



FFI-rapport 2013/02680

Helhetlig helse- og miljørisikovurdering av eksplosivforurensninger i Demoleringsfeltet i Svånådalen, Hjerking



Øyvind A. Voie, Helle K. Rossland, Tove E. Karsrud
og Kjetil S. Longva



Helhetlig helse- og miljørisikovurdering av eksplosivforurensninger i Demoleringsfeltet i Svånådalen, Hjerkin

Øyvind A Voie, Helle K Rosslund, Tove E Karsrud og Kjetil S Longva

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

27. juni 2014

FFI-rapport 2013/02680

119702

P: ISBN 978-82-464-2402-6

E: ISBN 978-82-464-2403-3

Emneord

Demoleringsplass

Eksplosiver

Forurensning

Risikovurdering

Godkjent av

Kjetil sager longva

Prosjektleder

Janet M. Blatny

Avdelingsjef

Sammendrag

Det er tidligere påvist meget høye konsentrasjoner av eksplosiver i grunnen på demoleringsplassen i Svånådalen i Hjerkinnskyte- og øvingsfelt. Det ble derfor gjort en risikovurdering av dette området med hensyn på mennesker, beitedyr og fugl for å kunne gi en pekepinn på risiko fra eksplosivforurensede områder i Norge generelt.

Det ble tatt ut jord og vannprøver som skulle være representativt for feltet i sin helhet. Det ble funnet høye konsentrasjoner i jord av eksplosivene TNT (gjennomsnittlig 1058 mg/kg), RDX (gjennomsnittlig 107 mg/kg), samt mindre mengder av HMX og 2- og 4-ADNT som er et nedbrytningsprodukt av TNT. Det ble funnet mange synlige biter av TNT på overflaten, og mengden ble estimert til å være på rundt ett tonn for demoleringsfeltet. I vann ble det funnet moderat til høye konsentrasjoner av TNT, RDX, HMX, og 2- og 4-ADNT.

Risikovurderingen viste at:

- Demoleringsfeltet er uegnet for små barn som kan få i seg biter av TNT og bli akutt forgiftet.
- For voksne ble det funnet at risikoen var akseptabel
- Det anbefales imidlertid at heldekkende tøy og hansker benyttes under arbeid i slike felt. Ved arbeid som generer støv, f.eks. graving, anbefales åndedrettsvern.
- Det ble ikke funnet noen nevneverdig risiko for sau i demoleringsfeltet. Dette på grunn av begrenset oppholdstid i feltet. Et annet viktig funn som reduserer risikoen, er at det er lite sannsynlig at sauer får i seg større eksplosivpartikler fra bakken. Risikoen er sannsynligvis liten for andre beitedyr i området, som moskus og rein.
- Risikoen var også akseptabel for rype.
- RDX har høyere akutt giftighet enn TNT, og kan derfor være et problem for beitedyr og fugler på steder der hvor RDX dominerer som overflateforurensning.

English summary

Very high concentrations of explosives in soils have previously been found at the demolition field in Svånådalen at Hjerkin shooting range. A risk assessment of this “worst case” area has been conducted with regard to humans, grazing animals and birds in order to indicate the risk associated with similar contaminated areas in Norway.

Representative soil and water samples were collected using a multi increment sampling strategy from different locations at the demolition field. High concentrations of TNT (mean concentration: 1058 mg/kg) and RDX (mean concentration: 107 mg/kg) was found in the soil. HMX and 2- and 4-ADNT was also found, but in lower concentrations. 2-ADNT and 4-ADNT are decomposition products of TNT. A large amount of visible TNT particles was found on the soil surface, and these particles were estimated to represent one ton of TNT for the entire demolition field. In water moderately to high concentrations of TNT, RDX, HMX, and 2 - and 4-ADNT were found.

The risk assessment showed that:

- The demolition field is unsuitable for small children, since they are likely to ingest particles of TNT and become acutely poisoned.
- For adults, it was found that the risk was acceptable.
- It is recommended that body-covering clothing and gloves are used during work in such fields. Work that generates dust, such as excavation, should be carried out with respiratory protection.
- There was no significant risk to sheep in the demolition field. This is mostly due to the limited exposure time for the sheep in the field. Another important finding was that the probability for sheep to ingest particles of explosives from the ground was low.
- The risk was also acceptable for the grouse.
- RDX have higher acute toxicity than TNT and can be a problem for grazing animals and birds in places where RDX dominate as surface contamination.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
2	Metoder og materiell	7
2.1	Jordprøver	7
2.2	Vannprøver	10
2.3	Inngangsdata for risikovurdering av mennesker, fugl og beitedyr	10
2.3.1	Mennesker	10
2.3.2	Beitedyr	10
2.3.3	Fugler	11
3	Resultater	11
3.1	Jordprøver	11
3.2	Vannprøver	13
3.3	Risikovurdering	14
3.3.1	Mennesker	14
3.3.2	Beitedyr	16
3.3.3	Fugler	17
4	Diskusjon	18
5	Konklusjon og anbefaling	19
	Referanser	20

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Grunn som blir benyttet til militær virksomhet, spesielt skyte- og øvingsfelt, er hovedsaklig forurenset med energetiske forbindelser slik som 2,4,6-trinitrotoluen (TNT), 1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocin (HMX) og hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin (RDX) i tillegg til metaller. Forurensningen skyldes både bruk av ammunisjon og prosedyrer for avhending av ammunisjon (Jenkins et al., 2006).

I et demoleringsfelt vil mange forskjellige typer overskuddsammunisjon, eller innsamlede blindgjengere, bli destruert ved hjelp av påleggsladninger. I tillegg til demolering, er demoleringsfeltet på Hjerkinntil bruk til å teste ut demolerings/sprengningsmetoder, noe som en må regne med ikke alltid har gitt ideelle omsetninger av impliserte eksplosiver. Tidligere risikovurderinger av områder forurenset med eksplosiver fra ammunisjon, har i hovedsak fokusert på effekter på jordlevende organismer (Simini et al., 1995; Robidoux et al., 2004), akvatiske organismer (Choi et al., 2011; Pascoe et al., 2010) og fugler (Gust et al., 2009). Ingen studier er gjort på beitedyr, da det er lite kunnskap om hvordan dyrene kan bli eksponert for disse forbindelsene (Renoux et al., 2001). Det er i liten grad undersøkt hvilken risiko forurensninger av eksplosiver kan utgjøre for mennesker. På demoleringsplassen i Svånådalen på Hjerkinntil er det påvist høye konsentrasjoner av eksplosiver i grunnen som følge av militær aktivitet over lengre tid (Johnsen et al., 2008). Det er derfor gjort en risikovurdering av dette området med hensyn på mennesker, beitedyr og fugl, for å kunne konkludere med hensyn på risiko fra eksplosivforurensede områder i Norge generelt.

1.2 Formål

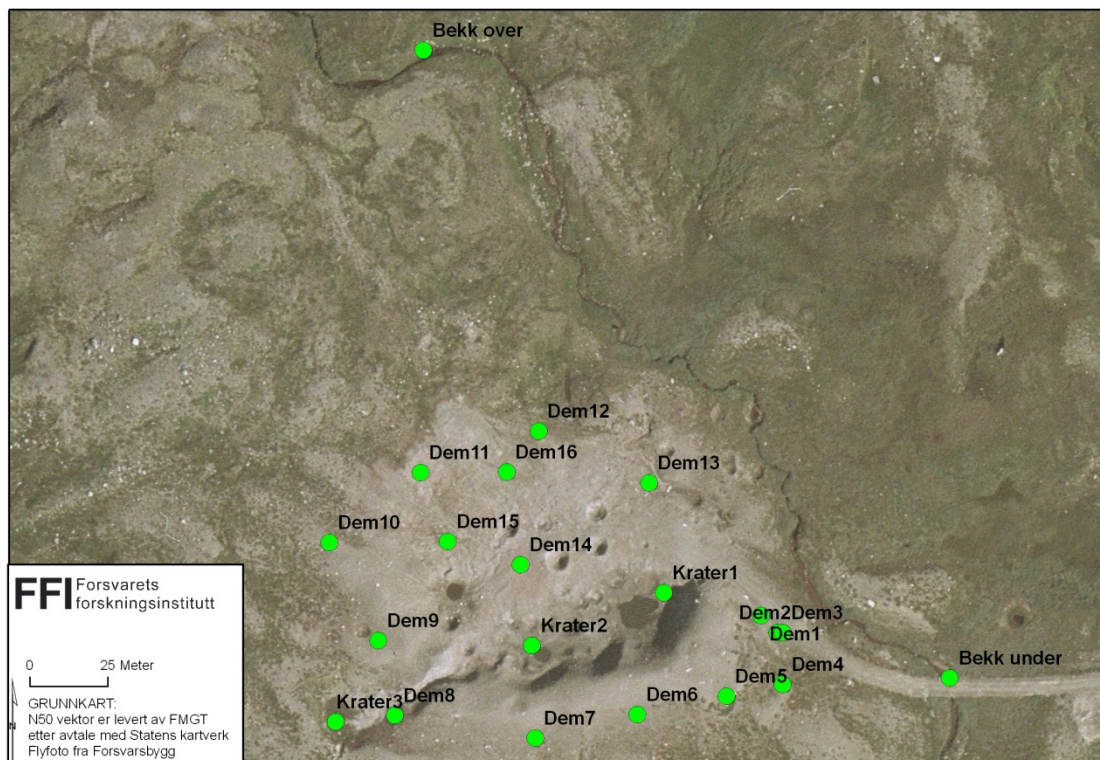
Formålet med studien var å gjøre en risikovurdering for mennesker, beitedyr, og fugl av demoleringsfeltet på Hjerkinntil, et område som er sterkt forurenset med eksplosiver. Etersom dette området på landsbasis har meget høyt innhold av eksplosiver i grunnen, kan resultatene benyttes til å si noe om hvilken risiko slike områder utgjør generelt.

2 Metoder og materiell

2.1 Jordprøver

Det ble tatt ut 16 forskjellige jordprøver rundt i demoleringsfeltet (Figur 2.1), for å undersøke om det kunne påvises eksplosivpartikler større enn 2 mm og analysere fraksjonen mindre enn 2 mm for ulike eksplosiver. Prøvene var blandprøver fra 30 enkeltuttak fra et prøvetakingsareal på 1 × 1 m. Det ble tatt slike blandprøver for å få mest mulig representative prøver, da det typiske for eksplosivforurensninger er stor lokal variasjon i konsentrasjon.

Standard prosedyre for deteksjon og kvantifisering av eksplosiver inkluderer sikting til < 2 mm størrelse, før homogenisering og kjemisk analyse. Denne prosedyren vil imidlertid ikke fange opp fraksjonen > 2 mm, som kan inneholde en signifikant mengde eksplosivpartikler (Taylor et al., 2004). Radtke et al. (2002) har estimert at 96,5 % av forurensningen av TNT forekommer som partikler med diameter > 3 mm. Før jordprøvene ble tatt, ble derfor synlige partikler på overflaten plukket opp (Figur 2.2).



Figur 2.1 Prøvepunkter vist i et flyfoto fra demoleringsfeltet på Hjerkin.

Fraksjonen større enn 2 mm ble siktet gjennom tre sikter med porestørrelse 8 mm, 6,3 mm og 4 mm. De fire fraksjonene som fremkom etter sikting ble veid og holdt adskilt fra hverandre. Hver fraksjon ble studert med hensyn på å påvise mulige eksplosivpartikler. Dette arbeidet ble utført visuelt. De minste partiklene ble studert under lupe. Partikler som ble mistenkt for å være et eksplosiv, ble plukket ut, veid og siden testet individuelt. Unntatt var de partiklene som var mellom 2 og 4 mm. Her ble alle partiklene som var tilnærmet like, veid under ett, og en gjennomsnittsvekt ble regnet ut. Tilnærmet like partikler ble holdt samlet og undersøkt under ett.



Figur 2.2 Eksplosivpartikler på overflaten i demoleringsfeltet i Svånådalen på Hjerkin.

Alle partikler som var plukket ut og mistenkt for å være eksplosiver, ble undersøkt ved hjelp av Expray og HazMatID. Expray er et deteksjonssett for eksplosiver som baserer seg på en kolorimetrisk påvisning. Metoden skal raskt kunne påvise om enten nitramin, nitroestere eller nitroaromatiske forbindelser er tilstede. Expray-settet består av tre spraybokser med ulike reagenser som vil reagere med eksplosivrestene og gi en gjenkjennelig fargeforandring. Den første boksen, Expray 1, er for deteksjon av nitroaromater som TNT, DNT og tetryl. TNT som vil gi en mørkebrun farge. Den andre boksen, Expray 2, er beregnet for nitraminer og nitratestere slik som RDX, HMX, NG, NC og PETN. Man får da en fargeforandring til sterk rosa. Expray 3 brukes for deteksjon av uorganiske nitrater, det vil si nitratbaserte eksplosiver som for eksempel ammoniumnitratblandinger. Positivt utslag i form av en mørk rosa farge. (FFI-rapport 2009/01499 Karsrud et al., 2009). HazMatID, et håndholdt FTIR instrument, ble benyttet der Expray ikke gav noen entydig signatur.

De aktuelle partiklene som skulle undersøkes ble gnidd mot et prøvepapir fra Expray-settet, slik at materiale fra partiklene skulle feste seg til prøvepapiret. Deretter ble papiret sprayet på med Expray-boksene etter tur. Fargeendringer ble registrert etter hver påføring av innholdet fra de tre sprayboksene.

2.2 Vannprøver

Det ble tatt vannprøver fra tre vannfylte kratre og fra bekken som renner rett øst for demoleringsfeltet. Prøveposisjonene er vist i Figur 2.1. Vannprøver ble samlet i en glassflaske (Duran®) med plastovertrekk for beskyttelse mot UV-stråling. Flasken har en tilhørende skrukork med tefloninnlegg. Vannprøven konserveres til pH~2 ved å tilsette 1,2 g NaHSO₄ til flasken er fylt med 1 liter prøve. Prøven oppbevares kjølig (4 °C) og mørkt i maksimum 28 dager.

2.3 Inngangsdata for risikovurdering av mennesker, fugl og beitedyr

2.3.1 Mennesker

Hjerkinn er åpen for sivil ferdsel og har lenge vært benyttet til friluftsmål. En intensitetsanalyse av ferdsel ved Snøheimveien er utført (Pettersen, 2011). Denne viser at det er mest ferdsel langs veien inn til Snøheim. De mest populære avstikkerne er innover Svånådalen og mot Reinheim. Dette bekrefte av en annen studie (Nerhoel, 2011). Nerhoels undersøkelse viser at i tillegg til disse rutene er Snøhetta et populært turmål, samt stien fra Snøheim til Åmotsdalshytta i dalen mellom Snøhetta og Svånåtindan. Det konkluderes med at stier har en kanaliseringseffekt, og kan dermed brukes til å påvirke besøkendes adferd. I studien til Nerhoel ble ferdsel registrert ved hjelp av ferdselstellere, inntegning på kart av besøkende og direkte observasjon over en 15 dagers periode. Det ble registrert totalt 291 besøkende i hele Snøheimområdet, men det ble det kun observert ett besøk i demoleringsfeltet i løpet av denne perioden. Dette viser at demoleringsfeltet kun er besøkt sporadisk av sivile. Etter feltarbeidet i denne studien ble det utført en manuell opprydning av eksplosivbiter fra demoleringsfeltet. Ansatte i Forsvaret oppholdt seg da en uke i demoleringsfeltet.

2.3.2 Beitedyr

Demoleringsfelt er områder hvor ubrukt ammunisjon og blindgjengere blir destruert. Her foretas det mange sprengninger på et lite areal, noe som fører til høye konsentrasjoner av forurensninger i jord, at jordkvaliteten endres og at vegetasjonen blir borte. I demoleringsfeltet i Svånådalen er det veldig lite vegetasjon. Det finnes noe spredt mose og enkelte gresstuser her og der, men arealet er dominert av grus, sand og leire. I tillegg er det en del kratre hvor det står vann. Beitekvaliteten er vurdert som dårlig (Voie et al., 2010b). Demoleringsfeltet i Svånådalen er planlagt overført til sivile formål og militær bruk av demoleringsfeltet er opphørt. Området ligger i overgangen fra lavalpin sone til mellomalpin sone, hvor beitekvaliteten i utgangspunktet ikke er særlig god, ettersom tørrgressheier og snøleier dominerer med økende innslag av bart fjell og blokkmark. Revegetering i denne høyden er forventet å gå veldig sakte (flere tiår). Det er derfor forventet at området heller ikke på sikt, kommer til å være et område hvor det hentes ut mye for. På grunn av den blottlagte marken skiller området seg markant ut fra omgivelsene, noe som i seg selv kan tiltrekke beitedyr. Tørr sand og grus kan være populære hvileplasser. Vannet i kratrene kan bli benyttet som drikkevann. Under befaring ble det funnet mange spor av beitedyr ved kanten av vannet. Det finnes flere typer beitedyr som besøker demoleringsfeltet slik som rein, moskus og sau. Sau ble benyttet som et eksempel i denne risikovurderingen ettersom den er et viktig beitedyr i utmark i Norge. Biter av eksplosiver ligger opp i dagen i demoleringsfeltet (Figur 2.2), men

studier har sannsynliggjort (Steinheim et al., 2011a og 2011b) at beitedyr ikke tiltrekkes disse forurensningene på bakgrunn av lukt eller smak. Synlige biter av eksplosiver og drivladninger har heller ikke vist seg å medføre at sauer spiser, eller smaker på disse (Steinheim, 2010). En sau kan drikke opp til 4 liter vann i løpet av et døgn. Videre har studier vist at opptaket av jord kan være opp til 15 % av det totale tørrstoffinntaket hos sau (Smith et al., 2009). Det betyr at om sauen spiser 2,5 % tørrstoff av sin egen kroppsvekt per dag, blir opptaket av jord på 280 gram per dag for en sau som veier 75 kg. For et lam på 20 kg vil tilsvarende bli 75 gram per dag. Ettersom demoleringsfeltet kun utgjør en meget liten del av sauens totale utmarksområde, ble det tatt høyde for at enkeltindivid kunne ha en oppholdstid i demoleringsfeltet på opp til 14 dager i løpet av beitesesongen.

2.3.3 Fugler

Det er ulike fugler i Hjerkinns-området. Fugler har et visst inntak av gruspartikler til kråsen for å hjelpe til med knusing av frø og belger som de spiser. Det er antatt at fuglene kan forveksle partikler av eksplosiver med gruspartikler. Rype ble valgt som et eksempel på en art som kan forekomme i nærheten av demoleringsfeltet. Studier har vist at det er en sammenheng mellom vekt på fuglen og størrelse på partikler de har i kråsen, samt ratio for inntak (Bennett et al., 2011). For å regne ut inntaket av eksplosivpartikler, ble det regnet ut en ratio mellom gruspartikler og eksplosivpartikler av korrekt størrelse for rype i demoleringsfeltet $\approx 0,4\%$. En rype på 500 gram plukker partikler med en diameter på omtrent 2 mm. For en TNT-partikkel vil dette utgjøre 7 mg basert på TNTs egenvekt og en antatt sfærisk form.

3 Resultater

3.1 Jordprøver

Konsentrasjoner av eksplosiver i grunnen i demoleringsfeltet varierte fra prøvelokalitet til prøvelokalitet. Lokalitet DEM 3 hadde den høyeste konsentrasjonen av TNT på over 11 g/kg (Tabell 3.1). På denne plassen ble det også funnet mange småbiter av TNT på bakken (Tabell 3.2). Gjennomsnittskonsentrasjonen av TNT i hele demoleringsfeltet var 1000 mg/kg. Det ble funnet mindre RDX sammenliknet med TNT, og den høyeste konsentrasjonen av RDX var 800 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av RDX i hele demoleringsfeltet var 100 mg/kg. Foruten TNT og RDX ble det funnet mindre mengder HMX, ADNT. ADNT er nedbrytningsprodukter av TNT.

Det ble funnet mye synlige partikler av TNT på bakken (Tabell 3.2). I tillegg ble det påvist partikler i jord i ulike størrelsesfraksjoner. Alt under 2 mm ble homogenisert og analysert for innhold av ulike eksplosiver. Basert på det som ble funnet på bakken, ble det estimert at det kan ligge ca. 1000 kg med synlige TNT biter på bakken i hele demoleringsfeltet.

Prøve	HMX	RDX	TNB	Tetryl	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
DEM1	4	28,3	0,4	< 0,1	50	< 0,01	< 0,01	3,1	2,6	< 0,01
DEM2	5	27,7	0,5	< 0,1	91*	< 0,01	< 0,01	4,1	4,3	< 0,01
DEM3	93	800*	2,1	< 0,1	11370*	0,02	< 0,01	194*	126*	< 0,01
DEM4	0,1	1,37	1,8	< 0,1	23,7	< 0,01	0,4	2,3	2	< 0,01
DEM5	0,1	2,98	0,3	< 0,1	45,1	< 0,01	< 0,01	3,3	2,5	< 0,01
DEM6	3,9	119	0,3	< 0,1	475*	< 0,01	< 0,01	11	7,8	< 0,01
DEM7	1,2	23,8	0,5	< 0,1	134*	< 0,01	< 0,01	4,6	4,8	< 0,01
DEM8	0,04	4,01	0,9	< 0,1	25,6	< 0,01	< 0,01	1,3	1,3	< 0,01
DEM9	0,2	110	1,0	< 0,1	79*	< 0,01	< 0,01	9,7	7,9	< 0,01
DEM10	0,1	0,75	0,6	< 0,1	46,5	< 0,01	0,1	5,5	5,4	< 0,01
DEM11	0,03	30	0,3	< 0,1	160*	< 0,01	< 0,01	6	6,7	< 0,01
DEM12	0,5	28	2,3	< 0,1	1630*	0,01	< 0,01	87	83	1
DEM13	7,6	53*	0,6	< 0,1	109*	0,75	0,1	7,8	7,9	< 0,01
DEM14	2,1	450*	1,8	< 0,1	2560	0,48	7,2	83	62	< 0,01
DEM15	0,03	16,1	< 0,01	< 0,1	56*	< 0,01	3,9	4	4,8	< 0,01
DEM16	0,2	4,23	0,2	< 0,1	87*	< 0,01	< 0,01	0,1	0,02	0,3

Tabell 3.1 Konsentrasjoner av eksplosiver og utvalgte nedbrytningsprodukter i jord i demoleringsfeltet i Svånådalen, Hjerkind. Synlige partikler av eksplosiver er fjernet før prøvetaking og analyse. *Estimert da nivået er over øvre kvantifiseringsgrense på 50 mg/kg.

Høye konsentrasjoner i jord kan se ut til å ha en viss sammenheng med hvor mange partikler det finnes på overflaten og i prøven. Blant annet ble det funnet et høyt antall partikler i DEM3, DEM6 og DEM14 (Tabell 3.2) som også har høye konsentrasjoner av eksplosiver i prøven.

Prøve	> 8mm	6,3 - 8 mm	4 - 6,3 mm	2 - 4 mm	Antall partikler	Vekt ² g/m
DEM 1	4	1			5	10
DEM 2	5	5	1	1	12	12,8
DEM 3	13	80	21	122	256	43,0
DEM 4	9	4			13	20,2
DEM 5	7	3	2		12	58,3
DEM 6	12	7	2	4	25	26,4
DEM 7	3	1	2*		6	4,6
DEM 8	9	1	2		12	9,3
DEM 9	6	4	4		14	16,8
DEM 10	7	2	1		10	24,6
DEM 11	9	3			12	11,3
DEM 12	4	2	8	1	15	17,3
DEM 13	2				2	4,6
DEM 14	7	7	23	3	40	13,2
DEM 15	6	2	4	3	15	5,1
DEM 16	5	1	1**	2**	9	5,1

Tabell 3.2 Antall eksplosivpartikler i forskjellige fraksjoner jord og deres totalvekt i de ulike prøvene tatt i demoleringsfeltet i Svånådalen, Hjerkin. Det ble i hovedsak bare påvist partikler av TNT. *En partikkel Cyclotol eller Torpex. **En partikkel PETN.

3.2 Vannprøver

Det ble funnet til dels høye konsentrasjoner av RDX, HMX og TNT samt nedbrytningsproduktet ADNT i vannfylte kratre i demoleringsfeltet. De høyeste konsentrasjonene var på 380 µg/l for RDX, 216 µg/l for HMX, og 142 µg/l for TNT. Kratrene er forholdsvis store hvor vannflaten har en diameter på 20 meter i det største kratret. Vannspeilet i kratrene kan forandres og i noen tilfeller tørke ut i løpet av sommeren.

Prøve	HMX	RDX	TNB	Tetryl	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	2-ADNT	4-ADNT	PETN
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Bekk over	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Bekk under	0,04	1,3	0,03	< 0,02	0,7	< 0,02	< 0,02	0,03	0,06	< 0,02
Krater 1	216*	380*	17,4	< 0,02	142*	< 0,02	1,0	93,5	49,2	< 0,02
Krater 2	6,3	103*	1,1	< 0,02	48,9	< 0,02	< 0,02	4,5	< 0,02	< 0,02
Krater 3	1,1	95,4	0,8	< 0,02	85,5	< 0,02	< 0,02	2,5	1,2	< 0,02

Tabell 3.3 Konsentrasjoner av eksplosiver i vannprøver fra demoleringsfeltet. Lokaliteten «bekk over» ligger oppstrøms for demoleringsfeltet og ble benyttet som referanseverdi. *Estimert da nivået er over øvre kvantifiseringsgrense på 100 µg/l.

3.3 Risikovurdering

3.3.1 Mennesker

Sammenliknet med tilstandsklasser for eksplosiver i forurenset grunn (Voie et al., 2010a) er konsentrasjonene av TNT fra tilstandsklasse «moderat» til «svært dårlig» og fra tilstandsklasse «god» til «svært dårlig» for RDX. Et par prøver hadde konsentrasjoner av TNT som ligger over øvre grense for tilstandsklasse «svært dårlig», og vil derfor måtte defineres som farlig avfall. Nedbrytningsproduktet til TNT; ADNT ligger i tilstandsklasse «dårlig». 2,4-DNT ligger i tilstandsklasse «moderat». Dette betyr at en stedsspesifikk risikovurdering er påkrevet for disse stoffene. Det er mange synlige partikler av eksplosiver med størrelse > 2mm som ligger på overflaten. Gitt at man ikke hadde fjernet disse partiklene før analyse, ville man ha fått langt høyere konsentrasjoner i analyseresultatene. Dette viser at plukking av eksplosivpartikler av EOD personell, eller andre med kunnskap om slike partikler er meget viktig som tiltak for å redusere forurensningsgraden.

Tilstandsklasse/ Stoff (mg/kg)	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært dårlig
TNT	< 1,4	1,0 – 3,9	3,9 – 200	200 – 400	400 – 2500
RDX	< 0,35	0,35 – 1,4	1,4 – 200	200 – 400	400 – 3000
HMX	< 32	32 – 100	100 – 600	600 – 1000	600 – 3000
TNB	< 36	36 – 100	100 – 500	500 – 700	700 – 1000
Tetryl	< 18	18 – 47	47 – 500	500 – 1000	1000 – 3000
DNB	< 0,04	0,04 – 0,12	0,12 – 30	30 – 75	75 – 1000
2,4-DNT	< 0,7	0,7 – 2,5	2,5 – 200	200 – 400	400 – 1000
2,6-DNT	< 0,5	0,3 – 1,2	1,2 – 100	100 – 170	170 – 1000
ADNT	< 0,06	0,06 – 0,15	0,15 – 100	100 – 200	200 – 3000

Tabell 3.4 Tilstandsklasser for eksplosiver i jord (Voie et al., 2010a). Røde verdier angir konsentrasjoner som ble funnet i ulike prøvelokaliteter i demoleringsfeltet på Hjerkin.

Det er på det rene at et område som demoleringsplassen i Svånådalen er totalt uegnet for små barn. Synlige eksplosivbiter på bakken kan vekke barns interesse og forårsake akutt forgiftning dersom bitene blir spist. Dette er viktig å unngå i militære øvingsfelt som ligger i nærheten av bebodde områder og er tilgjengelig for folk. Demoleringsfeltet på Hjerkin er imidlertid mindre tilgjengelig for barn selv om man ikke kan utelukke at de er med på tur. Synlige biter av eksplosiver bør uansett ikke ligge åpent tilgjengelig i områder som er åpne for sivil ferdsel.

Basert på at Forsvarets ansatte kan oppholde seg over lengre tid i området i forbindelse med blindgjenger-rydding, ble det tatt høyde for en oppholdstid for voksne arbeidere på 14 dager i året og 8 timer per dag. I demoleringsfeltet er det inntak av jord, inhalasjon av støv og hudkontakt med jord som vil være aktuelle eksponeringsveier. Beregningsverktøyet til Miljødirektoratet (SFT, 1999), med stoffspesifikke verdier fra «Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt» (Voie et al., 2010a), ble benyttet for å regne ut steds spesifikke grenseverdier. For samtlige stoffer ble det funnet at konsentrasjonen i jord ikke overskrider grenseverdiene (Tabell 3.5). I tillegg vil inntak av vann kunne være en eksponeringsvei. Det er kun vanlig å fylle vann fra bekker på drikkeflasker, og stillestående vann slik som vannfylte kratre er ikke inkludert. Det ble funnet meget lave konsentrasjoner av eksplosiver i bekken som ledet ut fra demoleringsfeltet (Tabell 3.3). Denne konsentrasjonen vil ikke bidra signifikant til risiko for mennesker.

Stoff	MTDI (mg/kg/dag)	Maksimal konsentrasjon (mg/kg)	Steds spesifikk grenseverdi (mg/kg)
TNT	0,0005	11370	11683
RDX	0,003	800	86399
HMX	0,05	93	1642205
TNB	0,03	2,3	819163
Tetryl	0,004	Ikke påvist	53260
2,4-DNT	0,002	7,2	26297
2,6-DNT	0,001	0,75	13400
ADNT	0,0002	194	6569

Tabell 3.5 Konsentrasjoner i jord for eksplosiver i demoleringsfeltet på Hjerkinns sammenliknet med deres respektive steds spesifikke grenseverdi for beskyttelse av human helse. MTDI-verdiene er hentet fra Voie (2010a).

3.3.2 Beitedyr

Sau sammen med andre relevante beitedyr i Hjerkinns skytefelt har et meget stort utmarksområde å ferdes i, og lengre opphold i demoleringsfeltet er derfor mindre sannsynlig. Demoleringsfeltet har lite vegetasjon, noe som gjør det egnet som hvileplass for beitedyr (Voie et al. 2010b). Basert på disse premissene ble det tatt høyde for at sau oppholder seg opp til 14 dager i året i demoleringsfeltet. Sau kan eksponeres ved oralt inntak av jord og kontaminerte planter, inhalasjon av støv, hudkontakt med forurenset jord, pussing av pels og inntak av vann. Forsøk har vist at oralt inntak av jord i forbindelse med beiting er den viktigste eksponeringsveien (Abrahams og Steigmajer, 2003; Smith et al., 2009). Det er vist at opp til 15 % av tørrstoffinntaket per dag kan være jord. Videre er det antatt at dyra spiser 2,5 % av sin egen kroppsvekt i tørrstoff. Det er antatt at en sau drikker 4 l per dag. Det ble tatt utgangspunkt i den høyeste påviste konsentrasjonen på over 11 g/kg når man skulle beregne det daglige inntaket av eksplosiver fra jord. Den andre eksponeringsveien som ble vurdert var inntak av vann fra kratre. De andre eksponeringsveiene er forventet å være mindre signifikant. Resultatet viste at hverken inntak av eksplosiver via jord eller vann utgjør noen risiko for sauene, gitt at den ikke oppholder seg der mer enn 14 dager i året (Tabell 3.6).

Stoffer	Sau (50 kg)			
	Inntak fra jord (mg/kg/d)	Inntak vann (mg/kg/d)	TRV akutt (mg/kg/d)	TRV kronisk (mg/kg/d)
TNT	45	0,01	76	0,2
RDX	3,2	0,03	8,5	1,2

Tabell 3.6 Inntak av TNT og RDX fra jord og vann for sau sammenliknet med toksikologiske referanseverdier (TRV) akutt (<14 dager) og over et helt liv. TRV er hentet fra USACHPPM (2001 og 2002).

3.3.3 Fugler

Det ble antatt at en rype hadde habitat som overlappet med demoleringsfeltet. Den viktigste eksponeringsveien vil være fuglens behov for steinpartikler i kråsen. Det ble undersøkt om en eksplosivpartikkel oppfattet som en steinpartikkel kunne være stor nok til å forårsake en akutt forgiftning. En rype på 500 gram samler partikler til kråsen med størrelse på drøye 2 mm (Bennett et al., 2011). Gitt egenvekten på TNT og sfærisk form gir dette en partikkelvekt på 7 mg. Den akutte giftigheten av TNT på fugl er imidlertid ikke høy nok til at en TNT partikkel på 7 mg vil være noen fare. Det er mer sannsynlig at RDX kan føre til en akutt forgiftning, ettersom RDX har en lavere akutt TRV slik at en bit på 7,7 mg RDX kan føre til akutt forgiftning i en rype på 0,5 kg. Det ble imidlertid funnet langt mindre antall RDX-partikler i forhold til TNT-partikler. Dermed er det lite sannsynlig at de skal bli tatt opp i kråsen hos rype. Andre eksponeringsveier er vurdert til ikke å være signifikante. Det er også lite sannsynlig at eksplosivpartikler skal kunne misforstås av fugler som mat da det er funnet at fugler som er gitt eksplosivforurenset mat velger å faste, noe som kan tyde på at de reagerer sterkt på smaken (Johnson et al., 2005). Sannsynligheten for opptak av TNT-partikler i kråsen ble beregnet ved følgende formel:

$$\text{Opptak}(TNT\text{partikler} / \text{dag}) = \frac{PK}{PR} \times \frac{TNTP}{PTOT}$$

hvor PK er gjennomsnittlig antall partikler i krås hos rype (data fra Northern Bobwhite er benyttet) og PR er oppholdstiden for en partikkel i kråsen, TNTP er antall TNT partikler med riktig størrelse. PTOT er totalt antall partikler med riktig størrelse.

Stoffer	Rype (500 g)			
	Sannsynlighet (partikkel/år)	Partikkelstørrelse (mg)	TRV akutt (mg/kg/d)	TRV kronisk (mg/kg/d)
TNT	2	7	1000	0,07
RDX	Meget lav	7,7	8,7	3,65

Tabell 3.6 *Inntak av TNT og RDX fra jord og vann for rype sammenliknet med toksikologiske referanseverdier (TRV) akutt (<14 dager) og over et helt liv. TRV er hentet fra USACHPPM (2001 og 2002).*

4 Diskusjon

Det ble funnet høye konsentrasjoner av eksplosivene TNT og RDX samt 2-, og 4-ADNT som er nedbrytningsprodukter av TNT. I vann ble det også påvist de samme eksplosivene, men i langt lavere konsentrasjoner. Resultatene stemte godt overens med undersøkelser som er foretatt tidligere i det samme området (Johnsen et al., 2008). Mye av forurensningen forekommer som partikler på overflaten. Et mindre antall partikler ble funnet innblandet i jorden. Det har vært en bekymring om slike eksplosivpartikler kan utgjøre en risiko for mennesker og dyr som ferdes i området. Små barn kan finne på å putte gjenstander som de finner ute i munnen. Derfor er tilstedeværelsen av synlige fargerike eksplosiver en risiko for barn gitt at de ferdes i disse områdene. Ferdsel av små barn i demoleringsfeltet i Svånådalen er svært usannsynlig, men det kan finnes andre militære øvingsfelt med eksplosivrester liggende opp i dagen som ligger i nærheten av hytter eller bebodde strøk. Det er derfor viktig at alle slike rester er fjernet fra grunnen ved omgjøring av militære områder til sivile formål. Dette er også viktig i forhold til at eksplosivrester ikke skal havne i urette hender og forårsake ulykker, eller bli omgjort til våpen. Når det gjelder voksne mennesker er det svært lite sannsynlig at man skal få i seg slike partikler utilsiktet. Det har vært tilfeller hvor voksne har funnet på å smake på slike partikler av ren nysgjerrighet med akutt forgiftning som konsekvens. Det er også viktig at alt arbeid med slike partikler foregår med hansker slik at man unngår eksponering gjennom huden, og utilsiktet inntak under spising. Den viktigste eksponeringsveien for mennesker er utilsiktet inntak via munnen. Dette jordinntaket er satt til 50 mg per dag (SFT, 1999). Dette sammen med det korte oppholdet i demoleringsfeltet på 14 dager vil være styrende for risikoen. Det er ikke forventet at voksne mennesker drikker fra stillestående vann i kratre. På tross av høye konsentrasjoner av eksplosiver i jorden vil man ikke overskride noen grense for det som kan være helseskadelig basert på disse antagelsene. For voksne mennesker er det først når det blir aktuelt med inntak av grunnvann fra stedet, og inntak av lokale grønnsaker at risikoen øker betraktelig i forbindelse med eksplosivforurensninger. Selv om inhalasjon av eksplosiver i støv er en lite signifikant eksponering, kan det i et demoleringsfelt foregå arbeid som generer mye støv, slik som sprengning og graving. Derfor anbefales derfor at det benyttes åndedrettsvern i forbindelse med støvgenererende arbeid i områder som er sterkt forurenset av eksplosiver. EOD personell som plukker eksplosivpartikler bør bruke engangshansker.

På bakgrunn av tidligere studier ble det forutsatt et homogent beitetrykk i demoleringsfeltet. Det er for øvrig et meget skrint beite i demoleringsfeltet som reduserer sannsynligheten for utilsiktet inntak av eksplosivpartikler under beiting. Det har tidligere vært vist at sauer ikke tiltrekkes synlige biter av eksplosiver og vil spise disse. Kun utilsiktet inntak av små partikler (< 2 mm) i forbindelse med beiting kan forventes. Det ble imidlertid ikke funnet noen signifikant risiko gitt at sauen har en oppholdstid i demoleringsfeltet på inntil 14 dager. Eksplosivforurensninger vil utgjøre en risiko dersom sauen oppholder seg i det forurensede området over lang tid. Dette kan være tilfelle hvor militære øvelsesområder overlapper med avgrensede utmarksbeiter.

Fugl ble også tatt med i studien ettersom det i tidligere studier har kommet frem at metallforurensninger på håndvåpenbaner truer enkelte arter på grunn av fuglens spesielle fordøyelsessystem og behov for inntak av gruspartikler (Bennett et al., 2007). På tross av mange TNT-partikler i området ble det funnet en akseptabel risiko for arten rype. Dersom hoveddelen av forurensningen hadde bestått av RDX-partikler fremfor TNT-partikler ville risikoen ha vært høyere.

Med bakgrunn i denne studien ble det anbefalt at synlige eksplosivpartikler på bakken skulle ryddes. Dette ble utført av et par lag med ansatte i Forsvaret som samlet opp et par hundre kilo med større TNT-klumper. Etter opprydningen av eksplosivpartiklene, ble massene i demoleringsfeltet vendt på og planert ut. Konsekvensen er at overflateforurensningen mest sannsynlig er blitt fortynnet med dypere lag av renere masser, noe som senker faren for eksponering av mennesker og dyr.

5 Konklusjon og anbefaling

- Det ble funnet at forurensningen i stor grad består av partikler av TNT på overflaten.
- For voksne ble det funnet at risikoen var akseptabel
- Det anbefales imidlertid at heldekkende tøy og hansker benyttes under arbeid i slike felt. Ved arbeid som generer støv, f.eks. graving, anbefales åndedrettsvern.
- Det ble ikke funnet noen nevneverdig risiko for sau i demoleringsfeltet. Dette på grunn av begrenset oppholdstid i feltet. Et annet viktig funn som reduserer risikoen er at det er lite sannsynlig at sauer får i seg større eksplosivpartikler fra bakken.
- Risikoen var også akseptabel for rype.
- RDX har høyere akutt giftighet enn TNT og kan være et problem for beitedyr og fugler på steder der hvor RDX dominerer som overflateforurensning.
- Ut fra denne studien som kan ses på som et «worst case» scenario er det ikke forventet at militære skyte og øvingsfelt i Norge inneholder eksplosiver i en slik grad at det truer det lokale økosystemet. Imidlertid bør synlige eksplosivrester unngås ettersom de kan utgjøre en fare for barn ved oralt inntak og true samfunnsikkerheten om de havner i urette hender.

Referanser

- Abrahams, P.W., Steigmajer, J. (2003) Soil ingestion by sheep grazing the metal enriched floodplain soils of mid-Wales. *Environmental Geochemistry and Health* 25, 17–24.
- Bennett, J.R., Kaufman, C.A., Koch, I., Sova, J., Reimer, K.J. (2007) Ecological risk assessment of lead contamination at rifle and pistol ranges using techniques to account for site characteristics, *Science of the Total Environment* 374, 91-101.
- Bennett, R., Hoff, D., Etterson, M. (2011) Assessment of methods for estimating risk to birds from ingestion of contaminated grit particles. U.S. Environmental Protection Agency Office of Research and Development. EPA/600/R-11/023 ERASC-016 F
- Choi, Y., Jeong, S., Ryu, H., Lee, K., Bae, B.H., Nam, K. (2011) Ecological Risk Characterization in a Military Heavy Metals- and Explosives-Contaminated Site. *Human and Ecological Risk Assessment* 17(4), 856-872.
- Gust, K.A., Pirooznia, M., Quinn, M.J., Johnson, M.S., Escalon, L., Indest, K.J., Guan, X., Clarke, J., Deng, Y.P., Gong, P., Perkins, E.J. (2009) Neurotoxicogenomic investigations to assess mechanisms of action of the munitions constituents RDX and 2,6-DNT in Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*). *Toxicological Sciences* 110(1), 168-180.
- Jenkins, T.F., Hewitt, A.D., Grant, C.L., Thiboutot, S., Ampleman, G., Walsh, M.E., Ranney, T.A., Ramsey, C.A., Palazzo, A.J., Pennington, J.C. (2006) Identity and distribution of residues of energetic compounds at army live-fire training ranges. *Chemosphere*, 63(8), 1280-1290
- Johnsen, A., Karsrud, T.E., Rosslund, H.K., Larsen, A., Myran, A., Longva, K. (2008) Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt: forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder. FFI-Rapport 2008/00535.
- Johnson, M.S., Gogal, R.M., Larsen, C.T., (2005) Food avoidance behavior to dietary octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine (HMX) exposure in the northern bobwhite (*Colinus virginianus*). *Journal of Toxicology and Environmental Health – Part A*. 68 (15), 1349-1357.
- Karsrud, T.E., Parmer M.P., Johnsen, A., Aaserud, B.H., Nordås, S.V. (2009) Testing av metoder for hurtigpåvisning av forurensning fra eksplosiver. FFI-Rapport 2009/01499.
- Nerhoel, I. (2011) Tautrekking om Snøheimvegen - Ferdsel, villrein eller begge deler? Masteroppgave ved Universitet for Miljø- og Biovitenskap, Institutt for Naturforvaltning. 45 s.
- Pascoe, G.A., Kroeger, K., Leisle, D., Feldpausch, R.J. (2010) Munition constituents: Preliminary sediment screening criteria for the protection of marine benthic invertebrates. *Chemosphere*, 81(6), 807-816.

- Pettersen, A. (2011) Moskus som turistattraksjon - En ferdselskartlegging blant besøkende til moskushabitatet på Dovrefjell. Masteroppgave ved Universitet for Miljø- og Biovitenskap, Institutt for Naturforvaltning. 74 s.
- Radtke, C.W., Gianotto, D., Roberto, F.F. (2002) Effects of particulate explosives on estimating contamination at a historical explosives testing area. *Chemosphere* 46(1), 3-9.
- Renoux, A.Y., Caumartin, J., Thiboutot, S., Ampleman, G., Sunahara, G.I. (2001) Derivation of Environmental Soil Quality Guidelines for 2,4,6-Trinitrotoluene Using the CCME Approach. *Human and Ecological Risk Assessment* 7(6), 1715 – 1735.
- Robidoux, P.Y., Gong, P., Sarrazin, M., Bardai, G., Paquet, L., Hawari, J., Dubois, C., Sunahara, G.I. (2004) Toxicity assessment of contaminated soils from an antitank firing range. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 58(3), 300-313.
- SFT (1999) Risikovurdering av grunnforurensning. Veiledning 99:01a. Statens forurensningstilsyn. 103 s.
- Simini, M., Wentsel, R.S., Checkai, R.T., Phillips, C.T., Chester, N.A., Major, M.A., Amos, J.C. (1995) Evaluation of soil toxicity at Joliet Army Ammunition Plant. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 14(4), 623-630.
- Smith, K.M., Abrahams, P.W., Dagleish, M.P., Steigmajer, J. (2009). The intake of lead and associated metals by sheep grazing mining-contaminated floodplain pastures in mid-Wales, UK: I. Soil ingestion, soil–metal partitioning and potential availability to pasture herbage and livestock *Science of the Total Environment* 407, 3731–3739.
- Steinheim, G., Adnoy, T., Voie, O.A., Holand, O., Longva K.S. (2011a) Sheep prefer clean forage over forage contaminated with military explosives TNT, RDX and HMX . *Small Ruminant Research* 100 (1), 30-33.
- Steinheim, G., Voie, O. A., Adnoy, T., Holand, O., Longva K.S. (2011b) Effect of contamination of pasture with military explosives on grazing behaviour in sheep. *Acta Agriculturae Scandinavica Section A-Animal Science* 61(3), 157-160.
- Steinheim G. (2010) Forsøk med sauers adferd i forbindelse med synlige eksplosivrester i et beiteområde. Upubliserte resultater.
- Taylor S, Hewitt A, Lever J, Hayes C, Perovich L, Thorne P, Daghljan C. (2004) TNT particle size distributions from detonated 155-mm howitzer rounds. *Chemosphere*. 55(3), 357-367.
- USACHPPM (2001) Wildlife toxicity assessment for 2,4,6-Trinitrotoluene. USACHPPM Document No: 39-EJ-1138-00.

USACHPPM (2002) Wildlife toxicity assessment for 1,3,5-Trinitrohexahydro-1,3,5-Triazine (RDX). USACHPPM Document No: 37-EJ-1138-01H

Voie, Ø., Strømseng, A., Johnsen, A., Rossland, H.K., Karsrud, T., Longva, K. (2010a) Veileder for undersøkelse, risikovurdering, opprydning og avhending av skytebaner og øvingsfelt. FFI-rapport 2010/00116.

Voie, Ø., Rosef, L., Rekdal, Y., Longva, K. (2010b) Beitekvalitet i skyte- og øvingsfelt. FFI-rapport 2010/00499.