

Kartlegging av forurensning etter avfyring av NASAMS

Arnt Johnsen, Tove Engen Karsud, Øyvind Voie, Helge Sanden og Ivar Tansem

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

3. august 2007

FFI-rapport 2007/02473

108902

ISBN 978-82-464-1268-9

Emneord

NASAMS

Eksplosiver

Perklorat

Kartlegging

Risikovurdering

Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

FFI har foretatt undersøkelser av i hvilken grad det blir liggende miljøfarlige rester på bakken etter avfiring av missiler fra NASAMS. Dette er gjort i forbindelse med gjennomføring av prosjekt 1007 "Miljørisikovurdering av Forsvarets ammunisjonsbruk" og videreføring av dette i prosjekt 1089 "Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak" der FFI foretar miljørisikovurderinger av Forsvarets ammunisjonsforbruk.

Drivstoffet i missilene fra NASAMS består i hovedsak av ammoniumperklorat og noe RDX. Undersøkelsene har derfor fokusert på disse forbindelsene. En prøve tatt i krateret rett bak utskyttingsplattformen til NASAMS i 2006 viste at små rester av perklorat deponeres på bakken i umiddelbar nærhet av utskyttingsplattformen. For å få en oversikt over hva som deponeres i nærområdet til utskyttingsplattformen, ble det vinteren 2007 tatt flere prøver bak utskyttingsplattformen.

Det ble tatt fem prøver av overflatesnøen fra en 1 m² stor flate i ulike avstander fra utskyttingsplattformen. Disse prøvene ble målt for innhold av perklorat og eksplosiver og nedbrytningsprodukter. I tillegg ble det målt pH (surhetsgraden) i prøvene. Resultatene viser at det er spor av perklorat i flere prøver, mens det ikke kunne påvises eksplosiver eller nedbrytningsprodukter av disse i prøvene. Det ble målt lave pH-verdier i alle prøvene, noe som indikerer deponering av syre i området bak utskyttingsplattformen.

Ut fra de undersøkelsene som er gjennomført viser det seg at det blir lite miljøfarlige rester etter avfiring av missiler fra NASAMS. En vurdering av risiko viser at uforbrente rester av perklorat i nærområdet til utskyttingsplattformen til NASAMS ikke utgjør noen helserisiko. De små mengdene av perklorat som er funnet vurderes heller ikke å utgjøre noen risiko for beitedyr i området.

Det ble registrert at snøen var sur, noe som indikerer nedfall av syre i området. En kan derfor ikke utelukke at det kan forekomme sviskader på vegetasjonen lokalt ved avfiring som følge av deponering av saltsyre.

English summary

FFI has conducted a study to determine whether toxic contaminants are deposited on the ground after firing of missiles from the Norwegian advanced surface to air missile system (NASAMS). This work was done as a part of the FFI project 1007 "Environmental risk assessment of military use of ammunition" and the subsequent project 1089 "Military use of ammunition: contamination, environmental risk and measures", in which FFI carry out environmental risk assessments of military use of ammunition.

The main constituent of NASAMS propellant is ammonium perchlorate with some parts of RDX. The focus of the study has therefore been on these contaminants. A low concentration of perchlorate was found in one sample taken in 2006 from the crater behind the missile launcher. To get a better overview of the deposition of toxic compounds close to the missile launcher, new samples were taken during winter 2007.

Five snow samples from a 1 m² surface were collected in different distances from the launcher. These samples were analysed for content of perchlorate and explosives and the pH were also measured. Low concentrations of perchlorate were found in several samples, while no traces of explosives were found in any samples. The pH was low in all samples, indicating deposition of acidic compounds in the area behind the missile launcher.

The chemical analyses show that there is likely to be minor remnants of toxic compounds on the ground behind the missile launcher after firing NASAMS missiles. However, a toxicological risk assessment showed that there will be no health risk associated with these remnants. The low concentration of perchlorate on the ground does not pose a risk for grazing animals.

The low pH in all samples, indicate some level of depositing of acidic compounds on the ground close to the missile launcher. This is likely caused by deposition of hydrochloric acid, and may cause damage on the vegetation close to the missile launcher.

Innhold

| | | |
|----------|----------------------|-----------|
| 1 | Innledning | 7 |
| 2 | Gjennomføring | 7 |
| 3 | Resultater | 9 |
| 4 | Vurdering | 11 |
| 5 | Konklusjon | 12 |

1 Innledning

I forbindelse med gjennomføring av prosjekt 1007 "Miljørisikovurdering av Forsvarets ammunisjonsbruk" og videreføring av dette i prosjekt 1089 "Forsvarets ammunisjonsforbruk: Forurensning, miljørisiko og tiltak" foretar Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) miljørisikovurderinger av Forsvarets ammunisjonsforbruk.

I 2006 og 2007 er det gjennomført skarpskyting med NASAMS (Norwegian Advanced Surface to Air Missile System) fra Andøya skytefelt. FFI har i forbindelse med dette foretatt undersøker der formålet har vært å gjøre en vurdering om bruk av slike missiler kan medføre noen helse- eller miljørisiko etter avsluttet skyting.

I forbindelse med skarpskyting av NASAMS i juni 2006, ble det av Forsvarets personell tatt en jordprøve bak utskytningsplattformen etter avfyring. Dette ble gjort for å se om det kunne være rester fra drivstoffet i jorda i umiddelbar nærhet til utskytningsplattformen til NASAMS. I denne jordprøven ble det funnet små rester av perklorat (0,053 mg/kg) og nivået var noe lavere enn det som FFI har beregnet som norm for mest følsomt arealbruk. En prøve gir imidlertid et for dårlig grunnlag til å vurdere om rester av perklorat etter avfyring av NASAMS utgjør noen risiko for helse eller miljø. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) var derfor tilstede ved skarpskytingen i februar 2007 for å ta flere prøver av området bak utskytningsplattformen til NASAMS etter avsluttet avfyring.

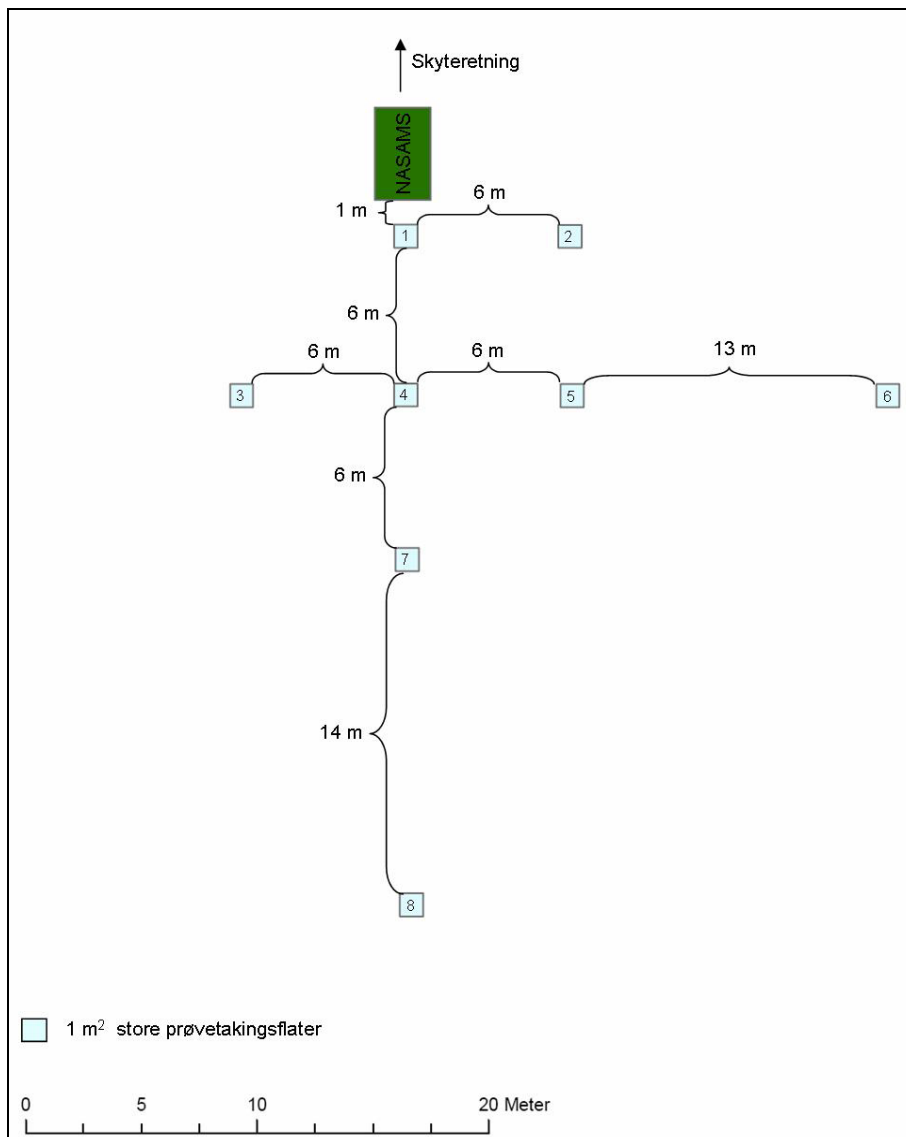
Drivstoffet til missilene i NASAMS består i hovedsak av ammoniumperklorat og RDX (1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin). Det vil derfor være disse to stoffene en i hovedsak vil kunne forvente det vil være rester av etter avfyring av NASAMS. I tillegg er det små mengder av en del andre kjemiske stoffer i drivstoffet til rakettmotoren.

Det er en rekke reaksjonsprodukter som blir dannet når ammoniumperklorat forbrenner. De viktigste forbrenningsproduktene fra ammoniumperklorat er vann, nitrogen, oksygen, saltsyre og klorgass. Både saltsyre og klorgass vil kunne virke skadelig på helse og miljø.

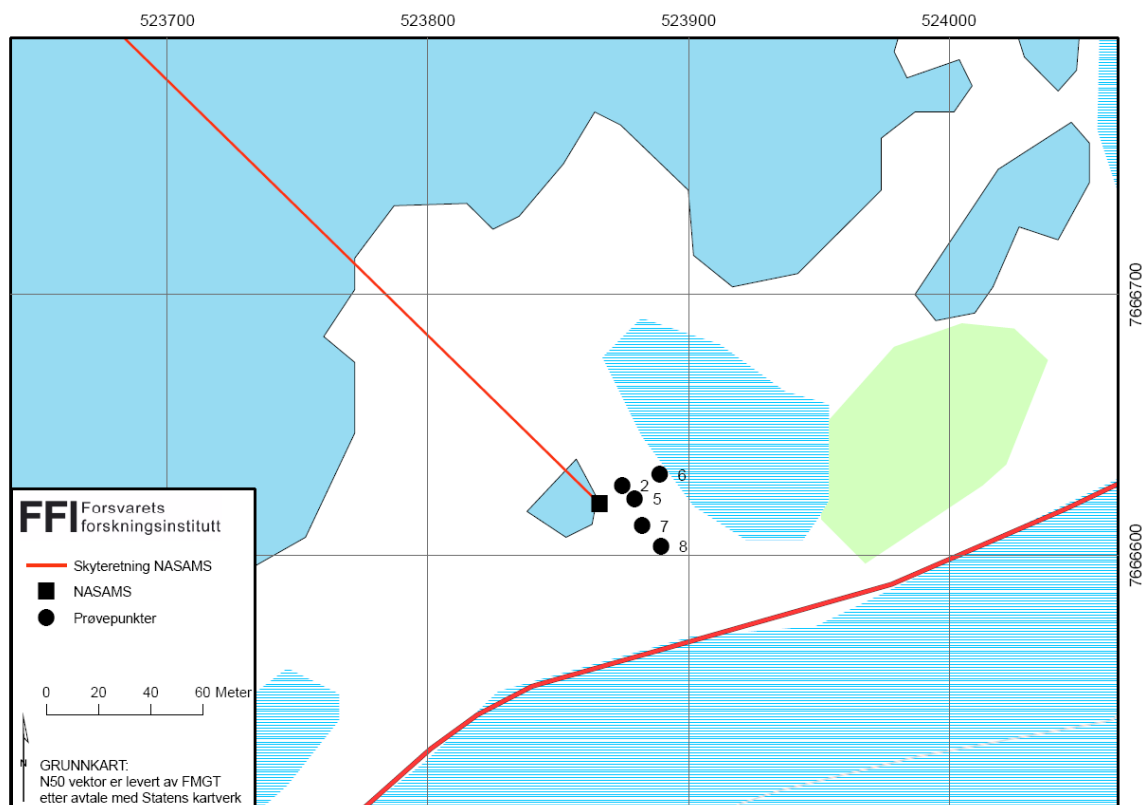
2 Gjennomføring

Det ble planlagt å ta prøver av overflatelaget av snøen bak utskytningsplattformen til NASAMS i skyteretningen, for å kartlegge om det blir liggende rester av perklorat på bakken etter avfyring av missiler. For å vurdere utbredelsen av eventuelle rester av perklorat ble det planlagt å ta prøver i ulike avstander bak og til siden for utskytningsrampen. Planlagte prøvepunkter er vist i Figur 2.1. Totalt ble det planlagt å ta åtte prøver, men på grunn av isdekke var det imidlertid ikke mulig å få tatt prøver i nærområdet rett bak utskytningsplattformen. Det ble derfor bare tatt fem prøver. Plasseringen av prøvepunkter i forhold til skyteretning og utskytningsplattformen til NASAMS er vist i Figur 2.2.

Det ble skutt fem missiler fra utskytningsplattformen før prøvetaking. Hele skyteøvelsen ble utført i tildels sterk vind fra østlig kant. For hver prøve ble det samlet inn en kvadratmeter med overflatesnø. Dybden varierte for de ulike prøvene på grunn av skare, men lå anslagsvis på 3-5 cm. Prøvene ble tatt med en stålspade og overført til 5 liters plastbøtter med tett lokk. For hver prøve ble det foretatt en rens av stålspaden. Prøvene ble tatt når det var mørkt og det var derfor vanskelig å se om det var noen rester av drivstoffet på bakken etter avfiringen av NASAMS. Rett bak utskytningsplattformen ble det registrert noe misfarging av overflaten på bakken, noe som sannsynligvis skyldes rester av sot etter forbrenningen av drivstoffet i missilene. I dette området var det isdekke og ikke mulig å ta prøver. Ved mottak av prøvene på FFI ble det foretatt en måling av vannvolumet for hver prøve. En delprøve ble tatt ut for forsendelse til USA for måling av perklorat, en delprøve ble tatt ut for måling av pH (surhetsgraden) i vannet og en delprøve ble tatt ut for måling av eksplosiver. Det ble ikke observert noen rester fra drivstoffet i noen av prøvene ved ankomst FFI.



Figur 2.1 Oversikt over planlagt prøvetaking i forbindelse med skarpskyting av NASAMS.



Figur 2.2 Oversikt over plasseringen av prøvepunkter i forhold til utskytningsplattformen til NASAMS og skyteretning. Koordinater oppgitt i UTM sone 33 (WGS84).

3 Resultater

Resultatene fra målingen av perklorat i prøvene er vist i Tabell 3.1. Her er også resultatene fra målingen av pH og volumet av hver prøve vist. I tre av prøvene ble det funnet lave konsentrasjoner av perklorat, mens det i en prøve ikke ble funnet spor av perklorat over deteksjonsgrensen. En prøve skilte seg ut og hadde en del høyere konsentrasjon av perklorat enn de andre prøvene. Denne prøven ble tatt lengst til høyre for skyteretningen og omkring syv meter bak utskytningsplattformen (prøve 6). Det er litt overraskende at det var denne prøven som hadde den høyeste konsentrasjonen av perklorat. Det kan være at dette skyldes tilfeldigheter, etter som det er sannsynlig at restene av perklorat ikke vil være homogent fordelt bak utskytningsplattformen. Da vinden kom fra en østlig kant er det lite trolig at vinden har hatt betydning for dette resultatet. I prøve 8 som lå lengst fra utskytningsplattformen (27 meter) ble det ikke funnet nivåer av perklorat over deteksjonsgrensen på $0,050 \mu\text{g/l}$ og i prøve 2 og 5 som begge ligger 6 m til siden for utskytningsrampen (henholdsvis 1 og 7 meter bak utskytningsrampen), ble det bare funnet nivåer av perklorat like over deteksjonsgrensen. I prøve 7 som ligger 13 m rett bak utskytningsrampen ble det funnet noe mer perklorat enn det som ble observert i prøve 2 og 5.

| <i>Prøve</i> | <i>Volum vann (l)</i> | <i>Målt pH</i> | <i>Perklorat ($\mu\text{g/l}$)</i> |
|--------------|-----------------------|----------------|---|
| 2 | 1,80 | 3,34 | 0,061 |
| 5 | 1,52 | 2,70 | 0,096 |
| 6 | 1,63 | 3,41 | 12,4 |
| 7 | 1,49 | 2,53 | 0,332 |
| 8 | 1,61 | 3,39 | < 0,050 |

Tabell 3.1 Oversikt over volumet av vann for hver prøve, målt pH i prøvene og konsentrasjonen av perklorat i prøvene.

Resultatene fra måling av pH (Tabell 3.1) viser at det ble registrert lave verdier i alle prøvene, noe som viser at det er deponert syre på overflaten. Den laveste verdien ble funnet omkring 13 meter rett bak utskytningsplattformen, mens de høyeste verdiene ble funnet i ytterkant av det prøvetatte området. Dette indikerer at det er i området rett bak utskytningsplattformen at en finner de største mengdene av reaksjonsprodukter etter drivstoffet i missilene. En ville derfor anta at det også i dette området var størst sannsynlighet for å finne mest rester av ammoniumperklorat. Den høyeste konsentrasjonen av perklorat ble imidlertid ikke funnet der det var lavest pH.

En oversikt over hvilke eksplosiver og nedbrytningsprodukter av eksplosiver som er analysert er vist i Tabell 3.2. Det ble ikke funnet spor av disse forbindelsene i noen av prøvene (Tabell 3.3).

| <i>Forkortelse</i> | <i>Navn</i> |
|--------------------|--|
| HMX | 1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazosin |
| RDX | 1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin |
| TNB | 1,3,5-trinitrobensen |
| DNB | 1,3-dinitrobensen |
| NG | Nitroglyserin |
| Tetryl | 2,4,6-trinitrofenylmetylnitramin |
| TNT | 2,4,6-trinitrotoluen |
| DNT | 2,4- og 2,6-dinitrotoluen |
| ADNT | 2-amino-4,6-dinitrotoluen og 4-amino-2,4-dinitrotoluen |
| PETN | Pentaeritryltetranitrat |

Tabell 3.2 Oversikt over analyserte eksplosiver og nedbrytningsprodukter.

| Prøve | HMX | RDX | TNB | DNB | NG | Tetryl | TNT | DNT | ADNT | PETN |
|-------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| 2 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 10 | < 10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 1,0 |
| 5 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 10 | < 10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 1,0 |
| 6 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 10 | < 10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 1,0 |
| 7 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 10 | < 10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 1,0 |
| 8 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 10 | < 10 | < 0,10 | < 0,10 | < 0,10 | < 1,0 |

Tabell 3.3 Konsentrasjon av eksplosiver og nedbrytningsprodukter i prøvene av overflatesnøen.

4 Vurdering

Målingene viser at mengden nedfall av perklorat bak utskytningsplattformen til NASAMS varierer og det er ikke funnet en direkte sammenheng mellom avstand fra utskytningsplattformen og konsentrasjonen av perklorat. Av de fem målte prøvene var den høyeste deponeringen av perklorat på 20,2 µg/m². Hvis en antar at denne mengden perklorat fordeler seg i de øverste 2 cm av jordlaget, så vil konsentrasjonen av perklorat i overflatejorden bli omkring 0,67 µg/kg jord (antatt tetthet av jorden på 1,5 kg/liter).

Ut fra litteratordata for toksisitet og fysisk/kjemiske egenskaper har FFI beregnet en helserelatert normkonsentrasjon for ammoniumperklorat i jord på 76 µg/kg tørr jord. Denne normkonsentrasjonen gjelder for mest følsomt arealbruk, noe som innebærer at alle tenkelige eksponeringsveier for mennesker er inkludert. FFI har benyttet et standardverktøy som Statens forurensningstilsyn (SFT) har fått utarbeidet til å beregne normkonsentrasjonen for ammoniumperklorat.

De målingene av perklorat som nå er foretatt bak utskytningsrampen for NASAMS viser at konsentrasjonen av perklorat er langt lavere enn det som vil utgjøre noen helerisiko. Konsentrasjonen av perklorat som ble funnet i kratret i jorden bak utskytningsrampen for NASAMS i 2006 lå også under grensen for det som vil kunne utgjøre en risiko for helse.

FFI har også beregnet et akseptkriterium i jord for beitedyr. Verdien er basert på at sauer spiser 50 g jord per dag, drikker 4 l vann per dag fra en nærliggende resipient og spiser 4 kg vekster per dag. Akseptkriteriumet for sau er beregnet til 770 µg/kg tørr jord, noe som betyr at det heller ikke vil være noen risiko for eventuelle beitedyr i området.

Snøen i området bak utskytningsplattformen var relativt sur i hele området, med en avtagende surhetsgrad ut fra utskytningsplattformen. Dette anses ikke å være et problem ved skyting vinterstid, men i resten av året kan en ikke utelukke at deponering av saltsyre i nærområdet til utskytningsplattformen kan føre til lokale sviskader på vegetasjonen.

Det ble ikke funnet rester av eksplosiver eller nedbrytningsprodukter i noen av de målte prøvene. I prøven som ble tatt i 2006 ble det heller ikke funnet spor av eksplosiver eller

nedbrytningsprodukter av eksplosiver. En kan derfor si med stor sikkerhet at avfiring av missiler fra NASAMS ikke fører til deponering av andre eksplosiver enn perklorat.

5 Konklusjon

Ut fra de undersøkelsene som er gjennomført viser det seg at det blir lite miljøfarlige rester etter avfiring av missiler fra NASAMS. En vurdering av risiko viser at uforbrente rester av perklorat i nærområdet til utskytningsplattformen til NASAMS ikke utgjør noen helserisiko. De små mengdene av perklorat som er funnet vurderes heller ikke å utgjøre noen risiko for beitedyr i området. Det ble ikke funnet andre eksplosiver eller nedbrytningsprodukter av disse i området.

Det ble registrert at snøen var sur, noe som indikerer nedfall av syre i området. En kan derfor ikke utelukke at det kan forekomme sviskader på vegetasjonen lokalt ved avfiring som følge av deponering av saltsyre.