



# VITEN

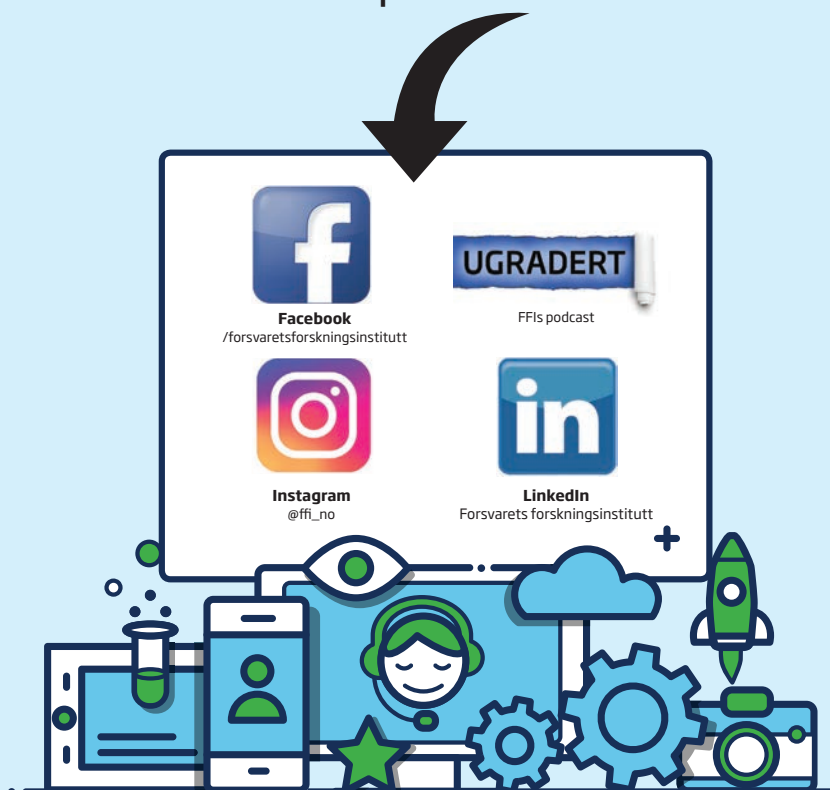
FORSKNINGSFAGLIG RAPPORT 2. 2019 FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT



## DET GRØNNE FORSVARET?

# Følger du med?

Nyheter og oppdateringer om  
FFI hver uke på sosiale medier.



## OM VITEN

VITEN er en annerledes rapport fra Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Den er rettet mot et bredere publikum og er laget i et oversiktlig tidsskriftformat. VITEN er et ledd i FFIs satsing på god forskningsformidling og -kommunikasjon.

Med VITEN ønsker vi å bidra til en mer opplyst offentlig debatt, med mer forskningsbasert kompetanse, kunnskap og nettopp viten. Temaer for disse rapportene kommer fra hele bredden av FFIs forskning – fra militærtekniske forhold til forsvarsplanlegging, sikkerhetspolitikk og samfunnsikkerhet. I særlig grad vil vi belyse temaer som har betydning for de utfordringene Forsvaret og sivilsamfunnet står overfor. Vi håper at VITEN vil bidra til å vekke interesse for FFIs mange forskningsområder, og vise at forskningen vår bidrar til et bedre forsvar og et tryggere samfunn.

En elektronisk utgave av VITEN ligger på [ffi.no](http://ffi.no), ofte sammen med utfyllende rapporter og annet materiale.

Har du spørsmål om VITEN? Ta kontakt med oss: [VITEN@ffi.no](mailto:VITEN@ffi.no)

## DET ER PÅ TIDE Å TA NESTE STEG

Bladet du nå holder i hendene skiller seg fra andre FFI-rapporter. Det er ikke sluttresultatet av ett bestemt forskningsprosjekt. Denne utgaven av VITEN er resultat av flere års forskning og en lang rekke ulike prosjekter som på en eller annen måte har fellesnevnerne miljø og Forsvaret.

Så hvorfor har vi laget dette magasinet? Trenger forsvarret egentlig å være miljøvennlig? Er ikke den overordnede oppgaven - å ta vare på det norske folkets sikkerhet og suverenitet - så viktig at alle andre hensyn må vike?

Vi mener det henger sammen. Det er ikke nødvendigvis en motsetning mellom forsvar og miljø. Hvis klimaforskerne har rett i sine varslere om miljøendringer som følge av menneskeskapt global oppvarming, vil det få sikkerhetspolitiske konsekvenser for Norge. Skipstrafikken i våre farvann vil øke. Vi kan bli involvert i internasjonale operasjoner der klimaforandringer har skapt politiske eller humanitære kriser. Og vi kan bli direkte påvirket av flyktningestrømmer fra kriserammede områder.

Denne utgaven av VITEN forsøker ikke å male noe dommedagsscenario. Dette er heller ingen fullstendig gjennomgang av det Forsvaret i dag gjør eller har gjort for miljøet.

Stikkordet for dette magasinet er muligheter. Kan vi forene kampkraft og bærekraft? Hvilke muligheter ligger i den teknologiske utviklingen? Hvordan kan vi gjøre Forsvaret bedre og mer miljøvennlig på en og samme tid? Og ikke minst: hvordan kan vi ved FFI hjelpe til med forskning, utvikling og teknologisk kompetanse for å få det til?

Noen vil kanskje mene at det vi skriver om er virkelighetsfjernt. Andre vil sikkert ønske at vi er mer visjonære. Men FFI driver med anvendt forskning, ikke med science fiction. Vi må ta små steg for å få til store ting.

Så langt har miljøarbeid i Forsvaret i stor grad begrenset seg til å overvåke egen påvirkning på miljøet, og til en viss grad rydde opp. Bevisstheten og kunnskapsnivået om hva som er mulig å få til er for lav. Beslutninger om miljøtiltak må løftes høyere opp i Forsvaret.

Det er på tide å ta det neste steget.

God lesing.



**Øyvind Voie**  
Forskningsleder

UTGIVER:  
Forsvarets forskningsinstitutt

FORSIDE/ILLUSTRASJON:  
Jon Arne Berg / ByHands

REDAKTØR:  
Espen Hofoss

DESIGN:  
Grete Alvestad

viten@ffi.no

BIDRAGSYTERE:  
Øyvind Voie  
Simen Kirkhorn  
Lars Aarønæs  
Simon Utstøl  
Magnus Sparrevik  
Espen Hofoss

FOTO/ILLUSTRASJON:  
Jon Arne Berg / ByHands  
Hundven Clements Photography  
General Motors  
Ivar Aaserud / NTB Scanpix  
AdobeStock  
Forsvarets Forskningsinstitutt  
Forsvaret:  
Fredrik Ringnes  
Samuel Andersen  
Ole-Sverre Haugli  
Torbjørn Kjosvold

Trykk: Fladby as

Opplag: 1500  
P ISBN: 978-82-464-3239-7  
E ISBN: 978-82-464-3240-3  
P ISSN: 2535-2679  
E ISSN: 2535-2687

ABONNER PÅ  
VÅRT NYHETSBRV:  
ffi.no/nyhetsbrev

FØLG OSS PÅ:  
Facebook  
Instagram  
ffi.no

Forsvarets forskningsinstitutt  
Besøksadresse:  
Instituttveien 20  
2027 Kjeller

Postadresse:  
Postboks 25  
2027 Kjeller

Telefon:  
63807130





# INNHold

**06**

HVORDAN KAN FORSVARET BLI MER MILJØVENNLIG?

**16**

FORSVARSSEKTORENS MILJØDATABASE

**20**

KAN FORSVARSSEKTOREN KUTTE KLIMAGASSUTSLIPP?

**22**

BATTERIETS MULIGHETER

**25**

STØYKARTLEGGING KAN SKÅNE LIVET I HAVET

**26**

DERFOR FORSKER FFI PÅ DYR SOM SPISER JORD

**28**

HVA KAN SLIMÅLEN LÆRE OSS?

**30**

FFI KARTLEGGER DUMPET AMMUNISJON

**31**

REFERANSER



# HVORDAN KAN FORSVARET BLI MER MILJØVENNLIG?

Miljøtiltak behøver ikke gå på bekostning av forsvarsevne. Tvert om.

Siden 1992 har ambisjonen til Forsvaret vært å være en foregangsetat innen miljøvern. Etter 26 år med flagging av denne ambisjonen kan det være på sin plass å spørre om Forsvaret i dag er en foregangsetat innenfor miljøvern.

Den nasjonale miljøvernpolitikken bygger på prinsippet om at alle samfunnsaktører har ansvar for sine egne miljøpåvirkninger. Den første handlingsplanen for miljøvern i Forsvaret kom i 1992 (St. meld. nr. 21) og var – på papiret – et lite paradigmeskifte. Alle styrende dokumenter viser at denne ambisjonen fortsatt står ved lag. Forsvarssektorens retningslinjer for miljøstyring fra 2015 sier blant annet at sektoren skal «gjennom et systematisk miljøarbeid være en foregangsvirksomhet»<sup>1</sup>. På mange områder gjør sektoren godt arbeid. Forsvarsbygg og Forsvaret har gjort et stort løft når det gjelder å begrense miljøkonsekvensene

fra bruk av våpen og ammunisjon i skyte- og øvingsfelt. Under øvelser tar Forsvaret hensyn til biomangfold, sårbar natur og kulturminner. Forsvaret kaller dette operativt miljøvern og ser også på det som viktig for å styrke sitt omdømme.

Men hva med klima- og miljøfotavtrykket? I den nye klimaloven er det et lovfestet mål at utslippene fra klimagasser skal kuttes med minst 40 prosent fra 1990-nivåer innen 2030. Dette er også en avtale med EU. Er forsvarssektoren en foregangsvirksomhet på dette området?

## Miljøtiltak krever politisk vilje

Beslutningen om å innføre miljøstyring etter styringssystemet ISO14001 i 1998 var et klart steg i riktig retning. I denne sammenhengen fikk Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å etablere Forsvarssektorens miljødatabase, som samler all relevant miljøinformasjon

“ Alle samfunnsaktører har ansvar for sine egne miljøpåvirkninger.

fra sektoren. Målet var at denne informasjonen kunne brukes til å ta beslutninger om hensiktsmessige miljøtiltak, og at disse kunne prioriteres med hensyn til effekt på miljøet og økonomi. Miljødatabasen er således et godt verktøy for miljøstyring. Men å sette i gang tiltak som forbedrer miljøsituasjonen i sektoren krever politisk vilje.

«Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap» har blitt utgitt hvert år siden 2004 og gir en oversikt over miljøpåvirkning fra sektoren. Dersom vi følger disse regnskapene over flere år, kan vi spore endringene for blant annet energibruk, drivstofforbruk, avfallssortering og utslipp av metaller. Selv om datagrunnlaget for tidligere år er noe mangelfullt, gir disse rapportene en pekepinn på om sektoren beveger seg i riktig retning.

På grunn av nedbemanning av Forsvaret siden 90-tallet kan forsvarssektoren faktisk vise til en reduksjon av direkte klimagassutslipp på over 40 prosent i forhold til estimerte 1989-nivåer (se figuren under). Ser vi bort fra nedbemanning og omstrukturering av Forsvaret, er ikke utviklingen til å juble

“

Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap har blitt utgitt hvert år siden 2004 og gir en oversikt over miljøpåvirkning fra sektoren.

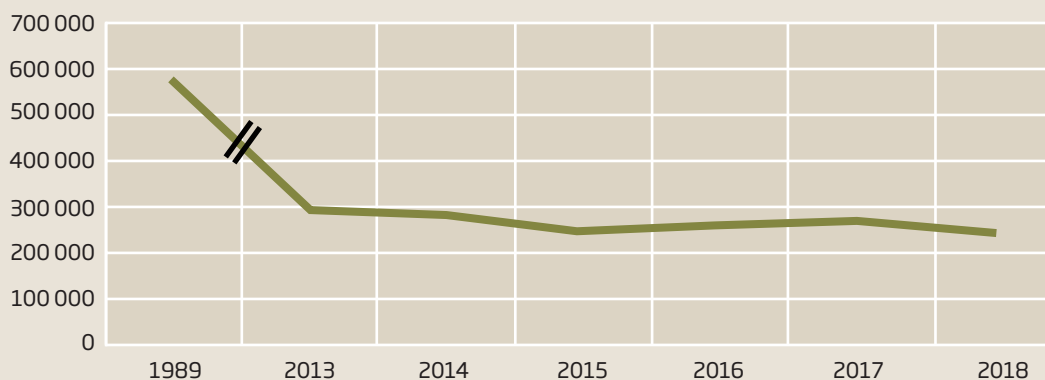
over (se figur f.o.m. 2013). Samtlige kurver viser den samme trenden siden 2013: status quo, hverken oppgang eller nedgang. Samtidig viser prognosen for utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (se side 20-21) at vi vil få en svak oppgang mot år 2030. Forsvarssektoren kan vise til enkelte suksesshistorier det er verdt å nevne, for eksempel et nullutslippsbygg på Haakonsværn og en energisentral for flisfyring utenfor Bardufoss lufthavn. Men hvis vi skal ha noen forhåpninger om å snu utviklingen, må Forsvaret sette i verk langt flere positive tiltak.

Med miljødatabasen på plass og miljøstyringssystemet nesten fullt implementert i sektoren skulle forholdene ligge til rette for gode miljøtiltak og miljøeffektivisering. Hva er det som gjør at vi ikke har lykkes med dette til nå?

#### Sett fornuftige miljømål

Miljøstyringssystemet i forsvarssektoren baserer seg på ISO14001-standard og består av fire trinn: 1) Planlegg: gjennomfør miljøevaluering og definer målsettinger, 2) Utfør: implementer miljøstyring i organisasjonen, 3) Kontroller: overvåk og rapporter om målene nås,

## TONN CO<sub>2</sub>-EKVIVALENTER



Figur 1  
Direkte utslipp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra drivstofforbruk i forsvarssektoren fra 1989 frem til 2018.



4) Korrigjer: gjennomfør aktivitetene som er nødvendig for å bli bedre <sup>2</sup>. Rapportering av egne miljøpåvirkninger er helt sentralt i dette arbeidet. Forsvarets ambisjon var at dette miljøstyrings-systemet skulle være på plass i løpet av 2003. Prosessen har vist seg å være mer krevende enn forventet. Hæren har implementert et overordnet miljøstyringssystem, men jobber fortsatt med å få opp rapporteringsgraden, ifølge miljøansvarlig i Hæren Morten Asbjørnsen. Kartleggingen av miljøaspekter, miljømål og tiltak er fortsatt i startgropa.

Så hvordan kan vi ta neste steg slik at Forsvaret setter seg gode mål for miljøvern og nærmer seg målene i klimaloven?

## HER ER FEM FORSLAG TIL HVORDAN FORSVARET KAN BLI BEDRE PÅ MILJØSTYRING.

### 01 Suksess må kunne måles

Miljøstyring er avhengig av kvantifiserbare miljømål, både kortsiktige og langsiktige, som er i samsvar med

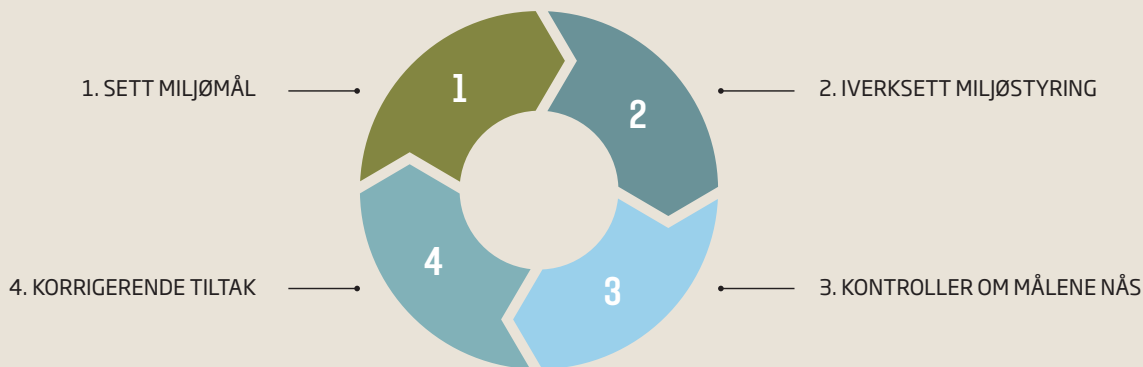
den strategiske planen <sup>1</sup>. I forsvarssektoren vil det si konkrete og målbare sektorovergrepene miljømål som samtidig er konsistent med Forsvarets langtidspan og andre overordnede politiske og strategiske mål. I forsvarssektorens retningslinjer for miljøstyring har en valgt å unngå å sette miljømål og heller formulere ambisjoner. Deretter blir det foreslått handlinger som kan støtte opp om ambisjonene. Litteraturen anbefaler imidlertid at det settes kvantifiserbare miljømål <sup>3</sup>. Et kvantifiserbart miljømål kan for eksempel være at forsvarssektoren skal redusere utslipp av drivhusgasser (målt i CO<sub>2</sub>-ekv.) med 20 prosent innen 2025 i forhold til 2020. Ettersom utslipp av drivhusgasser er en miljøpåvirkning som forsvarssektoren allerede måler og rapporterer på, vil det være enkelt å dokumentere forbedringer og hvordan de ligger an i forhold til målsettingen. Et slikt miljømål må ses i sammenheng med andre ambisjoner som angår aktivitet og omfang i Forsvaret og andre deler av sektoren.

I styringen av all annen virksomhet i Forsvaret er det innført et system som kalles mål-, resultat og risikostyring (MRR). Dette systemet tar utgangspunkt



Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap for 2018 finner du på [ffi.no](http://ffi.no)

## ISO 14001-STANDARD



01



01  
Solcellepanel på taket og sjøvarmepumpe bidrar til at Visund trenger svært lite energi tilført fra strømmettet.

02  
Nullutslippsbygget Visund på Haakonservern er et av de mest energieffektive kontorbyggene i Norge. Bygget er på 2200 kvadratmeter, men bruker kun 35.200 kWh iløpet av ett år. (16 kWh pr. kvadratmeter pr. år.)

02



FOTO: HUNDVENCLEMENTS PHOTOGRAPHY

i målbilde og styringsparametere, ikke ulikt det som benyttes i miljøstyring. I MRR skal målene være spesifikke, mål-bare, aksepterte, realistiske, tidfestede og enkle. De samme kravene vil gjelde for miljømål. Siden tilnærmingen i prinsippet er lik, bør det være mulig å integrere miljøstyring i den generelle virksomhetsstyringen til Forsvaret og de andre etatene. Miljømål og miljøstyring må alltid ses i sammenheng med andre mål og planer i organisasjonen. Dersom miljøstyring blir liggende på utsiden av alt det andre som skjer i virksomheten, vil det alltid bli en salderingspost.

## 02 Miljø er et lederansvar

Miljøvern skal egentlig være et sjefsansvar på alle nivåer i Forsvaret. Trenden er imidlertid at personell med ansvar for miljø sitter langt nede i organisasjonen og har et begrenset beslut-

ningsrom. I hver driftsenhet blir det utnevnt såkalte «toppunkter for miljø», som har dedikerte miljøvernoffiserer under seg. Toppunktene har mulighet til å sette miljørelaterte saker på dagsorden i møte med sine respektive sjefer og få gjennomslag for miljøtiltak.

De som jobber som miljøvernoffiserer, skal ha bakgrunn fra miljøfag eller tilsvarende. For en miljøvernoffiser i en driftsenhet kan det imidlertid bli vanskelig å få gjennomslag for saker som omfatter anskaffelser eller oppgraderinger av tungt materiell. Slike saker krever en større analyse av teknologiske, operative, miljømessige og økonomiske aspekter, noe som ikke er mulig for en miljøvernoffiser i en ellers travel hverdag. Forsvaret trenger et team av fageksperter som kan gjøre de nødvendige analysene, og dette må foregå i tett samarbeid med de

lederne i organisasjonen som ellers er involvert i arbeidet med store anskaffelser, strategiske beslutninger og langtidsplaner.

I Sverige har de organisert miljøvernarbeidet på en litt annen måte. En faggruppe med kompetanse på miljø forbereder en samling i året med ledere fra Forsvarsmakten. Faggruppens arbeid legger grunnlaget for ledergruppen, som setter miljømål og tar beslutning om relevante tiltak. Ideelt sett bør et slikt samvirke mellom miljøeksperter og toppledelse være en sømløs og kontinuerlig prosess, fullt integrert med øvrig virksomhet.

## 03 Miljøvennlig «shopping»

Forsvarssektoren kjøper inn mange varer og tjenester fra sivile. Å sette miljøkrav her kan være en vei mot kutt i klimagassutslipp. NTNU har i sam-



## US ARMY TESTER HYDROGENKJØRETØY

De siste tiårene har hæren i USA investert 27 milliarder kroner i brenselcelle-teknologi. Blant annet har Tank Automotive Research and Engineering Center (TARDEC) utviklet en hydrogenkjøretøy kalt ZH2 i samarbeid med General Motors. Denne er blitt testet ut til militært bruk siden 2017.

Fordi ZH2 drives av en hydrogenbrenselcelle, er den stillere og har lavere varmesignatur enn en bensin eller dieseltruck. Det gjør den vanskeligere å oppdage. ZH2 kan eksportere opptil 25 kW strøm og kan dermed erstatte generatorer. Og den slipper kun ut vann. Hver time produserer brenselcellen ca. 7,5 liter drikkbart vann.

Hæren i USA vurderer å ta i bruk brenselceller også på andre kjøretøyer. De har dessuten startet et forskningsprosjekt for å utvikle nye, lettere brenselceller som kan bæres og brukes av soldater i kamp, for å lade opp nattbriller, droner, termiske kameraer og annet utstyr.

*Les om vår egen forskning på brenselceller og batterier på side 22-24.*

arbeid med Forsvarsbygg og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) utført en organisatorisk livssyklusanalyse (O-LCA) av klimagassutslippene i hele sektoren.<sup>4</sup> Den inkluderer de indirekte drivhusgassutslippene fra sektorens investeringer i et livsløpsperspektiv, noe miljø- og klimaregnskapene så langt ikke har gjort. Studien tar for seg tall for 2017. Det året gjorde forsvarssektoren innkjøp med klimapåvirkning for 21,6 milliarder NOK. Klimafotavtrykket fra produksjon av alle disse varer og tjenester ble beregnet til 545 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter, nesten 70 prosent av organisasjonens totale klimafotavtrykk på 800 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

Å bruke markedsmekanismer er en effektiv strategi for å redusere miljøpåvirkninger. Det stilles miljøkrav til alle leverandører av varer og tjenester. Når

“  
Skal vi ha noen  
forhåpninger om å  
snu utviklingen,  
må Forsvaret sette i  
verk langt flere  
positive tiltak.

Forsvaret velger leverandører som kan dokumentere gode miljøprestasjoner, gir det lavere miljøpåvirkning i produktens levetid.

Klimasmarte offentlige anskaffelser kan redusere klimagassutslippene fra offentlig sektor med hele 70 prosent, viser en rapport utarbeidet på oppdrag for Difi og Miljødirektoratet<sup>5</sup>. Å stille strengere klimakrav til leverandører er altså noe av det mest effektive vi som samfunn kan gjøre for å komme i havn med målet om 40 prosent mindre utslipp innen 2030.

Det stilles ikke samme miljøkrav til Forsvaret som til resten av samfunnet. Anskaffelsesregelverket for forsvarssektoren (ARF) § 6-7 sier likevel følgende: «Det skal under planlegging av den enkelte anskaffelse tas hensyn til miljømessige konsekvenser av anskaffelsen. Det skal





så langt som mulig stilles konkrete miljøkrav til produktets ytelse og funksjon. Det skal kunne dokumenteres at slike vurderinger har blitt foretatt i forhold til de krav som normalt fremgår av Framskaffelsesløsningen...».

På dette området er det et stort potensial for forbedring. Når andre faktorer skal vektlegges, slik som økonomi og operative krav, er det få miljøhensyn som til syvende og sist blir tatt. Forsvaret kan redusere drivstofforbruk fra fartøy, luftfartøy og kjøretøy gjennom systematiske vurderinger av miljø- energieffektivisering. Disse vurderingene må følge langtidsinvesteringsplanen. På eksisterende fartøy kan en for eksempel bygge om maskindrift til hybrid, mens en på nye anskaffelser har mulighet til å tenke på helhetlige og systematiske løsninger som gir enda større miljøgevinst. Dersom vi ikke tar miljøhensyn i dag, vil vi binde oss til klimagassutslipp i mange år framover.

For å drive arbeidet med miljøeffektivisering framover ser vi et behov for å bygge opp kompetanse i sektoren. I tillegg bør det utvikles veiledere som gjør det enklere å ta miljøhensyn i alle faser av materiellets livsløp. I 2002 var FFI med på å utvikle nettopp en slik veileder <sup>6</sup>. Den ble imidlertid aldri fullt ut tatt i bruk i Forsvarets system for anskaffelser (PRINSIX). Vi anbefaler at denne veilederen oppgraderes, implementeres digitalt og holdes oppdatert.

04

#### Vise at grønt lønner seg

Ledere i Forsvaret er mest opptatt av gjøre styrkeproduksjonen så optimal som mulig innenfor de økonomiske rammene de får. Dermed kan forslag til miljøtiltak bli oppfattet som et sidespor og noe som raskt blir nedprioritert. Når miljøtiltaket i tillegg kommer med en prislapp som tar av budsjettet for styrkeproduksjon, er det så å si dømt på forhånd. Flere ledere ville trolig gått for miljøvennlige løsninger dersom de fikk presentert et regnskap som viser at de sparer penger på lang sikt og dermed frigjør midler til styrkeproduksjon.

Investeringskostnader ved energieffektive løsninger kan være forholdsvis høye, men sett i et livsløpsperspektiv kan det tjenes inn gjennom reduserte driftskostnader. Nylig har Kystvakten gått foran som et godt eksempel og tatt miljøhensyn, både under oppgradering og ved nyanskaffelse. Etter motoroppgraderingen av Nordkappklassen er det forventet å tjene inn investeringssummen i løpet av få år. Lavere drivstofforbruk, lavere drifts- og vedlikeholdskostnader og lavere NOx-avgift sørger for det.

Nato har jobbet med energieffektivisering i internasjonale operasjoner. Utfordringen her er energiforsyning til leirer. Strøm til temperaturregulering, varmt vann og elektronisk utstyr trekkes fra generatorer som går på drivstoff. Drivstoff er dyrt. I tillegg er det risikabelt å frakte store mengder drivstoff gjennom ustabile regioner og avsides-

“ Dersom vi ikke tar miljøhensyn i dag, vil vi binde oss til klimagassutslipp i mange år framover.

liggende områder. Ved å blande fornybare energikilder inn i energimiksen som forsyner leirene, kan vi bli mindre avhengig av fossile brenslere. Det er også mye å hente på å bruke energieffektive materialer og konstruksjoner i leirene. Eksempler på dette er solenergi, energisparende lysavgivende dioder (LED), bærbare hydrogen-brenselceller, isolasjonsmaterialer i telt, lagring av energi i avanserte batterier og intelligente kraftstyringssystemer. Tester i US Army har vist at slike leirer kan spare opptil 75 prosent av energiforbruket per soldat. Det vil utgjøre store pengesummer i det lange løp.

Andelen av administrative kjøretøy i sektoren som går på elkraft er i dag på én prosent. Å heve denne andelen vil gi en betydelig reduksjon i klimautslippene for administrative kjøretøy. Samtidig vet vi at elbiler er økonomisk gunstig sammenliknet med andre biler <sup>7</sup>. Et annet eksempel på en miljøvennlig løsning som lønner seg i det lange løp, er innfasing av hybridteknologi i lette og tunge militære feltkjøretøy. Det kan redusere drivstofforbruket med 10-20 prosent <sup>8</sup>.

## 05 Nasjonalt og internasjonalt samarbeid

Forsvarektoren bør samarbeide aktivt med internasjonale miljøer om miljøeffektivisering. Vi bør etablere en gruppe som kan plukke de beste prosjektene og velutprøvde tiltak fra andre samarbeidspartnere, og innføre dem i norsk for-

svarssektor. European Defence Agency (EDA) har opprettet et energi- og miljøprogram som skal støtte de væpnede styrkene i EU-landene. Målene så langt har vært å:

- Undersøke mulighetene for å redusere drivstoff og energiforbruk i operasjoner, utstyr og bygninger.
- Vurdere effekten av framtidig energipolitikk og ny teknologi for forsvarsevnen, og utvikle tilpasningsstrategier.
- Formidle beste praksis for å utvikle alternative energikilder i militære installasjoner og utstyr.
- Finne områder der EUs væpnede styrker kan samarbeide om energi- og miljøtiltak.

Resultatene fra dette arbeidet er meget interessant for Norge. Også Nato arbeider aktivt med miljøeffektivisering av forsvaret. De har blant annet satt opp en leir i Slovakia for å demonstrere og teste ut energieffektive løsninger.

Som et resultat av dette arbeidet er det utviklet en rekke «standardization agreements» (STANAGs) som skal beskytte miljøet. I tillegg finnes det pilotprosjekter og tiltak i andre Nato-land som det er verdt å skue til. Satsingen på biodrivstoff er stor i blant annet USA og Italia. Den italienske marinen har samarbeidet med industri og den amerikanske marinen

og utviklet Nato-kompatibelt andregerasjons biodrivstoff, som brukes i den italienske kystvakten. Drivstoffet passer sammen med Forsvarets standarddrivstoff for jetmotorer (F-34) og dieselen som brukes av marinen (F-76), og kan blandes inn i disse drivstofftypene.

I tillegg til det internasjonale samarbeidet bør vi også ha et mer utstrakt nasjonalt samarbeid med sivil sektor. Det er nå store endringer i den sivile skipsfarten, der flere fartøy går over fra fossilt drivstoff til alternative energibærere.

### Hva nå?

Forsvaret jobber fortsatt med å ta i bruk et miljøstyringssystem etter ISO 14001-standard. Hittil har de jobbet mest med å få på plass rapportering av egen miljøpåvirkning. Nå er det på tide å iverksette miljøtiltak.

1. Etablere kvantifiserbare miljømål.
2. Forankre miljømål og beslutning om tiltak på toppnivå.
3. Innføre miljøhensyn ved anskaffelser.
4. Vise at grønt lønner seg.
5. Samarbeide nasjonalt og internasjonalt om miljøvennlige løsninger.

Hvis Forsvaret følger disse fem rådene, er det større muligheter for å lykkes. ■





FOTO: FREDRIK RINGNES / FORSVARET

01

## DU SKA ITTE TRØ I GRASET

Siden 1990-tallet har Norge hatt miljøvernoffiserer som skal forebygge skader fra militære styrker. Under øvelse Trident Juncture 2018 samarbeidet norske miljøvernoffiserene med offiserer fra de ulike større avdelingene som kom på besøk. Før øvelsen ble det laget 104 nye øvelseskart med restriksjoner, basert på nasjonale databaser og møter med lokale myndigheter. Det ble også trykket opp en miljøvernfolder på seks ulike språk. Denne ble delt ut til alle deltakerne. Et eget team med skadeoffiserer reiste på befaring og gjennomførte skadeoppgjør etter øvelsen.

01

Under øvelse Trident Juncture 2018 ble det bestilt såkalt vertslandstøtte for mer enn 2 milliarder kroner fra sivil næringsliv. Det meste av dette ble brukt på overnatting og mat for utenlandske soldater, og infrastruktur knyttet til dette. På Rena ble det hugget 800.000 m<sup>2</sup> skog for å bygge camp Rødsmoen, en teltcamp til 6 500 soldater.

02

Norge var vert for mer enn 50.000 soldater fra 29 ulike land under øvelsen Trident Juncture 2018. Her er norske heimevernssoldater med italienske allierte.



02

FOTO: SAMUEL ANDERSEN / FORSVARET



# FORSVARSSSEKTORENS MILJØDATABASE

Siden 1998 er all relevant miljøinformasjon for forsvarssektoren blitt samlet på ett sted.

Hensikten med miljødatabasen er å få oversikt over Forsvarets miljøpåvirkning, slik at vi kan sette i gang miljøtiltak der de gir størst effekt, eller der de økonomiske besparelsene er størst.

Forsvarsdepartementet har bestemt at etatene som et minimum skal rapportere inn energiforbruk, drivstoff, ammuni-

sjon, vannforbruk, helse- og miljøfarlige kjemikalier, avfall og akutte utslipp.

Databasen forvaltes av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Hvert år oppsummerer FFI de ferskeste tallene fra databasen i Forsvarssektorens miljø- og klimaregnskap. Se tallene fra 2018 på side 18-19.

Tall fra miljødatabasen brukes blant annet til å sjekke at Forsvaret holder seg innenfor utslippsgrensene for skytefelt. *Foto: Ole-Sverre Haugli / Forsvaret*





## HVORDAN BRUKER DU FORSVARSSEKTORENS MILJØDATABASE?

### THOMAS GETZ

Leder  
skytefelt og miljø,  
Forsvarsbygg



– Jeg bruker miljødatabaseen for å få oversikt over ammunisjonsforbruk og bruksbelastning på bl.a. kulefang, for å vite når skytebanene har behov for vedlikehold, og for å planlegge fornyelse. Ammunisjonsdataene er også viktig informasjon for å tolke resultater fra tungmetallovervåking. Hvis vi avdekker forhøyede verdier, det vil si utslipp til vann, må vi spore kildene. God oversikt over historiske data, og detaljert informasjon om hvilke typer ammunisjon som er deponert hvor, gir oss mulighet til raskt å iverksette tiltak på rett sted. Det sparer sektoren for kostnader og bidrar til at vi når våre miljømål.

Vi har ansvar for at sektoren overholder vilkår i utslippstillatelser både for skyte- og øvingsfelt, flystasjoner og brannøvingsfelt. Databaseen gir oss tallgrunnlaget for å sjekke at vi følger vilkår for deponering av tungmetaller og forbruk av kjemikalier som avisingsvæsker og slukkemidler. Grenseverdier for støvutslipp er en viktig rammebetingelse for skyte- og øvingsfelt. Det er krav om årlige rapporter. Vårt internkontrollsystem bygger på at det er samsvar mellom beregningsgrunnlag og faktisk forbruk av ulike ammunisjonskategorier pr. standplass, målområde og tid på døgnet aktiviteten har foregått.

Tilgang på denne informasjonen gjennom MDB er helt avgjørende for en tilfredsstillende og effektiv internkontroll og dokumentasjon på at vi overholder vilkårene. Tilsvarende har vi mulighet til å spore om det har oppstått avvik i de tilfeller hvor det kommer klager på støynivået.

### HAAVARD FOSSE

Major i miljø-  
vernseksjonen  
ved Forsvarets  
ABC-skole



– Forsvaret, som resten av samfunnet, blir stadig mer opptatt av å minske forbruk og utslipp. Miljødatabaseen gir oss en svært god oversikt over hvordan vår virksomhet påvirker miljøet. For en del av vår aktivitet vil operativ evne prioriteres foran miljøkrav. Miljødatabaseen gir oss innsikt i hvor vi kan redusere miljøpåvirkningen uten å redusere operativ evne.

På ABC-skolen bruker vi databaseen til kartlegging av miljøpåvirkning og for å sette mål og tiltak. Innenfor mange områder gir databaseen svært nøyaktig informasjon slik at vi kan finne helt konkrete leirer, aktiviteter eller materielltyper der det er grunnlag for forbedring. Miljødatabaseen gir oss konkrete innspill til innhold i våre kurs og den brukes også til utarbeidelse av Forsvarets årsrapport.

Jeg kjenner ikke til andre nasjoner som har så god oversikt over sitt forsvars miljøpåvirkning. Jeg vil fremheve den svært gode støtten vi får fra kompetansemiljøet på FFI til å utnytte potensialet i databaseen.

### MAGNUS SPARREVIK

Fagleder  
miljøseksjonen,  
Forsvarsbygg



– Vi bruker statistikk fra miljødatabaseen for å følge opp avfallshåndtering ute i landet. Her kan vi følge med på utviklingen, og miljødata hjelper oss å bli bedre. Forsvaret sparer miljø og penger på avfall som sorteres riktig.

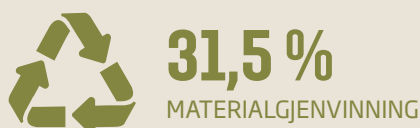
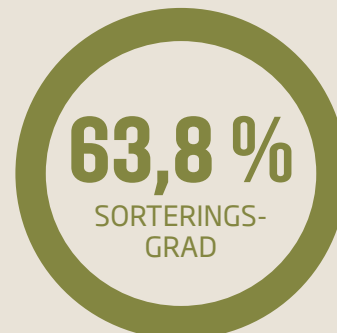
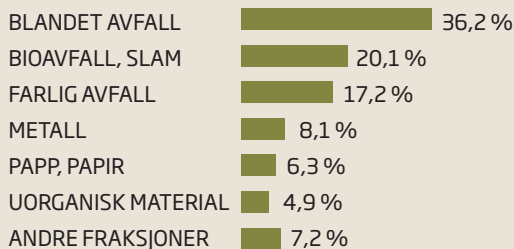
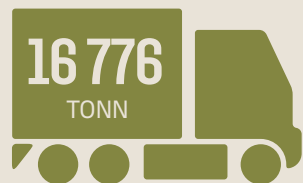
Data fra ammunisjonsrapportering er et annet viktig bruksområde. Dette gir grunnlaget for støyberegninger, vurdering av utslipp til miljøet og for kartlegging av arbeidsmiljø på skytebaner.

Beregninger basert på gode data gir bedre beslutningsunderlag for utbygging og drift. Miljødatabaseen er dessuten et viktig grunnlag for oppfølging av vår miljøstrategi og gir faktagrunnlaget når vi lager vår miljørapport.

“ Forsvaret sparer miljø og penger på avfall som sorteres riktig.

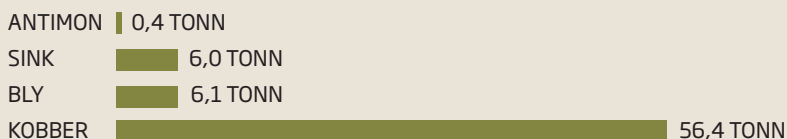
## AVFALL

### NÆRINGS- AVFALL TOTALT



## AMMUNISJON

### METALLER DEPONERT I SKYTEFELT



## AVISNINGSKJEMIKALIER

### FLYAVISNING

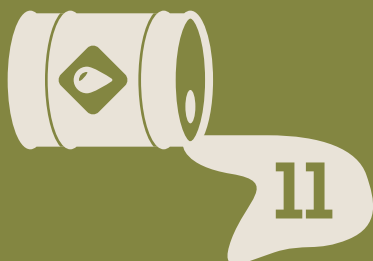
17,8 TONN



### BANEAVISNING

UREA: 270 TONN  
AVIFORM: 84 TONN

## MILJØHELL



11 AKUTTE UTSLIPP

## VANNFORBRUK



1,77 MILLIONER M<sup>3</sup>

## MILJØUNDERVISNING I FORSVARET



748 TIMER

## ENERGI OG UTSLIPP



# 250 717 TONN CO<sub>2</sub>-EKVIVALENTER \*

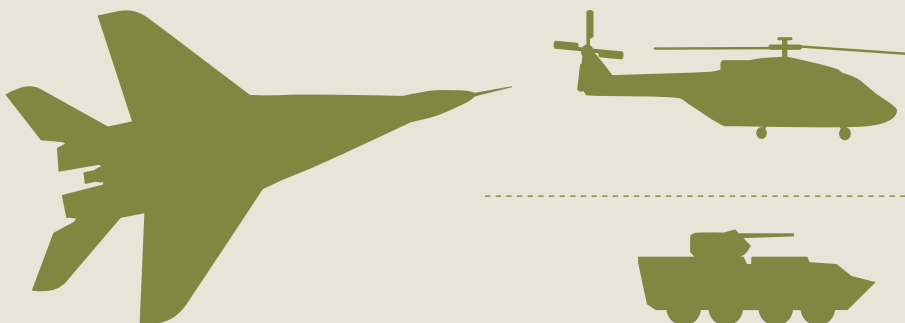
## FARTØYER

124 426 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## LUFTFARTØYER

88 122 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## MILITÆRE KJØRETØYER

16 443 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## STRØM OG FJERNVARME

9 039 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## BYGG OG ANNLEGG

7 727 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## ADMINISTRATIVE KJØRETØYER

4 944 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## AGGREGATER

15 TONN CO<sub>2</sub>-EKV.



## CO<sub>2</sub>-EKVIVALENTER

Klimagassutslipp omfatter både karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), lystgass (N<sub>2</sub>O) og fluor-gasser (HFK, PFK og SF<sub>6</sub>).

Disse gassene har ulik evne til å varme opp atmosfæren. For å kunne sammenligne dem, regnes alle klimagassutslipp om til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter.

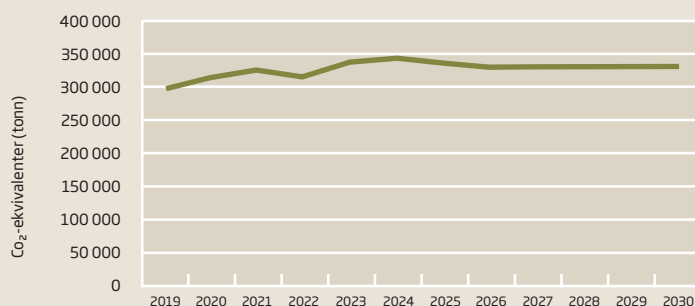
\* SE KOMPLETTE TALL I TABELL 3.15 I FORSVARETS MILJØ- OG KLIMAREGNASKAP FOR 2018.

# KAN FORSVARSSEKTOREN KUTTE KLIMAGASSUTSLIPP?

En framskrivning FFI-forskere har utarbeidet tyder på at Forsvaret ikke vil bidra til å kutte norske klimagassutslipp de neste 11 årene.



# MULIG UTSLIPPSUTVIKLING 2019-2030



Figuren viser en framskriving av utslipp av klimagasser fra forsvarssektoren. Framskrivningen inkluderer luftfartøy, fartøy, kjøretøy, lokal energiproduksjon, i tillegg til innkjøpt elektrisitet og fjernvarme.

I følge prognosen, som baserer seg på tall fra Forsvarssektorens miljødatabase, vil det direkte utslippet av klimagasser fra Forsvarets aktiviteter øke svakt de kommende årene, og ligge over 300.000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fram mot 2030. Framskrivningen er et anslag basert på generelle data, forventede endringer i materiell og overordnede målsettinger om aktivitetsnivå. Målet med prognosen er ikke å forutsi presist hvor høye utslippene kommer til å bli fram mot 2030, men heller å si noe om den generelle utviklingen.

Her er noen av hovedtendensene:

- F-35 vil gradvis overta rollen til dagens F-16. Økt aktivitetsnivå og økt drivstofforbruk per time med F-35 vil bidra til å øke utslippene utover 2020-tallet.
- Nye kystvaktfartøy og ubåter vil trolig ha et høyere drivstofforbruk enn systemene de erstatter.
- Dagens minefartøy skal fases ut og korvettens oppgaver erstattes av kampfly, det reduserer samlet sett utslippene noe.
- Den administrative bilparken beveges mot nullutslipp gjennom en gradvis utfasing av fossile biler og økt biodrivstoffinnblanding, men dette utgjør en liten del av utslippene.
- Utslippene fra energibruk i eiendom, bygg og anlegg vil reduseres på kort sikt på grunn av utfasing av fossilt brensel. På lengre sikt vil økt energibruk trolig føre til svak økning i utslipp.

Fartøyer og luftfartøyer er de største kildene til klimagassutslipp, med totalt 85 prosent

av de samlede, direkte utslippene. Det vil neppe være aktuelt å øve mindre, sette F-35 på bakken og fregatter på land for å nå klimamål. Så hvordan kan forsvarssektoren bidra til klimakutt som monner?

## Bruk statens innkjøpsmakt

Som tidligere nevnt i VITEN kan svaret være å se på klimafotavtrykket i forsvarssektorens anskaffelser.

I 2017 gjorde forsvarssektoren innkjøp med klimapåvirkning for 21,6 milliarder kroner. I en fersk vitenskapelig artikkel <sup>4</sup> er klimafotavtrykket fra produksjon av alle disse varer og tjenester beregnet til 545.000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Dette utgjør nesten 70 prosent av forsvarssektorens beregnede totale klimafotavtrykk på 800.000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. En slik analyse har mange usikkerhetsmomenter, men gir likevel en god pekepinn på den totale miljøbelastningen fra en virksomhet.

Sammenlikner vi tallene med en rapport fra Asplan Viak <sup>9</sup> utgjør forsvarssektorens utslipp ca. 1 prosent av Norges totale



klimagassutslipp, mens statens innkjøp av sivile produkter totalt utgjør ca 20 prosent. Bruk av statens samlede innkjøpsmakt for å stille krav til leverandører kan derfor gi vesentlige klimakutt. Arbeid mot nullutslipp i byggebransjen, kutt i reisevirksomhet og miljøkrav ved innkjøp er områder hvor forsvarssektoren kan bidra. ■

## ALLE MONNER DRAR

Her er noen ideer som kan bidra til framtidige kutt. Noen av anbefalingene er allerede delvis innført, andre krever forskning og utvikling for å realiseres.

### Fossilt drivstoff:

- Still krav til produsentene om en mer klimavennlig drivstoffblanding med biodrivstoff.
- Bygg ut landstrømkapasitet for marinens fartøyer.
- Bytt til hybride eller helelektriske motorer i fartøyer der det er mulig.
- Benytt nullutslippskjøretøy for tjenestereiser.

### Bygg- og anlegg:

- Fortsett arbeidet med energiledelse og bruk mer egenprodusert energi.
- Bygg flere nullutslippsbygg som Visund ved Haakonvern.
- Bruk byggematerialer med lave utslipp fra produksjon og sett krav til leverandør.
- Sett krav til utslippsfrie byggeplasser

### Intern virksomhet:

- Reduser reisevirksomheten og bytt ut flyreiser med tog eller buss.
- Bruk mer flysimulator i trening.
- Mer vegetarisk mat i forsvarsets kantiner.

# BATTERIETS MULIGHETER

Forsvaret kan spare både liv, penger og miljø ved å bruke batterier smartere.

Det finnes teknologi som kan redusere kostnader, spare miljøet, gi våre styrker bedre utholdenhet i felt og gjøre det vanskeligere for fienden å oppdage dem. Vi må bare ta den i bruk.

Det er den klare beskjeden fra sjefsforsker Sissel Forseth ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Hun har doktorgrad i uorganisk kjemi og har jobbet ved FFI i over 25 år, blant annet med nye ubåter, autonome undervannsfarkoster og ikke minst med batteriteknologi og batterisikkerhet.



Forseth er en av forskerne som nå er i gang med et nytt prosjekt der FFI og Forsvaret skal identifisere og teste ut «forbedrede løsninger for strømforsyning».

## Nye løsninger

Ett av eksperimentene skal foregå på Rygge flystasjon. Her tester FFI og Luftforsvaret hvordan ny teknologi kan brukes til baseforsvar og overvåking.

Kontaineren og utstyret som brukes er i dag koblet på strømmettet. Strømforsyningsprosjektet skal utvikle og teste løsninger som gjør at systemet fortsetter å virke også ved langvarige strømbrudd. Og løsningene skal redusere avhengigheten av store tunge dieselaggregater.

I tillegg skal prosjektet forsøke å finne ut hvordan spesialsoldater kan kvitte seg med de tunge batteripakkene de bærer rundt på i dag.

– Soldater i dag har mange sensorer og annet utstyr som trenger strøm. Vi skal se på om små brenselceller, eller andre løsninger for produksjon av strøm kan gjøre soldatlivet lettere, sier Forseth.

## Tre fluer i en smekk, minst

Målet med prosjektet er først og fremst bedre operativ evne og

reduerte driftskostnader. Men at teknologien de skal teste ut i prosjektet kan og vil ha miljøgevinster er Forseth ikke i tvil om. Hun mener presset på «det grønne skiftet» i det sivile samfunn også gir muligheter for Forsvaret.

– Vi kan bruke eksisterende, miljøvennlig teknologi og gjøre tilpassinger slik at Forsvaret kan bruke den for å øke kampkraften. Dette er ikke noe vi behøver å drive fram fra bunnen eller finne opp på nytt, argumenterer Forseth. Hun savner en helhetlig tilnærming til problemstillingen i Forsvaret.

– Hvis det går i en retning hvor fossilt drivstoff blir mindre og mindre tilgjengelig, vil det bli en ulempe og ekstrakostnad for Forsvaret om ikke vi også omstiller. Her er det viktig med langsiktig tankegang og systematisk arbeid. Vi ved FFI står klare til å hjelpe til.

## HER ER BATTERIFORSKERENS TIPS TIL PROSJEKTER SOM VIL GI BÅDE MILJØGEVINSTER OG OPERATIVE FORDELER.

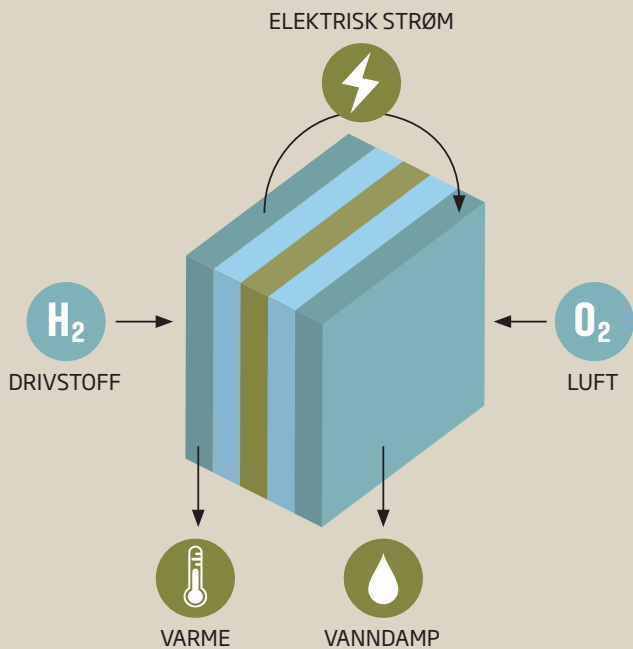
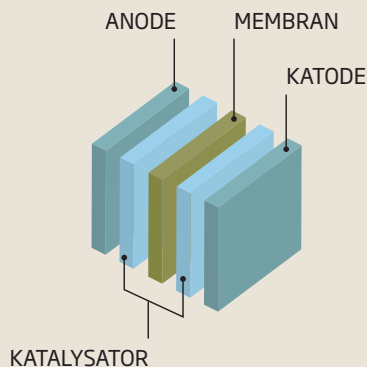
### 01 Bytt ut dieselaggregater med brenselceller

Militærleirer og kommandoplasser bruker mye energi. I dag brukes gjerne containere med dieselaggregater, blant annet i operasjoner utenlands. Aggregatene durer og går, uansett hvor mye strøm en base bruker. Det gir støy, klimagassutslipp og lokal forurensing.

Aggregatene kan byttes ut med brenselceller. En brenselcelle omformer kjemisk energi direkte til elektrisk energi (se fakta/grafikk). De støyer mindre, og i det tilfellet hvor brenselcellen er av typen hydrogen/luft slipper den bare ut vann. Den samme teknologien er alt i bruk i hydrogenbiler.

En forbrenningsmotor utnytter ca. 35 prosent av energien som finnes i diesel. Brenselceller ligger i dag mellom 40 til 60 prosent





## FAKTA

### Hvordan fungerer en brenselcelle

En brenselcelle er en enhet som omvandler kjemisk energi direkte til elektrisk energi. Drivstoffet kan for eksempel være hydrogen, metanol og naturgass.

En brenselcelle produserer en spenning på ca- 0,7 volt. For å få en høyere spenning (ca.200-300 volt i biler) kombineres mange separate brenselceller i en såkalt "brenselcellestack".

Brenselcellen består av mange sammenpressede plater. De har en anodeside og en katodeside som separeres med en membran. Membranen tillater bare at protoner kan passere.

På anodesiden deler en katalysator opp hydrogenatomer i protoner og elektroner. Elektronene kan ikke passere membranen, men ledes til en elektrisk krets der de genererer elektrisitet. Protonene passerer gjennom membranen. På katodesiden forenes elektronene og protonene og kobler seg til oksygen (O<sub>2</sub>) fra lufta. Reaksjonen avgir vanddamp (H<sub>2</sub>O).

Kilde: hydrogenbil.net / bluemove.no

energiutnyttelse og har i tillegg få eller ingen bevegelige deler. Det vil kutte drivstofforbruk og redusere behovet for vedlikehold av aggregatene.

Teknologien kan også brukes av mindre og desentraliserte styrkeenheter som inngår i mange forsvarskonsepter. I felt skal du være mest mulig uavhengig av etterforsyninger. Hvis soldatenes behov for etterforsyning av drivstoff reduseres, vil det gjøre styrkene mer mobile og robuste.

Omfattende bruk av brenselceller som går på hydrogen og luft, ligger trolig et stykke fram i tid. Til dette kreves et nett med sivile tankeasjoner for hydrogen. Dette er ikke infrastruktur forsvarer selv kan bygge. Og så må det vurderes nøye om transport av hydrogen i felt er praktisk mulig og forsvarlig. →



FOTO: FORSVARET



## 02 Nytt batteri i stridsvogner

CV90 og andre tunge, militære kjøretøyer bruker i dag blybatterier. Ved å erstatte blybatteriene med litium-ionbatterier kan vognen få større utholdenhet i operasjoner som krever at hovedmotoren er av. Alternativt kan vognen ha en større mengde nyttelast uten at det går ut over manøvreringsegenskapene.

## 03 Hybride skip

Marinen har også et stort potensial for reduksjon av klimagassutslipp. Ved å erstatte det tradisjonelle framdriftssystemet med Li-ionbatteri og dieselaggregat, vil drivstofforbruket bli redusert. Skipene vil også kunne ha mulighet til å operere med lavere signatur som igjen gjør dem vanskeligere å oppdage.

Å hybridisere marinen er selvsagt ikke gjort i en håndvending. Dette vil kreve spesialtilpasninger. Et Li-ionbatteri kan begynne å brenne hvis det blir skadet og batteriet må derfor plasseres slik at det er godt beskyttet mot innkommende våpen. ■

## FAKTA

### Litium-Ion batterier

Det første kommersielle Li-ion batteriet ble lansert av Sony i 1991 og har åpnet opp for en rekke kommersielle produkter som ikke fantes tidligere, slik som mobiltelefoner og elektriske biler med en praktisk rekkevidde. Dette skyldes at batteriene inneholder mer elektrisk energi per vekt og volum enn tradisjonelle batterityper som blybatterier og nikkeldadmiumbatterier.

Batteriene er bygget opp av karbonelektroder (minus) og Li-oksidedelektroder eller Li-fosfatelektroder (pluss). Elektrolytten er en organisk væske som er tilsatt et salt. Dette saltet er som regel et fluorsalt. Batteriet har derfor et potensiale for å frigi brennbare og giftige gasser. For å redusere sannsynligheten for en slik hendelse er batteriet utrustet med et styrings- og kontrollsystem.

## SJEKK UT VÅR PODCAST

<https://www.ffi.no/aktuelt/podkaster/17-derfor-steker-forskerne-batterier>



# STØYKARTLEGGING KAN SKÅNE LIVET I HAVET

Støyforurensning finnes ikke bare på landjorda. Det er støy i sjøen også. Jo mer menneskeskapt lydbildet blir, jo mer påvirkes livet under vann.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har i mange år arbeidet spesielt med undervannsakustikk og sonarer. Kunnskaper herfra kan også brukes til å beskytte dyrelivet. FFI deltar blant annet i et EU-prosjekt som vil kartlegge støy i havet. Målet er å skåne sårbare arter og habitater.

Når du dykker under vann blir det tilsynelatende stille rundt deg. Men det er bare innbilning. Vannet stenger ikke lyder ute. Det er mye støy under havoverflaten. Den viktigste støykilden er faktisk havet selv. Vind og regn, bølger og sjøsprøyt skaper mye bakgrunnsstøy.

Lyd er i utgangspunktet nyttig for mange marine arter. En fordel med lyd er at den forplanter seg mye bedre gjennom vann enn lys gjør. Derfor er mange marine arter helt avhengig av lyd for å kunne kommunisere, navigere og finne mat.

## Hvor mye støy tåler dyr i havet?

Mer bakgrunnsstøy i havet kan likevel påvirke dyrenes evne til å utnytte lydbildet. Havmiljøet i nord er ekstra sårbart. Her lever sjøpattedyr tettere, og dyrelivet er gjerne sesongbetont. Sam-

tidig øker norsk oljeindustri virksomheten i disse områdene. Her kommer menneskeskapt støy på toppen av klimaendringer og andre belastninger vi påfører naturen.

Det er fortsatt lite konkret kunnskap om hvordan støypåvirkning over tid, sammen med andre stressfaktorer, kan påvirke bestander av sårbare arter. Vi vet at det er store forskjeller. For eksempel er noen hvalarter mer følsomme enn andre. Mange typer fisk reagerer derimot ikke på tilsvarende lyder. Samtidig er forskerne opptatt av om lyd kan forstyrre næringskjeder, ved at menneskeskapt lyd påvirker arter som er bytte for andre.

Industriell utvikling og økt shipping gjør at nivået av støy vil fortsette å stige. Støyen under vann kommer også fra seismikk for å lete etter olje og gass, pøling for å bygge installasjoner på havbunnen og militær aktivitet som sonarbruk og detonasjoner. På samme måte som for sjødyrene må også Forsvaret bruke lyd når det skal overvåke hva som skjer under vann. Bekymringen er hvordan alt dette kan påvirke marint liv.

## Flytte skipsleier for å skåne dyreliv?

I EUs marinestrategidirektiv er menneskeskapt støy definert som en type forurensning. Norge har ikke ratifisert direktivet, men gjennom Oslo-Paris-konvensjonen (OSPAR) har Norge forpliktet seg til å overvåke og regulere støyforurensning.

EU har også prosjektet *Joint Monitoring Programme for Ambient Noise in the North Sea (JOMOPANS)*. Der er FFI med. Prosjektet skal vare fram til 2020. Budsjettet er på 3,5 millioner euro.

Prosjektet finansieres delvis gjennom EUs regionale forskningssamarbeid INTERREG. Fra de åtte landene som omgir Nordsjøbassenget deltar 11 partnere. I prosjektet skal det både måles og modelleres støy.

Målet er å lage et støykart. Dette kan miljømyndighetene bruke til å lage målrettede tiltak der hvor det er for mye støy, eller der det er sårbare habitater. Slike tiltak kan være flytting av skipsleier, eller å begrense aktivitet i visse områder og perioder. ■





It's a dirty job, but somebody's gotta do it. FFI-forsker Ida Vaa Johnsen sanker sauemøkk på Melbu skytefelt sommeren 2017.

Foto: FFI

# ER DET FARLIG FOR SAUEN Å BEITE PÅ GAMLE SKYTEFELT?

Ida forsker på trivsel hos meitemark og jordspising blant sauer. Svarene hun finner er nyttige når gamle skytefelt skal tilbakeføres til naturen.

Ida Vaa Johnsen får trolig mer møkk under neglene enn de fleste av sine kolleger. Hun er sivilingeniør i uorganisk analytisk miljøkjemi. Siden 2012 har hun jobbet med forurensning i skyte- og øvingsfelt, og utslipp fra våpen og ammunisjon ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI).

I 2017 dro Ida til nedlagte Melbu skyte- og øvingsfelt i Nordland for å lære mer om hvordan dyrene som beiter der har det. Hun ønsket å finne ut om dyr som beiter i skytefelt kan bli forgiftet. Norske skytefelt er stort sett åpne for beitedyr. Da er det viktig å vite om dyrene får i seg kobber eller bly fra ammunisjonen.



Melbu er ett av flere steder der Forsvaret er i gang med å rydde opp i gamle skytefelt. Miljødirektoratet har satt en lav grense for hvor mye tungmetaller som aksepteres i jordsmonnet før gamle skytefelt kan tilbakeføres til naturen. Da blir det dyrt å rydde opp. Derfor har Forsvarsbygg gitt FFI i oppdrag å finne ut hvor stor risikoen egentlig er. Det er gjort veldig lite studier på dette før, forklarer Johnsen.

### Liten risiko

Forskeren satte opp åtte viltkameraer og GPS-merket sauer for å kartlegge hvor de beitet mest. Hun hentet prøver av jord, gress og avføringsprøver, tok blodprøver før og etter beitesesongen, og leverprøver fra slaktede dyr.

Hovedkonklusjon: det er minimal risiko forbundet med å ha beitedyr på skytefelt, selv på svært forurensede områder. Ifølge forskernes beregninger var inntaket av kobber og bly for dyrene som beiter på Melbu ikke over verdiene som antas som giftig for storfe eller sau.<sup>10</sup>

En av grunnene er det forskerne kaller «lav jordspisingsrate» - på godt norsk, dyrene spiser lite jord.

– Jordspising er interessant fordi det er i jorda det er mest metaller. Det er forsket på jordspisingsrater tidligere, på 60-tallet, men da var det for å undersøke slitasje på tenner. Ingen har beregnet hvor mye gift dyrene får i seg gjennom å spise jord, forklarer Johansen.

### Spiser opptil 4 kilo jord hvert år

Miljødirektoratets grenser for hvor høyt metallinnhold som er akseptabelt i jorda er basert på tidligere studier foretatt i New Zealand og England, men forholdene der er litt annerledes enn i Norge, mener Johnsen.

– Norge har generelt et mer frodig beite. Det er mindre overbeite, og da spiser ikke dyrene seg helt ned til jorda. I Norge går dyrene ute omtrent fem måneder hvert år, mens i England er de gjerne ute hele året. Det tilsier også at de norske får i seg mindre jord, sier Johnsen.

Så, hvor mye jord spiser egentlig en gjennomsnittssau? Da må vi gjøre noen antakelser. La oss si at en sau går ute 5 måneder i året. Jordspisingsraten er mellom 0,1 og 2 prosent av det totale matinntaket. Hvert dyr spiser ca. 1,3 kilo tørrvekt i løpet av en

dag. Da vil den få i seg mellom 0,2 og 4 kilo jord i løpet av en beitesesong.

### Lite metaller i gresset

Det finnes eksempler på at dyr har blitt forgiftet av gamle bilbatterier, blymaling og forurenset jord. En teori har vært at beitedyr blir spesielt tiltrukket av områder med mye forurensning. Kanskje på grunn av salter i jorda der det er høyt metallinnhold i bakken. Sauer og kuer på beite liker jo salt. På Melbu var det små områder som var svært forurenset, og hverken kuene eller sauene var spesielt interessert i disse.

Mengden metall som ble tatt opp i plantene gir heller ingen grunn til bekymring, ifølge Johnsen.

– Vi fant en sammenheng mellom blymengde i jorda og plantene, men mengden bly som tas opp i plantene er så liten at det ikke betyr noe for dyrene som spiser dem, fastslår hun. Noen av sauene hadde forhøyet konsentrasjon av kobber og bly i leveren, men ingen av prøvene tydet på forgiftning. 12 av lammene hadde mer kobber enn normalt i blodet, men det var før de ble sluppet ut på beite.

Nå skal resultatene fra forskningen tas videre til Miljødirektoratet, men om det får noen konsekvenser for grenseverdiene for tilbakeføring av skytefelt er for tidlig å si.

### Har meitemark i kjelleren

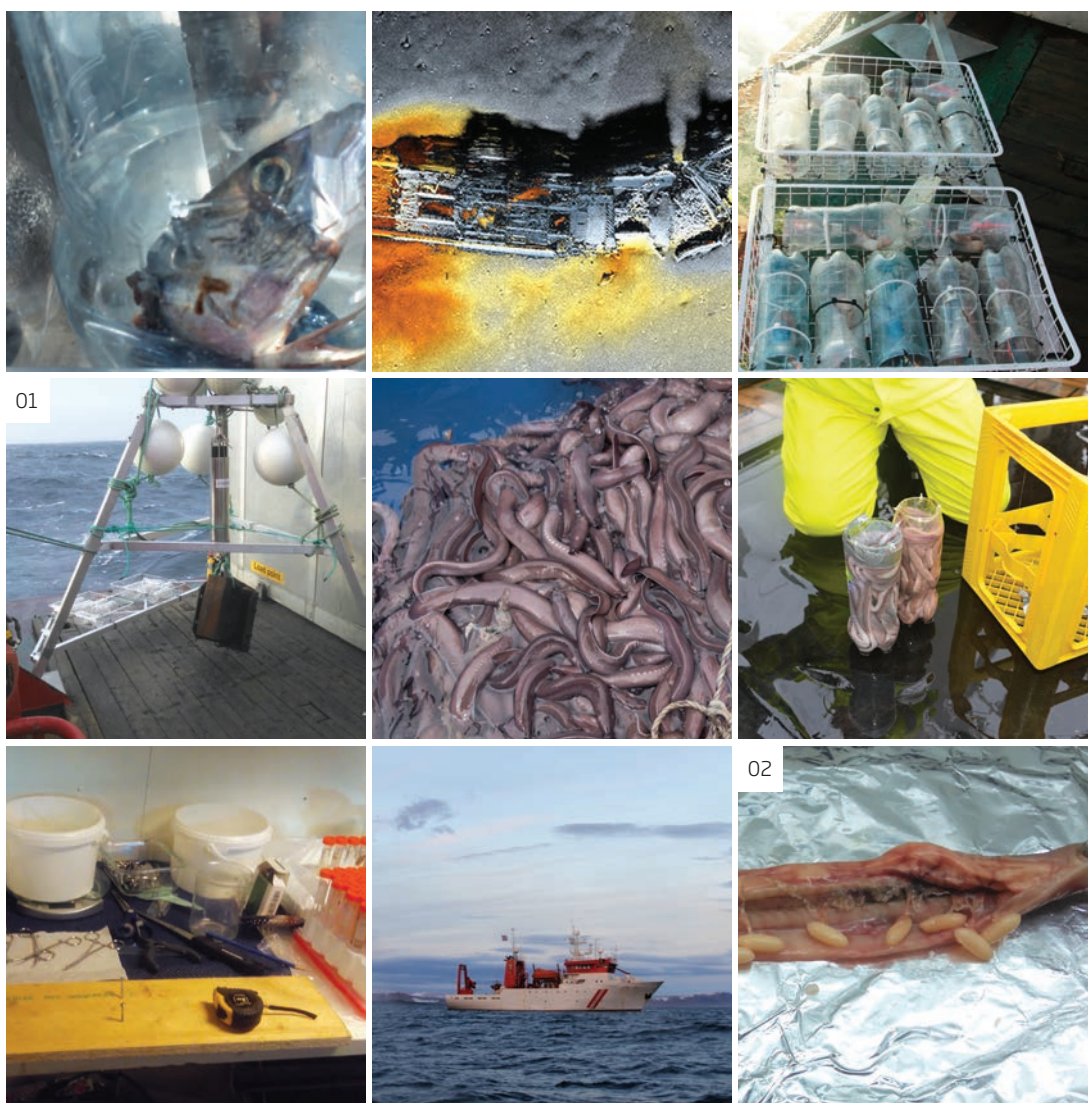
Akkurat nå forsker Ida mest på meitemark. Hun har faktisk en koloni i kjelleren på FFI.

I dette forsøket utsetter hun marken for jord med fire forskjellige blykonsentrasjoner – fra ren til svært forurenset. Så tar hun dem opp, veier og teller. Etter noen uker teller hun hvor mange «babymark» det er igjen i de ulike kassene. Hun skal også sjekke hvor mye metaller marken tar opp i seg.

Mark er nemlig en god kontrollorganisme. Hvor mye forurensning som må til før marken slutter å formere seg, gir oss en pekepinn på hvor mye naturen tåler. Hvis marken i et stort område dør, vil det ha konsekvenser. Ingenting brytes ned. Mark spises av andre dyr igjen, så hvor mye metaller de tar opp i seg har konsekvenser for dyrelivet videre oppover i næringskjeden. ■

# HVA KAN SLIMÅLEN LÆRE OSS?

På havbunnen utenfor Sørlandet ligger 36 dumpede skipsvrak proppfulle av kjemiske våpen. Slimålen forteller oss hva vrakene gjør med naturen rundt.



En gjeng forskere og ingeniører står rundt et aluminiumsstativ på dekket av forskningsskipet H.U. Sverdrup II. På undersiden av stativet fester de tomme 1,5 liters plastflasker med fiskehoder i. Hva i all verden er det de holder på med?

Før vi kommer til svaret må vi hoppe 70 år tilbake i tid. Etter andre verdenskrig brukte allierte styrker et havområde i Skagerrak som dumpingplass for om lag 45.000 tonn kjemisk ammunisjon. Fra 1945 til 1948 ble utrangerte skip fylt med gift og senket med tillatelse fra norske myndigheter.

På et 200 km<sup>2</sup> stort område ligger i alt 36 slike skipsvrak fullastet med sennepsgass, ulike arsenforbindelser og andre stridsmidler. Nå er vitenskapsfolkene på tokt for å se hvordan ammunisjonen påvirker miljøet på havbunnen – om giften sprer seg, eller holdes inne i skipsvrakene.

### Slimålen sladrer

Stativet med flaskene senkes ned til 600 meters dyp. Etter noen timer trykker en av forskerne på en knapp, og stativet flyter opp igjen med plastflaskene fulle av slimål. Ved å ta prøver av ålen vil forskerne finne ut om giften sprer seg til livet i havet.

– Hvis stoffene bare ligger der innestengt i vrakene er det for så vidt ikke noe problem. Hvis de tas opp i næringskjeden er det mer alvorlig, sier sjefingeniør Marita Ljønes.

Ålen må være levende når den kommer ombord for at forskerne skal få prøvene de trenger. Fisken som hentes opp blir fryst. Noen blir dissekert, hvorpå leve-

01 Rigger som brukes til å fange inn slimål er mekket på FFIs eget prototypverksted.

02 Skikkelig ekkelt, men nyttig forskning. Disse slimete skapningene kan fortelle oss mer om hvordan giftstoffer tas opp i marint liv.

ren legges på formalin slik at det kan tas leverprøver i etterkant. FFI tar også prøver av kjøttet for å se etter spor av arsen og arsenholdige forbindelser.

### Klumper med sennepsgass

Allerede i 1989 var FFI på tokt i Skagerrak for å ta bilder av vrakene med fjernstyrt undervannsbåt. Ljønes mener det er viktig å følge med på utviklingen.

– Vrakene rustet og går i oppløsning. Noen av stridsmidlene er vannløselige, blir fortynnet og forsvinner av seg selv. Mens sennepsgass klumper seg og blir liggende. Den brytes ikke ned.

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) tok prøver av havbunn og slimål rundt vrakene i 2015. Da FFI analyserte prøvene fant vi spor etter både sennepsgass og arsenholdige stridsmidler i sedimentene rundt ett av vrakene. Men analyser av muskler, lever, blære og egg fra slimålen i området inneholdt ingen tegn til forgiftning fra stridsmidlene.

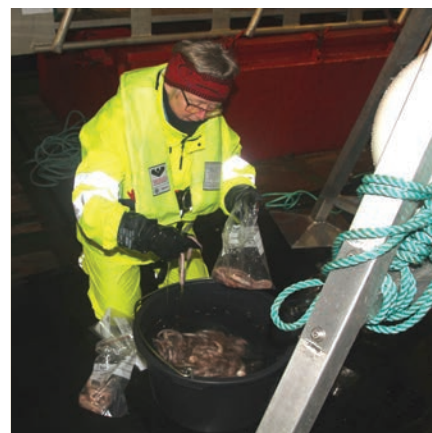
I 2017 og 2018 var forskerne på tokt igjen. Denne gangen som en del DAIMON, et EU prosjekt som skal kartlegge konsekvensene av dumpet ammunisjon i havet (<https://www.daimonproject.com/>). Denne gang viste prøvene fra slimål spor av arsenforbindelser som stammer fra dumpede kjemiske våpen.

- Grunnen til at det er funnet spor av arsenforbindelser i de siste undersøkelsene er bedre analysemetoder, ikke at det har skjedd noen stor endring siden 2015, mener FFI-forsker John Aa. Tørnes.

### Anbefaler nye tester hvert 10. år

I tillegg til at vi vet mer om hva som skjer med de dumpede stridsmidlene, har forskningstoktene i Skagerrak gitt ny kunnskap om opptakmekanismer hos planter og marine organismer som blir utsatt for slike stoffer<sup>11</sup>. Dette er upløyd mark.

Det er ikke planlagt nye tokt i Skagerrak, men FFI anbefaler nye tokt her minst hvert tiende år framover. I mellomtiden foregår det internasjonal forskning for å finne de beste metodene for å overvåke tilstanden i slike dumpeområder. ■



## MILJØDETEKTIVEN

Jeg blir alltid sjøsyk, men etter 2-3 dager går det over, sier sjefingeniør Marita Ljønes.

Hun har jobbet ved FFI siden 1988. Når Ljønes er ute på oppdrag er det ofte for å kartlegge, overvåke og rydde opp etter gamle militære miljøsynder.

På 90 tallet var hun med og samlet inn bunnprøver da de støvsugde havnebasen ved Håkonsvern for miljøgiften PCB. Hun har forsket på avrenning av tungmetaller fra skytefelt, og hun har tatt vannprøver for å se etter stråling fra radioaktivt avfall i Karahavet nord for Sibir. Tre til fire ganger i året er hun ute på tokt med forskningsfartøyet H.U. Sverdrup II.

## KAN VÆRE FARLIG

Det blir advart mot å fiske i dumpeområdet utenfor Sørlandet, men forskerne finner stadig fisketråler og annet utstyr som har satt seg fast i vrakene. Det kan føre til at stridsmidlene spres mer enn de ellers ville gjort.

Hvis noen skulle få en klump sennepsgass i trålen er det farlig. Utenfor norskekysten ligger vrakene på ca. 500-700 meters dyp, men utenfor svenskekysten er det dumpet kjemiske våpen på 40 meters dyp. Her er det større risiko for at stridsmidlene kan komme opp i dagen.



# FFI KARTLEGGER DUMPET AMMUNISJON

Forsvaret dumpet ammunisjon i havet og i innsjøer helt fram til slutten av 1960-tallet. Men det er aldri gjort noen systematisk kartlegging.

Dumping i havet eller i innsjøer ble i mange tiår sett på som den billigste og beste måten å bli kvitt ammunisjon. Det er registrert 38 dumpefeller, hvorav de fleste inneholder eksplosiver.

Stadig dukker det opp nye dumpsteder som ikke er registrert. Også på land kan det finnes ammunisjon, for eksempel fra udetonerte granater fra kamphandlinger. Mer enn 300 ganger hvert år må Forsvaret rykke ut for å rydde opp i eksplosiver som blir funnet av turgåere, sportsdykkere eller andre som ferdes i naturen.

## Hvor bør vi rydde opp?

For å samle informasjon om dumpet ammunisjon har FFI laget en karttjeneste der du kan registrere steder det kan finnes ammunisjon. Forskerne er spesielt interessert i å komme i kontakt med lokale historielag eller forsvarshistoriske foreninger som kan sitte på nyttig informasjon.

Det er allerede gjort et omfattende arbeid med å snakke med øyenvitner og hente inn opplysninger fra arkiver i inn- og utland for å registrere dumpet ammunisjon i kartsystemet.

I tillegg til å samle og kartlegge informasjon skal forskere ta prøver i enkelte dumpeområder for å se om dyr får i seg skadelige nivåer av giftstoffer fra ammunisjonen. Basert på informasjonen som samles inn, vil FFI gi en anbefaling om hvilke områder det haster mest å rydde opp i. ■

**APP.FFI.NO**

FFIs karttjeneste for  
dumpet ammunisjon



## GAMMELT, MEN IKKE UFARLIG

Granater og ammunisjon kan se rusten og ufarlig ut, men eksplosivene vil ofte være intakte og kan eksplodere ved berøring.

Noen typer eksplosiver var tilsatt stabilisatorer som er blitt borte med årene, slik at de nå er blitt mer ustabile. Andre typer eksplosiver kan ha blitt mer følsomme fordi de er kommet i kontakt med metall fra hylsteret rundt.

Eksplosiver som hentes opp av vann kan detonere når de tørker inn. Dumpet ammunisjon kan også være et miljøproblem fordi giftstoffer lekker ut til omgivelsene.



FOTO: IVAR AASERUD / NTB SCANPIX

- <sup>1</sup> Forsvarsdepartementet (2015) *Retningslinjer for Forsvarssektorens miljøstyring*.
- <sup>2</sup> Ledelsessystemer for miljø - Spesifikasjon med veiledning (ISO 14001:2015)
- <sup>3</sup> Matthews, D., Christini, G.C., Hendrickson, C., (2004) *Five Elements for Organizational Decision-Making with an Environmental Management System. Environmental Science and Technology* 38, 1927-1932.
- <sup>4</sup> M Sparrevik and S Utstøl. *Assessing life cycle greenhouse gas emissions in the Norwegian defence sector for climate change mitigation. Journal of Cleaner Production*
- <sup>5</sup> Oslo Economics (2018) *Gevinstanalyser av grønne anskaffelser Utredning for Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi) og Miljødirektoratet. Oslo Economics rapport 2017-28, Miljødirektoratet rapport M-9602018 Utarbeidet i samarbeid med CICERO og Inventura*
- <sup>6</sup> Forsvarets logistikkorganisasjon (2002) *Veileder for miljøvern i materiell-tjenesten*
- <sup>7</sup> Figenbaum, E. (2018). *Electromobility status in Norway : Mastering long distances- the last hurdle to mass adoption*. Transportøkonomisk institutt. TØI rapport 1627/2018.
- <sup>8</sup> Kramer, D. M. & Parker, G. G. (2011) *Current state of military hybrid vehicle development. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles*, 3, 369-387.
- <sup>9</sup> Larsen, H., 2019. *Klimafotavtrykket av offentlige anskaffelser. Beregning av klimafotavtrykket av offentlige anskaffelser for årene 2008 til 2017* (In Norwegian), in: Viak, A. (Ed.). Direktoratet for forvaltning og IKT (Difi).
- <sup>10</sup> I. Johnsen, J. Aaneby, "Risikovurdering av beitedyr i Melbu skyte- og øvingsfelt", Forsvarets Forskningsinstitutt 2019/00376, 2019.
- <sup>11</sup> John Aa Tørnes, Øyvind A Voie, Espen Mariussen og Petter Lågstad (2015). *Kjemisk ammunisjon senket utenfor norskekysten etter andre verdenskrig - hva er senket og hvilke effekter har dette på marine organismer?* FFI-rapport 2015/00925

