reduksjon på 38 771 tonn CO₂ ekv.

Ved konvertering av all fossil energi for drift og oppvarming av EBA til klimanøytral energi vil dette gi en reduksjon på omtrent 39 000 tonn CO₂ ekvivalenter. innen 2020.

3.11.1 Iverksatte tiltak

Satsing på fjernvarme basert på fornybare brensler er et viktig ledd i arbeidet med en miljøvennlig energiomlegging. Fjernvarmesatsingen bidrar til redusert bruk av elektrisitet til oppvarming og til at oljekjeler byttes ut med miljøvennlige alternativer.

3.11.2 Oppvarming

Utslippet knyttet til oppvarming kan reduseres på ulike måter både gjennom atferdstiltak og teknologisk baserte løsninger. Utslippene kan reduseres gjennom å redusere etterspørsel etter energi, for eksempel ved å gjennomføre energieffektiviseringstiltak. Samtidig kan man sørge for den oppvarmingen som må skje, skjer ved bruk av kilder som ikke gir opphav til klimagassutslipp. Fossile energikilder som brennes i kjeler eller ovner for å produsere damp eller

varmt vann kan i prinsippet helt erstattes av ikke-fossile energikilder, og derved redusere utslippene av klimagasser. Lavutslippsutvalget mener det er mulig å redusere utslipp knyttet til oppvarming mye, og mener at all oppvarming bør være CO₂-nøytral i 2050. I sum anbefaler utvalget to tiltak relatert til oppvarming; energieffektivisering i bygg og overgang til CO₂-nøytral oppvarming, i hovedsak ved bruk av biobrensel og varmepumper.

3.11.3 Energieffektivisering og adferd

Energieffektivisering i boliger, verkstedbygg, skolebygg og kaserner kan gjøres ved atferdsmessige endringer. Det er mye å hente på å redusere innnetemperaturen i arbeidstiden og redusere den ytterligere om natten da man i de fleste tilfelle ikke benytter byggene. Ved for eksempel å senke normert vintertemperatur med 3° C i de nevnte bygningstypene (fra et gjennomsnitt på 21° C) vil en i gjennomsnitt spare 12 prosent av normert energibruk. Ved å la temperaturen falle ned til 10° C om natten, samt å gjøre det samme i rom som til enhver tid ikke er i bruk, vil en spare minst ytterligere 5 prosent av opprinnelig norm. I tillegg er det også for yrkesbygg muligheter til å spare energi gjennom mindre og mer effektiv bruk av lys.

3.11.4 Energieffektivisering ved operasjoner i utlandet

Deltagelse i operasjoner i utlandet (UTOPS) er en sentral del av Norges forsvars- og sikkerhetspolitikk. I forsvarssektorens miljøregnskap er det rapportert forbruk av diesel, bensin og jetfuel ved Maimanah leir og diesel ved Nidaros leir. Det er registrert drivstoff knyttet til energiproduksjon (bruk av drivstoff til aggregater), og bruk av drivstoff på kjøretøy og helikopter.

Lokalitet	Materiell	Mengde (liter)		
		Diesel	Bensin	Jetfuel
Maimanah	Aggregat	1 377 692		
	Helikopter			456 306
	Tunge kjøretøy	353 985		
	Lette terrengkjøretøy		12 405	
Nidaros leir	Aggregat	1 096 500		
	Tunge kjøretøy	340 955		
Sum		3 169 132	12 405	456 306

Tabell 3.8 Forbruk av drivstoff ved UTOPS i 2010.

Tabellen over viser at det totale drivstofforbruket for oppvarming av telt og bygninger tilsvarer omtrent 2,5 millioner liter diesel, eller omtrent 3200 liter diesel/person/år. Omregnet i effekt tilsvarer dette 32 000 kWh/person/år.

Hvordan kan Forsvaret redusere energiforbruket i telt og bygninger i denne type leir? Alternative løsninger som bør utredes kan være bedre isolering av telt og bygninger, bedre natt- og dagregulering av temperatur, økt bruk av for eksempel solcellebasert energi, solfangerteknologi samt kondisjonering av telt og gjenbruk av varme fra aggregater.

Det amerikanske forsvaret har på bestilling utviklet et microgrid system for telt, hvor solcelleanlegg skaffer nok elektrisitet for oppvarming av telt ved gunstige lysforhold, men skifter automatisk over på aggregatdrift når solenergi ikke er tilstrekkelig. En varmeisolerende duk (HDT's Radiant Barrier) er plassert mellom inner- og ytterduk som et forbedret alternativ til skumisolering. Dette microgridsystemet er angitt å spare opp mot 70 prosent av energiforbruket i telt, og er nå implementert ved noen amerikanske "deployed camps" [39].

4 Metodikk for energi- og miljøeffektiviseringsanalyser

Hvis logistikk, infrastruktur, leveranse og beskyttelse inkluderes i beregningene for drivstoffkostnader, vil dette overstige nåværende utsalgspris i Forsvaret i Norge betraktelig, samt ISAF utsalgspris i Afghanistan. Estimer viser at de reelle kostnadene for drivstoff i militære operasjoner varierer fra \$1 per liter for skip i åpent farvann, til \$11 per liter for tanking av fly i lufta, og videre til flere hundre dollar per liter for framskutt leir i kampsoner [40]. Til sammenligning var standard pris for JP-8 \$1 per liter i januar 2012 [41].

Per dags dato finnes ingen definitive metoder for kalkulering av FBCF estimer. Tabellen under viser kostnadselementene som danner basis for estimat av FBCF, utviklet av Office of the Under Secretary of Defence for Acquisition, Operations and Support (OUSD(AT&L)):

Element	Burden Description
Commodity Cost of Fuel	Defence Energy Support Center standard price for the appropriate type or types of fuel
Primary Fuel Delivery Asset, Operations & Support	Cost of operating service-owned fuel delivery assets including the cost of military and civilian personnel dedicated to the fuel mission
Depreciation Cost of Primary Fuel Delivery Assets*	Measures the decline in value of fuel delivery assets with finite service lives using straight-line depreciation over total service life
Direct Fuel Infrastructure, Operations & Support and Recapitalization Cost*	Cost of fuel infrastructure that is not operated by Defence Energy Support Center and directly tied to energy delivery
Indirect Fuel Infrastructure*	Cost of base infrastructure that is shared proportionally among all base tenants
Environmental Cost	Cost representing carbon trading credit prices, hazardous waste control and related subjects
Other Service & Platform Delivery Specific Costs*	Includes potential cost associated with delivering fuel such as convoy escort, force protection, regulatory compliance, contracting and other costs as appropriate

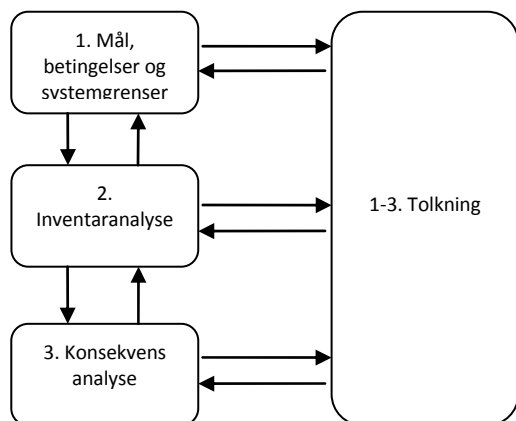
*These costs vary by Service and delivery method (ground, sea, air)

Tabell 3.9 Kostnadselementer for estimering av "fully burden cost of fuel, FBCF" [42].

FBCF er nødvendig for å kunne besvare spørsmålet "hvor mye bør Forsvaret investere i tiltak for å redusere drivstoffkostnader i militære øvelser og operasjoner"? Slike FBCF estimer kan brukes til å informere beslutningstakere på alle nivå, ved valg av design konsepter,

framdriftsløsninger, ved teknologivalg av systemingeniører, samt ved valg av utstyr som skal deployeres til feltinstallasjoner. Verken Forsvaret eller andre NATO styrker i felles militære operasjoner har noe verktøy for å besvare dette spørsmålet. Det er derfor behov for å utvikle et slikt verktøy. En egen NATO RTO arbeidsgruppe (SAS-083) har som formål å bygge en slik fullstendig kostnadsmodell som er tiltenkt å publiseres i rapportform om ca. 2 år. Ved bruk av denne modellen, eller en tilnærming til den amerikanske gjeldende modellen for bruk i det norske forsvaret, kan den reelle innsparingen i drivstofforbruk kalkuleres for aktuelle energi- og miljøeffektiviseringstiltak.

Ved innkjøpt og oppgraderinger av materiell i Forsvaret har det tidligere i rapporten blitt foreslått at en LCA og LCCA blir gjennomført. Dette er for å finne ut hvor man kan få størst utbytte både økonomisk og miljømessig. En LCA blir vanligvis utført på ett produkt, for eksempel et fartøy, men det vil også være mulig å kombinere dette med andre modeller for å få med hele systemer. Skal man utføre en LCA på et fartøy, for eksempel et av kystvaktens skip, må man først spesifisere de mål, betingelser og systemgrenser man setter for analysen. Videre må det utføres en analyse av alt inventar, maskineri og materiell som inngår i skipet. Til slutt vil man da kunne gjøre en konsekvensanalyse og tolke resultatene (se figur under).



Figur 3.6 Rammeverk for livssyklusanalyse

Videre vil det bli gjennomgått et generelt oppsett til en LCA, og ett av kystvaktens fartøy er brukt som eksempel.

1. Mål, betingelser og systemgrenser

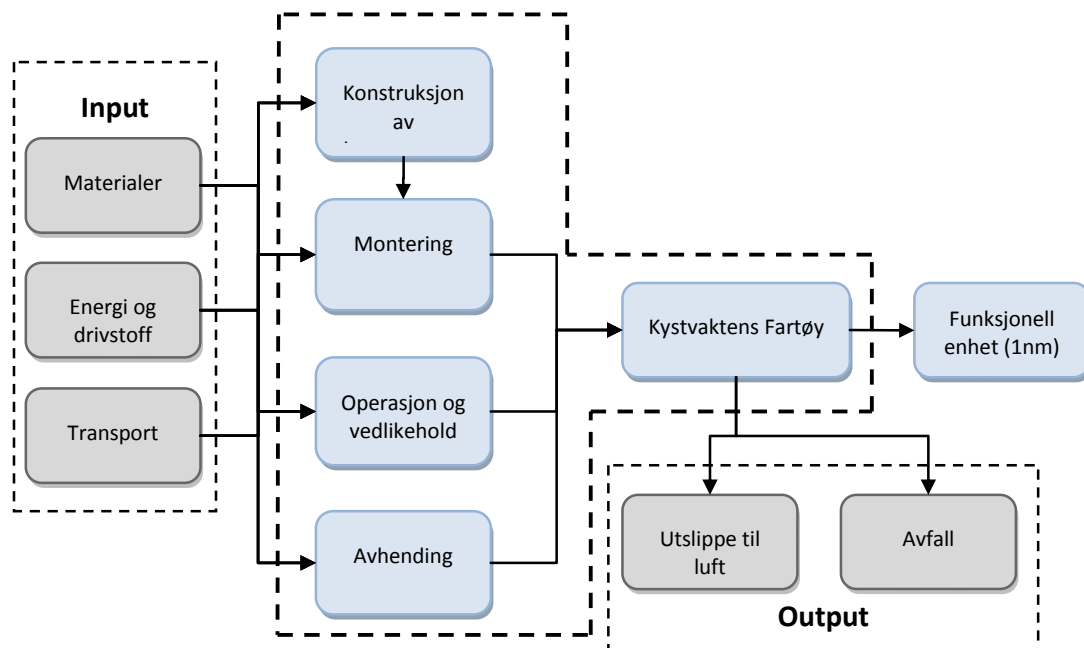
- Målet med en slik analyse av et fartøy i Forsvaret er å få oversikt over drivstofforbruk og utslipp(hovedsakelig i form av CO₂ og NO_x), ved for eksempel ett års operasjon.
- Betingelsene går hovedsakelig ut på geografisk lokasjon av produksjon og opphavet til materialet, samt hva den funksjonelle enheten (FU) er. FU er ofte definert som 1 nm kjørt av fartøyet. Det vil da være enkelt å multiplisere opp FU dersom man skal inkludere flere like fartøy i utregningene.

- Definisjon av systemgrensene er veldig viktig i en LCA. Her spesifiserer man hvilke aspekter ved konstruksjon, operasjon, vedlikehold og avhending man ønsker å ha inn i analysen og hvilke man tar for gitt.

2.

Inventaranalyse

- Uten en inventaranalyse vil man ikke ha noe grunnlag for videre evaluering av produktet. I en slik analyse vil man få en oversikt over material- og energibruk, samt utslipp til luft og avfall.
- Det er hovedsakelig 4 hovedpunkter i en inventaranalyse
 1. Utvikle et flytskjema for de prosesser som er inkludert
 2. Lage en oversikt over innsamlet data som spesifiserer hvor data er hentet fra og usikkerheten knyttet opp mot disse
 3. Samle inn data
 4. Analysere og rapportere resultatene.
- Uten en grundig analyse og håndfaste data vil det ikke være mulig å lage et fullstendig og oversiktlig flytskjema for et fartøy, men i figuren under er det laget et på et overordnet nivå



Figur 3.7 Figuren illustrerer de fire hovedfasene i livssyklusen til et fartøy

- Figur 3-7 viser inndata i form av materialer, energi, drivstoff og transport som trengs for de fire hovedfasene i livssyklusen til fartøyet; konstruksjon av komponenter (propeller, skrog, maskineri osv), montering av fartøyet, operasjon og vedlikehold og avhending etter endt levetid. Prosessene som er farget og innenfor den stiplede linjen er innefor systemgrensen til livssyklusanalysen. Ut

av systemet får man da den funksjonelle enheten, som i dette tilfellet er 1nm kjørt med fartøyet, utslipp til luft og avfall.

3. **Konsekvensanalyse og tolkning av resultater**

- I en konsekvensanalyse bruker man resultatene man har fått fra inventaranalysen for å evaluere effekter på blant annet helse, miljø og ressursbruk.
- Ut i fra all informasjonen fra inventaranalysen på utslipp og fra konsekvensanalysen på effekter vil man kunne vise til meget detaljerte resultater som muliggjør beslutninger om hvor i livssyklusen av produktet som vil ha størst utbytte.

5 Oppsummering

Oppsummering av mulige energi- og klimautslippsbesparende tiltak basert på en litteraturgjennomgang er gitt i tabell 10-1. Her er de ulike teknologiløsningene eller tiltakene rangert ut ifra forventet økning i operativ evne, energigevinst, energiforsyning eller sikkerhet, miljøgevinst, kostnad, samt om det foreslåtte alternativet er konkurransedyktig i forhold til eksisterende teknologi innen 2020.

Tabell 3.10 Oppsummering og rangering av potensielle energi- og miljøeffektiviserende tiltak i forsvarssektoren

Teknologi	Forventet økning operativitet	Forventet energigevinst	Forbedret energiforsyning/ sikkerhet	Mulig reduksjon i klimagassutslipp (tonn CO ₂ ekv)	Forventet miljøgevinst	Forventet kostnad	Konkurransedyktig alternativ innen 2020
Syntetisk drivstoff (blanding fornybar og ikke fornybar)	NA	Lav	Middels		Middels	Middels	Middels/høy
Annengenerasjons biodrivstoff	NA	Lav	Middels	291 000 tonn CO ₂ ekv	Høy	Middels/høy	Middels
Administrative kjøretøy							
Forbedret kjøreadferd	NA	Middels	Lav/middels	2003 tonn CO ₂ ekv	Lav/middels	Lav	Høy
Lavutslippskjøretøy (overgang til dieselmotor)	NA	Lav	NA	75 tonn CO ₂ ekv	Lav	Lav	Middels/høy
Hybridteknologi (forbrenningsmotor og elektrisk motor)	NA	Lav/middels	NA	1503 tonn CO ₂ ekv	Lav/middels	Middels	Høy
Batterielektrisk bil	NA	Middels	NA	668 tonn CO ₂ ekv	Lav/middels	Middels	Middels
Brenselscellekjøretøy med hydrogen	NA	Høy	NA	7212 tonn CO ₂ ekv	Høy	Høy	Lav
Militære kjøretøy							
Hybridteknologi (forbrenningsmotor og elektrisk motor)	Middels/høy	Middels	Middels/høy	98-196 tonn CO ₂ ekv	Lav/middels	Middels/stor	Middels
Lettere pansring vha aktive beskyttelsessystemer, lettere strukturelementer og skrog, hjelpestrømsaggregat	Høy	Lav/middels	Høy	70 tonn CO ₂ ekv	Lav/middels	Middels/høy	Høy
Luftfartøy							
Annengenerasjons biodrivstoff (50 % innblanding)	Lav	Lav	Høy	47 224 tonn CO ₂ ekv	Høy	Middels/høy	Middels
Landstrøm	NA	Høy	NA		Lav/middels	Lav	Høy
Ubemannede fly (UAV)	Høy	Middels/høy	Høy		Høy	Middels	Høy
Vektreduksjon/optimalisert tyngdepunkt	Lav/middels	Middels	Middels		Lav/middels	Middels	Middels/høy
Fartøy							
Annengenerasjons biodrivstoff (50 % innblanding)	Lav	Lav	Høy	55 623 tonn CO ₂ ekv	Høy	Middels/høy	Middels
Effektivisering av drivstoffprodusert elektrisitet	Middels	Middels	Middels		Middels	Middels	Middels/høy
Forbedret propellteknologi	Høy	Middels/høy	Middels/høy	2 986-5 971 tonn CO ₂ ekv	Middels	Lav/middels	Middels/høy
Bulbous bow	Middels/høy	Middels/høy	Middels	677 tonn CO ₂ ekv	Lav	Lav	Høy
Stern flaps	Middels/høy	Middels/høy	Middels	5843 tonn CO ₂ ekv	Middels	Lav	Høy
Integreert elektrisk drevet framdrift	Middels	Middels	Middels	113 tonn CO ₂ ekv	Lav	Lav/middels	Middels/høy
Brenselscelleteknologi for strømproduksjon	Middels/høy	Høy	Høy		Høy	Middels/høy	Lav
Forbedret oveflatebehandling av fartøy	Middels	Middels	Middels	5 563-12 238 tonn CO ₂ ekv	Høy	Lav/middels	Høy
Gassturbindrevet framdrift	Lav/middels	Lav/middels	Lav		Middels	Middels	Høy
Landstrøm (Haakonsværn)	NA	Høy	NA	4 000 tonn CO ₂ ekv.	Høy	Middels/høy	Høy
Optimalisert masfart	Middels	Middels	Middels	3 338 tonn CO ₂ ekv	Middels	Lav	Høy
Eiendom, bygg og anlegg (EBA)							
Utfasing fossile energibærere til oppvarming	NA	Middels	NA	39 000 tonn CO ₂ ekv	Høy	Lav/middels	Høy
Innfasing varmepumper, fjernvarme	NA	Middels/høy	NA		Høy	Middels	Høy
Aferdsmessige endringer	NA	Middels	NA		Middels	Lav	Høy
Operasjoner i utlandet (UTOPS)							
Redusert aggregatforbruk ved bedret isolering telt/bygninger	Middels	Middels	Middels/høy		Høy	Lav	Høy
Solfangerteknologi, solcellebasert teknologi	Lav/middels	Middels	Middels		Middels/høy	Middels/høy	Høy
Microgridssystem for telt	Middels/høy	Høy	Høy		Høy	Middels	Høy

NA: not applicable (ikke relevant)

6 Konklusjon

Annen generasjons biodrivstoff må innføres i kombinasjoner med teknologiske løsninger hvis 28 prosent reduksjon i klimagassutslipp skal oppnås innen 2020.

Litteraturstudien med mulige energi- og klimautslippsbesparende tiltak beskrevet i denne rapporten vil i de fleste tilfeller ha potensial til å medføre økt operativ evne og økonomiske besparelser i tillegg til redusert miljøbelastning. For å vurdere relevansen av de foreslåtte teknologiske løsningene eller tiltakene for den norske forsvarssektoren vil LCA og kostnadsanalyse av materiellet kombinert med FBCF for å finne de reelle drivstoffkostnadene i militære operasjoner være nødvendig metodikk for å finne effekten av endringer sett i levetidsperspektivet til materiellet. En gjennomgang av perspektivplan materiell vil kunne sikre at teknologiske forbedringer på materiell harmoniseres med øvrige oppgraderinger eller innkjøp.

Redusert drivstofforbruk ved operasjoner i utlandet vil i tillegg redusere logistikkbehovet, og dermed bidra til å redusere sikkerhetsrisikoen for ISAF-personell.

Referanser

- [1] Stortingsmelding nr. 2 (2008-2009). Revidert nasjonalbudsjett 2009, Det Kongelige Finansdepartement 2009.
- [2] Klimakur 2020. Tiltak og virkemidler for å nå Norske klimamål mot 2020, Klima- og forurensningsdirektoratet, TA 2590/2010.
- [3] Fakta om Forsvaret 2011. Forsvarsdepartementet, 2010.
- [4] Aall, C., og Groven, K. (2003). Institusjonell respons på klimaendringer. Gjennomgang av hvordan fire institusjonelle systemer kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. Vestlandsforskning. VF-rapport 3/03. 116 s.
- [5] Stortingsmelding nr. 22 (2008-2009). Samfunnssikkerhet Samvirke og samordning. Det Kongelige Justis- og Politidepartement 2008.
- [6] Miljøverndepartementet (2005). Rapport om sårbarhet for og tilpasning til klimaendringer i sektorer i Norge. En oppfølging av interdepartementalt seminar 31. august 2005 om tilpasning til klimaendringer.
<http://www.regjeringen.no/nn/dep/md/dokument/rapportar-og-planar-/Rapportar/2007/Rapport-om-sarbarhet-for-og-tilpasning-t.html?id=486501>.
- [7] The Stern Review on the Economics of Climate Change (2006).
- [8] Buhaug, H., Gleditsch, N.P. and Theisen., O.M. (2008). Implications of Climate Change for Armed Conflict, 1-48.
- [9] Halden, P. (2007). Global security is affected by climate change. Press release <http://www.expertsvar.se/english/pressrelease?pressReleaseID=9130&languageID=2>.
- [10] Ringnes, H., Reistad, T., Myhre, O., Prydz, P. og Longva, K. (2010) ”Forsvarssektorens miljøregnskap for 2008”, FFI-rapport 2011/00452.
- [11] Forsvarsbygg miljøredegjørelse 2010 (2011), 1-21.
- [12] Expert group report: Alternative fuels could replace fossil fuels in Europe by 2050, IP/11/61, 2011.
- [13] NOU 2006: 18 (2006). Et klimavennlig Norge. Utredning fra et utvalg oppnevnt ved kongelig resolusjon 11. mars 2005, 1-144.
- [14] Statens forurensningstilsyn (2007). Reduksjon av klimagasser i Norge. En tiltaksanalyse for 2020, 1-88.
- [15] Holtmark, B. (2010). Om tømmerhogst og klimanøytralitet. *Økonomiske analyser* 49-56.
- [16] Bright, R.M., Strømman, A.H. og Peters, G.P. (2011). Radiative forcing impacts of boreal forest biofuels: A scenario study for Norway in light of albedo. *Environmental science & Technology*,

- [17] Betts, R.A. (2000) Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo. *Nature*, 408,
- [18] <http://www.sustainablesipping.com/>
- [19] Environmental Protection Agency (1993) *Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles*. Risk Reduction Engineering Laboratory. Cincinnati, United States.
- [20] Brunvoll, F. og Monsrud, J. (2011). Samferdsel og miljø 2011: Utvalgte indikatorer for samferdselssektoren. Statistisk sentralbyrå, rapporter 27/2011.
- [21] Signorelli, M. (2011). Military Vehicles Should Make Leap to Hybrid Technology. *National Defense*, June 2011, 22.
- [22] <http://www.tgdaily.com/sustainability-features/56245-air-force-thunderbirds-fly-show-on-biofuel>
- [23] <http://featured.matternetwork.com/2010/3/us-air-force-pumps-up.cfm>
- [24] <http://bio-fuel-watch.blogspot.com/2010/04/biomass-eglin-tests-new-fuel-on-10.html>
- [25] <http://www.ibiblio.org/hyperwar/NHC/CRS/propulsion.htm#reducing>
- [26] Sandmo, T. (2011). The Norwegian Emission Inventory 2011: Documentation of methodologies for estimating emissions of greenhouse gases and long-range transboundary air pollutants. SSB, documents 21/2011, 1-267.
- [27] <http://e2s2.ndia.org/schedule/Documents/Abstracts/Moriarty.pdf>
- [28] O'Rourke, R. (2006). Navy ship propulsion technologies: options for reducing oil use – background for congress, 1-32.
- [29] Lovins, A.B. "All Energy Experts on Deck!" (<http://www.rmi.org/sitepages/pid955.php>).
- [30] DSB (2008). Report of the Defense Science Board Task Force on DoD Energy Strategy "More Fight – Less Fuel" (2008), 1-121.
- [31] Karafiath, G. (2001). Hydrodynamic efficiency improvements to the USCG 110 Ft WPB ISLAND class patrol boats. *SNAME Transactions*, 109, 197-220.
- [32] Gillmer, T.C. and Johnson, B. (1982). *Introduction to Naval Architecture*, Annapolis (MD), U.S. Naval Institute, 1982; Patrick J. Bray, "The Bulbous Bow, What Is It, and Why?" tilgjengelig online [http://www.dieselduck.ca/library/articles/bulbous_bows.htm] og "The Basics of Bulbous Bows," tilgjengelig online [http://www.bravyachtdesign.bc.ca/article_bbows.html]
- [33] Cusanelli D.S. "Stern Flaps and Bow Bulbs for Existing Vessels, Reducing Shipboard Fuel Consumption and Emissions" [<http://www.unep.fr/ozonaction/events/military/proceedings/Presentationprosent20Material/24prosent20-prosent20Cusanelliprozent20-prosent20SternFlaps.doc>].
- [34] Carderock Division press release, November 17, 2004, "Navy Researcher Patents Ship Geometry," [<http://www.dt.navy.mil/pressreleases/archives/000129.html>]. An earlier (2003) Department of Energy publication stated that stern flaps had been installed on 61 ships, resulting in estimated savings of 203,000 barrels of fuel, and that when fully implemented in 2005, stern flap installations on Navy ships would save 446,000 barrels of fuel, or \$18 million, per year. U.S.

Department of Energy, "Leading By Example to Improve Energy Security," March 2003 [http://www1.eere.energy.gov/office_eere/pdfs/federal_fs.pdf].

[35] CRS Report RL30622 (2002). *Electric-Drive Propulsion for U.S. Navy Ships: Background and Issues for Congress*, by Ronald O'Rourke. A 2002 DOD report similarly states that integrated electric drive propulsion can achieve "[g]reater than 15-19 percent savings over existing gas-turbine combatants when operating a minimum of two generator sets." *Developing Science and Technologies List, Section 13: Marine Systems Technology*, op. cit., pp. 13-25.

[36] Yacobucci, B.D. og Curtright, A.E. CRS Report RL32196. *A Hydrogen Economy and Fuel Cells: An Overview* [<http://www.fuelcells.org>].

[37] Walsh, 2004. ONR program officer Anthony Nickens, as quoted in Ed Walsh, "Hybrids on the High Seas: Fuel Cells for Future Ships," *Navy Newsstand*, March 8, 2004 [http://www.news.navy.mil/search/display.asp?story_id=12221].

[38] Det Norske Veritas (2009). Tiltaksanalyse – fartsgrenser for skip som opererer i norske farvann. Rapport nr 2009-1016, revisjon nr 1, 1-22.

[39] www.hdtglobal.com

[40] DSB (2008). Report of the Defense Science Board Task Force on DoD Energy Strategy "More Fight – Less Fuel" (2008), s 30.

[41] (<http://www.desc.dla.mil/DCM/DCMPage.asp?LinkID=DESCCustomerService>).

[42] Corley, R.M. (2009). Evaluating the impact of the fully burdened cost of fuel. Monterey, CA: Master's thesis, Naval Postgraduate School, Monterey, CA.