

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

FFI RAPPORT

**RISIKOVURDERING AV FORSVARETS
BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS**
med tilleggsnotat FFI/NOTAT-2006/00512:
**Analysetekniske problemer ved bestemmelse av
konsentrasjonen til hvitt fosfor i vann**

STRØMSENG Arnljot Enride, VOIE Øyvind Albert, JOHNSEN Arnt,
LONGVA Kjetil Sager

FFI/RAPPORT-2005/03531

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

**RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV
HVITT FOSFOR I TROMS
med tilleggsnotat FFI/NOTAT-2006/00512:
Analysetekniske problemer ved bestemmelse av
konsentrasjonen til hvitt fosfor i vann**

STRØMSENG Arnljot Enride, VOIE Øyvind Albert,
JOHNSEN Arnt, LONGVA Kjetil Sager

FFI/RAPPORT-2005/03531

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT (FFI)
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25
NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
(when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2005/03531	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 72
1a) PROJECT REFERENCE V/333401/917	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS med tilleggsnotat FFI/NOTAT-2006/00512: Analysetekniske problemer ved bestemmelse av konsentrasjonen til hvitt fosfor i vann RISK ASSESSMENT OF MILITARY USE OF WHITE PHOSPHORUS IN TROMS with additional report FFI/NOTAT-2006/00512: Analytical problems with the determination of white phosphorus in water		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) STRØMSENG Arnljot Enride, VOIE Øyvind Albert, JOHNSEN Arnt, LONGVA Kjetil Sager		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: IN NORWEGIAN:		
a) <u>White phosphorus</u>	a) <u>Hvitt fosfor</u>	
b) <u>Risk Assessment</u>	b) <u>Risikovurdering</u>	
c) <u>Environmental impact</u>	c) <u>Helse og miljøkonsekvenser</u>	
d) <u>Military training areas</u>	d) <u>Miliære skyte og øvingsfelt</u>	
e) _____	e) _____	
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT The aim of the report is to unravel potential environmental impacts of white phosphorus (WP) in military training areas in Troms. The potential health impacts on humans and grazers and other organisms that dwell in the areas and the transport of WP out of the fields was investigated. No area is found to pose an acute risk to humans. Some grazers might stay in the contaminated areas long enough to be chronically exposed. Local fauna might also be exposed repeatedly. Some water samples in streams going out of the contaminated areas contain concentrations of WP 1 to 10 µg/l. This level might be associated with lifetime risk. Sources used for drinking water should therefore be mapped and the concentration of WP should be measured.		
9) DATE 2005-11-02	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION Director

ISBN 82-464-0968-9

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
(when data entered)

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
1.3	Hvitt fosfor – giftighet og miljøkonsekvenser	7
1.4	Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor	8
2	METODER	8
2.1	Utvelgelse av prøvetakningspunkter	8
2.2	Prøvetakning av jord/sediment	9
2.3	Prøvetakning av vann	10
2.4	Kjemisk analyse	10
2.5	Risikovurdering	11
2.5.1	Bayesianske nettverk	11
2.5.2	Livstidseksposering	12
2.5.3	Eksposering av mennesker i målområder	12
2.5.4	Eksposering av beitedyr	12
2.5.5	Eksposering av fauna	13
3	BESKRIVELSE AV PRØVETAKNINGOMRÅDER	13
3.1	Blåtind skytefelt	13
3.2	Setermoen skytefelt	15
3.2.1	Område 7/8 i Kobbryggdalen	15
3.2.2	Område 23 i Kobbryggdalen	16
3.2.3	Området 5 i Liveltskardet	17
3.3	Mauken skytefelt	18
4	RESULTATER	19
4.1	Blåtind skytefelt	19
4.2	Setermoen skytefelt	22
4.2.1	Kobbryggdalen	22
4.2.2	Liveltskardet	24
4.3	Mauken skytefelt	26
4.4	Estimat av mengde hvitt fosfor i de undersøkte områdene	28
5	RISIKOVURDERING	30
5.1	Livstidseksposering i forbindelse med drikkevann	30
5.2	Eksposering av mennesker som ferdes innenfor de forurensede målområdene	31
5.2.1	Ferdsel og eksposering	31

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

5.2.2	Tetthet av forurensede områder	31
5.2.3	Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og vann	32
5.2.4	Toksisitet av hvitt fosfor	33
5.3	Helserisiko knyttet til Blåtind skytefelt	34
5.4	Helserisiko knyttet til Setermoen skytefelt	35
5.5	Helserisiko knyttet til Mauken skytefelt	35
5.6	Oppsummering av helserisiko i målområder for hvitt fosfor	36
5.7	Eksponering av beitedyr og annen fauna	36
6	KONKLUSJON	37
6.1	Eksponering av mennesker i målområder	37
6.2	Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann	37
6.3	Eksponering av beitedyr og fauna	37

APPENDIKS

A	BESKRIVELSE AV PRØVELOKALITETER	39
A.1	Blåtind skytefelt	39
A.1.1	Jord- og sedimentprøver tatt i område 1	39
A.1.2	Vannprøver tatt i område 1	41
A.1.3	Jord- og sedimentprøver tatt i område 3	42
A.1.4	Vannprøver tatt i område 3	44
A.2	Setermoen skytefelt	46
A.2.1	Jord- og sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet	46
A.2.2	Vannprøver tatt i område 5 i Liveltskardet	48
A.2.3	Jord- og sedimentprøver tatt i område 7/8 i Kobbryggdalen	49
A.2.4	Jord- og sedimentprøver tatt i område 23 i Kobbryggdalen	52
A.2.5	Vannprøver tatt i Kobbryggdalen	55
A.3	Mauken skytefelt	56
A.3.1	Jord- og sedimentprøver	56
A.3.2	Vannprøver	59
B	NEDBØRSFELTER TIL PRØVEPUNKTER FOR VANN I DE TRE SKYTEFELTENE	62
C	GPS POSISJONER TIL PRØVEPUNKTER	65
D	ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENTPRØVER	66
E	ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I VANNPRØVER	69
	Litteratur	72

RISIKOVURDERING AV FORSVARETS BRUK AV HVITT FOSFOR I TROMS med tilleggsnotat FFI/NOTAT-2006/00512: Analysetekniske problemer ved bestemmelse av konsentrasjonen til hvitt fosfor i vann

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Forsvarets militære organisasjon (FMO) ved Hærens styrker (HSTY) har gitt Forsvarsbygg i oppdrag å utføre oppdraget "Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke".

Forsvarsbygg har som en del av dette oppdraget gitt Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) i oppdrag å gjennomføre "Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms". FFIs oppdrag innbefatter planlegging og gjennomføring av feltarbeid med prøvetaking. Kjemisk analyse og tolkning av resultater fra feltarbeidet, samt gjennomføring av risikovurdering.

1.2 Formål

Hovedmålet for oppdraget "Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke" er:

- *Avdekke i hvilken grad hvitt fosfor eventuelt kan representere et forurensningsproblem i skytefeltene i Troms.*

Målet med oppdraget som FFI utfører, er å vurdere helse- og miljørisiko knyttet til rester av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfeltene. Dette innbefatter risiko for folk som ferdes i feltene, risiko for flora og fauna som har sine leveområder helt eller delvis innenfor feltene, samt risiko knyttet til spredning av hvitt fosfor ut fra feltene. Sistnevnte vil være knyttet til konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann fra bekker og elver som renner ut fra feltene.

1.3 Hvitt fosfor – giftighet og miljøkonsekvenser

Hvitt fosfor er et meget giftig uorganisk stoff. Dødelig dose for fugler og pattedyr ligger mellom 1 og 10 mg/kg kroppsvekt avhengig av eksponeringsvei. Hvis mennesker får i seg hvitt fosfor enten ved spising eller drikking, kan det gi skader på mage og fordøyelsessystem samt lever og nyrer (1).

Hovedproblemet med hvitt fosfor oppstår hvis det kommer i et miljø med liten tilgang til oksygen. I et oksygenfattig miljø vil hvitt fosfor forbli uforandret over lang tid. Eksempelvis vil biter av hvitt fosfor som havner i vann bli liggende tilnærmet uforandret i flere år, og i tillegg vil bitene etter hvert kunne bli liggende dypere i sedimentene, noe som øker tiden disse blir

liggende uforandret. Om dyr eller fugler spiser biter av hvitt fosfor som ligger i vann og sedimenter, vil dette kunne føre til død. Dette er blitt identifisert som et problem i et skytefelt som ligger i et våtmarksområde i Alaska, USA (2).

I forbindelse med den økte bevisstheten om mulige negative miljøkonsekvenser ved hvitt fosfor, innførte Forsvarssjefen nye retningslinjer for bruk av røykammunisjon i november 2003. Ved bruk av røykammunisjon i henhold til disse retningslinjene, vil det i liten grad bli liggende rester av hvitt fosfor i målområdene.

Tidligere tiders bruk har imidlertid ikke vært regulert av disse retningslinjene, og det er derfor sannsynlig at det finnes betydelige rester av hvitt fosfor i enkelte områder.

1.4 Kartlegging av historisk bruk av hvitt fosfor

I forbindelse med pålegg fra Statens forurensningstilsyn (SFT) redegjorde Forsvarsstaben (FST) i brev til SFT datert 29 september 2003 for Forsvarets bruk av hvitt fosfor, herunder bruken i skyte- og øvingsfeltene Blåtind, Mauken og Setermoen i Troms. Her fremkommer omtrentlige mengder hvitt fosfor som er benyttet i feltene, men i liten grad en spesifisering av hvor i feltene granatene er blitt skutt.

Som et ledd i oppdraget ”Kartlegging av hvitt fosfor i skytefelt, Troms Fylke” gjennomførte derfor Forsvarsbygg en historisk kartlegging av hvor i feltene det er benyttet røykgranater med hvitt fosfor, samt en befaring av områdene (3). Denne kartleggingen har, sammen med gjennomgang av kart og fotografier dannet grunnlaget for FFIs utvelgelse av områder i de tre skytefeltene hvor det tas prøver for analyse av hvitt fosfor presentert i denne rapporten.

2 METODER

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden 22 – 26 august 2005. Arbeidet ble utført av to personer fra FFI, en person fra Forsvarsbygg og en person fra Norsk institutt for vannforskning (NIVA) fra Forsvarsbygg deltok Grete Rasmussen og fra NIVA deltok Jarl Eivind Løvik. FMO stilte med EOD (Explosive Ordonance Disposal) personell som kjentmenn og for bistand med identifisering av ammunisjonsstyper. Følgende personer deltok fra FMO: kapt Lars Dolmseth, kapt Joar Dahlkvist, kapt Ole Olstad og kapt Håkon Strand.

2.1 Utvelgelse av prøvetakningspunkter

For å skaffe en best mulig oversikt over hva som kan være maksimale konsentrasjoner av hvitt fosfor i de tre skytefeltene, er prøvetakingen lagt opp til at en aktivt identifiserer områder som kan være ”hot spots” og foretar prøvetaking av jord/sediment fra slike områder. ”Hot spots” for hvitt fosfor forurensning vil typisk være krater fra ammunisjon som inneholder hvitt fosfor (4)(5), samt dammer, pytter eller forsenkninger i terrenget der det står vann (6)(7).

Identifisering av "hot spots" er gjort av personell fra FFI i samråd med EOD personell fra FMO. Det er benyttet ulike metoder for å identifisere "hot spots". Kriteriene for identifisering av fosforkrater som ble benyttet var: visuelle kjennetegn i form av rester av ammunisjon med hvitt fosfor; kraterets utseende både med hensyn på romlig utbredelse og grad av plantevekst i nærområdet og i hvilken grad det observeres brennmerker ved kratret. Ved forbrenning av hvitt fosfor vil det kunne dannes et karakteristisk lag av rødt fosfor på utsiden av partikler med hvitt fosfor. Større partikler med hvitt fosfor kan derfor visuelt identifiseres på grunn av farge. Det ble også benyttet et feltinstrument (AP2C fra Proengin SA i Frankrike) som er sensitivt for fosfor for å lokalisere høye konsentrasjoner av hvitt fosfor.

2.2 Prøvetakning av jord/sediment

Det er tatt en rekke jord- og sedimentprøver i forbindelse med feltarbeidet. Jord- og sedimentprøvene vil avdekke om det er rester av hvitt fosfor i krater, noe som vil avhenge av jordsmonn, klimatiske faktorer, samt tidspunkt for skyting. Jordprøvene er hovedsaklig tatt i og omkring relativt ferske krater, mens sedimentprøvene er tatt fra permanente dammer og tjern.

Jord- og sedimentprøvene er tatt av overflatelaget. Dette er gjort for å relatere forurensningsnivået av hvitt fosfor til biotilgjengelighet for dyr og mennesker. Dybden vil variere noe avhengig av jordsmonn, men er typisk rundt 2-3 cm for jordprøver og noe dypere for sedimentprøver. Overflatelaget som det er tatt delprøve av er maksimalt 200 cm². Dette er et betydelig større prøvevolum enn det som er benyttet ved prøvetaking i Alaska (8), men med bakgrunn i undersøkelser gjort på Hjerkin (4) og at FFI har mulighet for å ekstrahere store prøvevolumer er det valgt å benytte så store prøver for å øke sannsynligheten for å få med fosforpartikler ved prøvetakingen. Hvert angitt prøvepunkt består i utgangspunktet av tre delprøver, noe som er med på å øke sannsynligheten for at partikler av hvitt fosfor skal bli prøvetatt. Ved analyse er alle delprøvene samlet til en prøve og hele prøven analysert. Sedimentprøvene er i utgangspunktet tatt på tilsvarende måte som jordprøvene, men det var her vanskelig å vurdere prøvedybden og prøvetatt areal. Dette skyldes veldig mykt sediment som raskt ble oppvirvlet ved prøvetaking. Denne formen for prøvetaking ved at flere prøver kombineres til en prøve ved analyse blir også anbefalt av miljøet i USA som har arbeidet med forurensning av hvitt fosfor i Alaska (8). Jord- og sedimentprøvene er tatt med spade eller øse av metall og overført til flasker med tett kork. Det er fylt vann på flaskene, slik at vannet overstiger de prøvetatte massene.

Det var i utgangspunktet planlagt å ta 8 jord/sedimentprøver fra hvert av de nedslagsområdene som er valgt ut i de tre skytefeltene. Antall prøver er relativt lite, men er bestemt ut i fra at det ble ansett som svært sannsynlig at en skulle finne krater fra ammunisjon med hvitt fosfor. Innholdet av hvitt fosfor i de enkelte krater fra ammunisjon med hvitt fosfor vil i utgangspunktet ikke variere mye, men vil selvsagt være avhengig av i hvilken grad det blir stående vann i krateret og om det er et krater fra bombekaster- eller artilleriammunisjon og hvor lenge det er siden krateret ble dannet. Det er valgt å ta prøver fra de kraterne som vurderes til og være yngst.

Ved utvelgelse av prøvepunkt har FFI prioritert å ta prøver fra vannfylte krater, ettersom hvitt fosfor vil forsvinne relativt fort om krateret tørker ut i deler av året. En nærmere beskrivelse av prøvetakningen i de ulike skytefeltene er redegjort for i Kapittel 3 og Appendiks A.

2.3 Prøvetakning av vann

Det er tatt vannprøver fra elver og bekker som har tilknytning til de utvalgte nedslagsområdene for å bestemme innholdet av hvitt fosfor. Prøvetakningen av vann tjener to formål. Det ene er å kvantifisere nivået av hvitt fosfor i vannet for og gjøre vurderinger av risiko knyttet til det å benytte vannet til drikkevann for mennesker og dyr, og eventuelt om nivået av hvitt fosfor i vannet kan ha effekter på vannlevende organismer. Det andre er å kunne gjøre grove estimater av mengde hvitt fosfor i form av partikler som ligger i de øvre sedimentlag i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning. Estimatenes baseres på data om oppløsningshastighet for hvitt fosfor i vann fra litteraturen (6), en antatt gjennomsnittlig partikkelstørrelse ut fra forsøkene gjort av FFI på HFK sletta (4), samt vannføringen i bekken/elven.

Oppløsningshastigheten av hvitt fosfor i vann vil i hovedsak være påvirket av i hvilken grad det er stillestående vann eller turbulent vann. Nedbrytningstiden for løst fosfor i vann er avhengig av mengde oksygen i vannet, temperatur og pH. Et høyt nivå av oksygen i vannet, høy temperatur og høy pH vil føre til en raskere nedbrytning av løst hvitt fosfor i vann. De estimater av mengde hvitt fosfor som ligger i sedimentene i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning er såpass grove at de nevnte faktorer vil ha liten betydning for de vurderinger som er gjort. Det er benyttet konservative verdier for oppløsningshastighet, ettersom denne parameteren er usikker. Beregningene som er gjort vil derfor overestimere mengden av partikler med hvitt fosfor i sedimentene i bekker, elver samt i arealer der det skjer overflateavrenning. En nærmere beskrivelse av prøvetakningen i de ulike skytefeltene er redegjort for i Kapittel 3 og Appendiks A.

2.4 Kjemisk analyse

Analysemetoden for hvitt fosfor i jord- og sedimentprøver er basert på en metode som ble utviklet av FFI i forbindelse med undersøkelser av hvitt fosfor i Hjerkinnskytefelt i 1988 (9). Denne metoden baserer seg på en ekstraksjon av hvitt fosfor med karbondisulfid og en gasskromatografisk bestemmelse ved bruk av nitrogen/fosfor detektor. En noe tilsvarende metode er senere blitt utviklet i USA, der det er utgitt en EPA metode 7580 for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver ved bruk av løsemiddelekstraksjon og gasskromatografi (10). I hovedsak er de metoder som er benyttet av FFI for analyse av hvitt fosfor i jord, sediment og vannprøver tilsvarende med det som er beskrevet i EPA metode 7580, men FFI benytter løsemidlet karbondisulfid og noe større prøvemengde ved ekstraksjon, noe som gir en forbedret deteksjonsgrense.

Karbondisulfid er det beste løsningsmidlet for hvitt fosfor. Dette er derfor valgt ved prøveoppbeidelse for å sikre at alt hvitt fosfor blir ekstrahert i prøver av jord/sediment

ettersom disse kan inneholde høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. De analysemetodene som FFI benytter for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver er nærmere beskrevet i FFI/RAPPORT-2003/01224 (11) og FFI/RAPPORT-2004/00177 (4). For jord- og sedimentprøver er delprøvene samlet til en prøve og hele denne prøven er ekstrahert og analysert. I etterkant er hele jord- og sedimentprøven tørket, slik at det kan beregnes en konsentrasjon av hvitt fosfor per mengde tørr jord/sediment. Med de analysemetodene som benyttes vil deteksjonsgrensen for hvitt fosfor være mer enn tilstrekkelig for å gjøre vurderinger av risiko for eventuelle rester av hvitt fosfor i nedslagsområdene.

2.5 Risikovurdering

Vanlig praksis ved risikovurdering av forurenset grunn er å bruke veilederen til SFT (12). Imidlertid er fordelingen av hvitt fosfor i Forsvarets skyte- og øvingsfelt punktvis fordelt, mens veilederen til SFT kun beregner risiko for forurensninger som er relativt jevnt fordelt innenfor områder av en viss romlig utstrekning. Hvitt fosfors spesielle egenskaper med hensyn på nedbrytning og oppholdstid i miljøet gjør også at et verktøy der dette blir tatt hensyn til vil egne seg bedre. Risikovurderingen vil i prinsipp være i overensstemmelse med det som er beskrevet i "Veiledning for risikovurdering av forurenset grunn" utgitt av Statens forurensningstilsyn (12), men er tilpasset hvitt fosfor sine kjemiske egenskaper og den partikulære fordelingen av hvitt fosfor. Det vil si at alle de premisene som veilederen legger opp til vil bli fulgt. I tillegg vil det bli gjort en beregning av sannsynligheten for at personer eller beitedyr kan komme i kontakt med de forurensete punktene. Effekter av hvitt fosfor på planter er ikke tidligere rapportert. Risikovurdering av hvitt fosfors effekt på flora er derfor ikke inkludert. FFI har utviklet et risikoverktøy for hvitt fosfor og andre stoffer som har liknende distribusjon i miljøet. Beregningene baserer seg på Bayesiansk statistikk og modellen er et Bayesiansk nettverk.

2.5.1 Bayesianske nettverk

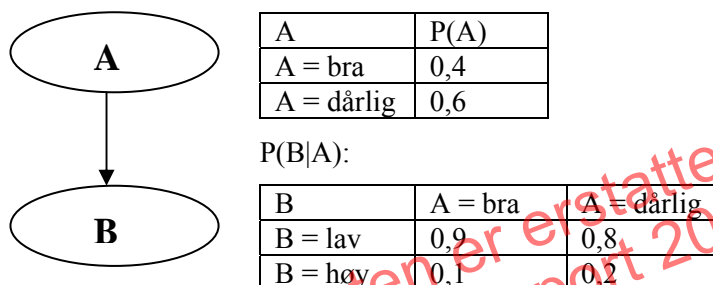
Bayesianske nettverk kalles så, fordi de bruker Thomas Bayes regel for sammenheng (Formel 2.1). Essensen i Bayesianske metoder er å gi en matematisk regel for hvordan du skal forandre dine forventninger i lys av ny erfaring eller empiri. Med andre ord, de tillater å kombinere nye data med eksisterende kunnskap eller ekspertise.

$$P(R = r|e) = \left(\frac{P(e|R = r)P(R = r)}{P(e)} \right) \quad (2.1)$$

hvor $P(R=r|e)$ er sannsynligheten for at en tilfeldig variabel R har verdien r gitt bevis e .

Et Bayesiansk nettverk består av ett sett noder og ett sett retningsbestemte kanter, hvor nodene inneholder data om en eller annen tilstand og hvor kantene indikerer årsakssammenheng mellom de ulike tilstandene i systemet. Det enkleste Bayesianske nettverk består av 2 noder (A

og B) og en kant (se Figur 2.1). For å beskrive noder uten inngående kanter (A) oppgir man en ubetinget sannsynlighetsfordeling, mens for noder med inngående kanter (B) oppgir man en betinget sannsynlighetsfordeling. Normalt indikerer en kant fra A til B at A enten forårsaker B, at A delvis forårsaker B, at B er en ufullstendig observasjon av A, at A og B er funksjonelt relatert, eller at A og B er statistisk korrelert.



Figur 2.1 Eksempel på et enkelt Bayesiensk nettverk

Bayesianske nettverk fanger opp disse relasjonene som kan være stokastiske, upresise, eller usikre mellom variable som er relevant for et eller annet problem. Verdien til en node avhenger av hvilken verdi hvert av foreldrenodene har.

2.5.2 Livstidseksponering

Inntak av drikkevann forurenset med hvitt fosfor kan føre til helseeffekter hos mennesker. I den forbindelse er det viktig å undersøke om forurensningen i feltet kan påvirke drikkevannskilder, og om vannet som renner ut av feltene kan egne seg som drikkevann.

2.5.3 Eksponering av mennesker i målområder

Gjennom flere års bruk av skytefeltene kan det i enkelte områder være akkumulert store mengder hvitt fosfor. Spesielt i fuktige områder vil dette være sannsynlig. Eksponeringen kan skje gjennom tilfeldig oralt inntak av jord, og ved drikking av vann fra bekker og tjern. Det er imidlertid stor usikkerhet rundt hvor mye det er skutt og i hvilke målområder. I Setermoen skytefelt hvor det ble valgt ut tre målområder for undersøkelse av hvitt fosfor tar risikovurderingen høyde for at mesteparten av røykammunisjon med hvitt fosfor som er benyttet de siste årene har havnet innenfor de utvalgte målområdene. Det samme er gjort ved risikovurdering i Blåtind og Mauken skytefelt.

2.5.4 Eksponering av beitedyr

På lik linje med mennesker kan beitedyr som for eksempel rein, elg, sau eller storfe bli eksponert gjennom oralt inntak av jord og ved drikking av vann fra bekker eller tjern. Beiting

innebærer et høyere oralt inntak av jord enn det som er tilfelle for mennesker. Det er også mulig at beitedyr i større grad vil drikke vann fra pytter med stillestående vann som kan inneholde høyere konsentrasjoner av hvitt fosfor.

2.5.5 Eksponering av fauna

Store rovdyr som jerv og gaupe, samt mer stasjonær fauna som lemmen, markmus og lignende som kan påvirkes av forurensningen.

3 BESKRIVELSE AV PRØVETAKNINGOMRÅDER

Feltarbeidet ble utført i perioden 23–25 august 2005. Det var stort sett fint vær i prøvetaksperioden, men natt til 24 august og om morgenen denne dagen var det et kraftig regnskyll i prøvetaksområdene. Dette førte til stor tilførsel av vann fra nedbørsfeltene med mulighet for transport av hvitt fosfor partikler fra nedslagsområder og ut i elver og bekker. Nedbøren førte til høy vannføring i elver og bekker og dette kan også ha ført til en episodisk oppvirvling av sedimenterte partikler av hvitt fosfor i elven/bekken.

Nedenfor er det gitt en grov beskrivelse av de prøvetatte områdene. Hvert enkelt prøvetakingspunkt er detaljert beskrevet i Appendiks A. I Appendiks B er nedbørsfeltene til de ulike vannprøvene i de tre skytefeltene vist, mens det i Appendiks C er oppgitt GPS posisjoner for alle prøvene.

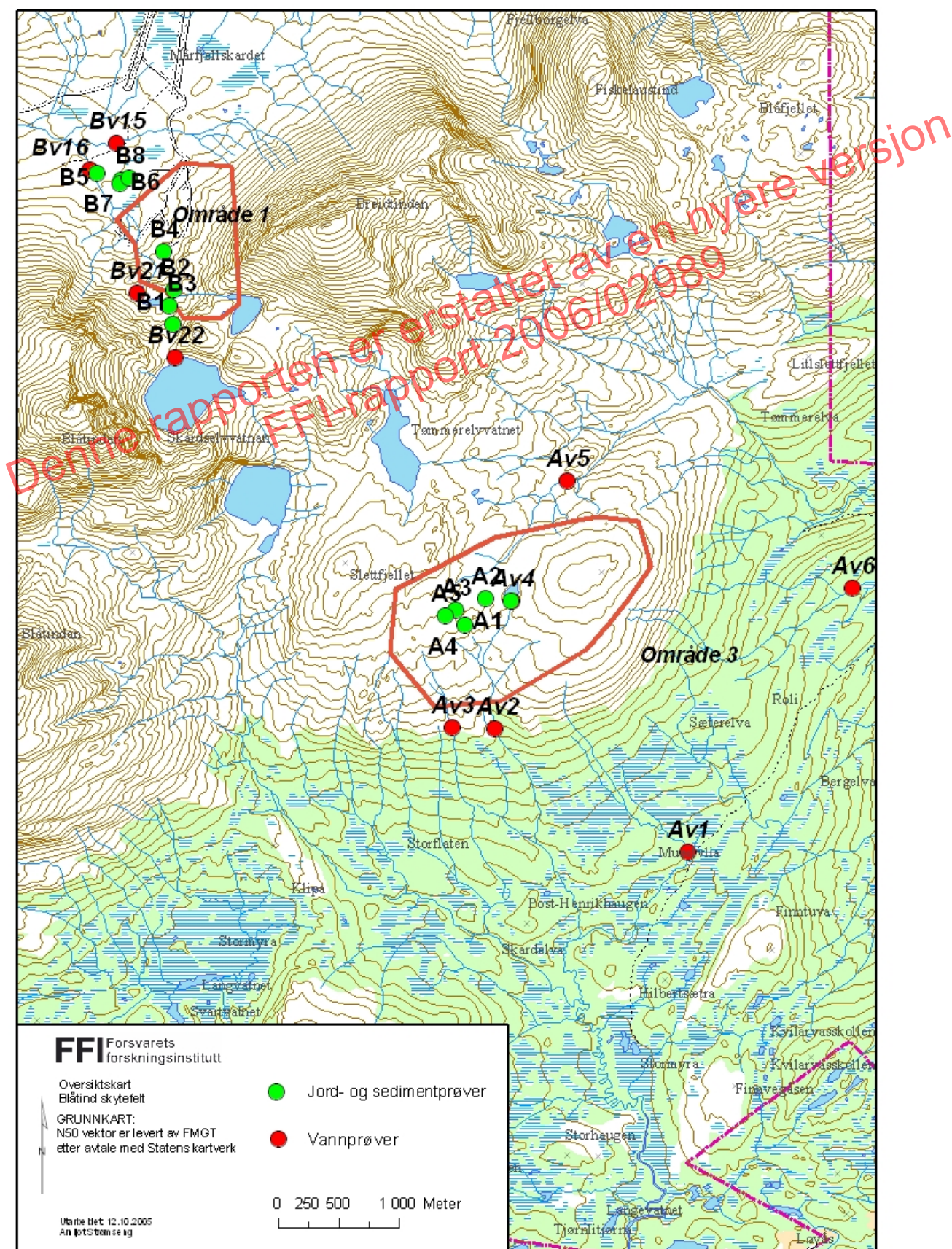
3.1 Blåtind skytefelt

Område 1

Dette prøvetakingsområdet ligger på sydsiden av Mårfjellskardet over skoggrensen i en høyde som strekker seg fra 550 moh til 750 moh (Figur 3.1). Området består av morenemasser av stor mektighet i dalbunnen med stedvis innslag av våtere myrområder. Det er relativt liten hellingsgrad i de laveste delene av området. I denne delen av området er det mange oppstikkende steiner. Noen av de største steinene brukes ofte som mål for skyting med stridsvogn og bombekaster. Det svakt hellende terrenget i dalen går over til å bli brattere mot sydøst. Her er det oppstikkende fjellknauser med løsmasser av mindre mektighet. Lengst sydøst er det bratte fjellskrenter som strekker seg mot Breidtinden og Blåtindan. Vegetasjonen i hele området består av ulike arter gress, starr, mose, bregner og lyng.

Område 3

Dette prøvetakingsområdet ligger over skoggrensen øst for Blåtindan ved Slettfjellet (Figur 3.1). Området der det ble tatt jord- og sedimentprøver strekker seg fra 500 moh til 670 moh. De laveste områdene for prøvetaking av vann i bekker og elver går ned til 300 moh. Områdene opp mot Slettfjellet består av relativt tørre rabber med våtere søkk i terrenget. Vegetasjonen her består av ulike arter gress, starr, mose, vier, bregner, og lyng. Der de fleste vannprøvene ble tatt er det skogsvegetasjon med bjørk.

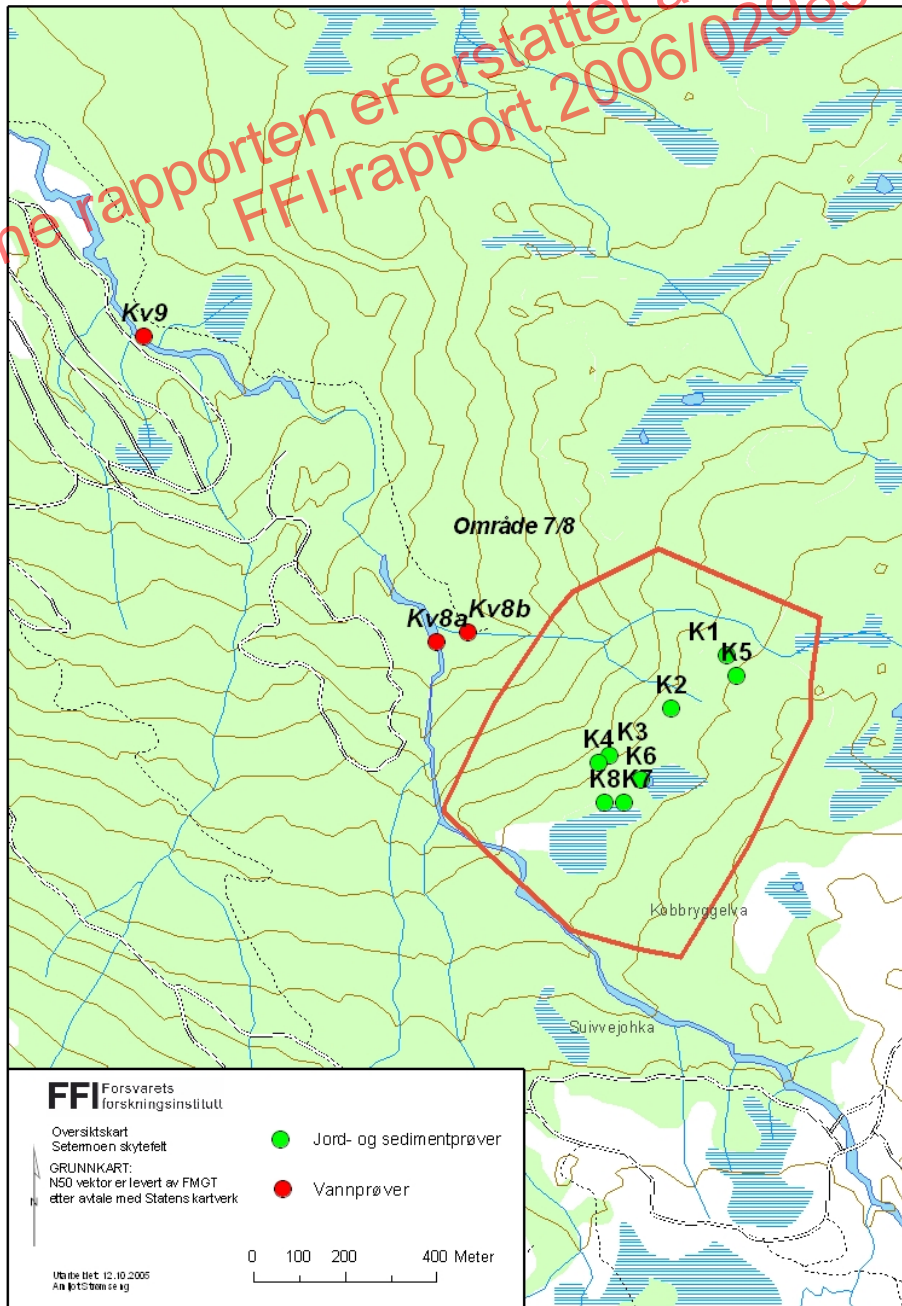


Figur 3.1 Oversikt over prøvepunkter i Blåtind skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2 Setermoen skytefelt

3.2.1 Område 7/8 i Kobbryggdalen

Dette prøvetakingsområdet ligger nordøst for Kobbryggelva i starten av Kobbryggdalen og består av en fjellskrent med et bakenforliggende myrområde (Figur 3.2). Området hvor det ble tatt jord- og sedimentprøver ligger fra 400 moh til 450 moh. Vegetasjonen i området varierer fra bjørkeskog til åpne myrområder. Disse myrområdene har en vegetasjon av ulike arter av gress, starr, lyng og mose.

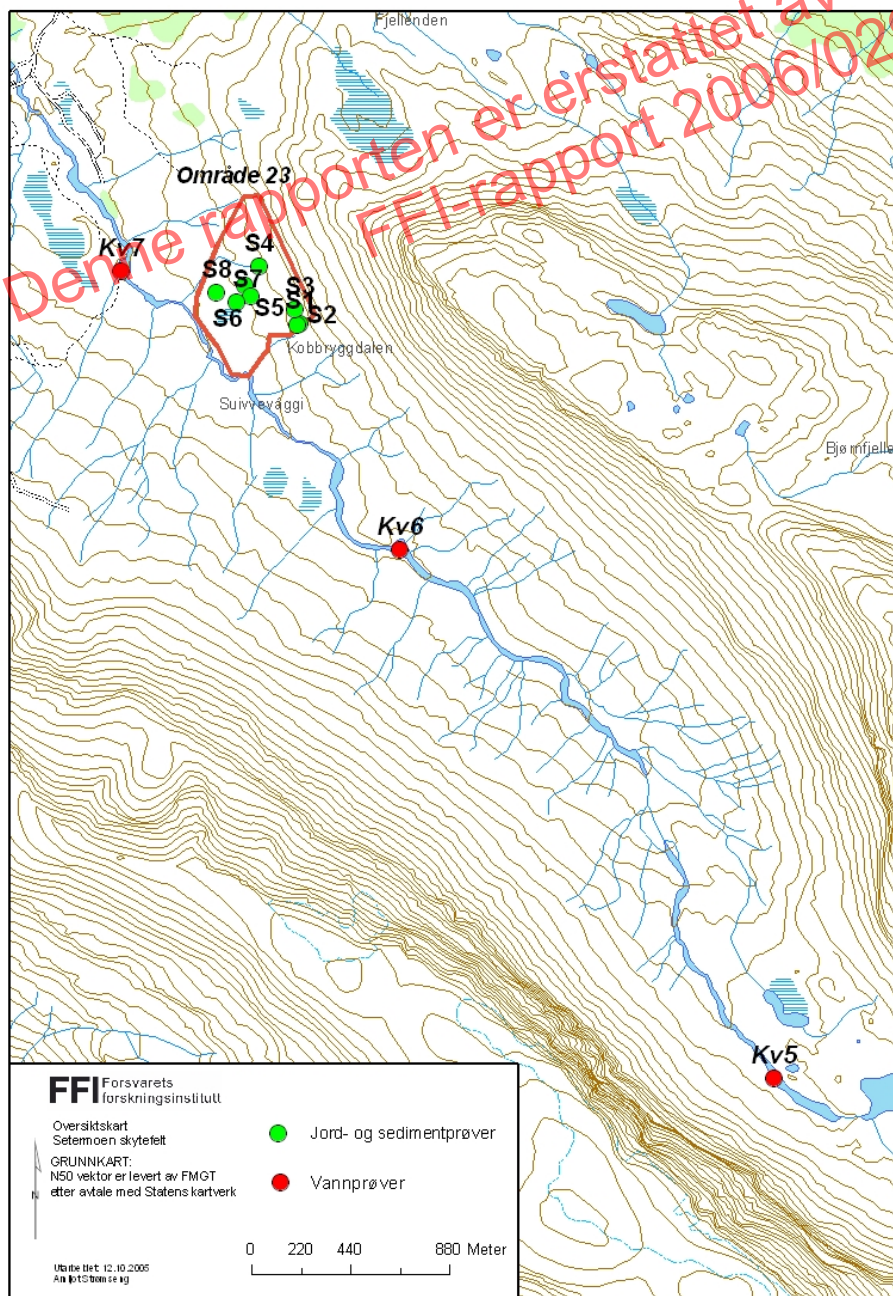


Figur 3.2 Oversikt over prøvepunkter fra område 7/8 i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2.2 Område 23 i Kobbryggdalen

Dette prøvetakingsområdet ligger lenger sydøst for prøvetakingsområde 7/8 og øst for Kobbryggelva (Figur 3.3). Området er svakt hellende lengst ned mot elva med stort innslag av våte myrdrag. Høyere opp i området er det brattere og noe tørrere.

Prøvetaking av vann ble gjort gjennom hele kobbryggdalen fra 250 moh til 700 moh. Det er stor variasjon i både vegetasjonsdekke og i løsmassens mektighet gjennom dalen. Generelt er det en del våte myrområder i dalbunnen av Kobbryggdalen, men det finnes også tørre morenerabber.

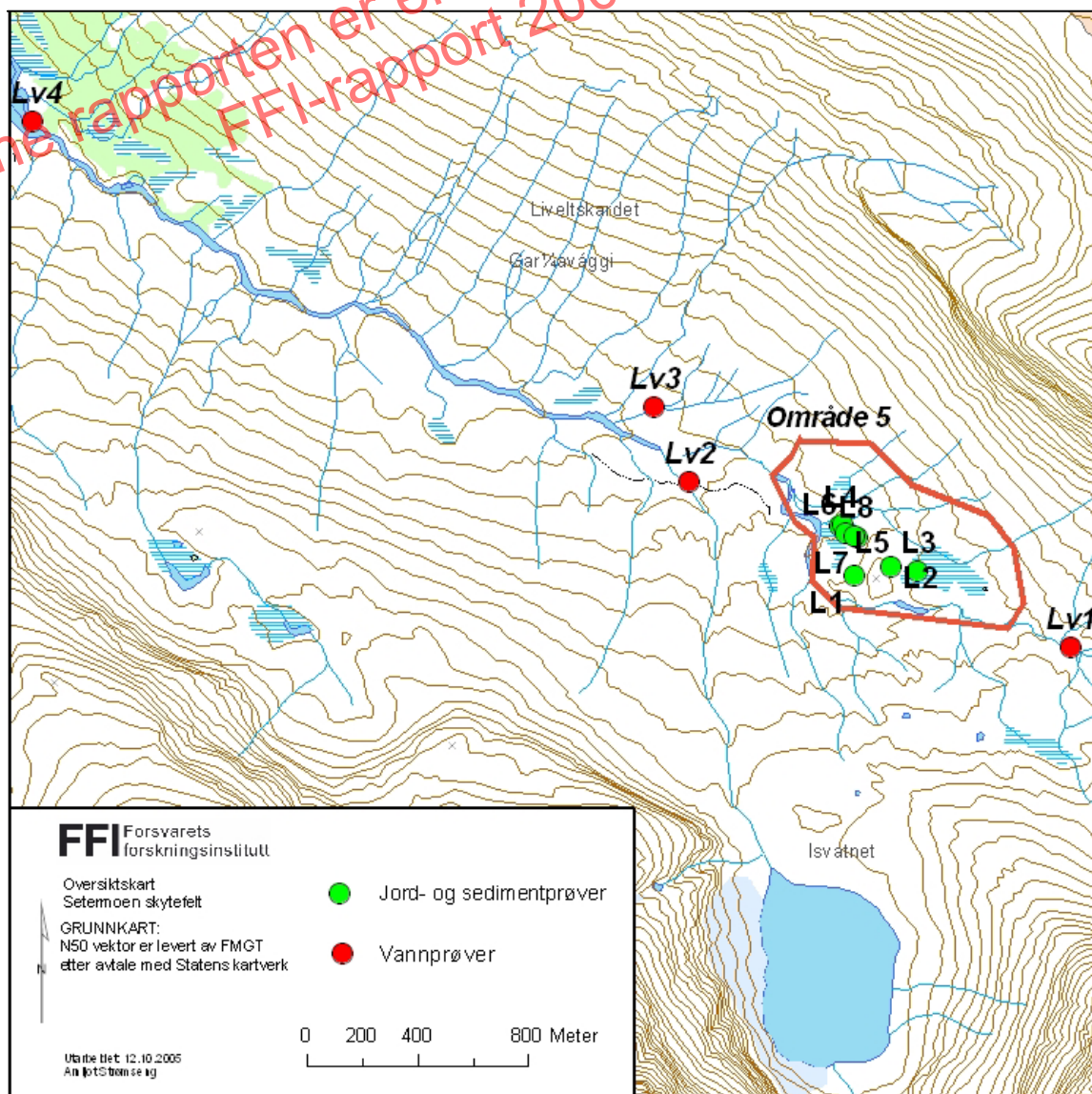


Figur 3.3 Oversikt over prøvepunkter fra område 23 i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.2.3 Området 5 i Liveltskardet

Dette prøvetakingsområdet består av en morenerygg med stor mektighet med myrområder både nordvest og sydøst for ryggen (Figur 3.4). Området hvor det ble tatt jord- og sedimentprøver ligger ca 600 moh. Vegetasjonen på myrene består av ulike arter starr, gress, vier og mose. På moreneryggen er det lyng, gress, vier, lav og mose.

Prøvetakingen av vann ble gjort gjennom hele Liveltskardet fra 500 moh til 700 moh. Denne dalen består av varierende mektighet av moreneløsmasser, hvor det er partier med våte myrer og tørre rabber. Generelt består vegetasjonen av ulike arter av gress, vier, starr, lyng og mose. Ved det nederste prøvetakingspunktet for vann er det bjørkevegetasjon.

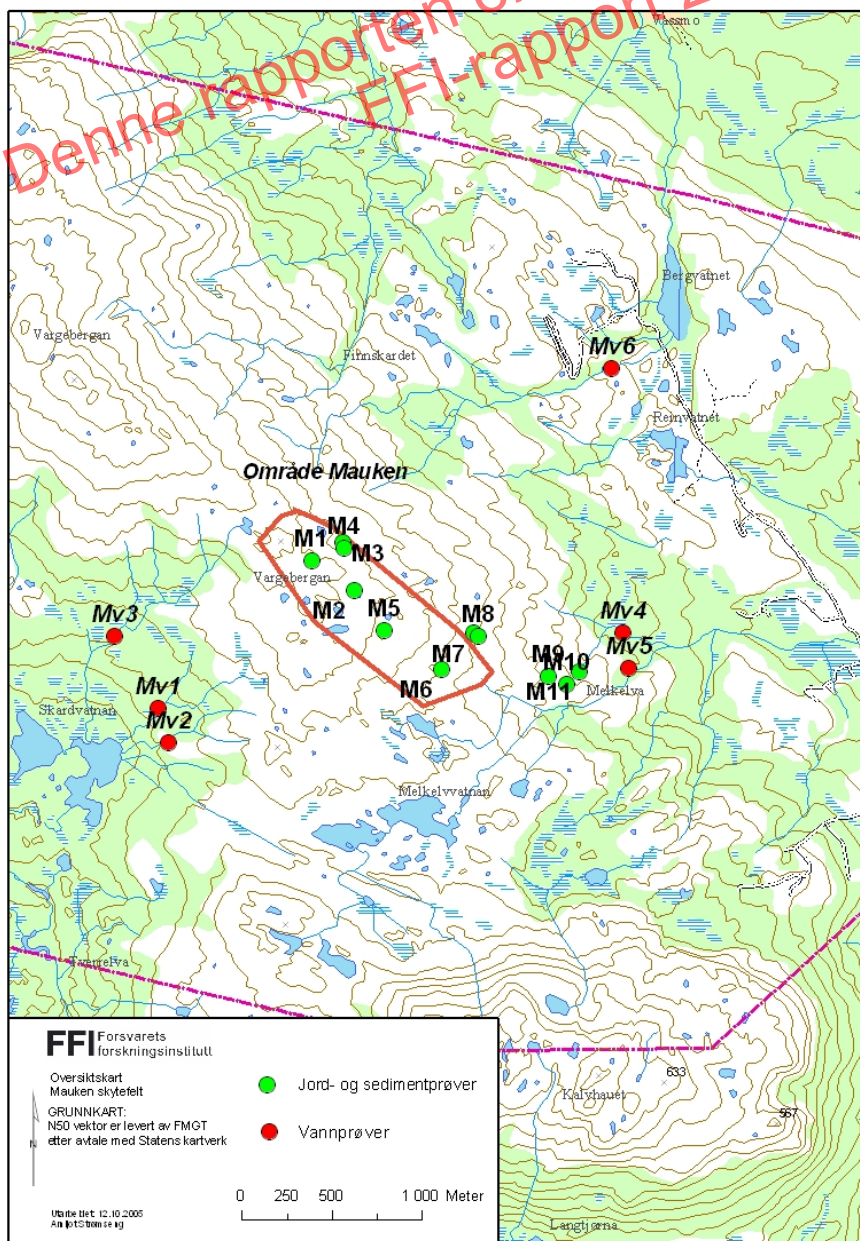


Figur 3.4 Oversikt over prøvepunkter fra område 5 i Liveltskardet i Setermoen skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

3.3 Mauken skytefelt

Dette prøvetakingsområdet ligger sydøst for Vargbergan og består av relativt tørre rabber med enkelte våtere søkk i terrenget (se Figur 3.5). Det er flere små tjern i området som ligger innenfor nedslagsområdene for artilleri og bombekaster. Området for jord- og sediment strekker seg fra 450 moh til 570 moh og har et relativt tynt dekke av løsmasser med oppstikkende fjellknauser og oppstikkende steiner. Et langt større område enn det som var tenkt ble gjennomgått for å lete etter rester av hvitt fosfor etter nærmere anvisning fra skytefeltforvalter og flere av prøvepunktene ligger derfor utenfor det planlagte prøvetakingsområdet.

Vannprøvene ble tatt ned til skogsgrensen på 450 moh. Vegetasjonen i området består av spredt fjellbjørk og ulike arter av gress, starr, mose, vler og lyng.



Figur 3.5 Oversikt over prøvepunkter fra Mauken skytefelt. Rød avgrensning viser planlagt prøvetakingsområde for jord- og sedimentprøver

4 RESULTATER

I Appendiks D og E er resultatene fra analysene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver og vannprøver gjengitt. Her er også mengden tørr prøve som er ekstrahert oppgitt for den enkelte jord/sedimentprøve.

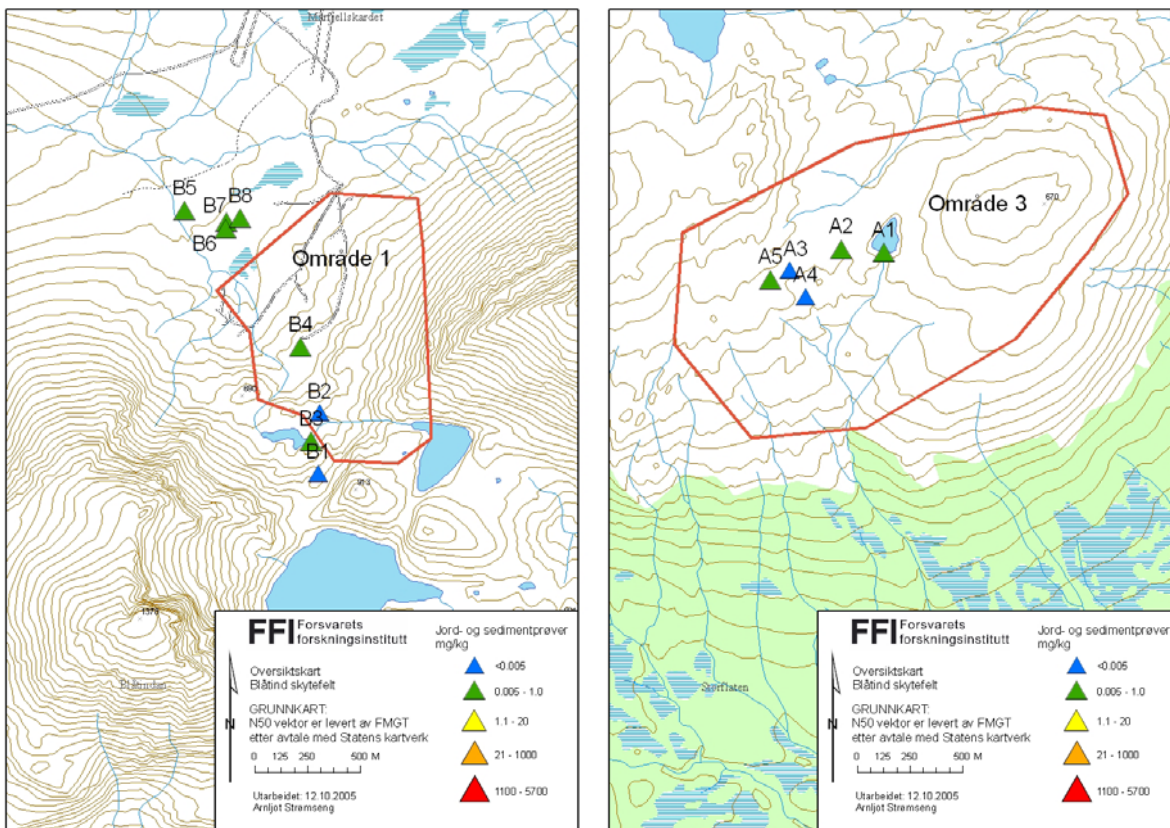
4.1 Blåtind skytefelt

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver fra område 1 og 3 er vist i Tabell 4.1, mens konsentrasjonene av hvitt fosfor i vannprøver er vist i Tabell 4.2. Det var ingen av jord/sedimentprøvene tatt i Blåtind skytefelt som viste seg å inneholde høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, noe som er vist i Figur 4.1. Det er derfor på det rene at det ikke lot seg gjøre å oppspore krater fra ammunisjon med hvitt fosfor som har vært vannfylte siden dannelsen. Det ble påvist små mengder med hvitt fosfor i de fleste prøvene, noe som indikerer at det er blitt skutt hvitt fosfor inn i området. Det er lite våte områder både i område 1 og 3 og det ble observert få krater i disse to områdene og dette er sikkert årsaken til at ingen av prøvene inneholdt høye konsentrasjoner av hvitt fosfor. I område 3 var det nærmest ingen krater, hverken fra hvitt fosfor eller annen ammunisjon. Dette kan skyldes at området stort sett har vært brukt i perioder med tykt snødekke. På grunn av manglende funn av krater, ble prøvetakingen her konsentrert rundt større våte arealer i nær tilknytning til aktuelle mål i området som fremstikkende bergknauser og store steiner. Større arealer ble samlet i en blandprøve og antallet prøver i dette området er derfor mindre enn det som var planlagt.

Det ble ikke funnet konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøven tatt i vannkanten av Øvre Skardselvatn eller den tatt lengst nordøst i område 1. Dette viser at det sannsynligvis ikke er skutt røykgranater med hvitt fosfor i den nordøstre delen av område 1 eller så langt inn som til Øvre Skardselvatn. De maksimale konsentrasjonene av hvitt fosfor i vannprøver fra både område 1 og 3 er tilsvarende med det som ble påvist i de to andre skytefeltene. I Figur 4.2 er konsentrasjonen av hvitt fosfor i de ulike vannprøvene illustrert.

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve
A1, område 3	0,083
A2, område 3	0,017
A3, område 3	< 0,005
A4, område 3	< 0,005
A5, område 3	0,017
A5 rødt produkt , område 3	< 0,001
B1, område 1	< 0,005
B2, område 1	< 0,005
B3, område 1	0,091
B4, område 1	0,055
B5, område 1	0,11
B6, område 1	0,052
B7, område 1	0,024
B8, område 1	0,009

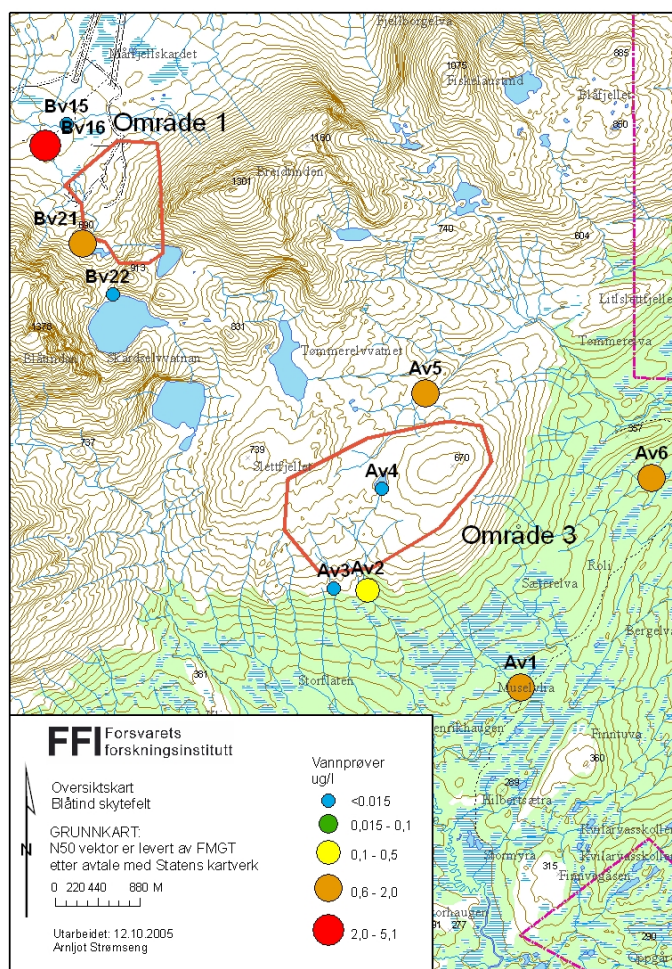
Tabell 4.1 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver i område 1 og 3 i Blåtind skytefelt. Lokalisering av prøvene er vist i Figur 4.1



Figur 4.1 Prøvepunkter for jord- og sediment i Blåtind skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, µg/l vann
Av1, område 3	1,5
Av2, område 3	0,42
Av3, område 3	< 0,015
Av4, område 3	< 0,015
Av5, område 3	1,2
Av6, område 3	1,8
Bv15, område 1	< 0,015
Bv16, område 1	3,7
Bv21, område 1	1,6
Bv22, område 1	< 0,015

Tabell 4.2 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver tatt i område 1 og 3 i Blåtind skytefelt. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.2



Figur 4.2 Prøvepunkter for vann i Blåtind skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

4.2 Setermoen skytefelt

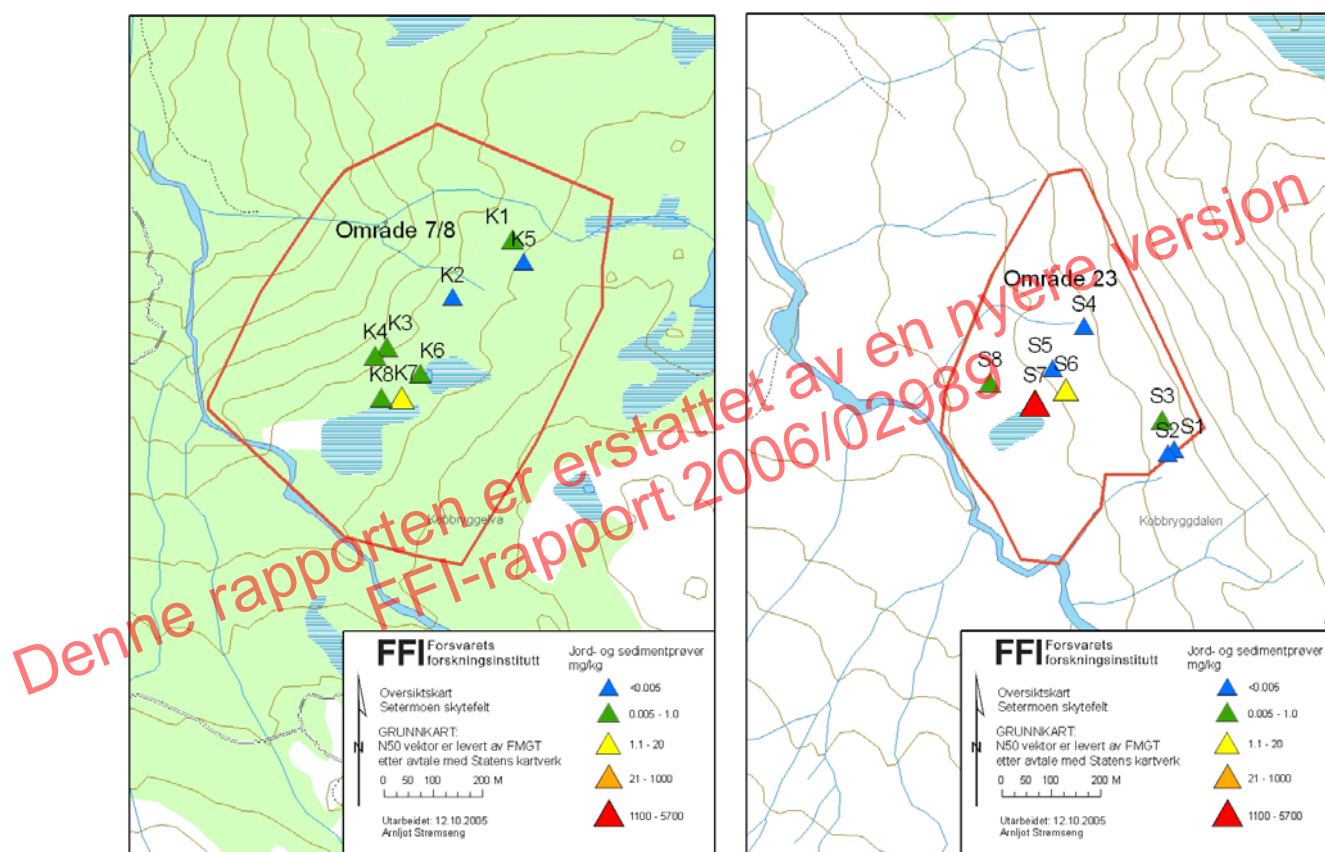
4.2.1 Kobbryggdalen

Tabell 4.3 viser konsentrasjonen av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 7/8 og område 23 i Kobbryggdalen. Ingen av prøvene tatt i område 7/8 viser veldig høye konsentrasjoner av hvitt fosfor, mens det i område 23 var en prøve som hadde høyt innhold av hvitt fosfor, noe som er illustrert i Figur 4.3. Denne prøven er tatt fra et artillerikrater som er lokalisert i den våteste delen av område 23 og det er derfor sannsynlig at det står vann i dette kratret til enhver tid. Nivået av hvitt fosfor i denne prøven er sammenlignbart med det som FFI har målt nede i ferske krater fra 155 mm artilleriammunisjon i Hjerkinnskytefelt (upubliserede data). I område 7/8 ble de høyeste konsentrasjonene av hvitt fosfor funnet i den våteste delen av området.

I vannprøvene som ble tatt i Kobbryggdalen er konsentrasjonen av hvitt fosfor omtrent den samme ved alle prøvestasjonene (Tabell 4.4) og nivået av hvitt fosfor er sammenlignbart med det som er funnet i Svåni i Hjerkinnskytefelt (upubliserede data). Ettersom det ble funnet hvitt fosfor i vannprøven tatt ved prøvepunkt Kv5, må det være skutt ammunisjon som inneholder hvitt fosfor lenger inn i dalen enn dette. En oversikt over prøvepunkter for vann og konsentrasjonen av hvitt fosfor er vist i Figur 4.4.

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve
K1, område 7/8	0,046
K2, område 7/8	< 0,005
K3, område 7/8	0,11
K4 våt, område 7/8	< 0,005
K4 tørr, område 7/8	0,047
K5, område 7/8	< 0,005
K6, område 7/8	0,18
K7, område 7/8	2,4
K8, område 7/8	0,011
S1, område 23	< 0,005
S2, område 23	< 0,005
S3, område 23	0,005
S4, område 23	< 0,005
S5, område 23	< 0,005
S6, område 23	3,0
S7, område 23	2000
S8, område 23	0,008

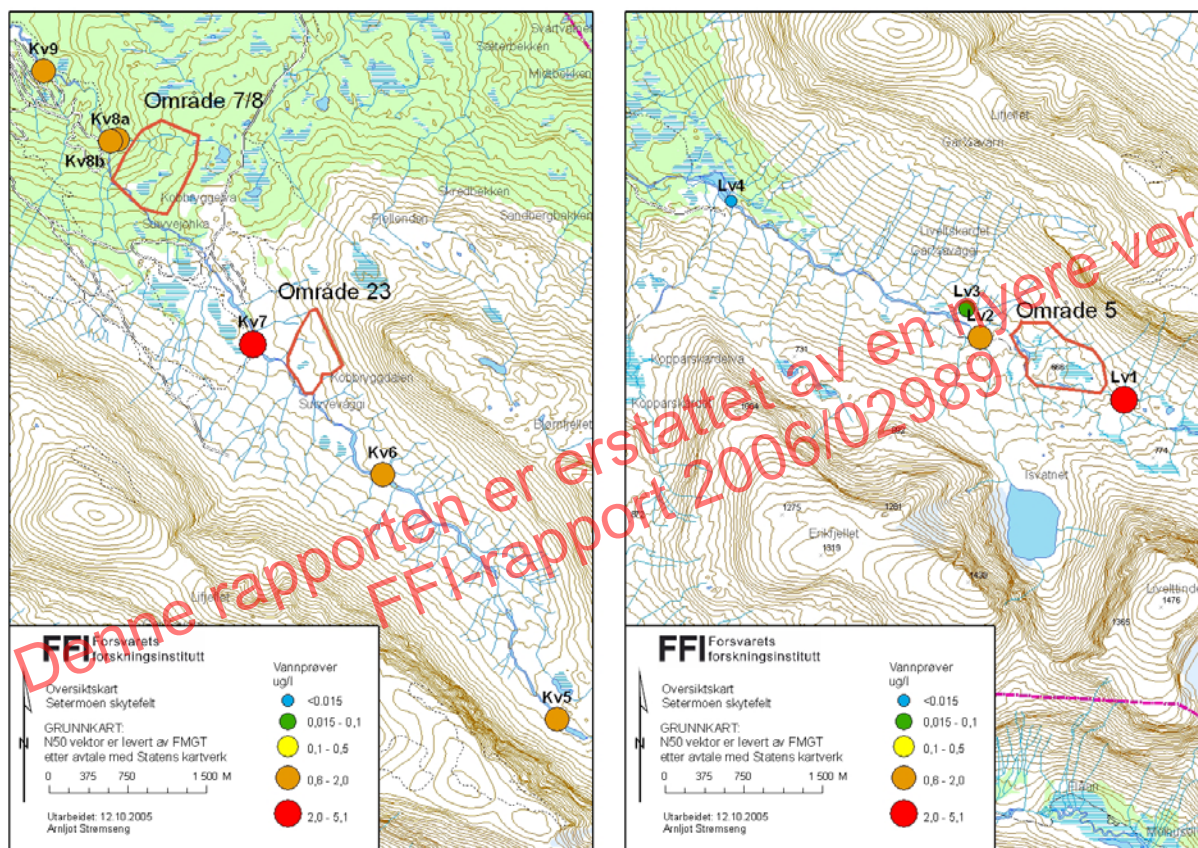
Tabell 4.3 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 7/8 og område 23 i Kobbryggdalen. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.3



Figur 4.3 Prøvepunkter for jord- og sediment i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, $\mu\text{g/l}$ vann
Kv5	1,3
Kv6	1,1
Kv7	3,3
Kv8A	1,2
Kv8B	1,8
Kv9	1,8

Tabell 4.4 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Kobbryggdalen. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.4



Figur 4.4 Prøvepunkter for vann i Setermoen skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

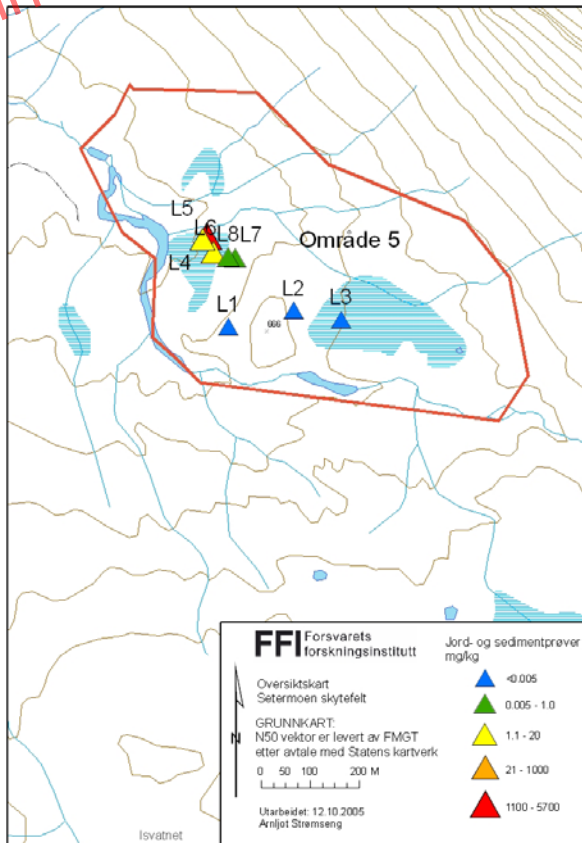
4.2.2 Liveltskardet

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver fra Liveltskardet er vist i Tabell 4.5, mens konsentrasjonene av hvitt fosfor i vannprøver er vist i Tabell 4.6. I Liveltskardet er det ved en prøvelokalitet (L5) funnet høyt innhold av hvitt fosfor og nivået er tilsvarende med det som ble funnet i Kobbryggdalen. Denne prøven er lokalisert til det flate og våte myrområdet som ligger i vestkanten av område 5 og det er sannsynlig at krater i dette området inneholder vann hele året. I dette området ble det også funnet mindre rester av hvitt fosfor i flere prøver. I de prøvene som ble tatt i den østre delen av område 5, ble det ikke funnet rester av hvitt fosfor.

Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann er høyest innerst i Liveltskardet og konsentrasjonen avtar utover i dalen. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i prøven tatt lengst ut i Liveltskardet. Etter som den høyeste konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann ble påvist lengst inn i Liveltskardet, betyr dette at det er skutt røykammunisjon med hvitt fosfor lenger inn i Liveltskardet enn område 5. I Figur 4.4 er det vist en oversikt over prøvepunkter for vann og innholdet av hvitt fosfor.

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve
L1, område 5	< 0,005
L2, område 5	< 0,005
L3, område 5	< 0,005
L4, område 5	1,3
L5, område 5	2300
L6, område 5	1,7
L7, område 5	0,080
L8, område 5	0,024

Tabell 4.5 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.5



Figur 4.5 Prøvepunkter for jord- og sediment i Liveltskardet i Setermoen skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, µg/l vann
Lv1	4,9
Lv2	1,0
Lv3	0,027
Lv4	< 0,015

Tabell 4.6 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Liveltskaret. Lokalisering av prøvepunkter er vist i Figur 4.4

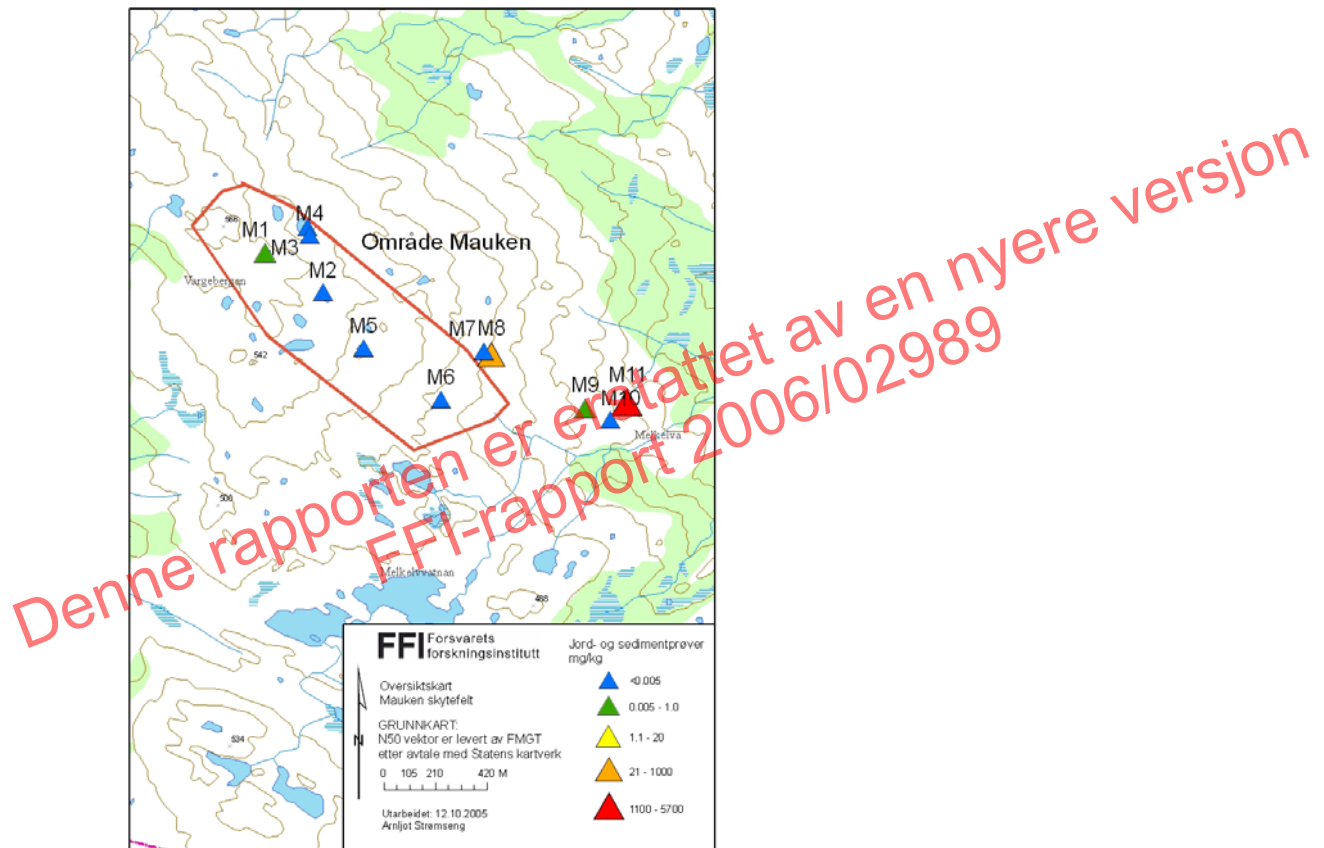
4.3 Mauken skytefelt

De målte konsentrasjonene av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver er vist i Tabell 4.7, mens konsentrasjonene av hvitt fosfor i vannprøver er vist i Tabell 4.8. Av de 11 jord/sedimentprøvene som ble tatt i Mauken var det en prøve som inneholdt mye hvitt fosfor, noe som er illustrert i Figur 4.6. I forbindelse med feltarbeidet ble det foretatt en viss justering av det planlagte prøvetakingsområdet etter nærmere anvisning fra skytefeltforvalter. Det ble funnet et kratet fra røykammunisjon med hvitt fosfor noe øst for det som var planlagt prøvetakingsområde i Mauken. Dette kratet var relativt nytt og vannfylt noe som forklarer det høye nivået av hvitt fosfor i dette kratet. I de andre prøvene ble det stort sett ikke funnet hvitt fosfor over deteksjonsgrensen.

I tre av de seks vannprøvene ble det påvist konsentrasjoner av hvitt fosfor over deteksjonsgrensen. Den maksimale konsentrasjonen av hvitt fosfor i vannprøvene var sammenlignbar med det som ble funnet i de andre skytefeltene. Dette viser at det ligger hvitt fosfor i det området som er undersøkt og at det transporteres noe hvitt fosfor ut av området med vannmassene. I Figur 4.7 er det vist en oversikt over prøvepunkter for vann og innholdet av hvitt fosfor.

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve
M1	0,13
M2	< 0,005
M3	< 0,005
M4	< 0,005
M5	< 0,005
M6	< 0,005
M7	< 0,005
M8	26
M9	0,080
M10	< 0,005
M11	5700

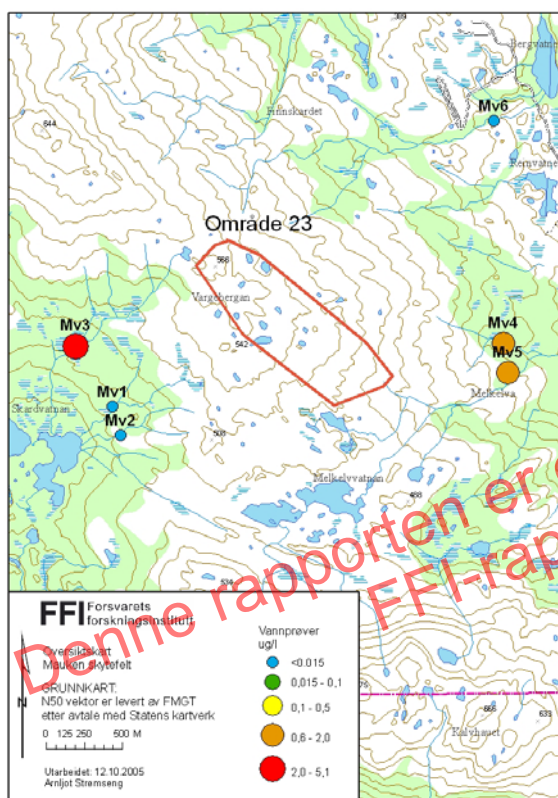
Tabell 4.7 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord/sedimentprøver tatt i Mauken. Lokalisering av prøvene er vist i Figur 4.6



Figur 4.6 Prøvepunkter for jord- og sediment i Mauken skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

Prøvepunkt	Konsentrasjon av hvitt fosfor, $\mu\text{g/l}$ vann
Mv1	< 0,015
Mv2	< 0,015
Mv3	5,1
Mv4	0,77
Mv5	2,0
Mv6	< 0,015

Tabell 4.8 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i vannprøver tatt i Mauken skytefelt. Lokalisering av prøvene er vist i Figur 4.7



Figur 4.7 Prøvepunkter for vann i Mauken skytefelt markert med konsentrasjonskategorier for hvitt fosfor

4.4 Estimat av mengde hvitt fosfor i de undersøkte områdene

Det er foretatt en beregning av vannføring i de elver og bekker som er prøvetatt med utgangspunkt i størrelsen på nedbørsfeltet til hvert enkelt prøvepunkt og middelvannføring for nedbørsfeltet. Den beregnede vannføringen er oppgitt for hvert enkelt prøvepunkt av vann i Appendiks A. Med bakgrunn i vannføringen til den enkelte elv/bekk som er prøvetatt og målt konsentrasjon av hvitt fosfor i elven/bekken er det mulig å estimere mengde hvitt fosfor som ligger i nedbørsfeltet til den enkelte vannprøve. I de beregninger som er gjort for å estimere mengden hvitt fosfor i nedbørsfeltet, er det valgt en gjennomsnittlig partikkelstørrelse av hvitt fosfor på 5 mm og partiklene er antatt å være kuleformede. Vannprøvene er ikke filtrert før de er analysert og det kan derfor være partikler av hvitt fosfor i vannprøvene. Om det er partikler i vannprøvene vil dette overestimere mengden hvitt fosfor i nedbørsfeltene. Det er mistanke om at dette er tilfelle i flere av vannprøvene, særlig i L1 tatt i Liveltskardet. Det hadde regnet mye om natten og på morgenen. Vannføringen hadde derfor steget i løpet av morgenen. Det ble observert mye partikler i vannet ved prøvetaking ved dette prøvepunktet og det er derfor sannsynlig at også små partikler med hvitt fosfor kan ha kommet med vannet. Hadde vannprøven ved L1 vært tatt senere på dagen ville nivået av hvitt fosfor sannsynligvis vært en del lavere.

Estimerte mengder av hvitt fosfor i de enkelte nedbørsfelter er vist i Tabell 4.9, Tabell 4.10 og

Tabell 4.11 for henholdsvis Blåtind skytefelt, Setermoen skytefelt og Mauken skytefelt. Metoden som er benyttet er ikke egnet for å gi en eksakt mengde, men må snarere betraktes som kvalitative størrelser som indikerer hvor det er mye og hvor det er lite hvitt fosfor. Usikkerheten forsterkes betydelig ved at det er misstanke om at det er partikler med hvitt fosfor i vannet.

Prøvepunkt	Areal av nedbørsfelt (km ²)	Estimert mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltet (kg)	kg/km ²
Av1, område 3	1,3	5,2	4,0
Av2, område 3	0,9	1,1	1,2
Av3, område 3	0,24	< 0,01	< 0,04
Av4, område 3	0,1	< 0,01	< 0,1
Av5, område 3	1,0	3,3	3,3
Av6, område 3	1,4	6,9	4,9
Bv15, område 1	1,6	< 0,1	0,06
Bv16, område 1	2,3	37	16
Bv21, område 1	0,9	6,3	7,0
Bv22, område 1	1,2	Innsjø og derfor ikke beregnet	

Tabell 4.9 Grovt estimat av mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltene i Blåtind skytefelt. Tallene gir indikasjon på områder med mye og lite hvitt fosfor

Prøvepunkt	Areal av nedbørsfelt (km ²)	Estimert mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltet (kg)	kg/km ²
Kv5	5,8	41	7,1
Kv6	13,1	78	6,0
Kv7	18,3	329	18
Kv8A	24,0	157	6,5
Kv8B	0,56	4,4	7,9
Kv9	27,6	271	9,8
Lv1	6,6	176	27
Lv2	3,8	20	5,3
Lv3	9,5	1,4	0,1
Lv4	24,1	< 2,0	< 0,1

Tabell 4.10 Grovt estimat av mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltene i Setermoen skytefelt. Tallene gir indikasjon på områder med mye og lite hvitt fosfor

Prøvepunkt	Areal av nedbørsfelt (km ²)	Estimert mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltet (kg)	kg/km ²
Mv1	0,4	< 0,1	< 0,3
Mv2	0,2	< 0,1	< 0,5
Mv3	0,9	10	11
Mv4	0,7	1,2	1,7
Mv5	2,9	13	4,5
Mv6	1,2	< 0,1	< 0,1

Tabell 4.11 Grovt estimat av mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltene i Mauken skytefelt. Tallene gir indikasjon på områder med mye og lite hvitt fosfor

5 RISIKOVURDERING

5.1 Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann

Vann som drenerer ut av øvingsområdene kan transportere hvitt fosfor til andre områder hvor mennesker kan eksponeres. Vannkonsentrasjonen i disse elvene ble derfor målt. Det er ingen offentlige drikkevannskilder som tar imot vann fra Setermoen skytefelt, men det er usikkert om det kan være private kilder. I Kobbryggelva i Setermoen skytefelt ble det funnet konsentrasjoner i vann i området 1,3 til 3,3 µg/l. Gitt at en person på 70 kg drikker 2 liter vann fra denne elva hver dag gir dette et daglig inntak på omkring 0,1 µg/kg kroppsvekt/dag. Akseptabelt livstidsinntak av hvitt fosfor er satt til 0,02 µg/kg kroppsvekt/dag (13), slik at om denne personen kun eksponeres for hvitt fosfor fra drikkevann overstiges akseptabelt livstidsinntak med fem ganger. Det betyr at man ikke kan utelukke helseeffekter dersom dette vannet benyttes direkte som drikkevannskilde. I Mauken skytefelt ble det også målt enkelte høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i vann, spesielt i prøvepunkt Mv3 (Figur 4.7), hvor konsentrasjonen var 5,1 µg/l. I dette nedbørsfeltet vil det imidlertid være stor fortykning før vannet når lenger ned i vassdraget der det er bebyggelse og mulighet for at noen kan benytte vannet som drikkevann. Det er påvist en drikkevannskilde i nærheten av nedslagsområdet til Mauken skytefelt (3), men denne ligger øst for prøvepunktet Mv6 og her ble det ikke påvist hvitt fosfor over deteksjonsgrensen. I Blåtind ble det også påvist konsentrasjoner av hvitt fosfor i området 1,2 – 3,7 µg/l. Det bør foretas en generell kartlegging av eventuelle drikkevannskilder som får vann fra nedslagsområder for ammunisjon med hvitt fosfor i de tre skytefeltene samt foreta målinger av hvitt fosfor i eventuelle drikkevannskilder.

5.2 Eksponering av mennesker som ferdes innenfor de forurensede målområdene

5.2.1 Ferdsel og eksponering

Det er liten sivil ferdsel i de undersøkte områdene, men områdene blir sporadisk brukt til friluftsmål som jakt og bærplukking. Ellers vil Forsvarets personell oppholde seg i området ofte, men få personer vil oppholde seg i områdene mange dager i året. I forbindelse med rydding av blindgjengere blir det benyttet en manngard bestående av 30 mann som systematisk søker gjennom området. Dette betyr at områdene er sjeldent besøkt, med en frekvens på noen få dager i året. Som et "worst case" scenario tar vurderingen høyde for at en eller flere personer oppholder seg i området opp til 30 dager i året. Basert på SFTs veileder (12) vil en person daglig innta 50 mg jord fra tilfeldige punkter i terrenget, mens daglig inntak av drikkevann er satt til 2 liter vann fra en bekk eller et tjern hvor sannsynligheten for å foretrekke vann fra bekk er 99%. Daglig inntak av vann er også basert på SFTs veileder (12).

5.2.2 Tetthet av forurensede områder

Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor forårsaker en spredning av forurensningen som er svært lokal og hvor forurensningen kan forekomme i høye konsentrasjoner i detonasjonspunktet. Gitt betingelsene for eksponering av mennesker i Kapittel 5.1 og tettheten av potensielt forurensede punkter i terrenget vil det være en viss sannsynlighet for at en person får i seg jord og vann fra de forurensede punktene. Ett forurensningspunkt eller krater er satt til en kvadratmeter. Med utgangspunkt i oversiktstall over totalmengder hvitt fosfor benyttet i de tre undersøkte skytefeltene (Figur 5.1, node Kg WP per year) og informasjon om hvilke typer ammunisjon som er brukt (Figur 5.1, node Type amm.), blir det beregnet et årlig totalt forbruk av enkeltvis granater (Figur 5.1, node #shells/year). De mest benyttede granatene er WP 155 mm artillerigranat (kalles ART i Figur 5.1) som inneholder 7,1 kg hvitt fosfor, WP 81 mm bombekastergranat (M57) (kalles BK1 i Figur 5.1) med 1,885 kg hvitt fosfor, og WP 81 mm bombekastergranat (G40) (kalles BK2 i Figur 5.1) med 0,71 kg hvitt fosfor. Det burde være en sammenheng mellom type granat og rester på bakken etter detonasjon, men vi har ennå ikke empirisk godt nok grunnlag til å kartlegge dette forholdet. Det forutsettes at alle typer granater kan gi opphav til relativt høye konsentrasjoner i jord i et begrenset areal på en kvadratmeter. Partikler som spres rundt krateret er forventet å lande på overflaten av bakken hvor kontakt med luft vil føre til rask omdannelse (Tabell 5.1). Dersom partiklene faller i vannpytter vil de imidlertid ikke brytes ned like raskt. Det betyr at det fortsatt kan være rester av hvitt fosfor fra ammunisjon som ble skutt for mange år siden. Det gjør at tettheten av forurensede punkter vil være mye høyere i fuktige områder som myr og lignende. Forbruket av de ulike typer granater vil påvirke vurderingen betraktelig ettersom bruk av BK2 gir 10 ganger så mange forurensede flekker i forhold til bruk av ART dersom det totale forbruket av hvitt fosfor holdes konstant. Kunnskap om nedbrytning er benyttet til å beregne antall kratre med rester av hvitt fosfor og en tetthet for potensielt forurensede kratre (Figur 5.1, node Land cover, node Persistence, node

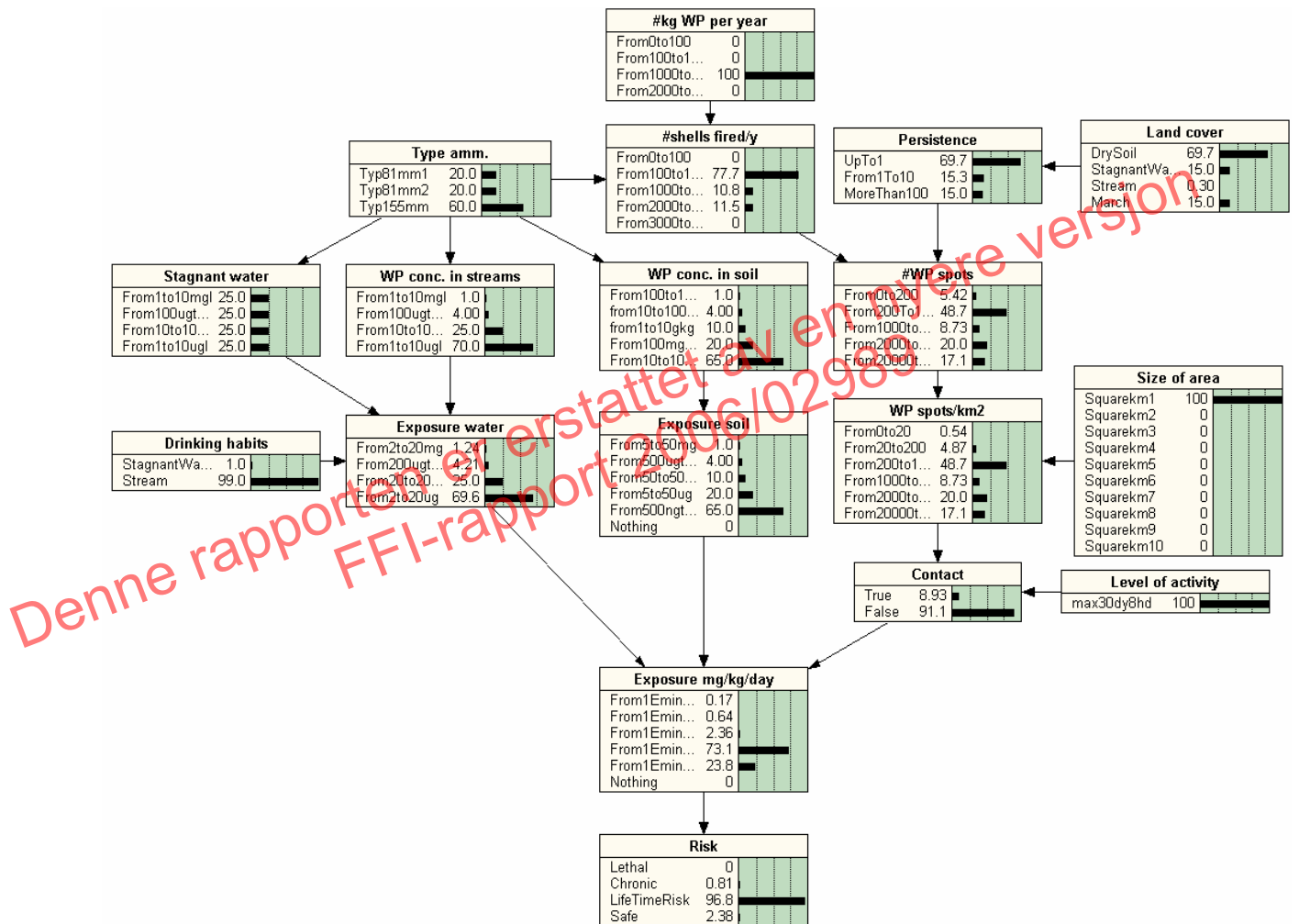
#WP spots og node WP spots/km²). Basert på områdets størrelse og aktivitet kan det beregnes en sannsynlighet for å eksponeres for hvitt fosfor (Figur 5.1, node Contact).

5.2.3 Konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og vann

Resultatene viser at det forekommer høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i enkelte av kratrene. Tre av 51 kratre inneholdt konsentrasjoner i klassen 1-10 g/kg jord og det var bare i Blåtind skytefelt at slike kratre ikke ble funnet. Tidligere sprengningsforsøk har vist at man ikke kan utelukke muligheten for at det kan ligge ureagert hvitt fosfor i kratrene, spesielt ikke dersom det står vann der (4). Det ble også observert røykutvikling i noen prøver, noe som tyder på at klumper av ureagert hvitt fosfor er tilstede. Derfor er det tatt høyde for at det er en liten sannsynlighet (1 %) for at konsentrasjonen av hvitt fosfor i et krater er meget høy (100-1000 g/kg) som vist i Figur 5.1, node WP conc. in soil. Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann var gjennomgående lave, men noen var i størrelsesorden 1-10 µg/l. Rett etter en detonasjon kan det bli høye konsentrasjoner i elver, bekker og tjern, men etter en tid forventes det at partiklene sedimenterer og/eller driver av med vannstrømmen. Vi kan heller ikke utelukke at det enkelte steder kan være høye konsentrasjoner i vann. Beregninger tyder på at det rett etter detonasjon kan være opp til 10 mg/l hvitt fosfor i vann (14). I bekker forventes denne konsentrasjonen å synke raskt, men i stillestående vann kan en høy konsentrasjon være vedvarende spesielt dersom det er mye hvitt fosfor tilstede relativt til vannvolum. Med støtte i vannmålingene tar vurderingen høyde for at 1 prosent av vannvolumet i bekker og elver kan ha forurensninger på opp til 10 mg/l. Store deler av bekkene og elvene er imidlertid forurenset med hvitt fosfor i størrelsesorden 1-10 µg/l (Figur 5.1, node WP conc. in streams). I stillestående vann tar vurderingen høyde for at høye (opp til 10 mg/l) og lave konsentrasjoner kan forekomme med lik sannsynlighet (Figur 5.1, node WP conc. in stagnant water). Basert på at en person spiser 50 mg jord og drikker 2 l vann om dagen er det beregnet et daglig inntak av hvitt fosfor (Figur 5.1, node Exposure water og Exposure soil).

Miljø	Eksempel	Nedbrytningstid
Stillestående vann	Tjern, vann, innsjø	> 100 år
Turbulent vann	Bekk, elv	1 - 10 år
Myrområde	Myr – tørrlagt 2 måneder i året	1 - 10 år
Jord - fuktig	Vanninnhold: 30 % Porøsitet: 40 %	~ 1 år

Tabell 5.1 Beregnet nedbrytningstid for hvitt fosfor i ulike miljø (4)



Figur 5.1 Risikovurdering av hvitt fosfor forurensninger i Setermoen skytefelt

5.2.4 Toksisitet av hvitt fosfor

I Tabell 5.2 er det vist en oversikt over toksikologiske verdier for hvitt fosfor.

Organisme	Eksponeringsvei	Effekt	Eksponering	Ref
Fugler og pattedyr	Variabel	Død	1-10 mg/kg	(14)
Menneske	Oralt	Død	2 mg/kg	(13)
Menneske	Oralt	Diverse toksiske effekter	0,2 mg/kg	(14)
Rotte og hund	Kronisk eksponering	Diverse toksiske effekter	0,05 mg/kg	(14)
Torsk og laks	Vann	LC ₅₀	14,4 µg/l	(14)
Torsk og laks	Vann	Ingen observerte effekter	1 µg/l	(14)

Tabell 5.2 Oppsummering av toksikologiske verdier for hvitt fosfor

Basert på dyreforsøk og kjente tilfeller av forgiftning hos mennesker er det satt noen grenseverdier for akutt, kronisk og livstidseksponering (Tabell 5.3).

Eksponeringsklasser	Dose av hvitt fosfor	Ref
Engangseksponering (akutt)	> 2 mg/kg/dag	(13)
Gjentatt eksponering (kronisk)	0,02 – 2 mg/kg/dag	(13)
Livstidseksponering	0,00002 – 0,02 mg/kg/dag	(13)
Akseptabel livstidseksponering	> 0,00002 mg/kg/dag	(13)

Tabell 5.3 Eksponeringsklasser for ulik grad av eksponering. Verdier er angitt i mg hvitt fosfor per kilo kroppsvekt per dag

5.3 Helserisiko knyttet til Blåtind skytefelt

Det er anslått et totalt forbruk av hvitt fosfor i Blåtind på 2978 kg i perioden 1992-2002, maksimalt årlig forbruk på 802 kg (3). Vurderingen tar høyde for at mesteparten av dette er skutt inn i de undersøkte delområdene som har et totalt areal på 2,0 km². I Blåtind ble derfor mengden hvitt fosfor i året satt til en størrelsesorden på 100 – 1000 kg/år (Figur 5,2, node #kgWP per year). Det er ikke kjent hvordan fordelingen av forbruket mellom artillerigranater og bombekastergranater har vært i Blåtind skytefelt, med i risikovurderingen er fordelingen mellom de ulike granatene satt til 50 % for ART, mens BK1 og BK2 er begge satt til 25 %. Dersom det er skutt mye ART med 7,1 kg hvitt fosfor betyr det at den totale mengden hvitt fosfor er fordelt på færre forurensningspunkter, ettersom den totale mengden i kg er gitt. Dette minsker risikoen for eksponering. Dersom granaten detonerer i myr vil man forvente en lenger oppholdstid i miljøet enn om den havner på tørr jord hvor oppholdstiden er estimert til mindre enn ett år (Tabell 5.1 Beregnet nedbrytningstid for hvitt fosfor i ulike miljø (4)). Naturtypen vil derfor bestemme hvor mange kratre med rester av hvitt fosfor det vil være, gitt at området er benyttet over flere år. Ut fra befaring i delområdene, flyfoto og kartmateriale er andelen av myr i området satt til 5 %, mens stillestående vann er satt til 0 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur 5.1, gir følgende resultater for mennesker:

1. Sannsynligheten for å eksponeres for hvitt fosfor i konsentrasjoner som kan gi kroniske effekter, gitt at man oppholder seg i området lenge nok til å bli utsatt for gjentatt eksponering er tilnærmet null.
2. Sannsynligheten for å eksponeres for hvitt fosfor i konsentrasjoner hvor man ikke kan utelukke livstidseffekter, gitt at noen oppholder seg på livstid i området er 97 %. Det er eksponering via drikkevann som medfører så høy sannsynlighet for livstidseffekter.

5.4 Helserisiko knyttet til Setermoen skytefelt

I Setermoen er det anslått et totalt forbruk på 19 950 kg hvitt fosfor i perioden fra 1992 til 2002 (3). Vurderingen tar høyde for at mesteparten av dette er skutt inn i de undersøkte delområdene 5, 7 og 8, samt 23 som har et totalt areal på 1,1 km². Vurderingen tar høyde for at 1000 - 2000 kg hvitt fosfor årlig skytes inn i disse områdene. Det er skutt mest med artillerigranater, men bombekastergranater er også brukt. I vurderingen er fordelingen mellom de ulike granatene satt til 60 % for ART, mens BK1 og BK2 er begge satt til 20 %. Ut fra befaring i området ved prøvetaking, flyfoto og kartmateriale, ble arealet av myr estimert til 15 %, mens arealet av tørr jord ble estimert til 70 %. Det er også innslag av myr hvor det står vann hele året. Stillestående vann ble derfor satt til 15 %. Innslag av bekker og elver ble satt til 0,3 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur 5.1, gir følgende resultater for mennesker:

1. Dersom en eller flere personer er i delområdene 30 dager i året og daglig spiser 50 mg jord og drikker 2 liter vann fra bekker eller elver, er det liten sannsynlighet (1%) for at det kan oppstå kroniske effekter. Det betyr imidlertid at en person må oppholde seg i området over lengre tid, slik at en blir utsatt for gjentatt eksponering (se Tabell 5.3 for eksponeringsklasser).
2. Sannsynligheten for at man kan eksponeres for konsentrasjoner som kan gi skader gjennom et helt liv er 97 %. Det er eksponering via drikkevann som medfører så høy sannsynlighet for livstidseffekter. Det er imidlertid observert få mennesker i de aktuelle områdene og det er ikke kjent at det er uttak av drikkevann fra nedslagsfeltet, noe som gjør at risikoen for livstidseksponering vil være null.

5.5 Helserisiko knyttet til Mauken skytefelt

I er det anslått et totalt forbruk på 4437 kg hvitt fosfor i perioden fra 1992 til 2002 (3). Vurderingen tar høyde for at mesteparten av dette er skutt inn i det undersøkte delområdet som har et totalt areal på rundt 1 km². Vurderingen tar høyde for at 100 - 1000 kg hvitt fosfor årlig blir skutt inn i dette området. Ut fra befaring i området ved prøvetaking, flyfoto og kartmateriale, ble arealet av myr estimert til 15 %, mens arealet av tørr jord ble estimert til 70 %. Det er også innslag av myr hvor det står vann hele året. Stillestående vann ble derfor satt til 15 %. Innslag av bekker og elver ble satt til 0,3 %. Det er ikke kjent hvordan fordelingen av forbruket mellom artillerigranater og bombekastergranater har vært i Mauken skytefelt, med i risikovurderingen er fordelingen mellom de ulike granatene satt til 50 % for ART, mens BK1 og BK2 er begge satt til 25 %.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur 5.1, gir følgende resultater for mennesker:

1. Dersom en eller flere personer er i nedslagsfeltet 30 dager i året og daglig spiser 50 mg jord og drikker 2 liter vann fra bekker eller elver, er det liten sannsynlighet (0,5 %) for at det kan oppstå kroniske effekter. Det betyr imidlertid at en person må oppholde seg i området over lengre tid, slik at en blir utsatt for gjentatt eksponering (se Tabell 5.3 for eksponeringsklasser).
2. Sannsynligheten for at man kan eksponeres for konsentrasjoner som kan gi skader gjennom et helt liv er 97 %. Det er eksponering via drikkevann som medfører så høy sannsynlighet for livstidseffekter

5.6 Oppsummering av helserisiko i målområder for hvitt fosfor

Grenseverdien for livstidseksponering for hvitt fosfor er satt til 0,00002 mg/kg kroppsvekt/dag. På grunn av at konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann er i størrelsesorden 1 til 10 µg/l vil man alltid eksponeres for konsentrasjoner som er høyere enn grenseverdien for livstidsrisiko, gitt at man drikker 1 til 2 liter vann per dag. Målområder for hvitt fosfor er derfor forbundet med risiko ved livstidsopphold. Ved dagens arealbruk vil det ikke være gjentatt eksponering av de samme individene, noe som gjør at det ikke vil være knyttet noen helserisiko til dagens arealbruk. I Tabell 5.4 er det gjort en oppsummering av resultatene fra beregninger gjort i risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk. SFTs veileder er basert på en antagelse om relativt homogen fordeling av forurensning innenfor større områder, noe som ikke er tilfellet for denne typen forurensning. FFI benytter derfor en spesialisert modell som beskriver den aktuelle problemstillingen mer eksakt.

Sannsynlighet for eksponering av konsentrasjoner som kan gi effekter ved	Blåtind skytefelt	Setermoen skytefelt	Mauken skytefelt
Engangseksponering (akutte effekter)	0 %	0 %	0 %
Gjentatt eksponering (kroniske effekter)	0 %	1 %	0,5 %
Livstidseksponering	97 %	97 %	97 %
Ingen effekter	3 %	2 %	2,5 %

Tabell 5.4 Oppsummering av helserisiko knyttet til hvitt fosfor i målområder for hvitt fosfor i Troms

5.7 Eksponering av beitedyr og annen fauna

For beitedyr ble det samme verktøyet benyttet for beregning av sannsynlig eksponering og risiko som for mennesker. Beitedyr vil ha et høyere inntak av jord per dag og de vil også kunne spise jord fra et mye større areal per dag. Det er også trolig at de ikke selektivt vil drikke vann fra bekk eller elv, men at de også drikker fra stillestående vann.

Beregningene foretatt med risikoverktøyet basert på Bayesiansk nettverk vist i Figur 5.1, gir følgende resultater for beitedyr og annen fauna:

1. Dersom dyrene oppholder seg i området over tid kan det være en viss sannsynlighet (6 %) for at det kan oppstå effekter på grunn av gjentatt eksponering. Det vil imidlertid være knyttet liten risiko av hvitt fosfor for dyr som kun streifer gjennom målområder.
2. Når det gjelder dyr som er stasjonære i området, det vil si lokal fauna som lemen og liknende er det en viss fare for at kroniske og livstidseffekter kan oppstå. Man kan derfor ikke utelukke at lokale populasjoner kan være påvirket av forurensningen.

6 KONKLUSJON

6.1 Eksponering av mennesker i målområder

Ingen av målområdene innebærer noen akutt risiko for forurensning av mennesker eller beitedyr. Det er eksponering av hvitt fosfor i forbindelse med inntak av drikkevann som vil være den viktigste eksponeringsveien. Grenseverdien for livstidseksponering av hvitt fosfor er satt til 0,00002 mg/kg/dag. Konsentrasjonen i vann av hvitt fosfor er i størrelsesorden 1 til 10 µg/l. Målområder for hvitt fosfor er derfor forbundet med risiko ved livstidsopphold gitt at man drikker 1 til 2 liter vann per dag over flere år. Ved dagens arealbruk vil det ikke være gjentatt eksponering av de samme individene, noe som tilsier at risikoen ved dagens arealbruk er akseptabel. Blant de undersøkte skytefeltene er det målområdene i Setermoen som har høyest sannsynlighet for risikofull eksponering på grunn av høyt forbruk av røykgranater med hvitt fosfor og stort innslag av våte områder. Dette medfører lang oppholdstid av hvitt fosfor i miljøet. I Blåtind skytefelt er det lavest sannsynlighet for risikofull eksponering på grunn av færre våte områder. Dette ble også gjenspeilet i målingene hvor det ikke ble funnet høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i jord og sediment.

6.2 Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann

Det er stor sannsynlighet for at vannet i bekker og elver som renner ut av øvingsområdene har konsentrasjoner av hvitt fosfor som ved drikking vil overskride akseptabelt daglig inntak på 0,00002 mg/kg/dag. Private og offentlige drikkevannskilder som får tilførsler av vann fra målområder for hvitt fosfor bør kartlegges og ytterligere målinger av hvitt fosfor bør foretas i disse.

6.3 Eksponering av beitedyr og fauna

I enkelte av målområdene kan det være beitedyr som sau, kyr og rein. Det er en viss sannsynlighet for at disse dyrene kan bli eksponert for hvitt fosfor i konsentrasjoner som kan gi skader ved gjentatt eksponering. Ettersom dyrene kan oppholde seg i områdene over lengre tid

kan man ikke utelukke at forgiftninger kan forekomme. Dette gjelder særlig målområdene i Setermoen og Mauken.

Det er også en viss sannsynlighet for at lokal stedbundet fauna kan bli eksponert i et omfang som kan gi effekt på lokale populasjoner i skytefeltenes målområder.

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

APPENDIKS

A BESKRIVELSE AV PRØVELOKALITETER

A.1 Blåtind skytefelt

A.1.1 Jord- og sedimentprøver tatt i område 1

B1

Granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk (M57). Granatnedslag i snøfonn/smeltevannsbekk. Det så ut til å ligge hvitt fosfor på snøen ved granaten. Dette hadde en rødlig farge. Området er hellende og vått store deler av året. Jordsmonn: Stein og mose. Lite løsmasse over fjell. Prøven ble tatt i det våteste området.



B2

Ammunisjonshaug etter rydding av feltet. Det lå en mengde ammunisjonsrester av bombekastergranater som har inneholdt hvitt fosfor i haugen. Hellende terreng dekket med mose og spredte gresstuer. Jordsmonnet er tørt og består av morenejord. Prøven ble tatt i dreneringsretningen fra ammunisjons-haugen.



B3

Utløp av smeltevannsbekker i et lite tjern. Noe begroing av alger i bekken. I tjernet var det en mengde småfisk. Prøven ble tatt fra to ulike bekker fra samme området.



Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

B4

Gammelt krater eller naturlig pytt i myr med mulighet for ansamling av hvitt fosfor fra skyting. Terrenget er flatt/svakt hellende. Ikke stor myrdannelse. Prøven ble tatt i bunnen av krateret og prøven inneholdt mye torvmoserester.



B5

En pytt med størrelse på omkring 7 x 5 meter. Mulig avrenning fra en stor stein som er brukt som målområde. Muligheter for ansamling av hvitt fosfor fra skyting. Prøve tatt fra bunnen av pytten som bestod av sediment/mose. Stor vekst av alger med grønngrå farge. Myrlendt rundt dammen.



B6

Gamle kratre på omkring 1 x 1 meter. Prøven ble tatt i bunnen av tre kratre i nærheten av hverandre. Området var svakt hellende og relativt tørt. Det var lite vann i de prøvetatte kraterne.



B7

Prøven ble tatt i en dam som lå i skygge for skyteretningen bak en stor trekantstein som det blir skutt mye mot. Det ble tatt prøve av sediment flere steder i den halvmåneformede dammen.



B8

Tre ulike gamle kratre med vann. Det var vegetasjon i kratrene med myrull. Prøven ble tatt av sedimenter i bunnen av kratrene.



A.1.2 Vannprøver tatt i område 1

Bv15

Bekk/liten elv med normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 1,6 km² og årlig middelvannføring ca 40 l/s km²) er 64 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking: tverrsnitt A = 0,09 m², hastighet v = 0,6 m/s, Q = 54 l/s



Bv16

Bekk/liten elv med normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 2,3 km² og årlig middelvannføring ca 40 l/s km²) er 92 l/s. Estimering av vannføring (Q) i felt under prøvetaking var vanskelig grunnet ujevnt elveløp som gjorde det vanskelig å måle tverrsnitt og hastighet. Vannføringen er estimert til å ligge mellom 50 og 100 l/s.



Bv21

Bekk, utløp av lite tjern. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,9 km² og årlig middelvannføring ca 40 l/s km²) er 36 l/s. Det var ikke målbart tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt pga ujevnt elveløp.



Bv22

Vannprøve tatt i vannkanten av innsjøen Øvre Skardselyvatn. Nedbørsareal til dette vannet er 1,2 km².



A.1.3 Jord- og sedimentprøver tatt i område 3

A1

Prøve av sediment tatt fra kanten av vann/tjern ved Slettfjellet. Samme sted som prøve Av4. Steinbunn i tjernet, med myr langs kantene. Vegetasjonen rundt tjernet består av starr, myrull, vierkratt og gress.



A2

Prøve tatt i et søkk i terrenget med vann i en del små pytter. Vegetasjonen er gress, myrull og mose i våte områder med lyng på rabbene rundt prøvestedet.



A3

Prøve tatt i et søkk i terrenget med vannsig nedenfor en bratt skrent. Mange splinter fra ulike ammunisjonstyper, men ingen ble bekreftet å være hvitt fosfor granater. Vegetasjonen er gress, mose og lyng.



A4

Prøve er tatt i søkk med vannsig uten tydelige kratre. Noe grantatsplinter spredt utover området (usikkert om det er rester etter hvitt fosfor granater). Store oppstikkende steiner med vegetasjon av gress, myrull og mose.



A5

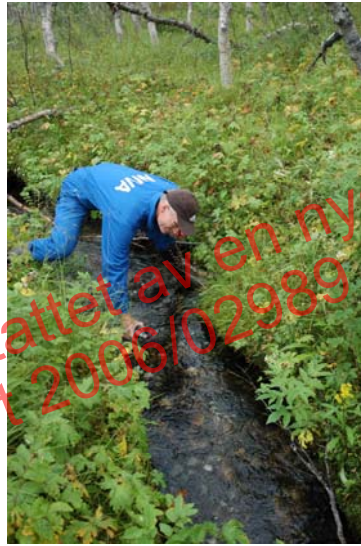
Prøven er tatt i vannsig/bekk med flere tydelige kratre og rester av granater (usikkert om det er rester etter hvitt fosfor granater). Store oppstikkende steiner med vegetasjon av gress, myrull og mose.



A.1.4 Vannprøver tatt i område 3

Av1

Bekk/liten elv med normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 1,3 km² og årlig middelvannføring ca 25 l/s km²) er 32 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ut fra målt tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt er 2 l/s.



Av2

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,9 km² og årlig middelvannføring ca 25 l/s km²) er 23 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ut fra målt tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt er 7 l/s.



Av3

Liten sildrebekk med stein og mosebunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,24 km² og årlig middelvannføring ca 25 l/s km²) er 6 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ut fra målt tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt er 0,5 l/s.



Av4

Prøve tatt i stillestående vann/tjern.

Estimert årlig middelvannføring ut av tjern (areal ca $0,1 \text{ km}^2$ og årlig middelvannføring ca 25 l/s km^2) er $2,5 \text{ l/s}$.



Av5

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $1,0 \text{ km}^2$ og årlig middelvannføring ca 25 l/s km^2) er 25 l/s . Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ut fra målt tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt er 7 l/s .



Av6

Bekk med steinbunn. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal $1,4 \text{ km}^2$ og årlig middelvannføring ca 25 l/s km^2) er 35 l/s . Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ut fra målt tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt er 5 l/s .



A.2 Setermoen skytefelt

A.2.1 Jord- og sedimentprøver tatt i område 5 i Liveltskardet

L1

Prøve tatt fra to kratre som ikke nødvendigvis er hvitt fosfor kratre. Tørt i deler av året. Minst 2 – 4 år gammelt. Prøve tatt av jord. Hellende terreng (NV) med morenejord.



L2

Krater med vann, men området rundt var relativt tørt. Ikke hvitt forfor krater, men mulig avrenning/sprut fra omgivelser. Prøve tatt av jord/ sediment. Svakt hellende terreng (Ø) med morenejord.



L3

Vannfylt krater med størrelse på ca 2 x 2,5 meter. Mottar sig fra myr. Mye algevekst og sneller. Flatt terreng med torvmyr.



L4

Gammelt krater med vann på myr: Størrelse på krateret var ca 1,5 x 1,5 meter. Vekst av torvmose og starr. Registrerte hvitt forfor med feltinstrument i prøve fra bunnsediment. Flatt terreng med torvmyr.



L5

Gammelt lite krater. Begrodd med torvmose. Utslag med feltinstrument i prøven av bunnsediment. Flatt terreng med torvmyr.



L6

Krater fra sprenggranat med størrelse på ca 2 x 2 meter. Lite begroing i krateret. Flatt terreng med torvmyr.



L7

Prøve fra tre mulige hvitt fosfor krater som ligger nært hverandre. Ligger i en bakke, med helning mot myr (NV). Ganske tørt, med mye vekst mose. Morenejord i prøvepunkt.



L8

Gammelt krater med mye torvmose. Litt vann i bunnen. Ligger nederst i bakken, med helling ned mot myr (NV). Kan motta avrenning fra nedslag høyere opp i bakken. Morenejord i prøvepunkt.



A.2.2 Vannprøver tatt i område 5 i Liveltskardet

Lv1

Elv over normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 6,6 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 330 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking var vanskelig pga ujevnt elveløp. Ikke vurdert Q i felt, men vannføring over middelvannføring. Kaptein Olstad sier at vannføringen i elva er ganske stabil gjennom året, i motsetning til Kobbryggelva som varierer veldig gjennom året.



Lv2

Iselva over normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 3,8 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 190 l/s. Ikke vurdert Q i felt, men vannføring over middelvannføring.



Lv3

Elv over normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 9,5 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 475 l/s. Ikke målbart tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt pga ujevnt elveløp.



Lv4

Elv over normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 24,1 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 1200 l/s. Ikke målbart tverrsnittsareal og hastighet i prøvepunkt pga ujevnt elveløp. Vannføringen er vurdert til 1000 l/s.



A.2.3 Jord- og sedimentprøver tatt i område 7/8 i Kobbryggdalen

K1

Gammelt hvitt fosfor krater fra bombekaster. Ligger i skråning med litt fuktig jordsmonn. Feltinstrument gav utslag på splint. Lyng, rabber med lett torvlag på toppen.



K2

Stort krater med vann og mye mose. Lukter ikke fosfor. Ligger 4 krater i området, der 2 krater har mose og 2 krater ikke har mose. Alle ble testet med feltinstrument, men ingen gav utslag. Ligger i høyden (428 moh). Det ble tatt prøver av to krater.



K3

Hvitt fosfor krater fra bombekaster. Deler av prøven ble tatt under fragmenter. Noe fuktig, men er nok ofte tørt. Skutt om vinteren. Lyng, mose. Ligger i skråningen i område 7 på 412 moh. Ikke signal på feltinstrument.



K4

Artilleri hvitt fosfor krater, som ligger i skråning (skutt på snø?). Like nedenfor er en liten flate, og der er det et krater med mye vegetasjon/mose. Tok to prøver K4 tørr og K4 våt i disse to kraterne. Det tørre krateret er ganske tørt, og det er lite vegetasjon. Grunt jordsmonn i området. Minst 4 år gammelt krater på 415 moh.



K5

Prøve tatt av sediment i gammelt krater på myr. Vegetasjon rundt krateret er vierkratt, myrull, starr og lyng.



K6

Prøve tatt i lite tjern og gammelt krater med diameter ca 2 m på myr. Vegetasjon rundt krateret er vierkratt, myrull, starr og lyng.



K7

Prøve tatt i krater med diameter på ca 2,5 meter på myr. Vegetasjon rundt krateret er starr, gress og mose med innslag av vier.



Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

K8

Prøve tatt i krater med diameter på ca 2,5 meter på myr. Krateret tilgrenser et lite tjern. Vegetasjon rundt krateret er starr, gress og mose med innslag av vier.



A.2.4 Jord- og sedimentprøver tatt i område 23 i Kobbryggdalen

S1

Blandprøve av sediment fra to krater. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Ingen utslag med feltinstrument. Ligger i en myrlendt helling. Vann i begge krater.



S2

Blandprøve av sediment fra to krater. Ca 20 meter nedenfor S1. Vannfylte krater, ikke definert som hvitt fosfor. Ingen utslag med feltinstrument. Ligger i en myrlendt helling. Ett krater med mye mose og ett uten mose. Noe rust farge. S1 og S2 ligger nær stor stein som kan være naturlig mål for hvitt fosfor granater.



S3

Prøve fra tre krater. Artillerikrater som ligger i bakken (helling). Muligens hvitt fosfor, men ikke definert som det. Mottar noe vannsig. Lyng, noe mose, myrull. Ett med litt vann, antakelig alltid fuktig, to med vann (aldri tørre). Noe alger i det ene krateret.



Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

S4

Prøve av tre vannfylte krater. Ikke definert som hvitt fosfor. Noe alger i det ene krateret (ligger i kjørespor). Ikke utslag med feltinstrument i noen av kraterne. Gress og dvergbjørk i prøvepunkt.



S5

Samleprøve av fire krater. Ikke definert som hvitt fosfor. Ligger litt vann i kraterne, men de kan nok tørke ut i tørre perioder. Dvergbjørk, vier, gress, noe fjellbjørk i området.



S6

Ett krater med brunlige alger. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Ligger i helning og ved kjørespor. Gress, mose, dvergbjørk i området. Utslag på feltinstrument.



S7

Et vannfylt krater som ligger i myra, nederst i feltet. Ikke definert som hvitt fosfor krater. Noe brune alger, og rødlig forbrent hvitt fosfor rester? Gir utslag på feltinstrument.



S8

Krater uten vann, men med fuktig jord/mose. Metallfragment fra bristoladning, artilleri. Lyngrabber med vier kratt.



A.2.5 Vannprøver tatt i Kobbryggdalen

Kv5

Elv over normal vannføring. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 5,8 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 290 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til 500 l/s.



Kv6

Elv over normal vannføring. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 13,1 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 655 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til 800 - 1200 l/s.



Kv7

Elv over normal vannføring. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 18,3 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 915 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til ca 800 - 1200 l/s.



Kv8A

Elva hadde noe over middels vannføring. I prøvepunktet hadde elva to elveløp. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 24,0 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 1200 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til ca 1000 l/s.



Kv8B

Bekk noe over normal vannføring. Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,56 km² og årlig middelvannføring ca 40 l/s km²) er 22 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til 10-20 l/s. Ikke tatt bilde av prøveplass.

Kv9

Elv over normal vannføring. Prøven ble tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 27,6 km² og årlig middelvannføring ca 50 l/s km²) er 1380 l/s. Estimert av vannføring (Q) i felt under prøvetaking ble vurdert til ca 1000-1500 l/s.

**A.3 Mauken skytefelt****A.3.1 Jord- og sedimentprøver****M1**

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose og starr vegetasjon.

**M2**

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det vegetasjon med starr og myrull vegetasjon. Noe mer igjengrodd sammenlignet med M1.



M3

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 75 meter langt og 50 meter bredt. Kratre i nærheten av tjernet. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose, starr og myrull vegetasjon.



Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

M4

Tilsvarende M3, men prøven er tatt i to 155 mm kratre.



M5

Sediment fra lite tjern. Tjernet er omtrent 50 meter langt og 30 meter bredt. Kratre i nærheten av tjernet. Rundt tjernet er det oppstikkende berggrunn med dekke av lyng og spredt fjellbjørk og vierkratt. Langs kanten av tjernet er det myr med mose, starr og myrull vegetasjon.



M6

Prøve fra krater på myr etter demolering. Ikke gammelt krater og ikke synlige rester etter hvitt fosfor granater. Jordart er myr med vegetasjon av multer, lyng og vierkratt.



M7

Prøve fra gamle kratre på tørr lyngrabbe. Det er rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Ikke sikkert utslag på feltinstrument.



M8

Prøve fra gamle kratre på tørr lyngrabbe. Det er rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Sikker utslag på feltinstrument.



M9

Prøve fra gammelt tørt krater på lyngrabbe. Rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Svakt utslag på feltinstrument.



M10

Prøve fra gammelt tørt krater på lyngrabbe. Rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Sikkert utslag på feltinstrument.



Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

M11

Prøve fra nyere krater på myr. Rester etter granat 81 mm bombekaster hvitt fosfor røyk. Sikkert utslag på feltinstrument.



A.3.2 Vannprøver

Mv1

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca $0,4 \text{ km}^2$ og årlig middelvannføring ca 20 l/s km^2) er 8 l/s . Beregnet vannføring under prøvetakningen ble ca 1 l/s .



Mv2

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,2 km² og årlig middelvannføring ca 20 l/s km²) er 4 l/s. Beregnet vannføring under prøvetakningen ble 4 l/s.



Mv3

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,9 km² og årlig middelvannføring ca 20 l/s km²) er 18 l/s. Beregnet vannføring under prøvetakningen ble ca 14 l/s.



Mv4

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 0,7 km² og årlig middelvannføring ca 20 l/s km²) er 14 l/s. Beregnet vannføring under prøvetakningen ble ca 6 l/s.



Mv5

Prøve tatt i rennende bekk. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 2,9 km² og årlig middelvannføring ca 20 l/s km²) er 58 l/s. Beregnet vannføring under prøvetakningen ble ca 12 l/s.

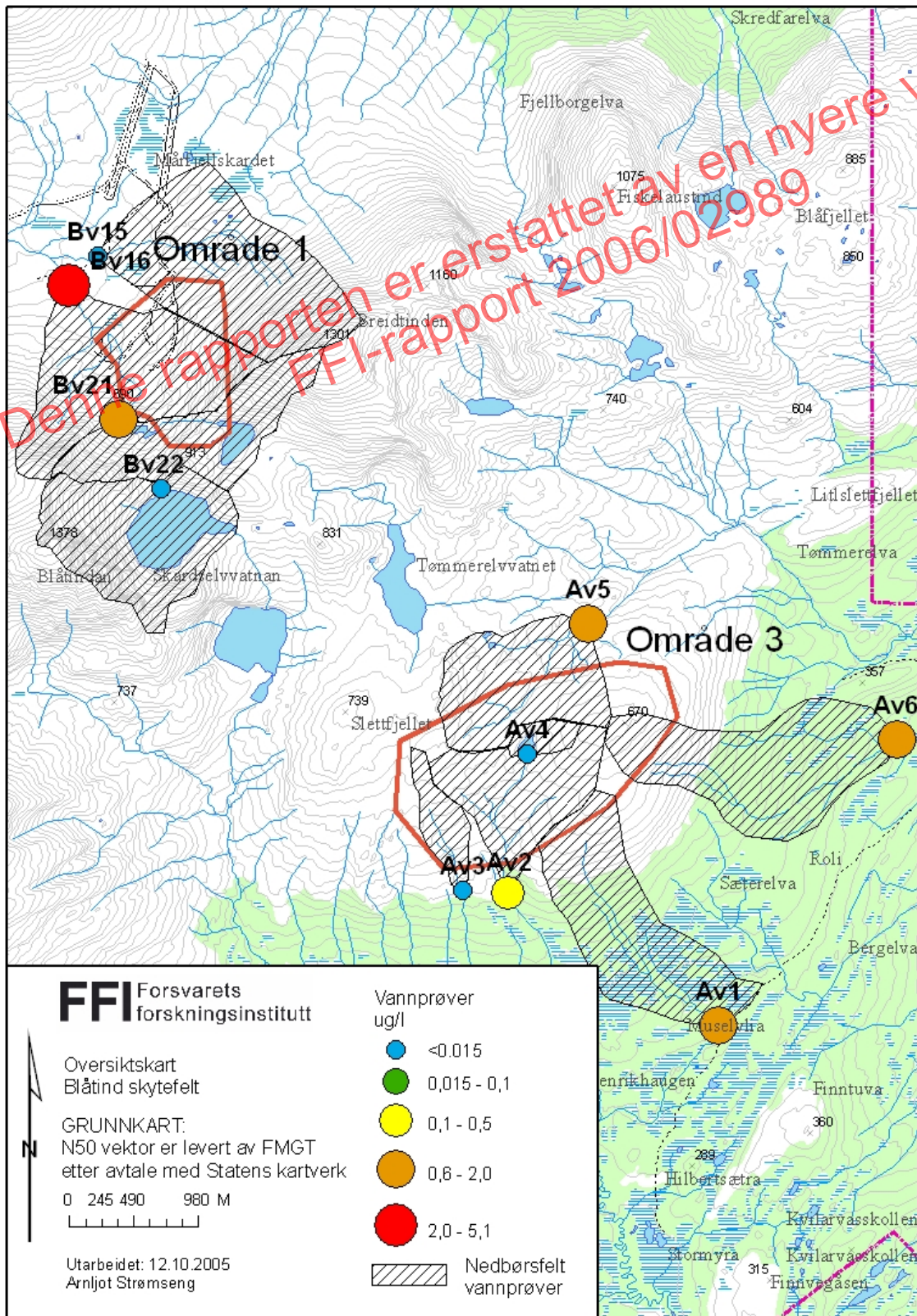
**Mv6**

Prøve tatt i rennende vann. Estimert årlig middelvannføring med bakgrunn i nedbørsfelt (areal ca 1,2 km² og årlig middelvannføring ca 20 l/s km²) er 24 l/s. Beregnet vannføring under prøvetakningen ble ca 5,9 l/s.

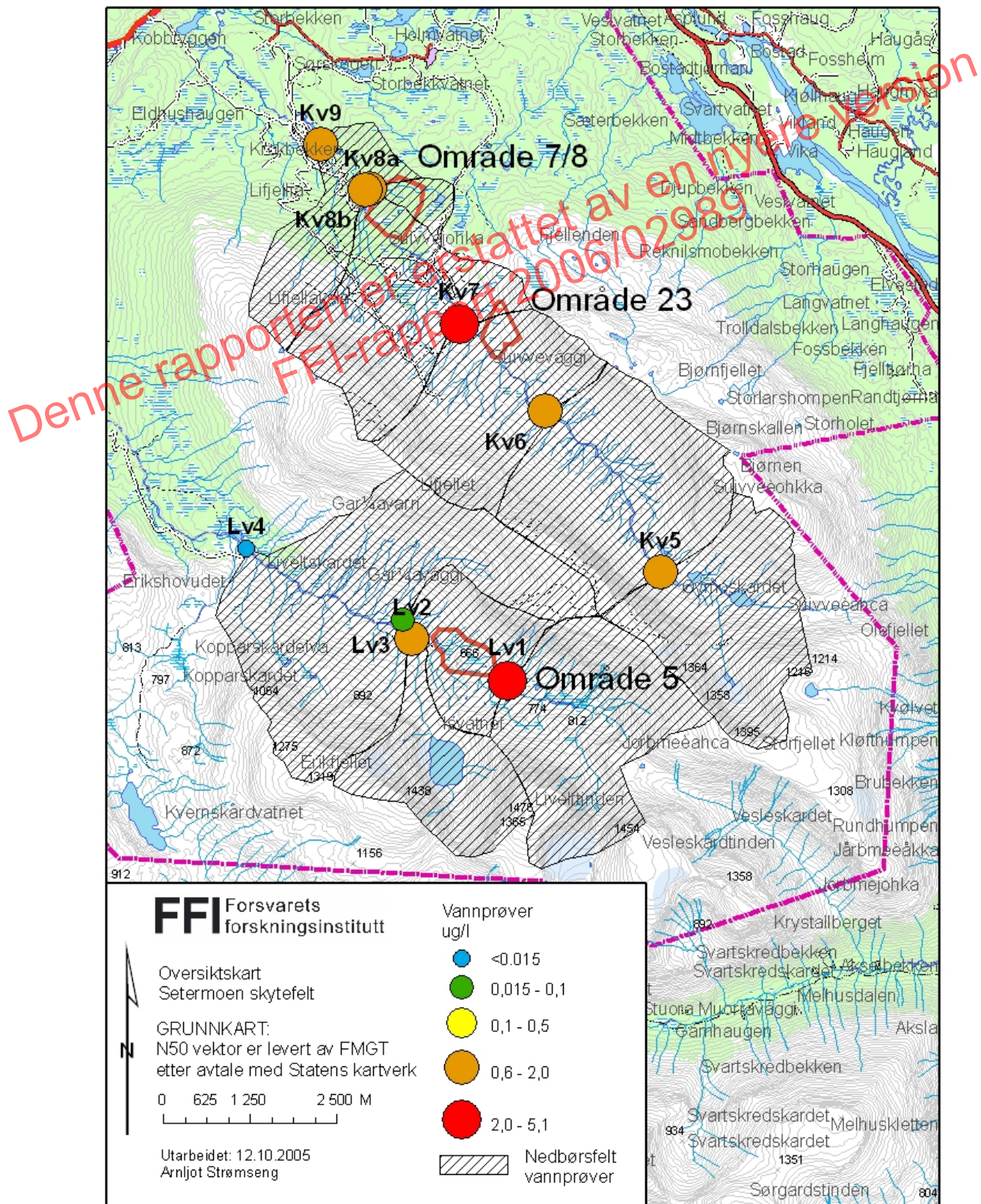


Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

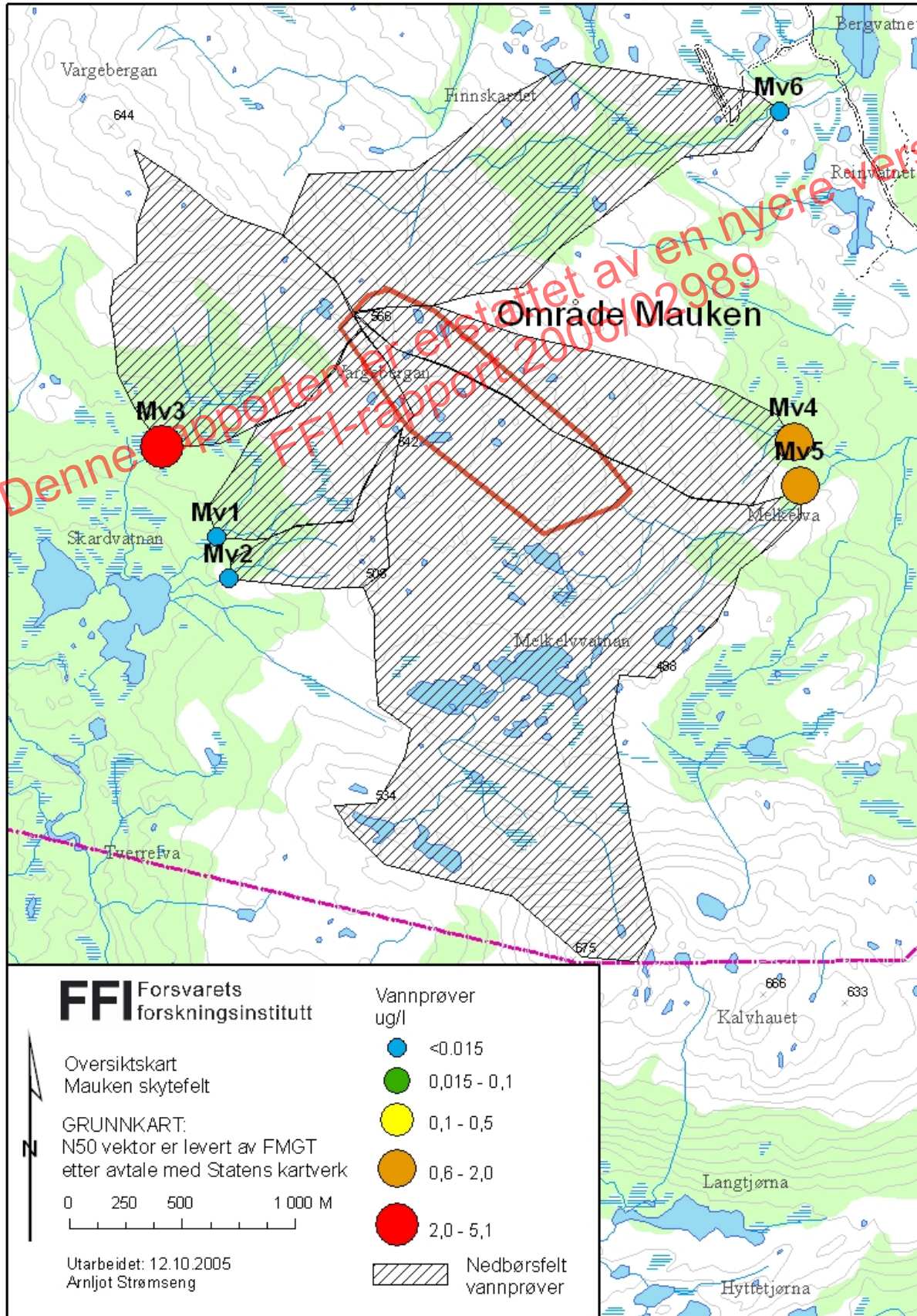
B NEDBØRSFELTER TIL PRØVEPUNKTER FOR VANN I DE TRE SKYTEFELTENE



Figur B 1 Oversikt over nedbørsfelter til de ulike vannprøvene tatt i Blåtind skytefelt



Figur B 2 Oversikt over nedbørsfelter til de ulike vannprøvene tatt i Setermoen skytefelt



Figur B 3 Oversikt over nedbørsfelter til de ulike vannprøvene tatt i Mauken skytefelt

C GPS POSISJONER TIL PRØVEPUNKTER

Prøvenummer	Øst	Nord	Prøvenummer	Øst	Nord
Av1	418972	7673072	L8	392443	7628550
Av2	417373	7674086	K1	391816	7635189
Av3	417023	7674105	K2	391694	7635073
Av4	417520	7675144	K3	391560	7634971
Av5	417977	7676137	K4	391536	7634953
Av6	420336	7675255	A2	417299	7675169
Bv15	414243	7678931	A3	417054	7675069
Bv16	414023	7678714	A4	417132	7674944
Bv21	414408	7677696	A5	416965	7675024
Bv22	414727	7677160	M1	426917	7661047
Kv5	395444	7629707	M2	427152	7660888
Kv6	393779	7632043	M3	427090	7661153
Kv7	392540	7633280	M4	427097	7661120
Kv8a	391179	7635220	M5	427319	7660660
Kv8b	391249	7635239	M6	427634	7660449
Kv9	390540	7635890	M7	427810	7660647
Lv1	393225	7628151	M8	427841	7660633
Lv2	391847	7628747	M9	428226	7660410
Lv3	391721	7629020	M10	428327	7660364
Lv4	389466	7630048	M11	428397	7660436
Mv1	426068	7660228	K5	391838	7635145
Mv2	426121	7660043	K6	391629	7634916
Mv3	425826	7660628	K7	391591	7634867
Mv4	428641	7660650	K8	391549	7634867
Mv5	428668	7660452	S1	393337	7633048
Mv6	428577	7662119	S2	393324	7633040
B1	414712	7677436	S3	393314	7633107
B2	414717	7677724	S4	393155	7633298
B3	414679	7677586	S5	393091	7633213
B4	414627	7678036	S6	393118	7633169
B5	414077	7678684	S7	393056	7633141
B6	414277	7678630	S8	392965	7633182
B7	414272	7678599			
B8	414341	7678647	Geodetisk datum:	WGS 84	
L1	392443	7628410	Koordinater:	UTM	
L2	392576	7628442	Sone:	34N	
L3	392672	7628424			
L4	392390	7628587			
L5	392399	7628594			
L6	392412	7628560			
L7	392456	7628549			

D ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENTPRØVER



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Afdeling Beskyttelse

Dato: 5 oktober 2005

Analyserapport M05/003

Side 1 av 3

Analyserapportmal versjon 2.6 15.05.98 LHB

Analyserapport nr M05/003

Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsgiver: FFI
 Adresse: Postboks 25, 2027 Kjeller
 Anmerkninger: Ingen

Antall prøver: 50
 Mottatt dato: 26.08.2005

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyseparameter	Metode-identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	FI	Nei	0,005 – 0,50 mg/kg	30

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Ekstraktene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 5 oktober 2005

Arnt Johnsen
Forsker

Saksbehandler: Arnt Johnsen

Innvalg : 63 80 78 33

Telefax : 63 80 78 11

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Sentralbord : 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030

Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV HVITT FOSFOR I JORD/SEDIMENT

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

FFI nr	Prøveidentifikasjon	FFI nr	Prøveidentifikasjon
05-638	S1	05-722	B6
05-639	S2	05-723	B8
05-640	S3	05-724	A1
05-641	S4	05-726	A3
05-642	S5	05-728	A5
05-643	S6	05-729	A5 rødt produkt
05-644	M1	05-730	K3
05-645	M3	05-731	K5
05-701	K1	05-733	K6
05-702	K2	05-734	K8
05-703	K4 våt	05-735	L2
05-704	K4 tørr	05-736	L3
05-705	K7	05-737	L4
05-706	L1	05-738	L8
05-707	L5	05-739	M8
05-708	L6	05-740	A2
05-709	L7	05-741	A4
05-710	M2	05-745	B1
05-711	M4	05-746	B2
05-712	M5	05-747	B3
05-713	M6	05-749	B7
05-714	M7		
05-715	M9		
05-716	M10		
05-717	M11		
05-718	S8		
05-719	S7		
05-720	B4		
05-721	B5		



FFI nr	Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve	Tørrvekt, g	FFI nr	Hvitt fosfor, mg/kg tørr prøve	Tørrvekt, g
05-638	< 0,005	784	05-722	0,051	614
05-639	< 0,005	171	05-723	0,009	190
05-640	0,005	574	05-724	0,083	127
05-641	< 0,005	654	05-726	< 0,005	644
05-642	< 0,005	592	05-728	0,017	883
05-643	3,0	209	05-729	< 0,001	0,01
05-644	0,13	111	05-730	0,11	126
05-645	< 0,005	717	05-731	< 0,005	83
05-701	0,046	163	05-733	0,18	112
05-702	< 0,005	452	05-734	0,011	59
05-703	< 0,005	458	05-735	< 0,005	499
05-704	0,047	451	05-736	< 0,005	124
05-705	2,4	70	05-737	1,3	894
05-706	< 0,005	607	05-738	0,024	342
05-707	2300	62	05-739	26	360
05-708	1,7	95	05-740	0,017	358
05-709	0,080	533	05-741	< 0,005	1224
05-710	< 0,005	135	05-745	< 0,005	390
05-711	< 0,005	932	05-746	< 0,005	521
05-712	< 0,005	176	05-747	0,091	304
05-713	< 0,005	101	05-749	0,024	120
05-714	< 0,005	145			
05-715	0,080	167			
05-716	< 0,005	127			
05-717	5700	284			
05-718	0,008	459			
05-719	2000	187			
05-720	0,055	141			
05-721	0,11	129			

E ANALYSERESULTATER FOR HVITT FOSFOR I VANNPRØVER



FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT
Avdeling for beskyttelse

Dato: 29 september 2005

Analyserapport nr M05/002

Side 1 av 3

Analyserapportmal versjon 2.6 15.05.98 LHB

Analyserapport nr M05/002

Analyse av hvitt fosfor

Oppdragsrefer: FFI
 Adresse: Postboks 25, 2027 Kjeller

Antall prøver: 26
 Mottatt dato: 26.08.2005 og
 23.09.2005

Anmerkninger: Ingen

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parameter	Metode- identitet	Omfattes av akkreditering	Måleområde	Usikkerhet, %
Hvitt fosfor	F2	Nei	0,015 – 1,5 µg/l	30

Denne analyserapporten består av i alt 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI. Analysemetoden kan rekvireres fra FFI. Ekstraktene oppbevares i 2 måneder. Klagefrist på resultatene er satt til 1 måned.

Kjeller, 29 september 2005

Arnt Johnsen
Forsker



ANALYSE AV HVITT FOSFOR I VANN

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

FFI nr	Prøveidentifikasjon
05-602	Bv15
05-603	Bv16
05-604	Bv21
05-605	Bv22
05-606	Av1
05-607	Av2
05-608	Av6
05-609	Av4
05-610	Av5
05-611	Av3
05-612	Lv1
05-613	Lv2
05-614	Lv3
05-615	Lv4
05-616	Mv4
05-629	Kv5
05-630	Kv6
05-631	Kv7
05-632	Kv8A
05-633	Kv8B
05-634	Mv1
05-635	Mv2
05-637	Mv6
05-636	Mv3
05-750	Kv9
05-762	Mv5



<i>FFI nr</i>	<i>Hvitt fosfor, µg/l</i>
05-602	< 0,015
05-603	3,0
05-604	1,6
05-605	< 0,015
05-606	1,5
05-607	0,42
05-608	1,8
05-609	< 0,015
05-610	1,2
05-611	< 0,015
05-612	4,9
05-613	1,0
05-614	0,027
05-615	< 0,015
05-616	0,77
05-629	1,3
05-630	1,1
05-631	3,3
05-632	1,2
05-633	1,8
05-634	< 0,015
05-635	< 0,015
05-636	5,1
05-637	< 0,015
05-750	1,8
05-762	2,0

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

Litteratur

- (1) Johnsen A, Longva KS, Ringnes H, Strømseng A (2002): Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor. FFI/RAPPORT-2002/04042.
- (2) Nam S-I, Walsh MR, Collins CM, Thomas L (1999): Eagle River Flats Remediation Project. Comprehensive Bibliography – 1950 to 1998. CRREL Special Report 99-13.
- (3) Rasmussen G, Søyland R (2004): Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21.-23. september 2004.
- (4) Søbye E, Johnsen A, Longva KS, Strømseng A, Ljønes M, Oddan A (2004): Spredning av hvitt fosfor ved detonasjon av røykgranater med hvitt fosfor. Sluttrapport. FFI-RAPPORT-2004/00177.
- (5) Walsh ME, Collins CM (1996): Distribution of white phosphorus residues from the detonation of 81-mm mortar WP smoke rounds at an upland site. Special report 93-18. US Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.
- (6) Spanggord RJ, Rewick R, Chou TS, Wilson R, Podoll RT, Parnas R, Platz R, Roberts D (1985): Environmental fate of white phosphorus/felt and red phosphorus /butyl rubber military screening smokes. US Army Medical Research and Development Command. Fort Detrick, Frederick, Maryland.
- (7) Walsh MR, Walsh ME, Collins CM (1996): Persistence of white phosphorus (P4) particles in salt marsh sediments, *Environmental Conservation* **15**, 6, 846-855.
- (8) Walsh ME, Collins CM, Bailey RN, Grant CL (1997): Composite sampling of sediments contaminated with white phosphorus. Special report 97-30. US Army Corps of Engineers. Cold Regions Research & Engineering Laboratory. Hanover, New Hampshire.
- (9) Tørnes JA (1988): Bestemmelse av hvitt fosfor i prøver fra Forsvarets skytefelt på Dovre. FFI/RAPPORT-6909.
- (10) United States Environmental Protection Agency (1996): EPA Method 7580. Determination of white phosphorus (P4) concentration by solvent extraction and gas chromatography. [Http://www.epa.gov/](http://www.epa.gov/)
- (11) Søbye E, Johnsen A, Strømseng A (2003): Kartlegging av hvitt fosfor forurensning i Hjerkinnskytefelt. FFI/RAPPORT-2003/01224.
- (12) Statens forurensningstilsyn (1999): Veiledning for risikovurdering av forurenset grunn. Veiledning 99:01A.
- (13) ATSDR (1997): Toxicological Profile for White Phosphorus. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- (14) Johnsen A, Longva KS, Ringnes H, Strømseng A (2002): Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor. FFI/RAPPORT-2002/04042.

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

FFI NOTAT

**ANALYSETEKNISKE PROBLEMER VED
BESTEMMELSE AV KONSENTRASJONEN
TIL HVITT FOSFOR I VANN. Tilleggsnotat til
FFI/RAPPORT-2005/03531, Risikovurdering
av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms**

JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind Albert, LONGVA Kjetil Sager,
STRØMSENG Arnljot Einride

FFI/NOTAT-2006/00512

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

**ANALYSETEKNISKE PROBLEMER VED
BESTEMMELSE AV KONSENTRASJONEN TIL
HVITT FOSFOR I VANN. Tilleggsnotat til
FFI/RAPPORT-2005/03531, Risikovurdering av
Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms**

JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind Albert, LONGVA Kjetil
Sager, STRØMSENG Arnljot Einride

FFI/NOTAT-2006/00512

FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT
Norwegian Defence Research Establishment
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

P O BOX 25
 NO-2027 KJELLER, NORWAY
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/NOTAT-2006/00512 1a) PROJECT REFERENCE FFI-V/333401	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED 2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	3) NUMBER OF PAGES 12		
4) TITLE ANALYSETEKNISKE PROBLEMER VED BESTEMMELSE AV KONSENTRASJONEN TIL HVITT FOSFOR I VANN. Tilleggsnotat til FFI/RAPPORT-2005/03531, Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms ANALYTICAL PROBLEMS WITH THE DETERMINATION OF WHITE PHOSPHORUS IN WATER: Additional report to FFI/REPORT-2005/03531, Risk assessment of military use of white phosphorus in Troms				
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) JOHNSEN Arnt, VOIE Øyvind Albert, LONGVA Kjetil Sager, STRØMSENG Arnljot Einride				
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)				
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH: <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Analysis</u> c) <u>Water</u> d) <u>Shooting ranges</u> e) <u>Troms</u> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Analyse</u> c) <u>Vann</u> d) <u>Skytefelt</u> e) <u>Troms</u> </td> </tr> </table>			a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Analysis</u> c) <u>Water</u> d) <u>Shooting ranges</u> e) <u>Troms</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Analyse</u> c) <u>Vann</u> d) <u>Skytefelt</u> e) <u>Troms</u>
a) <u>White phosphorus</u> b) <u>Analysis</u> c) <u>Water</u> d) <u>Shooting ranges</u> e) <u>Troms</u>	IN NORWEGIAN: a) <u>Hvitt fosfor</u> b) <u>Analyse</u> c) <u>Vann</u> d) <u>Skytefelt</u> e) <u>Troms</u>			
THESAURUS REFERENCE: 8) ABSTRACT <p>An internal white phosphorus (WP) contamination in the extraction equipment used for analysis of WP in water samples has been discovered. This has probably affected the reported concentrations of WP in water samples from the assessment of shooting ranges in Troms. The consequences for the performed risk evaluation are however small, and will only affect the lifetime risk concerning the use of the water as drinking water. Analysis of drinking water from nearby houses shows no traces of WP, so there is no human health risk associated with the current use of the shooting ranges. The calculated remnants of WP in the shooting ranges are probably overestimated.</p> <p>FFI will take new water samples during 2006 in order to quality assure the reported concentrations of WP in water in shooting ranges located in Troms.</p> <p>The internal contamination of WP can have affected all reported results from WP analysis in water in the period from the 1st of October to 31th of December 2005.</p>				
9) DATE 2006-02-13	AUTHORIZED BY This page only Jan Ivar Botnan	POSITION Director		

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE
 (when data entered)

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

INNHOOLD

	Side	
1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål	7
2	BESKRIVELSE AV ANALYSETEKNISK PROBLEM	7
2.1	Analysemetode for hvitt fosfor i vann	7
2.2	Forurensing av hvitt fosfor i utstyr brukt til ekstraksjon	8
2.3	Løsning på analyseteknisk problem	8
2.4	Usikkerhet til konsentrasjonen av hvitt fosfor i analyserte vannprøver	9
3	BETYDNING FOR KONKLUSJONER I FFI/RAPPORT-2005/03531	9
3.1	Estimat over mengde hvitt fosfor i undersøkte målområder	10
3.2	Risikovurdering	10
3.2.1	Eksposering av mennesker i målområder	10
3.2.2	Livstidseksposering i forbindelse med drikkevann	10
3.2.3	Eksposering av beitedyr og fauna	11
4	OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER	11
5	KONKLUSJON	11
	Litteratur	12

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

Denne rapporten er erstattet av en nyere versjon
FFI-rapport 2006/02989

ANALYSETEKNISKE PROBLEMER VED BESTEMMELSE AV KONSENTRASJONEN TIL HVITT FOSFOR I VANN. Tilleggsnotat til FFI/RAPPORT-2005/03531, Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) foretok i august 2005 i samarbeid med Forsvarsbygg og Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) en kartlegging av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelt i Troms. Resultatene fra denne kartleggingen er presentert i FFI/RAPPORT-2005/03531 (1). Formålet med denne kartleggingen var å avdekke i hvilken grad hvitt fosfor eventuelt kan representere et forurensningsproblem i skytefeltene i Troms. Det ble derfor tatt både jord og vannprøver for å vurdere helse- og miljørisiko knyttet til hvitt fosfor i skyte- og øvingsfeltene og for å vurdere en eventuell spredning av hvitt fosfor ut av feltene. I noen vannprøver ble det påvist en konsentrasjon av hvitt fosfor på over 1 µg/l. En av konklusjonene fra denne undersøkelsen var derfor en anbefaling om å kartlegge nivået av hvitt fosfor i private og offentlige drikkevannskilder som får tilførsler av vann fra målområder for ammunisjon med hvitt fosfor.

I forbindelse med analyse av vannprøver fra drikkevannskilder som får tilførsler av vann fra målområder i skyte- og øvingsfelt i Troms, ble det avdekket et analyseteknisk problem knyttet til analyse av hvitt fosfor i vann. Det er mulig at det samme analysetekniske problemet også kan ha påvirket analysene av vannprøver tatt i forbindelse med kartleggingen av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelt i Troms.

1.2 Formål

Dette notatet beskriver nærmere de analysetekniske problemene og hvilke konsekvenser de kan ha for de konklusjoner som er trukket i FFI/RAPPORT-2005/03531.

2 BESKRIVELSE AV ANALYSETEKNISK PROBLEM

2.1 Analysemetode for hvitt fosfor i vann

FFI benytter en metode for analyse av hvitt fosfor i vann som ble etablert i forbindelse med en studie FFI utførte i 1988 (2). Denne metoden er omtrent lik metode 7580 som USEPA publiserte i 1996 (3). Begge metodene benytter seg av væske/væske ekstraksjon med skilletrakter og en gasskromatografisk bestemmelse ved bruk av nitrogen/fosfor detektor.

Hovedforskjellen mellom metode 7580 og den FFI benytter er valg av løsemiddel. FFI benytter løsemidlet karbondisulfid, mens det i metode 7580 benyttes dietyler eller isooktan. FFI har valgt karbondisulfid som løsemiddel, fordi dette løsemidlet har den høyeste løseligheten av hvitt fosfor (4). Metoden til FFI sikrer derfor en fullstendig ekstraksjon om det skulle være ekstremt høye nivåer av hvitt fosfor i prøvene. Sammen med hver prøveserie blir det analysert en blankprøve som består av ultrarent vann. Blankprøven skal sikre at det ikke blir tilført interne forurensninger under analysen eller at andre analysetekniske problemer fører til andre feil ved deteksjonen av hvitt fosfor. Kvantifiseringen blir gjort ved hjelp av en kalibreringskurve med ekstern standard av hvitt fosfor.

2.2 Forurensning av hvitt fosfor i utstyr brukt til ekstraksjon

I forbindelse med analyser av hvitt fosfor i vannprøver tatt fra drikkevannskilder som får tilførsler av vann fra målområder for ammunisjon med hvitt fosfor i skytefelt i Troms, ble det analysert flere parallelle blankprøver. Det ble da avdekket at det i en blankprøve ble funnet innhold av hvitt fosfor. Det ble derfor analysert en rekke blankprøver både av ultrarent vann og av kranvann tappet på FFI. Disse undersøkelsene viste at det i flere blankprøver ble funnet innhold av hvitt fosfor, noe som indikerte at det var en intern forurensning av utstyret som benyttes til prøveopparbeidelse.

En grundig kartlegging av hva som var kilden til hvitt fosfor i blankprøvene ble iverksatt. Alt utstyr som ble benyttet til ekstraksjon og analyse av hvitt fosfor i vann ble kontrollert for innhold av hvitt fosfor. Denne kartleggingen avdekket at det i enkelte korker som var benyttet på skilletraktene ble funnet hvitt fosfor. På tross av omfattende renseprosedyrer lot hvitt fosfor seg ikke fjerne fullstendig fra korkene. Det er derfor klart at hvitt fosfor må ha trengt inn i plastmaterialet til korkene. For hver gang de forurensede korkene er blitt benyttet til ekstraksjon har det lekket ut litt hvitt fosfor. Dette har ført til at vannprøvene er blitt forurenset med hvitt fosfor. Det er ikke mulig å fastslå med sikkerhet hva som er årsaken til forurensningen. Det er imidlertid sannsynlig at dette har skjedd i forbindelse med tidligere arbeider, der prøver med meget høye konsentrasjoner av hvitt fosfor er blitt håndtert i skilletraktene.

På grunn av at korkene har hatt svært ulik grad av forurensning, i tillegg til at noen har vært helt rene, har vannprøver i varierende grad blitt forurenset av hvitt fosfor. Blankprøver som tidligere er analysert sammen med vannprøver har ikke vist innhold av hvitt fosfor. Dette skyldes at det tilfeldigvis er benyttet rene korker ved analyse av disse prøvene.

2.3 Løsning på analyseteknisk problem

Når det ble fastlagt at korkene til skilletraktene inneholdt en forurensning av hvitt fosfor, ble det byttet til glasskorker og gjort flere tester der meget høye konsentrasjoner av hvitt fosfor ble behandlet i skilletraktene. Resultatene fra disse undersøkelsene viste at det ved normale vaskerutiner for glassutstyr ikke ble påvist forurensning av hvitt fosfor på glasskorkene etter vask. Etter bytte til glasskorker er det gjort en rekke analyser av blankprøver og

gjenvinningsprøver for å sikre at analysemetoden fungerer tilfredsstillende. Det ble ikke påvist spor av hvitt fosfor i blankprøver og resultatene fra gjenvinningsprøver viser at metoden gir en tilfredsstillende nøyaktighet. I Tabell 2.1er resultatene for disse kontrollmålingene vist.

Prøvebeskrivelse	Målt konsentrasjon av hvitt fosfor, µg/l
Blankprøve 1, ultrarent vann	< 0,015
Blankprøve 2, ultrarent vann	< 0,015
Blankprøve 3, ultrarent vann	< 0,015
Blankprøve 4, kranvann FFI	< 0,015
Blankprøve 5, kranvann FFI	< 0,015
Blankprøve 6, kranvann FFI	< 0,015
Gjenvinningsprøve 1 tilsatt 0,1 µg/l hvitt fosfor	0,096
Gjenvinningsprøve 2 tilsatt 0,1 µg/l hvitt fosfor	0,096
Gjenvinningsprøve 3 tilsatt 0,1 µg/l hvitt fosfor	0,084
Gjenvinningsprøve 4 tilsatt 0,1 µg/l hvitt fosfor	0,089
Gjenvinningsprøve 5 tilsatt 1,0 µg/l hvitt fosfor	0,97
Gjenvinningsprøve 6 tilsatt 1,0 µg/l hvitt fosfor	1,1
Gjenvinningsprøve 7 tilsatt 1,0 µg/l hvitt fosfor	1,0
Gjenvinningsprøve 8 tilsatt 1,0 µg/l hvitt fosfor	0,90

Tabell 2.1 Måle konsentrasjoner av hvitt fosfor i kontrollprøver

2.4 Usikkerhet til konsentrasjonen av hvitt fosfor i analyserte vannprøver

I forbindelse med den grundige gjennomgangen som ble utført for å finne forurensningskilden til hvitt fosfor, ble det avdekket at de forskjellige korkene som kunne vært benyttet til skilletraktene inneholdt forskjellige mengder av hvitt fosfor. Det ble påvist stor variasjon i forurensningen av korkene. Noen var helt rene, mens andre inneholdt ganske mye hvitt fosfor. Det er derfor ikke mulig å avgjøre hvor mye hvitt fosfor som er blitt tilført ekstraherte vannprøver fra korken eller hvilke prøver som er blitt forurenset.

En kan ikke se bort fra at den interne forurensningen som er avdekket har hatt betydning for tidligere analyserte vannprøver. Det er imidlertid umulig å angi hvilke vannprøver dette gjelder og i hvilken grad de er påvirket. Det som kan sies med stor sikkerhet er at nivået av hvitt fosfor i vannprøvene ikke er høyere enn det som er oppgitt i analyseresultatene. Usikkerheten gjelder alle publiserte resultater fra analyse av hvitt fosfor i vann i perioden fra 1. oktober til 31. desember 2005.

3 BETYDNING FOR KONKLUSJONER I FFI/RAPPORT-2005/03531

Den forurensningen av hvitt fosfor som er funnet i en del av ekstraksjonsutstyret for vannprøver kan ha påvirket analyseresultatet i de vannprøver som ble tatt i forbindelse med kartleggingen av

hvitt fosfor i skyte- og øvingsfelt i Troms. Dersom dette er tilfelle vil det kunne føre til at konklusjoner som er trukket i rapporten med bakgrunn i konsentrasjonene av hvitt fosfor i vann må justeres. Det må presiseres at det ikke er knyttet noen usikkerhet til de jord/sedimentprøvene som er analysert i forbindelse med denne kartleggingen.

3.1 Estimat over mengde hvitt fosfor i undersøkte målområder

I FFI/RAPPORT-2005/03531 er konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann benyttet til å gjøre et estimat over mengde hvitt fosfor som ligger i nedbørsfeltet til de undersøkte målområdene i skyte- og øvingsfeltene i Troms (Tabell 4.9, 4.10 og 4.11 på side 29 og 30 i FFI/RAPPORT-2005/03531). Den interne forurensning en av hvitt fosfor beskrevet i dette notatet kan ha ført til at de estimerer som er gjort av mengde hvitt fosfor i nedbørsfeltene er for høye. Det må derfor foretas nye beregninger for å estimere mengden hvitt fosfor som ligger i nedbørsfeltene etter at det er blitt tatt nye vannprøver.

3.2 Risikovurdering

Konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann er benyttet til å foreta en vurdering av risiko for helse og miljø i de undersøkte skytefeltene i Troms. Med bakgrunn i den interne forurensning av hvitt fosfor som er avdekket, er det grunn til å tro at konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann kan være lavere enn det som er oppgitt i FFI/RAPPORT-2005/03531.

Dersom det viser seg at konsentrasjonen av hvitt fosfor i vann er lavere enn det som tidligere er rapportert, vil dette påvirke risikovurderingen. Dette er imidlertid kun utslagsgivende for de tilfeller hvor husstander benytter vann fra resipienter til drikkevann. Risikovurdering av mennesker og dyr i skytefeltene forblir uendret under de aktuelle eksponeringsforhold.

3.2.1 Eksponering av mennesker i målområder

I FFI/RAPPORT-2005/0353 ble det konkludert med at det ikke var forbundet noen helserisiko til dagens arealbruk av skytefeltene. Det vil derfor ikke bli noen endring i disse konklusjonene selv om det skulle vise seg å være lavere konsentrasjoner av hvitt fosfor i vann enn det som er rapportert.

3.2.2 Livstidseksponering i forbindelse med drikkevann

Det rapporterte nivået av hvitt fosfor i vann inne i skytefeltet er over det som vil være akseptabelt for bruk til drikkevann. Det er derfor blitt foretatt analyser av drikkevannskilder som får tilførsler av vann fra målområder i skyte- og øvingsfelt i Troms (5). Disse analysene viser at det ikke kan spores hvitt fosfor i drikkevannet, og det vil derfor ikke være knyttet noen risiko til bruk av dette vannet til drikkevann.

3.2.3 Eksposering av beitedyr og fauna

Beitedyr vil hovedsakelig eksponeres for hvitt fosfor gjennom inntak av jord under beitingen. Dette medfører at risikovurderingen ikke endres spesielt som en følge av usikkerhet i analyseresultater for hvitt fosfor i vann.

4 OPPFØLGENDE UNDERSØKELSER

For å avdekke i hvilken grad den interne forurensningen av hvitt fosfor har påvirket analyseresultatene til vannprøver som er tatt i bekker og elver i forbindelse med kartleggingen av hvitt fosfor i skytefelt i Troms, vil det bli tatt nye vannprøver. FFI vil ta nye vannprøver i løpet av 2006. Disse prøvene vil bidra til å kvalitetssikre de rapporterte konsentrasjonene av hvitt fosfor i vann og estimatene av mengde hvitt fosfor som ligger i de ulike områdene.

FFI vil fortsette arbeidet med å skaffe seg kunnskap om miljørelaterte problemer knyttet til hvitt fosfor, slik at Forsvaret i best mulig grad er i stand til å ta riktige beslutninger i forbindelse med bruk av ammunisjon med hvitt fosfor, samt oppfølging av målområder for ammunisjon med hvitt fosfor.

5 KONKLUSJON

Gjennom interne kontrollrutiner har FFI oppdaget en forurensning av hvitt fosfor i analyseutstyret for bestemmelse av hvitt fosfor i vann. Dette kan ha påvirket de rapporterte konsentrasjonene av hvitt fosfor i vannprøver tatt i forbindelse med kartleggingen av hvitt fosfor i skytefelt i Troms. Det analysetekniske problemet er nå løst og erfaringen tilsier at prøver som kan inneholde hvitt fosfor ikke må være i kontakt med plastmaterialer.

Den interne forurensningen av hvitt fosfor vil i liten grad påvirke de gjennomførte risikovurderingene. Det vil kun være av betydning i de tilfeller hvor husstander benytter vann fra resipienter til drikkevann. Imidlertid viser analyser av drikkevannet til husstander i området ikke spor av hvitt fosfor, slik at helseeffekter dermed kan utelukkes.

Det er sannsynlig at mengden hvitt fosfor i de enkelte nedbørsfeltene er overestimert i FFI/RAPPORT-2005/03531 som følge av den interne forurensningen av hvitt fosfor.

FFI vil ta nye vannprøver i løpet av 2006, for å kvalitetssikre de rapporterte konsentrasjonene av hvitt fosfor i vann og estimatene av mengde hvitt fosfor som ligger i de ulike områdene.

Litteratur

- (1) Strømseng AE, Voie ØA, Johnsen A, Longva KS (2005): Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms, FFI/RAPPORT-2005/03531, Ugradert
- (2) Tørnes JA (1988): Bestemmelse av hvitt fosfor i prøver fra Forsvarets skytefelt på Dovre, FFI/RAPPORT-88/6009, Ugradert
- (3) USEPA (1996): Method 7580. White phosphorus (P₄) by solvent extraction and gas chromatography. <http://www.epa.gov/sw-846/pdfs/7580.pdf>
- (4) Budavari S (2001): The Merck Index: an encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals, thirteenth edition, Whitehouse Station, NJ, Merck & Co
- (5) Strømseng AE, Johnsen A, Voie ØA, Longva KS (2006): Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms, FFI/RAPPORT-2006/00412, Ugradert