



**FFI** Forsvarets  
forskningsinstitutt

22/00247

FFI-RAPPORT

# Vitenskapelige og teknologiske fremskrittss innvirkning på CBRN-vern frem mot 2030

– konklusjoner fra en langtidsstudie i regi av NATO  
Science & Technology Organization

Leif Haldor Bjerkeseth

Per Leines Lausund

Bjørn Pedersen

Thor Engøy

Janet Martha Blatny



**Vitenskapelige og teknologiske fremskritt  
innvirkning på CBRN-vern frem mot 2030  
– konklusjoner fra en langtidsstudie i regi av NATO  
Science & Technology Organization**

Leif Haldor Bjerkeseth  
Per Leines Lausund  
Bjørn Pedersen  
Thor Engøy  
Janet Martha Blatny

---

---

**Emneord**

CBRN

CBRN-vern

Teknologi

Teknologiske trender

Forsvar

**FFI-rapport**

22/00247

**Prosjektnummer**

1542

**Elektronisk ISBN**

978-82-464-3389-9

**Engelsk tittel**

The Impact of Advances in Science & Technology on CBRN Defence Towards 2030  
– NATO Science & Technology Organization Long-Term Scientific Study Conclusions

**Godkjenner**

Janet Martha Blatny, *forskningsdirektør*

*Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.*

**Opphavsrett**

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

---

---

## Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer de viktigste resultatene fra NATO Science & Technology Organization (STO) sin langtidsstudie på CBRN-vern (TR-HFM-273, Long-Term Scientific Study on CBRN Defence). Studien ble ledet av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) og utført i perioden 2016-2020. Elleve land deltok i studien. Resultatene ble publisert i juni 2021.

Langtidsstudien ser først på nåværende og fremtidige kjemiske, biologiske, radiologiske og kjernefysiske (CBRN) trusler og farer frem til 2030 i lys av mulighetene som eksisterende og nye vitenskapelige og teknologiske fremskritt gir. Langtidsstudien er en forskningsbasert studie med fokus på mulighetene dagens og fremtidig vitenskapelig forskning vil kunne gi for å styrke alliansens CBRN-vern. Studien ser på hvordan CBRN-utfordringene kan motvirkes, ved å benytte den raske utviklingen innen vitenskap og teknologi som verden nå opplever, til å forbedre eller utvikle nye kapabiliteter for å styrke CBRN-vern frem mot 2030.

Omfattende vitenskapelige fremskritt så vel som teknologiske megatrender som digitalisering, miniatyrisering, bærbar teknologi, tingenes internett, nanoteknologi, kunstig intelligens, autonomi, automasjon, robotisering, stordata og syntetisk biologi bidrar til et stadig mer komplekst trusselbilde for NATO innen CBRN-området. Som en konsekvens av dette endres kravene som må stilles til et effektivt CBRN-vern. Samtidig har den sikkerhetspolitiske situasjonen endret seg dramatisk. Den utvidede CBRN-trusselen og -faren utfordrer alliansens påvisningssystemer, fysisk beskyttelse, farehåndtering og medisinske mottiltak.

Den omfattende og raske teknologiske utviklingen, samt konvergering mellom enkelte forskningsområder gir både nye trusler, men også muligheter til gradvis og kontinuerlig å motvirke trusselen ved å utvikle nye og forbedrede CBRN-vernkapabiliteter og andre forsvarskapabiliteter. Studien påpeker behov for kontinuerlig forskningsbasert kunnskap for å oppnå dette.

CBRN-vern må ses på som et integrert system av komponenter som virker inn på hverandre og som en del av et fullstendig forsvarssystem. Fremtidig kapabilitetsutvikling innen CBRN-vern må gjøres som en integrert del av forsvarsplanlegging og utviklingen av de totale forsvarskapabilitetene og for Norge også innen totalforsvarskonseptet. Fremtidig kapabilitetsutvikling vil trenge tverrfaglig forskning og forståelse av hvordan teknologiutvikling kan forbedre eksisterende eller utvikle nye forsvarskapabiliteter, jfr. de fremvoksende og banebrytende teknologiene som er belyst i NATO STOs rapport «Science & Technology Trends 2020-2040». Disse teknologiene er tatt inn i langtidsstudiens vurderinger av teknologiske banebrytende muligheter for å styrke alliansens CBRN-vern.

---

---

## Summary

This report summarizes the most important findings from the NATO Science & Technology Organization (STO) Long-Term Scientific Study (LTSS) on CBRN Defence, TR-HFM-273, conducted and chaired by Forsvarets forskningsinstitut (FFI) in the period 2016-2020 and published in June 2021. Eleven countries participated in the study.

The aim of the LTSS was to explore the current and future Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) threats and hazards towards 2030, to understand how they will be shaped by the impact and opportunities of existing and emerging scientific and technological advances. The LTSS is a research-based study with focus on the opportunities of ongoing and future scientific research in strengthening the CBRN defence of the Alliance. The LTSS endeavours to understand how the rapid advances in Science and Technology (S&T) can be used to address CBRN challenges and strengthen CBRN defence to create future capabilities and improve existing capabilities towards 2030.

Extensive global and scientific advances as well as technological megatrends like digitalization, miniaturization, wearable technology, the internet-of-things, nanotechnology, artificial intelligence, autonomy, automation, robotics, big data and synthetic biology contribute to an evolving and more complex CBRN threat spectrum for the Alliance, and consequently change the requirements for an efficient CBRN defence. At the same time, the security environment has dramatically worsened. The CBRN threat and hazard is increasingly diverse, challenging the detection systems, physical protection, hazard management and medical countermeasures of the Alliance.

However, the extensive and rapid advances in S&T and the convergence between some of the research fields generates both new threats, but also opportunities to gradually and continuously counter threats by improving CBRN defence capabilities and overall defence capabilities. The study points out the need for continuous research-based knowledge to obtain such capabilities.

CBRN Defence must be viewed as a system of linked and interacting components within the overall defence system. Future capability development for CBRN defence needs to be an integrated part of defence planning and overall capability development and should be considered within the total defence concept (example Norway). Future capability development will require an interdisciplinary scientific approach and understanding of how technology development can improve or create new defence capabilities. This is exemplified by the Emerging and Disruptive Technologies (EDT) detailed in the NATO STO Science & Technology Trends 2020-2040 report. These technologies are included in the LTSS assessment of disruptive technologies in strengthening the CBRN defence of the Alliance.

---

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Forkortelser</b>	<b>8</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>11</b>
<b>2 Geopolitiske sikkerhetsutfordringer</b>	<b>12</b>
<b>3 Teknologiske sikkerhetsutfordringer</b>	<b>13</b>
<b>4 Teknologiske muligheter for styrking av CBRN-vern</b>	<b>15</b>
4.1 CBRN-vern i et systemperspektiv	15
4.2 Situasjonsforståelse og beslutningsstøtte	16
4.3 Deteksjon, identifikasjon og monitorering	17
4.4 Farehåndtering	19
4.5 Fysisk beskyttelse	20
4.6 Medisinske mottiltak	20
4.7 Trening og øving	22
<b>5 Konklusjon</b>	<b>22</b>
<b>Referanser</b>	<b>24</b>







*Illustrasjon av det brede spekteret av aktiviteter som inngår i CBRN-vern og som behandles i langtidsstudien.*

---

---

## Forkortelser

3D	Tredimensjonelt
AR	Augmented Reality
CBR	Kjemiske, biologiske, radiologiske (chemical, biological, radiological)
CBRN	Kjemiske, biologiske, radiologiske, kjernefysiske (chemical, biological, radiological, nuclear)
DNA	Deoxyribonucleic acid
DTRA	Defense Threat Reduction Agency
EDT	Emerging and Disrupting Technologies
FDRA	Finnish Defence Research Agency
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FN	De forente nasjoner
FOI	Totalförsvarets forskningsinstitut
HFM	Human Factors and Medicine
INF-avtalen	Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty (Full tittel: The Treaty Between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics on the Elimination of Their Intermediate-Range and Shorter-Range Missiles) (INF Treaty)
IRBA	Institut de Recherche Biomédicale des Armées
ISR	Intelligence, Surveillance and Reconnaissance
JCBRND COE	Joint Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defence Centre of Excellence
LTSS	Long-Term Scientific Study
MR	Mixed Reality
NATO	North Atlantic Treaty Organization

---

---

NST	New START Treaty (Full tittel: The Treaty Between the United States of America and the Russian Federation on Measures for the Further Reduction and Limitation of Strategic Offensive Arms)
S&T	Science & Technology
SET	Sensors and Electronics Technology
STO	Science & Technology Organization
TR	Technical Report
VR	Virtual Reality
VX	O-ethyl S-2-diisopropylaminoethyl methylphosphonothiolate



---

---

# 1 Innledning

NATO Science & Technology Organization (STO) gjennomførte i perioden 2016-2020 en langtidsstudie på CBRN-vern, ledet av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Dette kulminerte i den tekniske rapporten TR-HFM-273, Long-Term Scientific Study on CBRN Defence [1]. Den omfattende og grundige graderte rapporten fra langtidsstudien er på ca. 400 sider. Denne korte rapporten gir en oppsummering som belyser noen av de viktigste resultatene av studien, men uten å gå i dybden på disse. Dette for å kunne formidle ugradert de mest relevante oppnådde resultatene fra NATOs langtidsstudie til en bredere interessegruppe.

Langtidsstudien ser først på nåværende og fremtidige kjemiske, biologiske, radiologiske og kjernefysiske (CBRN) trusler og farer<sup>1</sup> frem til 2030 i lys av mulighetene som eksisterende og nye vitenskapelige og teknologiske fremskritt gir. Dernest ser studien på hvordan disse utfordringene kan motvirkes, ved å benytte den raske utviklingen innen vitenskap og teknologi som verden nå opplever, til å forbedre eller utvikle nye kapabiliteter for å styrke CBRN-vern. Fra dette ser man behov for forskningsbasert kunnskap for å komme frem til disse kapabilitetene.

Siden forrige LTSS ble utgitt i 2006 har verden sett og gjennomgått store vitenskapelige og teknologiske fremskritt, og flere teknologiske megatrender gjør seg nå gjeldende – samtidig: digitalisering, miniatyrisering, bærbar teknologi, tingenes internett, nanoteknologi, kunstig intelligens, autonomi, automasjon, robotisering, stordata, bioteknologi og syntetisk biologi. Samtidig er den sikkerhetspolitiske situasjonen globalt blitt drastisk forverret. CBRN-trusselen og -faren er blitt, og blir, mer variert og kompleks, noe som utfordrer både påvisningssystemer, fysisk beskyttelse og medisinske tiltak.

Langtidsstudien er ment å gi militære og politiske beslutningstakere et utvidet kunnskapsgrunnlag, samt gi råd og anbefalinger til materiell- og kapabilitetsutviklere og forskere slik at vitenskapelige og teknologiske ressurser kan benyttes for å oppnå de best mulige forsvarskapabiliteter for å møte fremtidige sikkerhets- og forsvarsutfordringer innen alliansen og de enkelte nasjonene. Spesielt viser studien hvilke utfordringer fremvoksende og banebrytende teknologier utgjør for CBRN-trusselen og hvordan slike teknologier frem mot 2030 også kan benyttes til å styrke CBRN-vern i alliansen.

Langtidsstudierapporten er resultatet av et omfattende samarbeid mellom Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), Defense Threat Reduction Agency (DTRA, USA), Dstl (Storbritannia), TNO Defence, Security and Safety (Nederland), Royal Military Academy (Belgia), Bundeswehr Medical Service (Tyskland), Finnish Defence Research Agency (FDRA), Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI, Sverige), Institut de Recherche Biomédicale des Armées (IRBA, Frankrike), University of Defence (Tsjekkia), Aselsan Uges (Tyrkia) og Joint CBRN Defence Centre of Excellence (JCBRND COE, lokalisert i Tsjekkia). Resultatet av studien ble

---

<sup>1</sup> Langtidsstudierapporten ser på nukleære trusler, men tar generelt ikke for seg nukleære farer slik som umiddelbare og direkte stråleeffekter fra kjernefysiske våpen. De radiologiske ettervirkningene av kjernefysiske eksplosjoner er imidlertid behandlet i rapporten.

---

kvalitetssikret gjennom en dedikert multinasjonal øvelse avholdt i NATO-hovedkvarteret i 2020. Under øvelsen deltok over 50 CBRN-eksperter fra alliansens medlemsland og partnernasjoner, representert fra ulike forskningsinstitutter, forsvarsdepartementer og militære styrker, samt ulike NATO-organisasjoner.

## 2 Geopolitiske sikkerhetsutfordringer

Langtidsstudien påpeker særlig at terskelen for bruk av kjemiske våpen de senere år har blitt lavere. De globale normer mot bruk av masseødeleggelsesvåpen etablert i internasjonale konvensjoner og avtaler innen nedrustning og rustningskontroll er erodert og redusert, og noen avtaler har også bortfalt. FNs sikkerhetsråds resolusjoner mot avtalebrytere blir ikke nødvendigvis etterlevd og økt stormaktrivalisering bidrar til å hindre effektive mottiltak og nye sikkerhetsrådsresolusjoner.

Et eksempel på bortfall av internasjonale avtaler er «The Treaty Between the United States of America and the Union of Soviet Socialist Republics on the Elimination of Their Intermediate-Range and Shorter-Range Missiles» (Intermediate-Range Nuclear Forces Treaty, INF-avtalen). Denne bortfalt i 2019 etter at Russland lenge hadde misligholdt sine forpliktelser. INF-avtalen regulerte fjerningen av en hel kategori kjernefysiske mellomdistansevåpen fra Europa. Avtalen mellom USA og Russland som reduserer antall strategiske ballistiske missiler, bombefly og kjernefysiske stridsodder, «Treaty Between the United States of America and the Russian Federation on Measures for the Further Reduction and Limitation of Strategic Offensive Arms» (New START Treaty, NST), ble med et nødskrik forlenget utover sin sluttdato 5. februar 2021, etter at Biden-administrasjonen overtok i USA i januar 2021.

Den globale normen etablert gjennom kjemivåpenkonvensjonen er kraftig erodert siden ca. 2013, siden det etter dette tidspunktet en rekke ganger ble benyttet kjemiske stridsmidler i Syria, både av ikke-statlige aktører (sennepstridsmiddel) og statlige aktører (klor, sarin). Samtidig har ikke-statlige aktører benyttet sennepstridsmiddel i Irak. Videre har det vært statlige attentater med kjemiske stridsmidler: med det kjemiske stridsmiddelet VX i Malaysia i 2017, mot en tidligere russisk etterretningsagent i Storbritannia i 2018 (Skripal-saken), og mot en russisk opposisjonspolitiker i Russland i 2020 (Navalny-saken).

Ettersom respekten for å følge internasjonale konvensjoner og de tilhørende globale normer mot bruk av CBRN-trusselstoffer og våpen, særlig kjemiske våpen, de senere år er blitt klart redusert, må det antas at statlige aktører vil fortsette å utvikle og benytte kjemiske og biologiske stridsmidler og våpen. Det må antas at de også vil fortsette å utnytte smutthull i internasjonale avtaler samt benytte desinformasjon og propaganda for å nå sine mål. Hensikten fra aktørene er å unngå å bli tilskrevet ansvar, samt unngå å bli utsatt for reaksjoner fra andre land på slike handlinger.

---

---

Hendelsene etter drapsforsøket mot Sergei Skripal og hans datter ved bruk av et kjemisk stridsmiddel i Storbritannia i 2018 tydeliggjorde dessuten utfordringene mindre flyktige kjemiske stridsmidler utgjør fordi de utfordrer beredskapssevnen og håndtering av slike hendelser, blant annet evnen til å påvise, identifisere, attribuere, rense samt utøve medisinsk behandling. Slike hendelser vil kreve et øket sivilt-militært samarbeid; i Norge og i land som har et totalforsvarskonsept i rammen av totalforsvaret. Evnen til å være forberedt for å kunne håndtere slike hendelser vil bidra til å styrke både totalforsvarsevnen og forsvarsevnen i NATO.

En urovekkende endring i den russiske militære doktrine peker dessuten i retning av å åpne opp for bruk av taktiske kjernevåpen for å bremse utviklingen av en konflikt, såkalt «de-eskalerende bruk».

Resultatet av dette er derfor et endret og skjerpet utfordringsbilde mot 2030, der CBRN-midler og våpen er mulige virkemidler mot både militære og sivile mål i hele krisespekteret fra fred til konfrontasjon, konflikt eller krig. Dette kan også inkludere subversive (hybride) tiltak, for å unngå attribusjon eller straffetiltak i en eskalerende konfliktsituasjon eller for å påvirke politiske prosesser. I kombinasjon med globale digitale plattformer for å spre falsk informasjon eller desinformasjon kan dette skape forvirring, panikk, mistillit til nasjonale myndigheter blant befolkningen og en destabilisering som påvirker både nasjonal sikkerhet og NATOs sikkerhet.

De globale normene mot bruk av CBRN-midler og -våpen har erodert og deles ikke lenger av alle NATOs geopolitiske rivaler, samtidig som de geopolitiske motsetningene er blitt større og flere.

CBRN-vern kan ikke baseres på at gjeldende internasjonale konvensjoner og avtaler innen nedrustning og rustningskontroll følges.

Alliansen må være forberedt på at en potensiell motstander vil kunne bruke CBRN-midler og -våpen mot både militære og sivile mål i hele krisespekteret.

### **3 Teknologiske sikkerhetsutfordringer**

En rekke fremvoksende og banebrytende teknologier samt synergier mellom disse gjør seg nå gjeldende.

Syntetisk biologi er et felt som er i meget sterk vekst og som gir menneskeheten enorme muligheter på flere områder, blant annet innen medisin og helse. Vår økende kunnskap om biologiske mekanismer og hvordan disse kan modifiseres med bioteknologi er og blir

---

---

avgjørende for behandling av sykdommer, helse, matproduksjon og også til dels produksjon av kjemikalier, ved at feltene kjemi og biologi nærmer seg hverandre og til en viss grad konvergerer. Samtidig kan denne teknologien og kunnskapen misbrukes til å utvikle nye kjemiske og biologiske stridsmidler og trusselstoffer.

Digitalisering, informasjonsteknologi og skytjenester er i sterk utvikling og får stadig større anvendelse, samtidig som de konvergerer med bioteknologi og muliggjør og akselererer bioteknologiens revolusjon. Kunstig intelligens og maskinlæring sammen med en dypere forståelse av human genomikk, proteomikk, metabolikk samt molekylære mekanismer kan gi en aktør muligheter til å utvikle nye kjemiske og biologiske våpen eller trusselstoffer. Kunnskapsoverføring av banebrytende og konvergerende teknologier vil kunne bidra til denne utviklingen.

Kunstig intelligens og maskinlæring gir dessuten muligheter for enklere og raskere å identifisere alternative syntesestrategier for produksjon av kjemiske stridsmidler og bruk av alternative utgangsstoffer for å omgå eksportkontrollregimer. Samtidig kan denne type teknologier også benyttes til å identifisere og begrense spredning av sensitive varer og teknologi.

Nye produksjonsmetoder i industrien bidrar også til at kjemiske stridsmidler lettere kan fremstilles. Bruk av additiv tilvirkning, som er både digital og automatisert, kan også medføre at produksjonsutstyr til kjemiske stridsmidler kan fremstilles på en slik måte at eksportkontrollert utstyr i mindre grad behøves.

Mikroinnkapsling benyttes allerede til å levere legemidler til organer i kroppen der de vil ha den ønskede effekt og beskytte mot uønsket nedbrytning underveis. Samme teknologi kan imidlertid også benyttes til å kapsle inn kjemiske og biologiske stridsmidler og trusselstoffer, slik at de vanskeligere kan påvises. Videre kan mikroinnkapsling bidra til at stoffene kan leveres målrettet i mindre mengder (pga. mindre nedbrytning) til de organer i kroppen der de har den effekten en aktør ønsker å oppnå.

Autonomi i kombinasjon med kunstig intelligens, sensorteknologi og maskinlæring gir oss biler, fly og skip som blir mer og mer intelligente og i stand til selv å tolke kompliserte sensordatasett og ta avgjørelser. Dette gir imidlertid frem mot 2030 også muligheter for helt nye typer ubemannede leveringsmidler av CBRN-midler som delvis eller fullstendig vil kunne være autonome. For eksempel utvikler Russland nå maritime og luftbårne autonome kjernefysiske våpen, som også er drevet av kjerneenergi og dermed har vesentlig økt rekkevidde i tid og rom.

Betydningen av disse teknologiske trendene for NATO er blant annet at man ikke kan basere seg på vedtatte lister over velkjente trusselstoffer eller at det benyttes velkjente typer av leveringsmidler. Nye trusselstoffer og leveringsmåter kan utfordre påvisningssystemer, fysisk beskyttelse og medisinske tiltak.



---

---

CBRN-vern kan ikke baseres på at en potensiell motstander kun vil benytte velkjente biologiske og kjemiske stridsmidler eller velkjente leveringsmidler for CBRN-midler. Nye og uventede kjemiske og biologiske midler samt nye eller endrede typer leveringsmidler må også kunne forventes brukt.

For å kunne overleve, operere og vinne i fremtidige CBRN-operasjonsmiljøer trenger alliansen hurtige og tilpasningsdyktige systemer for å kunne påvise, identifisere, beskytte mot, unngå, rense og motvirke også nye trusselstoffer. Alliansen må ha evne til å håndtere «alle farer».

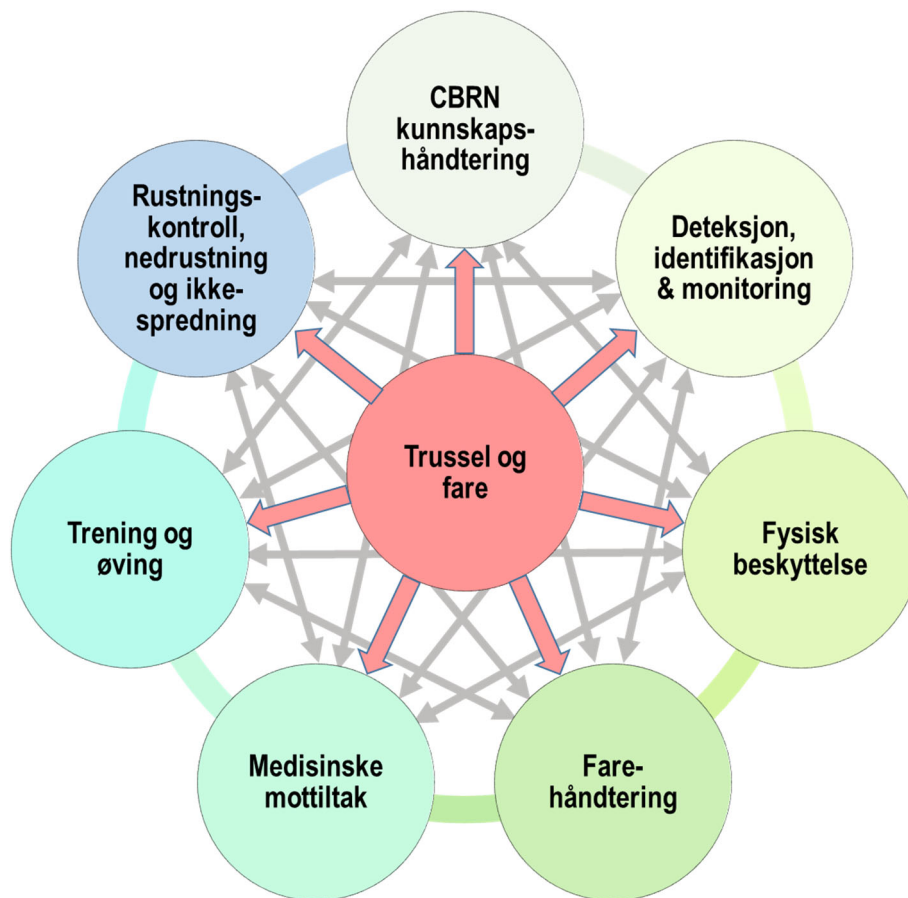
For å hindre potensielle motstandere i å utnytte sensitive varer og teknologi til bruk for CBRN-midler og -våpen bør landene i alliansen og samarbeidspartnere innen eksportkontrollregimer identifisere og utnytte fremvoksende og banebrytende teknologier som kan støtte ikke-spredning, nedrustning og rustningskontroll.

## **4 Teknologiske muligheter for styrking av CBRN-vern**

Den akselererende teknologiske utviklingen gir ikke bare en sikkerhetsutfordring for NATO, den er også av stor betydning og verdi for Forsvaret og samfunnet. Den teknologiske utviklingen gir store muligheter til å styrke alliansens forsvar, inkludert dens CBRN-vern, ved å muliggjøre nye og bedre, samt mer kostnadseffektive løsninger.

### **4.1 CBRN-vern i et systemperspektiv**

Langtidsstudien påpeker viktigheten av, og synergiene som kan oppnås, ved å se på utfordringene og evnen til å utvikle de teknologiske mulighetene innen CBRN-vern i et systemperspektiv. Et systemperspektiv muliggjør at de enkelte CBRN-vern-komponenter og CBRN-vern-kapabiliteter, både under utvikling og i operativ bruk, på en balansert måte integreres med hverandre og andre forsvarskapabiliteter. Figur 4.1 illustrerer avhengigheten mellom de ulike CBRN-vern-komponentene.



Figur 4.1 Illustrasjon av de gjensidige avhengighetene mellom de ulike komponentene som inngår i CBRN-vern.

CBRN-vern må sees på som et integrert system med innbyrdes avhengige komponenter. Individuelle kapabiliteter og teknologier må evalueres for effekten de har på hele CBRN-vernssystemet samt andre forsvarskapabiliteter og ikke kun ses på isolert. Kapabilitetsutvikling innen CBRN-vern må være en integrert del av all forsvarsplanlegging og kapabilitetsutvikling.

#### 4.2 Situasjonsforståelse og beslutningsstøtte

God situasjonsforståelse og beslutningsstøtte er helt avgjørende for å kunne ta gode, risikobaserte avgjørelser på strategisk, operasjonelt og taktisk nivå i militære operasjoner. Dette inkluderer også håndtering av hendelser og handlinger med CBRN-midler. NATO har erkjent betydningen av at situasjonsforståelse og beslutningsstøtte på CBRN-vernområdet utvides fra det tradisjonelle «CBRN Information Management» (informasjonshåndtering) til «CBRN Knowledge Management» (kunnskapshåndtering). Dette inkluderer blant annet også bruk av

---

---

sensornettverk, avansert fareprediktering, fusjon av kunnskap og ikke minst formidling av kunnskap til operative sjefer på alle nivåer.

På kort sikt kan denne tilnærmingen bidra til at operative sjefer og etterretningsanalytikere oppnår bedre beslutningsgrunnlag på CBRN-vernområdet ved å integrere CBRN-informasjon med annen Intelligence, Surveillance and Reconnaissance (ISR)-informasjon og helsedata til sine styrker, blant annet ved å identifisere og utnytte alle kilder til informasjon og utvikle beslutningsstøtteverktøy for å styrke den helhetlige tilnærmingen og forståelsen av situasjonen.

Den fremskridende utviklingen innen informasjonsteknologi, stordata, kunstig intelligens, maskinlæring, sensorteknologi, sensorer integrert i bekledning og kommunikasjons- og informasjonssystemer vil medføre at det på lengre sikt, frem mot 2030, predikteres å skje en hurtig kapabilitetsutvikling innen situasjonsforståelse- og beslutningsstøttesystemer. Dette vil medføre at operative ansvarlige og andre beslutningstakere kan få helt andre muligheter til å ta gode, risikovurderte avgjørelser.

Langtidsstudien ser på teknologiske prosesser og teknologier innen de ulike fasene av kunnskapshåndtering: innhente informasjon, lagre informasjon, prosessere informasjon, tilgjengeliggjøre informasjon, foreta beslutninger, samt bedre utnytte kommunikasjons- og informasjonssystemer.

CBRN-vern må være integrert i situasjonsforståelse- og beslutningsstøttesystemer innen alliansen. Fremvoksende og banebrytende teknologiske muligheter og løsninger anbefales utnyttet og integrert i alliansens situasjonsforståelse- og beslutningsstøttesystemer.

### **4.3 Deteksjon, identifikasjon og monitorering**

NATO står frem mot 2030 overfor en rekke teknologiske sikkerhetsutfordringer innen CBRN (kapittel 3). Alliansen må derfor forvente at både velkjente, nye og mer uventede kjemiske og biologiske stridsmidler og trusselstoffer kan bli brukt i hele krisespekteret. Ikke-varslet bruk av taktiske kjernevåpen er også mulig. Dette gir teknologiske utfordringer innen deteksjon, identifikasjon og monitorering av disse stoffene.

Hovedfokus for kjemisk deteksjon har hittil i tillegg til bruk av påvisningspapir for væsker vært damp av flyktige og velkjente kjemiske stridsmidler. Kjemiske stridsmidler med mindre flyktighet, slik som det kjente stridsmiddelet VX, er vanskelig å påvise med slike detektorer. Langtidsstudien presiserer at en potensiell motstander ved hjelp av mikroinnkapsling kan hindre at biologiske og kjemiske stridsmidler og trusselstoffer kan påvises ved bruk av dagens kommersielle detektorer. Evne til deteksjon på overflater og av partikler med innhold av biologiske og kjemiske stoffer vil derfor bli mer viktig i tiden som kommer.

---

---

Det finnes i dag heller ikke feltdetektorer som kan påvise et bredt spekter av farer. Dagens detektorteknologi er preget av at det for mange detektorprinsipper kun kan programmeres inn i detektorens databaser et begrenset antall trusselstoffer. I tillegg gir flere kommersielle detektorer i for stor grad falske positive utslag. Kunstig intelligens og maskinlæring kan imidlertid benyttes til å redusere denne feilraten.

For å forsterke militære styrkers evne til å håndtere fremtidige CBRN-farer som beskrevet ovenfor, betyr dette at det må også satses på å utvikle teknologi som kan gi et paradigmeskift mot nye og mer generiske deteksjonsprinsipper (f. eks. måle eller etterlikne menneskelig fysiologisk respons) bedre tilpasset en «alle-farer»-tilnærming. Dette kommer i tillegg til å fortsette utviklingen av mer spesifikke deteksjonsmetoder.

På kort sikt kan en kombinasjon av mange detektorer med både like og ulike deteksjonsprinsipper i et sensornettverk være veien å gå. Soldater kan videre integreres i dette sensornettverket som en sensorplattform. Ved hjelp av miniatyriserte sensorer, som for eksempel er integrert i soldatens bekledning, kan soldatens fysiologiske data og posisjon, samt miljødata, registreres kontinuerlig. Ved bruk av kunstig intelligens og maskinlæringsalgoritmer kan sensornettverket, som del av et situasjonsforståelse- og beslutningsstøttesystem, oppdage og reagere på både vanlige og avvikende mønstre.

Langtidsstudien peker på utvikling innen robotikk og autonomi som gjør det mulig å benytte ubemannede systemer med CBR-sensorer for å undersøke potensielt kontaminerte områder. Semi-autonome og ubemannede systemer (luft/bakke) utstyrt med detektorer og muligheter til prøvetaking er fremtredende alternativ som bidrar til å styrke søking, påvisning og prøvetaking ved å gjøre disse prosessene tryggere, raskere, mindre kostnadskrevenende og mer fleksible. Slike systemer vil kunne dekke større områder på kortere tid og kunne benyttes i operasjoner der det ikke vil være forsvarlig å benytte bemannede systemer.

For å kunne foreta politisk-militære og strategisk-politiske beslutninger er det viktig å kunne tilskrive ansvar for (attribuere) bruk av CBRN-midler til en aktør (statlig eller ikke-statlig). Av de samme grunner er det også nødvendig å kunne foreta både bekreftet og utvetydig identifikasjon for å kunne bekrefte og bevise bruk av også nye kjemiske stridsmidler og trusselstoffer, og syntetiske biologiske stridsmidler og trusselstoffer. Analyse av biomarkører fra biomedisinske prøver for utvetydig identifikasjon og diagnose, komplementerer dessuten i stadig sterkere grad analyse av miljøprøver.

---

---

For å kunne ta operative og taktiske valg i et endret CBRN-trusselbilde må NATO ha evne til å påvise et bredt spekter av CBR-midler så sikkert og tidlig som mulig i ulike situasjoner og operasjoner. Dette inkluderer også evnen til å påvise mindre flyktige og faste kjemiske og biologiske stridsmidler og trusselstoffer.

For at alliansen skal kunne foreta politisk-militære og strategisk-politiske beslutninger må NATOs og nasjonenes laboratorier ha evne til å støtte tilskrivning av ansvar for bruk av CBR-midler og ha evne til utvetydig identifikasjon av nye trusselstoffer.

Ny forskningsbasert kunnskap innen en rekke fag og utvikling av tverrfaglige metodikker vil kunne styrke alliansen på disse områdene.

#### **4.4 Farehåndtering**

Alliansen må være forberedt på å kunne måtte gjennomføre farehåndtering i operasjoner der områder er forurenset etter angrep med CBRN-midler. Som det fremkommer av kapittel 3 står NATO frem mot 2030 overfor en rekke teknologiske sikkerhetsutfordringer der både velkjente og nye og mer uventede kjemiske og biologiske stridsmidler og trusselstoffer må forventes å kunne bli brukt. Dette gir flere utfordringer for farehåndtering.

Innen farehåndtering pågår det internasjonalt flere forskningsprosjekter for å unngå, redusere eller uskadeliggjøre CBR-faren i størst mulig grad. Det arbeides med nye typer vernematerialer som i mindre grad absorberer stridsmidler, overflater som uskadeliggjør/bryter ned stridsmidler og med materialer som lett kan erstattes. Det kan også være materialer som gir fargeomslag ved kontakt med stridsmidler og innkapslingsteknikker og nye teknologier for rens. For noen typer rensoperasjoner og systemer studeres bruken av automasjon og robotikk. Langtidsstudien anbefaler videre forskning på rensesystemer som kan håndtere et bredt spekter av trusselstoffer.

For å kunne operere i et endret og mer sammensatt trusselbilde må NATO ha evne til å håndtere faren fra et bredt spekter av CBRN-midler og -våpen. Økt forskningsbasert kunnskap rettet mot forbedring av rensesystemer generelt, samt rensesystemer for mindre flyktige kjemiske stridsmidler og trusselstoffer, og mikroinnkapslede biologiske og kjemiske stridsmidler og trusselstoffer, vil kunne styrke alliansens evne til farehåndtering.

---

---

## 4.5 Fysisk beskyttelse

Alliansen må være forberedt på å måtte gjennomføre operasjoner i områder som er forurenset etter angrep eller hendelser med CBRN-midler. For å kunne overleve, operere og vinne i fremtidige CBRN-operasjonsmiljøer må alliansen evne å ha fysisk beskyttelse mot et bredt spektrum av farer. Alliansen står frem mot 2030 overfor mange teknologiske utfordringer når det gjelder sikkerhet (kapittel 3), noe som gir en rekke utfordringer også for fysisk beskyttelse mot CBRN-midler.

Langtidsstudien beskriver status for forskning på nye barrierematerialer og integrasjon av ulike adsorbenter i filtre og semipermeabel bekledning for å forbedre verneevnen mot et bredt spektrum av CBR-trusselstoffer og materialer, og for å redusere fysiologisk byrde for å bedre utholdenhet. Modulære løsninger for å unngå over- eller underbeskyttelse og for å lette fysiologisk byrde beskrives også. I tillegg gjøres det rede for mulighetene innen integrasjon av deteksjon og farehåndtering i vernebekledning (smarte tekstiler), og integrasjon av fysiologiske sensorer og miljøsensorer i soldatens bekledning. 3D-scanning av ansikter fulgt av additiv tilvirkning av morfologisk tilpassede vernemasker for den enkelte soldat kan øke beskyttelsesgraden som masken vil gi og lette logistiske utfordringer.

Et nøkkelpunkt er at fysisk beskyttelse må sees i et systemperspektiv der ulike CBRN-vernekapabiliteter integreres med hverandre og sammen med andre forsvarskapabiliteter, f. eks. integrert ballistikk- og CBRN-beskyttelse. Dette vil kunne lette soldatens fysiologiske byrde og øke den operative evnen.

Det anbefales økt forskningsbasert kunnskap på nye materialer og kombinasjoner av materialer for å forbedre fysisk beskyttelse mot et bredt spektrum av CBR-midler. Integrasjon av CBRN-beskyttelse med andre typer beskyttelse, samt en modulær tilnærming for å gi rett beskyttelsesnivå vil kunne gi økt operativ evne.

## 4.6 Medisinske mottiltak

Teknologiutviklingen i det biomedisinske feltet forventes å fortsette. Dette vil gi grunnlag for bedre metoder for diagnostikk og medisinsk behandling, men vil samtidig gjøre det lettere for en potensiell motstander å utvikle nye trusselstoffer. Langtidsstudien understreker viktigheten av at medisinske mottiltak er en integrert del av CBRN-vern.

Det er lite sannsynlig at en CBRN-hendelse inntreffer der nødvendig medisinsk CBR-ekspertise er tilstede, noe som medfører at både medisinsk og ikke-medisinsk personell må være tilstrekkelig opplært i bruk av hjelpemidler for å kunne stille riktig diagnose (inkludert måling av hemming av acetylkolinesterase) samt kunne administrere medisinske motmidler m.m. og gi annen nødvendig innledende livreddende behandling.

---

---

Både evnen til medisinsk beskyttelse mot kjemiske stridsmidler og til å utøve diagnostikk og karakterisering av kjemiske stridsmidler er områder som må utvikles fremover i takt med våpenutviklingen. Utvikling av kjemiske våpen basert på farmakologisk aktive stoffer vil dessuten gi nye utfordringer behandlingsmessig og diagnostisk.

Det forventes også at biologiske stridsmidler og trusselstoffer utvikles i takt med den bioteknologiske og molekylærbiologiske utviklingen, en utvikling som også vil muliggjøre forbedret diagnostikk og medisinske mottiltak. Imidlertid har tidligere (de mer tradisjonelle) og utryddede eller sjeldne biologiske stoffer en tendens til å bli glemt, og utviklingen av mer effektive og presise medisinske mottiltak må også omfatte disse.

Ioniserende stråling medfører både forbrenningsskader og DNA-skader, sistnevnte med en lengre latenstid. Kunnskapen om virkningene fra ioniserende stråling og mulige behandlingsformer mot disse øker med fremgangen innen molekylærbiologisk kunnskap. Dette bidrar til å styrke utviklingen av beskyttelsesmulighetene mot slik stråling gjennom bruk av medisinske mottiltak i tillegg til fysiske beskyttelsestiltak. Økende kunnskap om biologiske indikatorer på stråledose og -virkning vil kunne gi grunnlag for bedret diagnostikk og behandling, samt mer målrettede medisinske mottiltak.

CBRN-midler er gjennom sin virkning i stand til å forårsake masseskader som vil overbelaste helsevesenet, som både militært og sivilt er fokusert på normale tilstander og mindre konflikter. NATO-landene har gjennom COVID-19-krisen oppnådd erfaringer på hvordan en langvarig naturlig biologisk hendelse kan påvirke nasjonenes helse- og beredskapsevne. Evne til å håndtere og inneha en god beredskap mot store masseskadehendelser, med flere tusener skadde eller påvirket av hendelsen eller handlingen, vil være svært utfordrende og nødvendig. Dette understreker viktigheten av bruk av effektiv medisinsk forebygging (eksempel: vaksine, kjemisk profylakse) og medisinske mottiltak (eksempel: atropin, oksim) for å redusere skadetall til håndterbare størrelser, noe som er viktig både samfunnsmessig, militært og for politiske beslutningstagere.

Den viktigste faktoren med hensyn til medisinske mottiltak er bred kunnskap om hva, når og hvordan slike mottiltak skal oppnås og benyttes, og å opprettholde beredskapslagring av tilgjengelige medisinske motmidler.

Bruk av CBRN-midler i en konflikt vil medføre behov for oppskalering av behandlingsskapitet i helsevesen og sanitet. Effektiv bruk av medisinske mottiltak vil, ved å redusere antall skadde, kunne redusere den nødvendige dimensjonen på oppskaleringen og dermed bevare og/eller gi økt operativ evne.

Forskningsbasert kunnskap vil kunne styrke alliansens fremtidige medisinske mottiltak. Nye vitenskapelige funn kan bane vei for utvikling av nye diagnostiske og terapeutiske regimer, samt konsepter for oppfølging av senskader.

---

---

## 4.7 Trening og øving

For å ha evne til å håndtere CBRN-hendelser må alliansen trene og øve. Et av nøkkelpunktene fra langtidsstudien er at CBRN-trening og -øving må være en integrert del av annen trening og øving, selv om det kan være utfordrende. Et velfungerende CBRN-vern kan ikke oppnås dersom dette skilles fra andre forsvarsaktiviteter, trenings- og øvingsregimer. Trening og øving må gjøres på strategisk, operasjonelt og taktisk nivå samt på og sammen med tilsvarende sivile nivåer, i tillegg til den individuelle treningen og øvingen. Viktige politiske beslutningstakere må også trenes og øves i sin rolle i CBRN-vern, inkludert i krisehåndteringsøvelser i et sivil-militært samarbeid da CBRN-hendelser vil utfordre nasjonenes myndigheter på tvers av de ulike sektorene.

Trening med reelle stridsmidler under kontrollerte forhold for psykologisk mestring er og må være et viktig element i trening i CBRN-vern. Teknologier som kunstig virkelighet,<sup>2</sup> utvidet virkelighet<sup>3</sup> og blandet virkelighet<sup>4</sup> i kombinasjon med sensorer integrert i soldatbekledning kan bane vei for mer kostnadseffektiv og hyppigere CBRN-trening og -øving, samt bedre integrering med annen militær trening og øving.

Simuleringsteknologier, som diskutert ovenfor, kan også benyttes til trening og øving i forbindelse med kommandoplassøvelser, der treningsmoduler med integrert situasjonsforståelse- og beslutningsstøtteverktøy benyttes.

CBRN-trening og -øving anbefales organisert som en integrert del av annen trenings- og øvingsvirksomhet, både militært og sivilt. Teknologier som kunstig virkelighet, utvidet virkelighet og blandet virkelighet, i kombinasjon med sensorer kan bane vei for mer kostnadseffektive og hyppige trenings- og øvingsregimer og tilnærminger.

## 5 Konklusjon

NATO Science & Technology Organization (STO) gjennomførte i perioden 2016-2020 en langtidsstudie på CBRN-vern. Denne ble ledet av FFI med deltakelse fra elleve land og

---

<sup>2</sup> Virtual Reality (VR)

<sup>3</sup> Augmented Reality (AR)

<sup>4</sup> Mixed Reality (XR)



---

---

kulminerte i 2021 med den tekniske rapporten TR-HFM-273, Long-Term Scientific Study on CBRN Defence [1].

Langtidsstudien er en forskningsbasert studie med fokus på mulighetene dagens og fremtidig vitenskapelig forskning vil kunne gi for å styrke alliansens CBRN-vern.

Verden gjennomgår en akselererende teknologisk utvikling i en tid der den sikkerhetspolitiske situasjonen blir betydelig endret og forverret. Dette bidrar til at CBRN-trusselen og -faren blir mer variert og kompleks. Den teknologiske utviklingen gir imidlertid samtidig nye muligheter til å forbedre og utvikle nye CBRN-vern-kapabiliteter som kan gi økt operativ evne.

Langtidsstudien peker på behov for forskningsbasert kunnskap innen spesifikke fokusområder for styrking av CBRN-vern i alliansen.

Langtidsstudien påpeker viktigheten av at de teknologiske mulighetene innen CBRN-vern for utvikling av kapabiliteter for å møte utfordringene ses på i et systemperspektiv. Et systemperspektiv muliggjør at de enkelte CBRN-vern-kapabiliteter, både under utvikling og i operativ bruk, på en balansert måte integreres med andre CBRN-vern-kapabiliteter samt også med andre forsvarskapabiliteter. Kapabilitetsutvikling innen CBRN-vern må være en integrert del av all forsvarsplanlegging og kapabilitetsutvikling.

Farehåndteringen etter bruk av et kjemisk stridsmiddel i Storbritannia i 2018 viste med stor tydelighet at en slik hendeshåndtering krever betydelig støtte fra forsvaret til det sivile samfunn og belyste behovet for samhandling mellom militære og sivile myndigheter. Dette viser at kapabilitetsutvikling innen CBRN-vern i Norge og i land som har et totalforsvarskonsept bør skje innen rammen av totalforsvaret for å gi et velfungerende CBRN-vern. Slik kapabilitetsutvikling kan ikke bare skje innen militære styrker.

Langtidsstudien gir for øvrig anbefalinger for styrking av CBRN-vern innen følgende områder: situasjonsforståelse og beslutningsstøtte; deteksjon, identifikasjon og monitorering; farehåndtering; fysisk beskyttelse; medisinske mottiltak; og trening og øving. Det vises til oppsummeringene gitt i hver av de tilhørende seksjonene i kapittel 4.

Resultatene fra langtidsstudien medførte at NATO STO, etter initiativ fra FFI, i 2021 lanserte en oppfølgingsstudie, HFM-SET-339 «Scientific and Technological Trends Allow for New Approaches Addressing CBRN Challenges». Basert på en grundig analyse av langtidsstudien i regi av HFM-SET-339 er oppfølgende forskningsaktiviteter som adresserer kapabiliteter for å styrke alliansens CBRN-vern igangsatt av NATO STO.

NATO STO har, parallelt med langtidsstudien, publisert en rapport på teknologiske trender og fremvoksende og banebrytende teknologier frem mot 2040, der et av fokusområdene er alliansens utnyttelse av slike teknologier, samt kombinasjoner av disse [2]. Disse teknologiene er tatt inn i langtidsstudiens vurderinger av teknologiske banebrytende muligheter for å styrke alliansens CBRN-vern.

---

---

## Referanser

- [1] NATO Science & Technology Organization (2021). STO Technical Report *Long-Term Scientific Study on CBRN Defence. Final Report of HFM-273/LTSS, AC/323(HFM-273)TP/1007, TR-HFM-273*, juni 2021. NATO UNCLASSIFIED.
- [2] NATO Science & Technology Organization (2020). *Science & Technology Trends 2020-2040. Exploring the S&T Edge*, mars 2020. Offentlig.

## Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan, med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

## FFIs formål

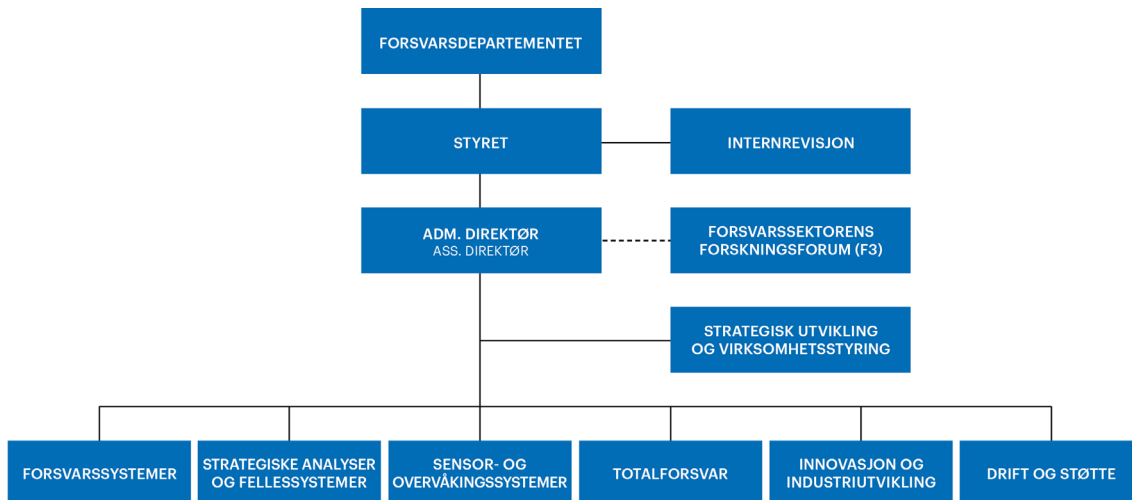
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

## FFIs visjon

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

## FFIs verdier

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.



Forsvarets forskningsinstitutt  
Postboks 25  
2027 Kjeller

Besøksadresse:  
Instituttveien 20  
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00  
Telefaks: 63 80 71 15  
Epost: [post@ffi.no](mailto:post@ffi.no)

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)  
P.O. Box 25  
NO-2027 Kjeller

Office address:  
Instituttveien 20  
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00  
Telefax: +47 63 80 71 15  
Email: [post@ffi.no](mailto:post@ffi.no)