



FFI-RAPPORT

21/00284

Har bruk av hvitt fosfor-ammunisjon i Regionfelt Østlandet ført til miljø- og helseeffekter?

— resultater fra perioden 2015–2019

Tove Engen Karsrud
Arnt Magne Johnsen

Har bruk av hvitt fosfor-ammunisjon i Regionfelt Østlandet ført til miljø- og helseeffekter? – resultater fra perioden 2015–2019

Tove Engen Karsrud
Arnt Magne Johnsen

Emneord

Skytefelt
Røykgranater
Hvitt fosfor
Overvåking
Risikovurdering

FFI-rapport

21/00284

Prosjektnummer

514601

Elektronisk ISBN

978-82-464-3327-1

Engelsk tittel

Has the use of white phosphorus ammunition in Regionfelt Østlandet caused environmental or health effects? – results from the period 2015–2019

Godkjenner

Øyvind Voie, *forskningsleder*
Janet Blatny, *forskningsdirektør*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

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

Sammenheng

Denne rapporten beskriver miljøoppfølging etter bruk av ammunisjon med hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet (RØ) i perioden 2015–2019. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har gjennomført oppdraget for Forsvarsbygg (FB) som har forvaltningsansvar for skyte- og øvingsfeltene i Norge. Rapporten presenterer og vurderer resultater fra prøvetakingen i 2019 og gir en oppsummering av alle aktivitetene og resultatene i oppdragsperioden.

RØ er det eneste skytefeltet i Norge der det er tillatt å bruke ammunisjon med hvitt fosfor. Ved øving med artilleri- og bombekastergranater med hvitt fosfor blir Store Haraåsen benyttet som nedslagsområde. Forsvarets PFA-slette (prøve- og forsøksanlegg) benyttes også som nedslagsområde, hovedsakelig ved kvalitet- og sikkerhetstesting og ved opplæring i demolering av slik ammunisjon. I løpet av årene 2015–2019 ble det forbrukt i alt 582 kg hvitt fosfor fra ammunisjon i RØ. Årlig utslippstillatelse er 3500 kg.

I jordprøver fra kratrene på Store Haraåsen er det målt hvitt fosfor opp mot 1430 mg hvitt fosfor/kg jord. Et slikt nivå er forventet kort tid etter skyting. Men hvitt fosfor brytes ned med tiden slik at det ikke antas å bli en akkumulering over tid i nedslagsområdene. Grunnen på Store Haraåsen og PFA-sletta er tørr og drenerende og fremmer nedbrytning av hvitt fosfor. I ett av kratrene har det imidlertid holdt seg et høyt nivå av hvitt fosfor stort sett gjennom hele perioden. I krateret, som er fra 2013, ble det målt 5150 mg fosfor/kg jord i 2015, og først i 2019 var konsentrasjonen redusert til 91 mg/kg. Den høye konsentrasjonen kan skyldes forhold rundt detonasjon av granaten, som har resultert i at større mengder hvitt fosfor er presset ned i bakken enn vanlig og etterlatt mye rester.

I vannprøver som er tatt på hver sin side av PFA-sletta, er det aldri funnet spor av hvitt fosfor. I vannprøver fra vannkilder nedstrøms Store Haraåsen, ble det i 2017 funnet spor av hvitt fosfor på tre lokasjoner, i tillegg til 6,1 ng/L i prøvepunktet nærmest nedslagsområdet. Dette kan skyldes transport av hvitt fosfor med overvann siden det var mye nedbør i perioden etter skyting det året. Bortsett fra denne gangen er det ikke målt hvitt fosfor i vannprøvene i området rundt Store Haraåsen.

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i kratrene vurderes ikke å utgjøre en risiko for hverken mennesker eller dyr som ferdes i området. Forsvarets personell som gjennomfører rydding av skytefeltet, skal imidlertid være oppmerksomme på fare for eksponering av hvitt fosfor, og de bør benytte egnet verneutstyr.

Summary

This report describes monitoring of the use of white phosphorus ammunition in Regionfelt Østlandet (RØ) during the period 2015–2019. The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) conducts the monitoring on commission from The Norwegian Defence Estates Agency (NDEA). The results from the sampling in 2019 are presented and assessed, and an overview of the results obtained during the period is provided.

RØ is the only firing range in Norway where the use of white phosphorus ammunition is allowed. The impact area at Store Haraåsen is used for training with artillery shells and mortars containing white phosphorus. The test and verification area called PFA-sletta is also used as an impact area, mainly for quality and safety tests and for demolition training of such ammunition. During the period 2015–2019 582 kilos of white phosphorus was released in RØ. The annual permit is 3500 kilos.

The maximum concentration of white phosphorus in soil samples from craters at Store Haraåsen was 1430 mg/kg. Such a level is expected shortly after firing. White phosphorus decomposes with time, and an accumulation of white phosphorus in the impact areas is unlikely. The soil at Store Haraåsen and PFA-sletta is mostly dry with good drainage, factors that will promote decomposition of white phosphorus. However, in one of the craters that originates from 2013, the concentration of white phosphorus has been higher. In this crater it was measured 5150 mg white phosphorus/kg in 2015, and the concentration did not lower until 2019 to 91 mg/kg. The prolonged high concentration in this crater may be caused by conditions during the detonation of the shell, which may have resulted in more residues of white phosphorus in the ground.

White phosphorus has never been detected in water samples localized nearby the PFA test area. In 2017, traces of white phosphorus were detected in three locations downstream of Store Haraåsen, and a concentration of 6.1 ng white phosphorus/L was detected in the sampling point closest to the impact area at Store Haraåsen. This may have been caused by transport of white phosphorus due to heavy rainfalls after firing. Except from this incident white phosphorus has not been detected in water samples downstream of Store Haraåsen.

The reported concentrations of white phosphorus in impact areas in RØ are considered not to represent any health risks to humans or animals that may reside shorter periods in the area. Military personnel cleaning the area must be aware of the risk of exposure to white phosphorus and should use protective equipment.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning	7
2 Bakgrunn	7
2.1 Fosfor som røyksats	7
2.2 Forbruk av hvitt fosfor i RØ	8
3 Overvåking av hvitt fosfor	9
4 Befaring og prøvetaking i 2019	10
4.1 Befaring	10
4.2 Jordprøver	12
4.3 Vannprøver	13
4.4 Analyse av prøver	14
5 Resultater	22
5.1 Resultater	22
5.2 Risikovurderinger	24
6 Konklusjon	25
Vedlegg	27
Referanser	30



1 Innledning

I Norge benyttes hvitt fosfor som røyksats i bombekaster- og artillerigranater. Hvitt fosfor er et meget giftig stoff, og miljømyndighetene har derfor satt restriksjoner for bruk av denne typen ammunisjon. Per i dag er det kun tillatt å bruke ammunisjon med hvitt fosfor mot to definerte områder i Regionfelt Østlandet (RØ). De tillatte områdene er testområdet PFA-sletta og Store Haraåsen, som er nedslagsområde for bombekastere og artillerigranater med hvitt fosfor. Den årlige utslippstillatelsen er 3,5 tonn [1]. Dersom det blir behov for bruk av hvitt fosfor granater i andre skyte- og øvingsfelt, må arealet tilpasses denne bruken, og Forsvarsbygg (FB) må søke miljømyndighetene om tillatelse.

Forsvarsbygg forvalter skyte- og øvingsfeltene i Norge og har ansvar for å følge opp utslippstillatelser fra miljømyndighetene. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har på oppdrag fra Forsvarsbygg hatt ansvar for å følge med på bruk av hvitt fosfor i RØ gjennom flere år [2,3,4,5,6]. Miljøoppfølgingen innebærer å holde oversikt over forbruket av hvitt fosforammunisjon i skytefeltet, befarings i nedslagsfeltet, prøvetaking av jordsmonn i krater til fosforammunisjon og prøvetaking av vann i fastlagte prøvepunkter nedstrøms nedslagsområdene for hvitt fosfor-granater.

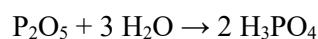
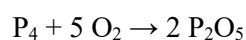
Denne rapporten beskriver overvåkingen som ble gjort i 2019, og den gir et sammendrag av aktivitetene som er utført i årene 2015–2019 [4,5,6] med resultater fra alle prøver som er tatt i denne perioden. Overvåkningsprogrammer som er gjennomført før 2015 har tidligere blitt rapportert i [2,3].

2 Bakgrunn

2.1 Fosfor som røyksats

Rent fosfor forekommer i tre hovedformer: hvitt, rødt og svart fosfor. Av disse er det hvitt og rødt fosfor som benyttes i ulike typer røykammunisjon. Røyksatsene i artilleri- og bombekastergranater i Norge består per i dag av hvitt fosfor.

Hvitt fosfor antenner spontant i luft ved temperaturer mellom 30 °C og 45 °C. I lufta forbrenner hvitt fosfor til fosforpentoksid som igjen reagerer med fuktighet i lufta og danner fosforsyre.



Hvitt fosfor er meget giftig for alle organismer. Laveste dødelige dose for mennesker er 1–1,4 mg/kg kroppsvekt. For rotter, mus og ender er dødelig dose på 3–4 mg/kg [7].

Løseligheten i vann for hvitt fosfor er lav med 3 mg/L. Tettheten er 1,82 g/cm³, som gjør at hvitt fosfor vil synke i vann. På grunn av den lave løseligheten kan partikler bli liggende lenge i vannet og utgjøre en risiko for at dyr og mennesker kan få dem i seg når de drikker av vannet.

Hvitt fosfor er en meget effektiv røyksats [8,9], og derfor er hvitt fosfor lenge blitt brukt i røykgranater. På grunn av giftigheten og de brannstiftende egenskapene, er det ønskelig å slutte å bruke hvitt fosfor og erstatte den med andre røykstoffer. Det er imidlertid en utfordring å finne stoffer med like gode røykeegenskaper som hvitt fosfor. Rødt fosfor er ikke giftig og er et alternativ som vurderes, der reaksjonene som gir røyk er de samme som for hvitt fosfor.

Ulempen med rødt fosfor er at den kan være vanskelig å antenne og derfor tilsettes gjerne en liten mengde pyroteknisk sats til røykladningen. Videre kan forbrenningen stoppe opp under kalde forhold, og man får ikke den ønskede røykmengden fra ladningen. Det kan lekke ut fosfingass fra ammunisjon med rødt fosfor, og fosfin er meget giftig. Fosfingass er tyngre enn luft og det bør derfor være god ventilasjon i lokaler der det lagres ammunisjon med rødt fosfor, for å hindre ansamling av fosfin som kan utgjøre en helserisiko for personell på lageret.

Fosfingassen kan korrodere pakninger og komponenter i ammunisjonen. Granater med rødt fosfor har derfor en kortere holdbarhet enn granater med hvitt fosfor. For å hindre dannelse av fosfingass kan rødt fosfor belegges eller kapsles inn med en type polymer ved tilsetning av noen vektprosent materiale. Tilsetning av en polymer og en pyroteknisk sats vil føre til at effektiv mengde røyksats blir mindre ved bruk av rødt fosfor enn med hvitt fosfor.

2.2 Forbruk av hvitt fosfor i RØ

Forbruk av ammunisjon rapporteres på digital blankett 750 etter endt skyting og lagres i Forsvarssektorens miljødatabase (MDB). Fra databasen er det mulig å trekke ut data for å få oversikt over mengden ammunisjon skutt mot gitte nedslagsfelt. Utslipp av hvitt fosfor i RØ varierer fra år til år (Tabell 2.1), og avhenger av aktiviteten i skytefeltet og om det er skutt med artilleri eller bombekaster (BK). Forbruket fra 2014 er tatt med i tabellen siden denne aktiviteten ble gjenstand for prøvetaking i 2015. I perioden 2014–2019 er 2018 året det ble forbrukt mest ammunisjon med hvitt fosfor, med totalt ca. 260 kg hvitt fosfor. En BK-granat inneholder ca. 700 gram hvitt fosfor og en artillerigranat ca. 7 kg. Forbruket av hvitt fosfor er langt mindre enn den årlige utslippstillatelsen på 3500 kg.

I 2015 og 2016 ble det i opplæringsøyemed demolert noen granater som inneholdt hvitt fosfor på sprengningsfeltet. Der er det ikke tillatt å bruke hvitt fosfor, og det ble oppfordret til å benytte PFA-sletta ved senere opplæringer.

Tabell 2.1 Hvitt fosfor forbrukt i RØ i perioden 2014–2019.

Nedslagsfelt	Menge hvitt fosfor (kg)					
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Store Haraåsen	226			134	256	68
PFA-sletta		71		11	4	4
Sprengningsfelt		3	31			
Totalt	226	74	31	145	260	72

3 Overvåking av hvitt fosfor

Forsvarsbygg forvalter Forsvarets skyte- og øvingsfelt i Norge. De holder kontroll og oversikt over bruk og utslipp av helse- og miljøfarlige stoffer i skytefeltene og overvåker eventuelle utslipp ut av områdene. FFI har i flere år arbeidet med bruk av hvitt fosfor, der målet har vært å se på metoder og tiltak for å redusere belastning på miljøet samt å måle konsentrasjoner av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelt og foreta risikovurderinger.

Som en del av dette arbeidet har FFI på oppdrag for Forsvarsbygg i flere år vært ansvarlig for overvåkningsprogrammet for bruk av hvitt fosfor i RØ. Den siste avtalen gjaldt for årene 2015–2019. I denne oppdragsperioden er det gjennomført følgende befaringer og prøvetakinger:

- 2015: Det ble ikke skutt noe mot Store Haraåsen i 2015, men i 2014 ble det skutt artillerigranater mot dette området uten at det ble tatt prøver etter skytingen. Befaring etter skyting i 2014 ble derfor gjennomført på Store Haraåsen i oktober 2015. Vannprøver ble tatt ved PFA-sletta og nedstrøms Store Haraåsen. Det ble tatt jordprøver i artillerikratre på Store Haraåsen.
- 2016: Dette året ble ammunisjon med hvitt fosfor kun brukt i EOD-opplæring på sprengningsfeltet. Det ble tatt noen jordprøver og vannprøver på sprengningsfeltet i september samt vannprøver i faste prøvepunkter ved PFA-sletta.
- 2017: I 2017 ble det skutt BK-granater mot Store Haraåsen. Befaring ble gjennomført på Store Haraåsen i oktober med etterfølgende prøvetaking av bombekasterkratre. Vannprøver ble tatt ved PFA-sletta og nedstrøms Store Haraåsen.
- 2018: I vannprøver som ble tatt nedstrøms Store Haraåsen i 2017 ble det målt spormengder av WP, og det ble antatt at dette skyldtes transport av WP med overvann etter store nedbørmengder i 2017. For å følge opp målingene fra høsten 2017 og før det

ble skutt mer hvitt fosfor i skytefeltet, ble alle vannprøver tatt på nytt i mai 2018. Senere i 2018 ble det skutt mange granater med hvitt fosfor mot Store Haraåsen, men øvelsen Trident Juncture 2018 hindret tilgang til skytefeltet, og det var ikke befaring eller gjort prøvetaking høsten 2018.

- 2019: Også dette året ble det skutt BK-granater med hvitt fosfor mot Store Haraåsen. Befaring og prøvetaking ble foretatt i oktober 2019. Vannprøver ble tatt ved PFA-sletta og nedstrøms Store Haraåsen. Det ble prøvetaking av bombekastergranater på Store Haraåsen oppstått etter skytinger i 2018 og 2019.

Arbeidet ved FFI har ført til retningslinjer for bruk av hvitt fosfor for å minske belastningen på miljøet [10,11,12]. Det er forbudt å benytte hvitt fosforgranater på snødekket mark og i områder med åpne vannkilder og våte grunnforhold (myr) [13]. Dersom det er mulig, anbefales det å benytte nærhetsbrannrør i stedet for anslagsbrannrør slik at omsetning av granaten foregår over bakken og ikke på bakken. Valg av brannrør er mest aktuelt for artillerigranater som ikke har fastmonterte brannrør. Bruk av nærhetsbrannrør vil hindre kraterdannelse og at hvitt fosfor blir presset ned i bakken ved detonasjonen. En gevinst ved dette er økt røykdannelse [14].

4 Befaring og prøvetaking i 2019

4.1 Befaring

Prøvetakingen tilpasses en periode på høsten da det er virksomhetsfritt i skytefeltet og før snøen kommer. Befaring og prøvetaking ble planlagt til og gjennomført 3. oktober 2019. Dagen var i en periode med kaldt vær, og det var kommet noe snø dagene i forveien. Det snødde også på feltdagen, og temperaturen lå rundt null grader. Det tynne snødekket kunne skape utfordringer med tanke på å få et overblikk over området, samt å få lokalisert og få oversikt over nye kratre fra skytingene i 2018 og 2019. I samråd med oppdragsgiver ble det allikevel besluttet å gjennomføre prøvetakingen denne dagen. Snøen ville ikke skape problemer for vannprøvetakingen da prøvepunktene er på fastlagte steder. Vannkildene var fortsatt åpne og ikke tildekket av snø.

I 2018 ble det skutt et stort antall BK-granater inn på Store Haraåsen på slutten av sommeren, og det skulle normalt ha vært gjennomført befaring og prøvetaking senere på høsten 2018. Øvelsen Trident Juncture 18 som ble gjennomført samme høst vanskeliggjorde tilgang til skytefeltet, og det årets overvåkningsprogram måtte avlyses.

Siden prøvetakingen i 2017 var det bare skutt BK-granater inn i området og ikke artillerigranater. BK-kratrene er mindre i diameter og grunnere enn artillerikratre. Det var derfor lett å skille de to kratertypene fra hverandre selv om det lå et tynt snølag på bakken. Det ble observert

mange BK-kratere i det området som befinner seg i sørøstlig retning fra sentrum av målområdet på Store Haraåsen. De fleste kratrene så ut til å ligge innenfor det angitte målområdet med radius på 250 meter fra sentrum og ikke i buffersonen som er utenfor målområdet. Nedslagene ser derfor ut til å være bedre plassert under de siste to års skytinger enn tilfellet var i 2017, da det ble observert flere kratere i buffersonen [5]. Flere steder var tre-fire kratere plassert nær hverandre med en avstand på 3-10 meter mellom dem. Dette kan stemme med serier av granater som er skutt mot samme posisjon.

Tabell 4.1 Prøver tatt i 2019.

Prøve ID	Beskrivelse av prøvepunkt
VPFA1	PFA-sletta, fast prøvepunkt for vann på østsiden av sletta
VPFA2	PFA-sletta, fast prøvepunkt for vann på vestsiden av sletta
V1	Store Haraåsen, fast prøvepunkt for vann (ny 2015)
V3	Store Haraåsen, fast prøvepunkt for vann
V4 Ny	Store Haraåsen, fast prøvepunkt for vann (ny 2015)
V5 Ny	Store Haraåsen, fast prøvepunkt for vann
K8-2	Store Haraåsen, Krater 8-2 (Krater 8 fra 2013), jordprøve, 155 mm WP
BK2	Store Haraåsen, Krater BK 2-17, jordprøve, 81 mm WP (ny 2017)
BK3	Store Haraåsen, Krater BK 3-17, jordprøve, 81 mm WP (ny 2017)
BK19-1	Store Haraåsen, Krater BK 19-1, jordprøve, 81 mm WP (ny 2019)
BK19-2	Store Haraåsen, Krater BK 19-2, jordprøve, 81 mm WP (ny 2019)
BK19-3	Store Haraåsen, Krater BK 19-3, jordprøve, 81 mm WP (ny 2019)
BK19-4	Store Haraåsen, Krater BK 19-4, jordprøve, 81 mm WP (ny 2019)
BK19-5	Store Haraåsen, Krater BK 19-5, jordprøve, 81 mm WP (ny 2019)

I målområdet var det stedvis mye stråvekster og spesielt rundt enkelte kratere, se f.eks. Figur 4.5. Utkast av jord og fosfor fra kratrene kan gi gode vekstvilkår rundt kraterkanten. Ferske kratere vil ha lite vekst av planter nede i kratrene med unntak fra gress som raskt kan vokse opp. I eldre kratere kan det i tillegg ha vokst mose og andre planter, og mose og lav kan ha grodd på steinene i kratrene. Med snø på bakken er det vanskelig å se om det er grodd noe i kratrene, og å se forskjell på gamle og nye kratere. Selv om snøen ble spadd vekk i flere kratere, var det ikke mulig å avgjøre om kratrene var fra 2018 eller 2019.

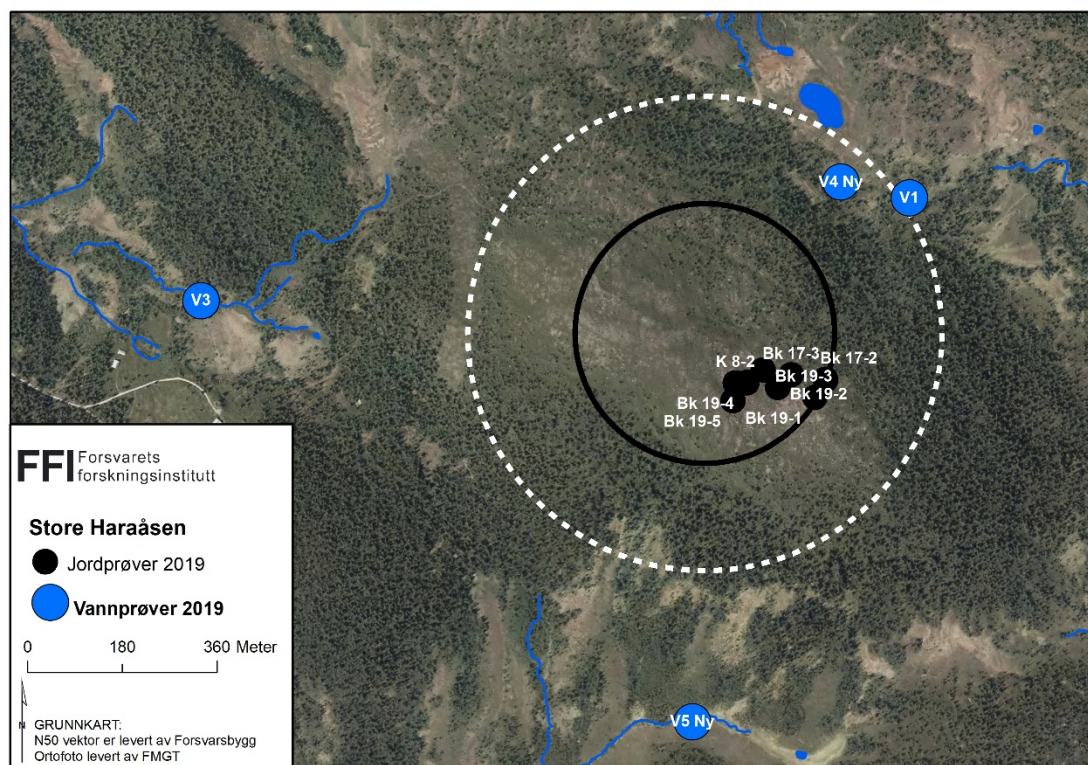
Vannprøvepunktene ligger nedstrøms Store Haraåsen i åpne vannkilder. Prøvepunktene ligger nær til myrer og våte områder. Disse områdene var spesielt vannrike ved prøvetakingen, noe som tyder på mye nedbør i perioden før prøvetaking. Data fra Yr viser at det på Rena både i august og september var mer nedbør enn normalen [15].

En oversikt over alle prøver tatt i 2019 er angitt i Tabell 4.1.

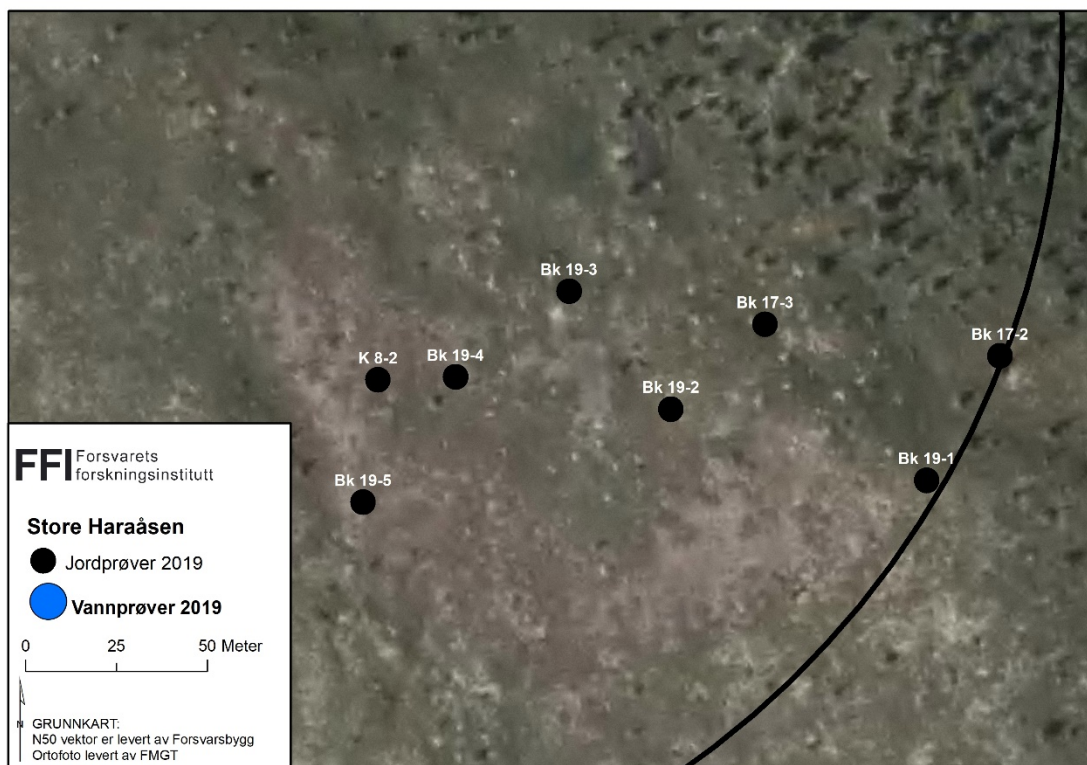
4.2 Jordprøver

Dersom det blir målt høy konsentrasjon av hvitt fosfor i et krater, følges krateret opp med prøvetakinger i etterfølgende år for å se på utviklingen av innhold av hvitt fosfor. Flere ganger er det tatt prøver i et artillerikrater kalt K8-2. Dette krateret stammer fra skytinger i 2013, og det er flere ganger målt høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i dette krateret (> 1000 mg/kg) [3]. Også i 2019 ble det tatt en prøve i dette krateret. To av BK-kratrene som ble prøvetatt i 2017 inneholdt også relativt høye konsentrasjoner (> 1000 mg/kg) av hvitt fosfor [5]. Dette var kratrene BK2-17 og BK3-17, som derfor ble prøvetatt på nytt i 2019.

Fra de antatt nye kratrene ble fem valgt ut for prøvetaking. Disse kratrene befant seg mellom ytterkanten på målområdet i skråningen i retning standplass og innover mot midten av målområdet oppe på flaten av høyden. Ingen av kratrene lå nærmere sentrum av målområdet enn krater K8-2. Figur 4.1 og Figur 4.2 viser lokalisering av prøvepunktene ved Store Haraåsen. Bilder av kratrene er i Figur 4.4–Figur 4.11.



Figur 4.1 Prøvepunkter på og nedstrøms Store Haraåsen.



Figur 4.2 Nærmere oversikt av prøvepunkter for kratre på Store Haraåsen.

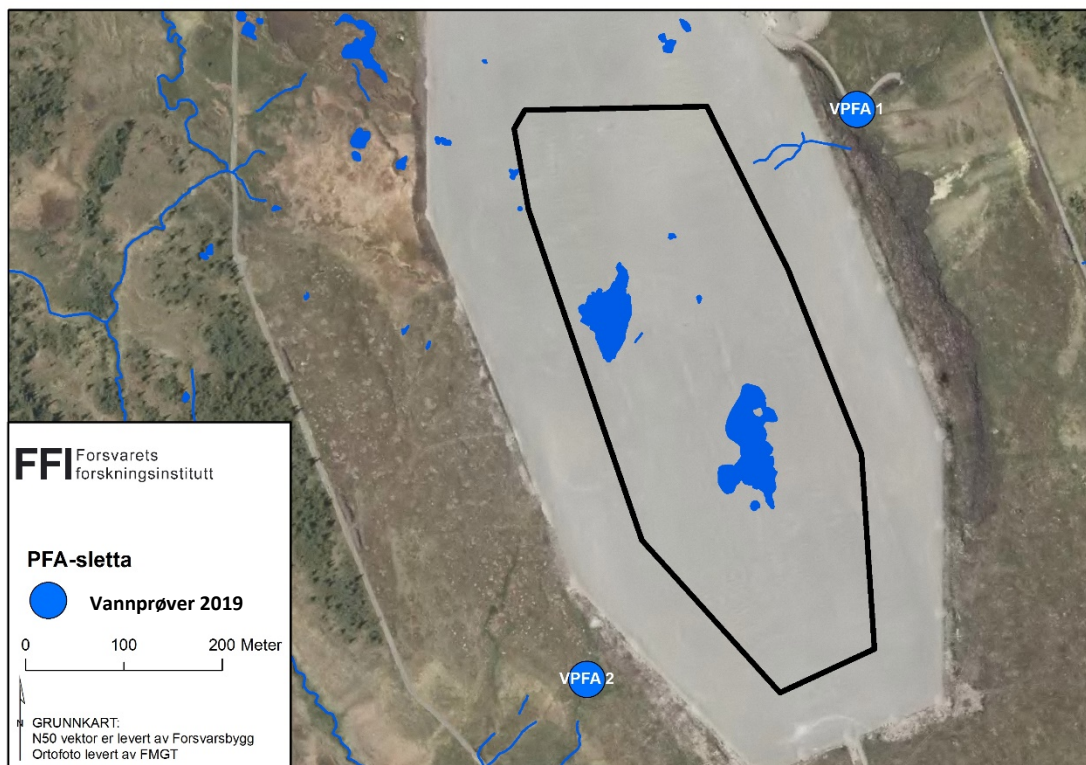
Ved prøvetakingen ble jord fra flere steder nede i kratret spadd opp og lagt på kraterkanten. 20 delprøver fra denne jorda ble samlet i en 500 ml glassflaske. Minst 500 gram jord tas med til hver prøve. Flaskene ble etterfylt med medbrakt kranvann for å hindre tilgang til luft rundt prøven og tap av hvitt fosfor fra prøven. Ved ankomst til FFI ble prøvene oppbevart kaldt og mørkt til de ble analysert.

I noen av kratrene kunne man kjenne lukten av hvitt fosfor. I krater K8-2 hvor det tidligere er målt høye konsentrasjoner av WP, var det fortsatt lukt av hvitt fosfor i den enden av kratret som er nærmest standplass. De andre kratrene hvor det ble observert lukt av WP var kratrene BK19-2, BK19-3 og BK19-5.

4.3 Vannprøver

Vannprøver blir tatt på faste prøvepunkt. To av prøvene blir tatt ved PFA-sletta, en på hver langsida for å se på avrenning fra nedslagsområdet, se Figur 4.3. Det var kommet ca. 5 cm med snø i denne delen av skytefeltet, men vannkildene var fortsatt åpne. De andre vannprøve-

punktene ligger nedstrøms Store Haraåsen på tre kanter, se Figur 4.1. Bilder av vannprøvepunktene er vist i Figur 4.12 – Figur 4.17. Det tas 1 liter vann fra prøvestedet som helles over i en teflon plastflaske som fylles helt. Prøvene oppbevares kaldt og mørkt inntil analyse.



Figur 4.3 Vannprøvepunkter ved PFA-sletta.

4.4 Analyse av prøver

Både vannprøver og jordprøver ekstraheres med karbondisulfid. Ekstraktene analyseres for innhold av hvitt fosfor på en gasskromatograf med nitrogen fosfor detektor. En nærmere beskrivelse av metoden er gitt i tidligere FFI-rapporter [16,17]. Kvantifiseringsgrensen for vann er 1–2 ng/L og 0,001 mg/kg for jord.



Figur 4.4 Artillerikrater K8-2.



Figur 4.5 Krater BK3-17.



Figur 4.6 Krater BK2-17



Figur 4.7 Krater BK19-1.



Figur 4.8 Krater BK19-2.



Figur 4.9 Krater BK19-3.



Figur 4.10 Krater BK19-4.



Figur 4.11 Krater BK19-5.



Figur 4.12 Vannprøvepunkt VPFA1.



Figur 4.13 Vannprøvepunkt VPFA2.



Figur 4.14 Vannprøvepunkt V1. Bildet tatt høsten 2017.



Figur 4.15 Vannprøvepunkt V4 Ny.



Figur 4.16 Vannprøvepunkt V5 Ny.



Figur 4.17 Vannprøvepunkt V3.

5 Resultater

5.1 Resultater

Resultater fra prøvetakingen i 2019 er gitt i Tabell 5.1 og Tabell 5.2. Analyserapport er gitt i vedlegg. Resultater fra alle målingene som er gjennomført i perioden 2015–2018 er også ført i tabellene.

I 2019 ble det ikke målt hvitt fosfor over kvantifiseringsgrensen i vannprøvene. Bortsett fra de fire vannprøvene som ble tatt nedstrøms Store Haraåsen i 2017, er det ikke funnet hvitt fosfor i vannprøver tatt på ulike steder i RØ i oppdragsperioden 2015–2019. De lave verdiene som ble målt i 2017 skyldtes sannsynligvis transport av hvitt fosfor med overvann nedstrøms Store Haraåsen på grunn av store nedbørmengder i tiden etter skyting det året [5]. Målinger som ble gjort et halvt år etterpå viste at det ikke var spor av hvitt fosfor i prøvene [6].

Tabell 5.1 Oversikt over målte konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver i RØ 2015–2019.

Prøve	Hvitt fosfor [ng/L]				
	2019	2018	2017	2016	2015
VPFA1, PFA-sletta, [ng/L]	< 2	-	< 1	< 1	< 1
VPFA2, PFA-sletta, [ng/L]	< 2	-	< 1	< 1	< 1
V1, Store Haraåsen, [ng/L]	< 2	< 1	1,3	-	< 1
V3, Store Haraåsen, [ng/L]	< 2	< 1	1,8	-	< 1
V4 Ny, Store Haraåsen, [ng/L]	< 2	< 1	61	-	< 1
V5 Ny, Store Haraåsen, [ng/L]	< 2	< 1	2,1	-	< 1
V6, Store Haraåsen, [ng/L]	-	< 1	-	-	-
Vann i krater 1, sprengningsfelt	-	-	-	< 1	-
Vann i krater 2, sprengningsfelt	-	-	-	< 1	-

Tabell 5.2 Oversikt over målte konsentrasjoner av hvitt fosfor i jordprøver i RØ 2015–2019.

Prøve	Hvitt fosfor [mg/kg]				
	2019	2018	2017	2016	2015
K8-1, Store Haraåsen	-	-	-	-	91
K8-2, Store Haraåsen	92	-	1610	-	5150
K10, Store Haraåsen	-	-	-	-	10
K11, Store Haraåsen	-	-	-	-	1,6
K12, Store Haraåsen	-	-	-	-	18
Prøve 1 sprengningsbås 2, sprengningsfelt	-	-	-	0,004	-
Prøve 2 sprengningsbås 2, sprengningsfelt	-	-	-	< 0,001	-
Dumpet masse sprengningsbås 2, sprengningsfelt	-	-	-	0,001	-
Art1, Store Haraåsen	-	-	181	-	-
Art2, Store Haraåsen	-	-	10,2	-	-
Art3, Store Haraåsen	-	-	191	-	-
BK1, Store Haraåsen	-	-	808	-	-
BK2, Store Haraåsen	1,7	-	1430	-	-
BK3, Store Haraåsen	5,0	-	1160	-	-
BK19-1, Store Haraåsen	0,7	-	-	-	-
BK19-2, Store Haraåsen	26	-	-	-	-
BK19-3, Store Haraåsen	112	-	-	-	-
BK19-4, Store Haraåsen	39	-	-	-	-
BK19-5, Store Haraåsen	339	-	-	-	-

I alle de prøvetatte kratrene i 2019 ble det målt relativt lave konsentrasjoner av hvitt fosfor. I artillerikratret K8-2, hvor det tidligere er funnet mye hvitt fosfor, var konsentrasjonen nå sunket til 92 mg/kg jord. I 2015 ble det målt 5150 mg/kg og i 2017 1610 mg/kg i dette kratret. Ved første prøvetaking i 2013 ble det målt 650 mg/kg i dette kratret. Siden 2017 er konsentrasjonen av hvitt fosfor redusert med 98 %. I tillegg til nedbrytning av hvitt fosfor, er jevnlig prøvetakinger der man spar jord ut av kratret, med på å redusere mengden i kratret. Dette skjer fordi både den jorda som tas ut og området nede i kratret der jorda tas fra, blir eksponert mot

luft og bidrar til nedbrytning av hvitt fosfor. Det vil ikke være en homogen fordeling av WP i kratret. Selv om det blir tatt mange delprøver ved prøvetaking, kan det være ulike deler av kratret som blir prøvetatt ved gjentagende prøvetaking, noe som kan gi opphav til variasjoner i målt konsentrasjon.

De høyeste konsentrasjonene av hvitt fosfor i BK-kratrene i 2019 ble målt til 112 og 339 mg/kg i henholdsvis krater BK19-3 og BK19-5. Dette er lavere enn det som ble målt i BK-kratere i 2017, se BK1, BK2 og BK3. De prøvetatte kratrene kan være fra 2018 og dermed inneholde mindre hvitt fosfor enn årsferske kratre. Det er også vanskelig å vurdere om de to kratrene som hadde høyest innhold er kratre fra 2019. Konsentrasjonen i BK-kratrene fra 2017 er også redusert betydelig, med 99 %. De andre kratrene inneholder relativt små mengder hvitt fosfor.

5.2 Risikovurderinger

Måleresultatene viser at konsentrasjonen av hvitt fosfor i kratrene reduseres vesentlig etter noen år. Det vil derfor ikke akkumuleres store mengder hvitt fosfor i nedslagsområdet. Samtidig ser vi at det er svært lave konsentrasjoner eller ikke påvises hvitt fosfor i vannmasser nedstrøms nedslagsområdet Store Haraåsen. Det er heller ikke påvist hvitt fosfor i vannmasser nedstrøms PFA-sletta. Mengden hvitt fosfor som årlig er benyttet i RØ er langt under konsesjonsgrensen på 3500 kg. Det er i hovedsak Store Haraåsen som blir benyttet som nedslagsområde for røykammunisjon med hvitt fosfor.

Som det fremgår av resultatene kan det i en periode bli liggende ganske høye konsentrasjoner (> 5000 mg/kg) av hvitt fosfor nede i enkelte kratre. Vi har i svært liten grad observert vannfylte kratre. Hvitt fosfor vil dermed ligge litt nede i jordsmonnet, der det er lite oksygen. Det vil derfor være liten tilgang på hvitt fosfor på overflaten av jorden i kratret. For dyr som graver eller som trækker nedi kratret kan de imidlertid bli eksponert for høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. Det er mindre sannsynlighet for at fugler skal bli eksponert, da synlige partikler vil bli borte ganske raskt etter detonasjon.

Dersom det begynner å gro gress og annen vegetasjon i kratre, vil det kunne være en viss fare for at dyr som beiter der vil få i seg hvitt fosfor. Det vil imidlertid gå noen år før det vokser noe nede i kratrene, og konsentrasjonen av hvitt fosfor reduseres over tid på grunn av nedbrytning. Det er observert lite vegetasjon i kratrene på Store Haraåsen, selv etter flere år. Studier som FFI har foretatt viser at beitedyr ikke tiltrekkes områder som er forurenset av hvitt fosfor [18]. Ettersom arealet av kratrene utgjør en svært liten andel av det totale arealet, vil det også utgjøre en svært liten andel av beiteområdet for dyr. Om man antar en maksimal oppholdstid på 14 dager, vil forurensningen av hvitt fosfor ikke utgjøre noen risiko for beitedyr.

Om et hvitt fosforkrater blir vannfylt, vil dyr kunne drikke fra kratret og få i seg hvitt fosfor. Det er imidlertid lite som tyder på at kratrene på Store Haraåsen er fylt med vann over en lengre periode, og det antas ikke at dyr får i seg hvitt fosfor fra vannfylte kratre. Det er heller ikke observert konsentrasjoner i åpne vannmasser av betydning for risiko.

I tidligere undersøkelser av hvitt fosfor i skytefelt i Troms ble det påvist konsentrasjoner opp mot 5700 mg/kg i kratrene [18]. Når det ble tatt høyde for at en person oppholdt seg totalt 14 dager inne i området, ble det konkludert med at området hadde en akseptabel risiko [19, 20]. Bortsett fra krater K8-2, er nivået av hvitt fosfor målt i kratre i RØ i perioden 2015-2019 relativt lavt. Gitt samme oppholdstid for mennesker på Store Haraåsen, og med tilsvarende vurderinger som for Troms, vil ikke forurensningen av hvitt fosfor på Store Haraåsen utgjøre noen helseisiko for mennesker som ferdes i området. Det er også satt opp skilt ved inngangen til nedslagsområdet som varsler om at forurenset vann og grunn kan forekomme.

For Forsvarets personell som gjennomfører rydding av skytefeltet, skal en være oppmerksom på fare for eksponering av hvitt fosfor. En bør derfor benytte egnet verneutstyr for ikke å bli eksponert for hvitt fosfor. En bør også rengjøre støvler og annen bekledning og utstyr som har vært i kontakt med jord under slik rydding, slik at det ikke oppstår brann.

6 Konklusjon

I RØ skytes mye mindre ammunisjon med hvitt fosfor enn den årlige utslippstillatelsen på 3500 kg. Til sammen er det benyttet ammunisjon med en samlet mengde hvitt fosfor på 808 kg i perioden 2014-2019. FFI har overvåket konsentrasjonen av hvitt fosfor i kratre og åpne vannkilder gjennom flere befaringer og prøvetakinger av jord og vann i nedslagsfeltene for hvitt fosfor. Konsentrasjonen i nye kratre ser ut til å være noe forhøyet samme år som skytingen er foretatt, men konsentrasjonen avtar med tiden. Dette vil normalt skje dersom kratret ligger i et område med tørr grunn og med tilgang på luft i kratret. Det vil derfor ikke akkumuleres store mengder hvitt fosfor i nedslagsområdet for røykammunisjon med hvitt fosfor. Nedslagsområdet på Store Haraåsen består av tørre områder som bidrar til nedbrytning av hvitt fosfor. Nettopp av denne årsak ble Store Haraåsen valgt ut som nedslagsområde for ammunisjon som inneholder hvitt fosfor.

Krater K8-2 som stammer fra en skyting i 2013 har imidlertid over lang tid hatt en høy konsentrasjon av hvitt fosfor, men i 2019 ble det målt relativt lav konsentrasjon der. Siden bakken ved dette kratret ikke peker seg ut som særlig annerledes enn resten av området, og siden nivået av hvitt fosfor har vært såpass høyt over tid, antas det at det er forhold rundt detonasjonen som har ført til at hvitt fosfor har blitt presset ned i grunnen ved omsetningen eller at omsetningen av granaten ikke har vært fullstendig og dermed etterlatt mye rester i jorda.

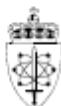
Gjennom mange år, også forut for denne perioden (2015–2019), er det ikke målt hvitt fosfor i noen vannprøver tatt i RØ, hverken ved PFA-sletta eller ved prøvepunkter nedstrøms Store Haraåsen. I 2017 ble det målt 61 ng/L i det mest nordøstligste prøvepunktet og så vidt målbare verdier i tre andre prøver. Det kan ha sammenheng med store nedbørmengder i området i tiden etter skytinger i 2017, der hvitt fosfor kan ha blitt transportert med overvann nedstrøms

nedslagsfeltet. I vannprøver tatt senere er det ikke målt innhold av hvitt fosfor over kvantifiseringsgrensen.

Det observeres ikke vannfylte kratre. Kratrene er heller ikke godt bevokst som skulle fremme beiting. Det er derfor vurdert at restene av hvitt fosfor i Store Haraåsen utgjør en liten fare både for beitedyr og andre dyr og fugler som ferdes i området. Det er satt opp varselskilt ved inngangen til nedslagsområdet på Store Haraåsen, samtidig som det ikke er naturlige kilder for å drikke vann fra nedslagsområdet. Det vil derfor være svært lite sannsynlig at tilfeldig forbi-passerende skal bli eksponert for hvitt fosfor. Vi anser derfor at det er ingen helserisiko forbundet med forurensingen av hvitt fosfor på Store Haraåsen.

For Forsvarets personell som gjennomfører rydding av skytefeltet, skal en være oppmerksom på fare for eksponering av hvitt fosfor. En bør derfor benytte egnet verneutstyr.

Vedlegg



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 19.10.2020

Analysereport M20/001

Side 1 av 3

Analysereport nr M20/001 Analyse av hvitt fosfor

Oppdrags-giver: FFI
Anmerkninger: Ingen

Antall prøver: 14
Mottatt dato: 3.10.2019

Analysereporten gjelder følgende analyser:

Analyse-parameter	Metode identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde
Hvitt fosfor i vann	F1	Nei	2 – 500 ng/l
Hvitt fosfor i jord	F2	Nei	0,001 – 0,5 mg/kg

Denne analysereporten består av i alt 3 sider. Analysereporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 19. oktober 2020

Arnt Johnsen
forsker

ANALYSE AV HVITT FOSFOR I VANN OG JORD

Saksbehandler: Arnt Johnsen Innvalg : 63 80 78 33 Telefaks : 63 80 75 09 Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller Sentralbord : 63 80 70 00 Mil retn nr: 0505



Instrument: Gasskromatograf, Autosystem, Perkin Elmer med NPD til analyse av hvitt fosfor
Operatør: Arnt Johnsen

<i>FFI nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>
19-141	VPFA 1, PFA sletta, Regionfelt Østlandet
19-142	VPFA 2, PFA-sletta, Regionfelt Østlandet
19-143	V1, Store Haraåsen, RØ
19-144	V3, Store Haraåsen, RØ
19-145	Ny V4, Store Haraåsen, RØ
19-146	Ny V5, Store Haraåsen, RØ
19-168	Bombekasterkrater 19-1, Store Haraåsen, RØ
19-169	Bombekasterkrater 19-2, Store Haraåsen, RØ
19-170	Bombekasterkrater 19-3, Store Haraåsen, RØ
19-171	Bombekasterkrater 19-4, Store Haraåsen, RØ
19-172	Bombekasterkrater 19-5, Store Haraåsen, RØ
19-173	Bombekasterkrater 17-2 (BK2), Store Haraåsen, RØ. Samme sted som BK2 i 2017.
19-174	Bombekasterkrater 17-3 (BK3), Store Haraåsen, RØ. Samme sted som BK3 i 2017.
19-175	K8-2, Store Haraåsen, RØ

<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, ng/l</i>
19-141	< 2,0
19-142	< 2,0
19-143	< 2,0
19-144	< 2,0
19-145	< 2,0
19-146	< 2,0



<i>FFI nr</i>	<i>Mengde tørr prøve, g</i>	<i>Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve</i>
19-168	278,3	0,7
19-169	192,9	26
19-170	226,9	112
19-171	266,5	39
19-172	237,2	339
19-173	198,3	1,7
19-174	126,3	5,0
19-175	255,1	92

Referanser

- [1] Statens forurensningstilsyn, «Oversendelse av tillatelse etter forurensningsloven» Brev 18.3.2005 endret 28.05.2010. 12002/552 463&2008/188, 2004.
- [2] Strømseng A.E. og Johnsen A.M., «Miljøoppfølging av skyting med granater som inneholder hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet – overvåkingsresultater for 2009 og 2010», FFI-rapport 2011/01459, 2011.
- [3] Strømseng A.E. og Johnsen A.M., «Miljøoppfølging av nedslagsområder for røykgranater fylt med hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet – overvåkingsresultater for 2012 og 2013», FFI-rapport 2014/01441, 2014.
- [4] Karsrud, T.E., Johnsen, A.M.: «Overvåkning og risikovurdering av hvitt fosfor-rester i Regionfelt Østlandet, prøvetaking 2015», FFI-rapport 2016/00589, 2016.
- [5] Karsrud, T.E., Johnsen, A.M.: «Miljøoppfølging etter bruk av hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet – prøvetaking 2017», FFI-rapport 2018/00391, 2018.
- [6] Brev angående «Resultater fra overvåkning av hvitt fosfor i RØ 2018», 18/0177-1/.
- [7] Johnsen A., Longva K.S., Ringnes H., Strømseng A., «Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor», FFI-rapport 2002/04042, 2002.
- [8] Engineering Design Handbook, Military Pyrotechnic Series, Part Four, Design of Ammunition for Pyrotechnic Effects, Army Material Command, Alexandria Virginia USA, 1974. (Distributed by NTIS National Technical Information Service U. S. Department of Commerce).
- [9] Field Manual No 3-50, Smoke operations, Headquarters Department of the Army, Washington DC, 1990.
- [10] Søybye E., Strømseng A., Johnsen A. og Longva K.S., «Miljømessig vurdering av målområder for skyting med hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet», FFI-notat 2004/00490, 2004.
- [11] Longva K.S., Strømseng A. E., Voie Ø. A., Johnsen A., «Miljøoppfølging av skyting med granater som inneholder hvitt fosfor i Regionfelt Østlandet – anbefaling om retningslinjer», FFI-rapport 2009/00636, 2009.
- [12] Karsrud T.E., Johnsen A.M., «Kriterier for utvelgelse av nedslagsområder for ammunisjon med hvitt fosfor», FFI-rapport 17/00211, 2017.

-
-
- [13] Forsvarsbygg, «Håndbok for skyte- og øvingsfelt» 2020/2022.
- [14] Karsrud T., Wulvik E., Strømseng A., Johnsen A., Oddan A., Langseth J. O. og Longva K. S., «Forsøk med hvitt fosfor røykgranater med nærhetsbrannrør og anslagsbrannrør – vurdering av miljømessige forhold og røykskjermingsegenskaper», FFI-rapport 2007/01545, 2007.
- [15] Værdata for Rena august og september 2019 fra Meteorologisk institutt.
<https://seklima.met.no/observations/Rena>.
- [16] Søybye E., Johnsen A. og Strømseng A., «Kartlegging av hvitt fosfor forurensning i Hjerkinnskytefelt», FFI-rapport 2003/01224, 2003.
- [17] Søybye E., Johnsen A., Longva K.S., Strømseng A., Ljønes, M. og Oddan A., «Spredning av hvitt fosfor ved detonasjon av røykgranater med hvitt fosfor. Sluttrapport», FFI-rapport 2004/00177, 2004.
- [18] Steinheim G., Voie Ø., Holand Ø., Ådnøy T. and Longva K.: «Effects of contamination of water with white phosphorus on drinking behavior in sheep», FFI-rapport 2010/00691, 2010.
- [19] Strømseng A.E., Johnsen A., Voie Ø.A., og Longva K.S., «Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms», FFI-rapport 2006/02989, 2006.
- [20] Voie Ø.A., Johnsen A., Strømseng A., and Longva K., «Environmental risk assessment of white phosphorus from the use of munitions – A probabilistic approach», Science of the total environment, vol 408, no. 8 pp. 1833-1841, 2010.

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

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.

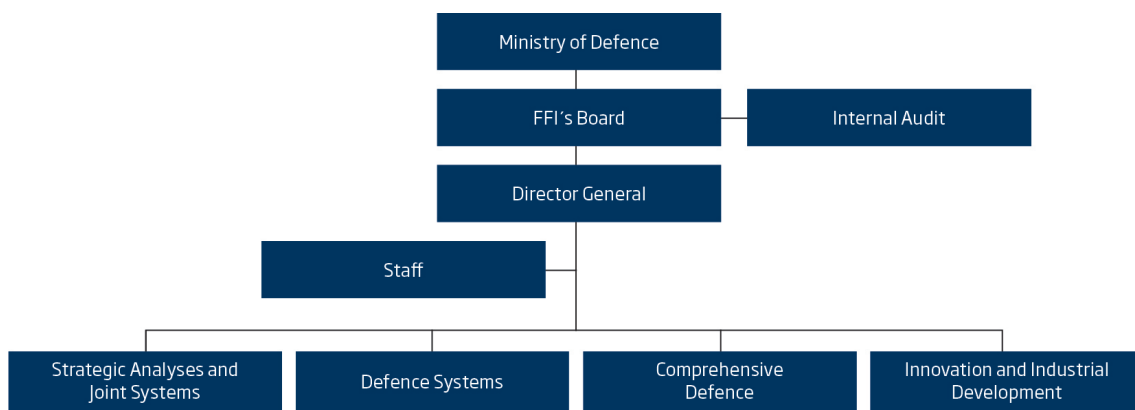
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@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: ffi@ffi.no