

FORSVARSBYGG

500179/150

**KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I JORD OG VANN I
FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS**

13.04.2007

DOKUMENTINFORMASJON		ASPLAN VIAK AS www.asplanviak.no NO 910 209 205 MVA
Oppdragsgiver:	Forsvarsbygg Utleie, Utleietjenester forvaltning	
Oppdrag:	KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I JORD OG VANN I FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS	
Oppdrag nummer:	500179/150	
Rapportnavn:	KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I JORD OG VANN I FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS	
Versjon:	1	
Nøkkelord:	Hvitt fosfor Skytefelt Jord/vann	
Arkiv (filnavn):	O:\510179\150 Hvitt P\Rapporter\Oversendt rapport\P4Rapport1_1.doc	
Oppdragsansvarlig:	Ola Nordal	
Oppdrags-medarbeidere:	Per Kraft	
Egenkontroll:	Ola Nordal	
Dato, signatur:	13.4.2007	
Sidemannskontroll:	Per Kraft	
Dato, signatur:	13.4.2007	

FORORD

Foreliggende rapport er utarbeidet på oppdrag fra Forsvarsbygg, Utleietjenester Forvaltning Skyte- og øvingsfelt. Vår kontaktperson har vært Grete Rasmussen i Forretningsområde Rådgivning, Kompetansesenter Miljø. Oppdragsgiver har stilt kart- og datamateriale samt relevante rapporter fra Forsvarsbygg og Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) til vår disposisjon. Oppdragsgiver har også formidlet kontakt til følgende aktuelle ressurspersoner i Forsvaret med ansvar for de aktuelle skytefeltene:

Ole Olstad (Kobbryggdalen og Liveltskardet), Lars Dolmseth og offiser Follinglo (Blåtind), Joar Dahlkvist (Mauken). Skytefeltansvarlige med sine erfarne medarbeidere har gitt vesentlige bidrag til vårt grunnlag for valg av prøvetakingsområder, karakterisering av ulike typer granatkratere og vurdering av prøvetakingsmetoder. Forsvaret har i tillegg gitt velvillig bistand ved transport innenfor skytefeltene og fortløpende sikkerhetsvurderinger i felt. Vi har også fått verdifull hjelp ved forsvarlig transport og lagring av prøvemateriale.

Freddy Engelstad fra Forsvarsbygg, Forretningsområde Rådgivning, Kompetansesenter Miljø har gitt verdifull informasjon og også bistått i praktisk gjennomføring av oppdraget.

Ved uttak av vannprøver fra drikkevannskilder i Takelvdalen har vi fått svært god informasjon og praktisk bistand fra Torleif Andreassen. Torleif Andreassen har også deltatt som kjentmann ved uttak av jord- og vannprøver i området sør for Slettfjell i Blåtind skytefelt.

SAMMENDRAG

Hvitt fosfor

Hvitt fosfor er en svært reaktiv form av grunnstoffet fosfor. Hvitt fosfor brenner i kontakt med luft. Stoffet er derfor egnet til røyklegging. Hvitt fosfor har blitt benyttet i øvingsfeltene Setermoen, Mauken og Blåtind i Indre Troms. Undersøkelser har vist at partikler av uforbrent hvitt fosfor kan ligge igjen i terrenget etter bruk. Mye av dette vil raskt oksidere (brenne) og dermed forsvinne som reaktivt hvitt fosfor. Nede i jord eller vann der det ikke er lufttilgang kan rester av hvitt fosfor bli liggende. Hvitt fosfor er skadelig for pattedyr og fugler i lave konsentrasjoner. Forsvaret brukte tidligere myr og andre fuktige områder som nedslagsfelt. Det har siden 2003 vært forbudt å bruke hvitt fosfor granater på fuktige områder og på snø.

Øvingsfeltene

I *Setermoen* skyte- og øvingsfelt har det vært benyttet hvitt fosfor i Kobbryggdalen og Liveltskaret. Dette er to parallelle daler med elvene Kobbryggelva og Liveltskardelva. Liveltskardelva har videre utløp i Salangselva, mens Kobbryggelva har utløp til Barduelva via Sætervatna.

Blåtind skyte- og øvingsfelt ligger omkring et stort fjellmassiv med Blåtindan, Slettjellet og Breitinden sentralt i feltet. Det har vært skyteaktivitet med mulig bruk av hvitt fosfor ved Mårelva, i Skarddalen og på Slettjellet. Fra områdene ved Mårelva og Skardalen er det avrenning via bekker til Mårelva som renner videre mot nord til utløp i Aursfjorden. Fra målområdene på Slettjellet er det avrenning via mange bekker og elver rett sør ned fra fjellet til Takelvdalen.

Mauken skyte- og øvingsfelt inneholder fjellpartiet Vargebergan i øst og Mauken i vest. De viktigste målområdene har avrenning til Melkeelva, som løper gjennom området fra vest til øst, og har videre utløp til Takelva.

Tidligere undersøkelser

I 2005 gjennomførte Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) på oppdrag fra Forsvarsbygg undersøkelser av hvitt fosfor i jord og vann i skytefeltene i Indre Troms. Områder og punkt for prøvetaking ble rettet inn mot steder med antatt størst muligheter for funn av hvitt fosfor basert på naturtype (våte områder) og bruksintensitet. Undersøkelsene av jord fra 2005 viste tre funn med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor på bunnen av kratere i våte myrområder. Dette var i målområder i Mauken og Setermoen. I målområder i Mauken, Setermoen og Blåtind for øvrig fant man en rekke kratere med lave konsentrasjoner av hvitt fosfor, men ca like mange steder uten påvisbart hvitt fosfor. Undersøkelsene av hvitt fosfor i vann (elver, bekker, kratere) indikerte først en rekke funn av hvitt fosfor i vann. Etter rapportering ble det oppdaget at analysen av vannprøvene var beheftet med feil.

I januar 2006 undersøkte FFI 26 drikkevannsprøver omkring Blåtind, Mauken og Setermoen. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i disse.

Det pågår løpende overvåking av avrenning fra skyte- og øvingsfeltene (utføres av Sweco Grøner på oppdrag fra Forsvarsbygg) der innhold av hvitt fosfor i vann undersøkes. Det er ikke påvist hvitt fosfor i overvåkingen.

Nye undersøkelser

På bakgrunn av tidligere undersøkelse og etter pålegg fra Fylkesmannen i Troms (Miljøvernavdelingen) har Forsvaret fått gjennomført nye undersøkelser. De nye undersøkelsene er utført av Asplan Viak AS, og består av følgende hoveddeler:

1. Undersøkelse av hvitt fosfor i jord, sediment og vann i flere målområder der hvitt fosfor har vært brukt.
2. Nye prøver i elvene der man først trodde det var påvist hvitt fosfor i 2005.
3. Kontroll av vann i drikkevannskilder i Takelvdalen.

Prøvetakingen ble utført i september 2006. Dette var en periode med betydelig avrenning som følge av nedbør som regn og smelting av nysnø. Prøvetakingstidspunktet vurderes derfor som godt egnet for å undersøke avrenning av hvitt fosfor.

Det ble tatt til sammen 29 jordprøver som omfatter 8 nye målområder i Blåtind, Mauken og Setermoen. I disse målområdene fant vi et lavt innhold av hvitt fosfor i jord i 2 prøver i Setermoen (Kobbryggdalen og Liveltskaret),

mens 29 prøver fra feltene var uten spor av hvitt fosfor. I Mauken og Blåtind fant vi ikke hvitt fosfor i noen av prøvene. Prøvene i målområder ble tatt i kratere i de antatt mest påvirkede delområder.

Det ble tatt 30 vannprøver fra elver og bekker i de tre skytefeltene, og det ble påvist hvitt fosfor i én bekk inne i ett målområde i Kobbrygdalen i Setermoen skytefelt (0,037 µg hvitt fosfor per liter vann, anbefalt drikkvannskrav er 0,1 µg hvitt fosfor per liter vann). Området rett oppstrøms bekken der det ble funnet hvitt fosfor er noe atypisk ved at det er en relativt stor, flat og dyp torvmyr. Videre hadde det vært utført gravearbeider i myra (inne i målområdet) like oppstrøms prøvestedet i forbindelse med kjøretrase for beltevogn, like før og under prøvetaking. I forbindelse med løpende overvåking i regi av Forsvarsbygg har FFI og Sweco Grøner tatt prøver av vann i Kobbryggelva nedstrøms bekken der vi fant hvitt fosfor. I denne overvåkingen er det ikke påvist hvitt fosfor.

I de øvrige 29 vannprøvene i vår undersøkelse var det ikke påvisbart hvitt fosfor. Dette omfatter 5 gjentaksprøver fra elver der man tidligere trodde man hadde påvist hvitt fosfor. Det omfatter også 13 prøver fra vannkilder i Takelvdalen.

Konklusjoner

Samlet viser undersøkelsene fra 2005 og 2006 at det må påregnes at det *kan* finnes spredte enkeltforekomster av hvitt fosfor i målområder i skyte- og øvingsfeltene. De fleste forekomstene består av lave konsentrasjoner av hvitt fosfor. Det må også påregnes at det *kan* finnes enkeltforekomster der det er høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i kratere i områder som er permanent våte i målområdene. Forekomstene er så spredte at det ikke er grunnlag for å tallfeste mengder av hvitt fosfor i skyte- og øvingsfeltene.

Det er gjort ett funn av hvitt fosfor i en bekk som viser at det *kan* forekomme spredning av hvitt fosfor i bekker. I øvrige vannprøver og overvåkingsresultater fra elvene er det ikke funnet hvitt fosfor. Utlekking i det omfang som ble påvist i en bekk vil fortynnes i hovedelva i dalbunnen til konsentrasjoner som ikke ville kunne påvises. Undersøkelsene gir dermed ingen indikasjoner på at det kan være påvisbart hvitt fosfor i elver eller bekker ut fra skyte- og øvingsfeltene.

Undersøkelsene våre gir ingen indikasjoner på at det kan være hvitt fosfor i vannforsyningsanlegg i Takelvdalen eller i elver/bekker mellom Blåtind og Takelvdalen. Dette samsvarer godt med undersøkelser utført av FFI i samme område januar 2006, der det heller ikke ble påvist hvitt fosfor.

Anbefalinger

På bakgrunn av utførte undersøkelser gir vi følgende anbefalinger:

1. Varslene mot å drikke vann i skytefeltet trekkes tilbake fordi det ikke er gjort funn som tilsier at det er helsefare forbundet med dette.
2. Overvåking av vannkvalitet i elvene av hvitt fosfor stoppes fordi det ikke er indikasjoner på utlekking av hvitt fosfor fra større områder, fordi fortynning i elvene vil være så stor at evt sporadisk utlekking fra enkeltkrater ikke vil kunne påvises i elvene, og fordi enkeltprøver (stikkprøver) i elvene ikke vil være egnet til å fange opp enkelthendelser.
3. Det innarbeides rutiner/regler som hindrer kjøring/kjørespor, gravearbeider og anleggsvirksomhet i de målområdene der det er påvist/mulig at det finnes hvitt fosfor.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 BAKGRUNN.....	1
1.1 Egenskaper for hvitt fosfor.....	1
2 METODE.....	4
2.1 Metode for valg av prøvetakingsområde	4
2.2 Metode for valg av prøvepunkt	4
2.3 Metode for uttak av jord- og sedimentprøver.....	4
2.4 Metode for uttak av vannprøver.....	5
2.5 Vannprøver fra hovedvassdrag	5
2.6 Vannprøver fra mindre bekker og kratere.....	5
2.7 Drikkevannsføremønstre	5
2.8 Kjemisk analyse vann	5
2.9 Kjemisk analyse jord.....	5
3 OMRÅDEBESKRIVELSE	6
3.1 Kobbryggdalen og Liveltskardet i Setermoen skyte- og øvingsfelt	6
3.2 Blåtind.....	8
3.3 Mauken	9
4 RESULTATER	10
4.1 Kobbryggdalen.....	10
4.1.1 Undersøkelse av jord	12
4.1.2 Undersøkelse av vann	14
4.2 Liveltskardet.....	18
4.2.1 Undersøkelse av jord	18
4.2.2 Undersøkelse av vann	21
4.3 Blåtind.....	24
4.3.1 Undersøkelse av jord	26
4.3.2 Undersøkelse av vann	32
4.4 Mauken.....	40
4.4.1 Undersøkelser av jord	40
4.4.2 Undersøkelse av vann	43
5 VURDERING	46
5.1 Kobbryggdalen.....	46
5.1.1 Hvitt fosfor i jord i målområder	46
5.1.2 Utvasking av hvitt fosfor	46
5.1.3 Spredning av hvitt fosfor i elva ut fra området.....	47
5.2 Liveltskardet.....	47
5.2.1 Hvitt fosfor i jord i målområder	47
5.2.2 Utvasking av hvitt fosfor	47
5.2.3 Innhold av hvitt fosfor i elva innerst i dalen	48
5.3 Blåtind.....	48
5.3.1 Hvitt fosfor i jord i målområder	48
5.3.2 Utvasking av hvitt fosfor	48
5.3.3 Elver ut fra området.....	48
5.3.4 Vannforsyningsanlegg.....	49
5.4 Mauken.....	49
5.4.1 Hvitt fosfor i jord	49
5.4.2 Utvasking av hvitt fosfor	49
5.4.3 Innhold av hvitt fosfor i elva ut fra området	49

6	KONKLUSJON.....	50
7	ANBEFALING	53

VEDLEGG

Nr	Beskrivelse
1	Analysebevis jord
2	Analysebevis vann
3	Brev og notat fra FFI vedrørende kvalitetssikring av analyser av hvitt fosfor hos AnalyCen
4	Program for prøvetaking av sedimenter
5	Program for prøvetaking av vann
6	Skriv fra Analycen vedr. tap av prøvemateriale

1 BAKGRUNN

Forsvarsbygg gjennomførte i 2004 en historisk kartlegging av hvor Forsvaret har benyttet røykgranater med hvitt fosfor (WP) i Setermoen, Blåtind og Mauken skytefelt. Som en del av samme kartlegging ble det gjennomført befaringsområder med lokalkjent personell fra Forsvaret med erfaring fra de aktuelle skytefeltene (2). Forsvaret pekte ut områder i hvert skytefelt som var blitt mest brukt. Disse er markert og beskrevet i Rasmussen og Søyland, 2004 (2).

Med bakgrunn i ovennevnte historiske kartlegging og gjennomgang av kart, fotografier og øvrige opplysninger fra denne kartleggingen valgte FFI ut ett til to nedslagsfelt i hvert skytefelt der det ble antatt å være størst sannsynlighet for å finne rester av hvitt fosfor. I disse nedslagsfeltene ble det gjort en utvelgelse av lokaliteter hvor det ble tatt prøver av vann, jord og sediment for analyse. Kriterier for valg av prøvetakingsområdene var forventet funn av hvitt fosfor basert på bruk og naturtype (myr, fuktige områder). Prøvetakingsopplegget ble godkjent av NIVA, Fylkesmannen og Forsvarsbygg.

Resultater fra prøvetaking og analyser ble rapportert av FFI høsten 2005. En oppsummering av kartleggingen ble gjort i egen rapport fra Forsvarsbygg (1). Etter rapportering ble det oppdaget at vannprøvene var kontaminert ved analyse og resultatene derfor av usikker verdi. Jordprøvene viste funn av hvitt fosfor i ca halvparten av de 50 prøvene som ble tatt. Det ble funnet høy konsentrasjon av hvitt fosfor i Setermoen og Mauken i prøver fra tre kratere som var antatt permanent vannfylte, og rester av hvitt fosfor i ulike andre kratere. Jordprøvetakingen var rettet mot områder og kratere med antatt størst sannsynlighet for å finne hvitt fosfor.

I januar 2006 undersøkte FFI 26 drikkevannsprøver omkring Blåtind, Mauken og Setermoen. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i disse.

Det pågår løpende overvåking av avrenning fra skyte- og øvingsfeltene (utføres av Sweco Grøner på oppdrag fra Forsvarsbygg) der innhold av hvitt fosfor i vann undersøkes. Det er ikke påvist hvitt fosfor i overvåkingen.

I juni 2006 ble samme prøvelokaliteter for vann prøvetatt av Asplan Viak AS. Disse prøvene ble pga en teknisk feil på kjøleanlegget ødelagt på laboratoriet (AnalyCen) før analyse ble gjennomført (jfr. vedlegg 6).

I august 2006 ble igjen de samme prøvelokaliteter for vann prøvetatt og analysert av FFI. Resultatene er ikke rapportert. Det er muntlig bekreftet at det ikke er gjort funn av hvitt fosfor over deteksjonsgrensen i noen av vannprøvene.

På grunnlag av ovennevnte resultater og pålegg fra fylkemannens miljøvernavdeling, Troms, har Asplan Viak AS, på oppdrag fra Forsvarsbygg, utarbeidet forslag til program for supplerende prøvetaking av jord og vann innenfor skytefeltene (vedlegg 4 og 5). Programmet ble sendt til Fylkesmannen i Troms for godkjenning før feltarbeidet ble gjennomført.

Feltarbeid med ny prøvetaking ble gjennomført september 2006. Det ble gjort en løpende vurdering av prøvepunktene i felt, og det ble gjort enkelte justeringer for å rette prøvetakingen mot områder og kratere med størst sannsynlighet for funn av hvitt fosfor.

Analyse av alle prøver ble utført på AnalyCen AS i Kambo (vedlegg 1 og 2). Forsvarets Forskningsinstitutt har gjennomført en kvalitetssikring av analysen (vedlegg 3).

1.1 Egenskaper for hvitt fosfor

Hvitt fosfor har kjemisk formel P_4 og har tetraeder som kjemisk struktur. Fysiske, kjemiske og biologiske egenskaper er ført opp i tabell 1.

Hvitt fosfor er et termodynamisk ustabil stoff (oksidasjonstrinn: -5) som reagerer spontant med fritt oksygen. Dette er en eksoterm prosess. Hvitt fosfor er så reaktivt at det spontant reagerer med oksygen ved temperaturer over 20

- 30 C. Selv ved temperaturer under dette vil hvitt fosfor kunne brenne opp siden reaksjonen med oksygen utvikler varme og dermed genererer temperaturer som øker den videre oksideringen. Bare i oksygenfritt miljø vil det hvite fosforet kunne forbli hvitt fosfor over tid. Oksidasjonsprosessen er temperaturavhengig og reaksjonen går derfor langsomt ved lave temperaturer.

Ved forbrenning av hvitt P dannes ulike fosforoksider. Ved tilgang på oksygen og vann reagerer disse oksidene til en rekke forforholdige syrer. Ved begrenset tilgang på oksygen kan det dannes fosfin (PH_3).

Som det framgår av tabellen er hvitt fosfor tyngre enn vann. Transporten av hvitt fosforpartikler vil foregå som bunntransport mens finere partikler kan inngå i suspendert materiale.

Hvitt fosfor er lite persistent ved tilgang på luft og halveringstiden i luft oppgis til ca 5 minutter (fra FFI rapport 2002-04043). I jord og vann vil nedbrytingstiden være styrt av oksygentilgangen. Uten oksygentilgang er hvitt fosfor relativt persistent. Hvitt fosfor som ikke blir oksidert kan avsettes som partikler i sedimenter eller transporteres som kolloider (små partikler) i vann.

For normal pH (5 - 8) vil P_4 være stabilt bare under sterkt anaerobe forhold ($\text{EH} < -1000\text{mV}$). Verken i stillestående eller rennende vann (med løst oksygen) vil hvitt fosfor være stabilt over tid.

Sorpsjonskoeffisient i jord (K_{oc}) er estimert til 3.05 (tabell 1). Det indikerer at vannløst og kolloidalt hvitt fosfor bindes moderat til partikler i vannfasen (Spanggord et al. 1985; Swann et al. 1983).

Hvitt fosfor kan transporteres i jord ved avdamping eller utlekking til vann. Løseligheten i vann er $\leq 3 \text{ mg/l}$. Henry's konstant (H) på $2.11 \times 10^{-3} \text{ atm} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ (Spanggord et al. 1985) indikerer at det foregår fordamping av hvitt fosfor fra vann til luft (Thomas 1982). Beregnet halveringstid ved fordamping fra vann er ca 50 minutter fra en 1,3 m dyp elv forutsatt en diffusivitet på $1 \text{ cm}^2/\text{sekund}$ (Spanggord et al. 1985). Ved turbulent strømming vil fordampingshastigheten øke betydelig og vil være en viktig faktor som bidrar til nedbryting av hvitt fosfor.

Hvitt fosfor er giftig i lave konsentrasjoner. For pattedyr og fugl anses en eksponering på 1 -10 mg hvitt fosfor / kg kroppsvekt å kunne medføre alvorlig skade eller å være dødelig. Eksponering overfor levende organismer vil kunne finne sted gjennom søk etter føde i sedimentsoner eller i vannfylte granatgroper.

Fordelingskoeffisienten for hvitt fosfor er 1200 ($K_{ow}=1200$). Det betyr at stoffet er betraktelig mer løselig i fett enn i vann (K_{ow} viser stoffets fordeling mellom en fettfase (oktanol) og en vannfase). Stoffet med $K_{ow} > 1000$ regnes som bioakkumulerbare. Stoffet har derfor potensiale for en bioakkumulasjon i næringskjedene. Imidlertid er stoffet så reaktivt at det, om det tas opp i organismer, vil reagere med andre stoffer inne i organismene og slutte å være hvitt fosfor. Her ligger årsaken til den høye giftigheten, men også årsaken til at det forsvinner fort fra organismene. For fisk er halveringstiden for hvitt fosfor fra 1-6 timer etter at en eksponering er opphørt (VKM 2006). For pattedyr og fugl er sporbarheten i organismene kun få dager (ATSDR 1997). Det er altså ingen akkumulasjon av hvitt fosfor i næringskjedene (VKM 2006).

Tabell 1: Fysiske og kjemiske egenskaper for P₄

Property	Information	Reference
Molecular weight	123.895	Budavari et al. 1989
Color		
Pure form	Colorless to white	Budavari et al. 1989
Technical form	Yellow	Van Wazer 1982
Physical state	Waxy solid	Budavari et al. 1989
Melting point	44.1°C	Budavari et al. 1989
Boiling point	280°C	Budavari et al. 1989
Density:		
at 20°C	1.82 g/cm ³	Weast 1985
Odor	Garlic-like	HSDB 1993
Odor threshold:		
Water	No data	
Air	No data	
Solubility:		
Water at 15°C	3 mg/L	Weast 1985
Organic solvent(s)	Soluble in alkali, ether, chloroform, benzene, toluene	Weast 1985
Partition coefficients:		
Log K _{ow}	3.08	Spanggord et al. 1985
Log K _{oc}	3.05 (estimated) ^a	
Vapor pressure:		
at 20°C	0.025 mmHg; 0.026 mmHg	Farr 1950; HSDB 1993
Henry's law constant:		
at 20°C	2.11×10 ⁻³ atm·m ³ /mol; 1.36×10 ⁻³ atm·m ³ /mol ^b	Spanggord et al. 1985
Autoignition temperature	30°C (moist air); 35–46°C (dry air)	NSC 1990
Flashpoint	Spontaneous in air	Sax 1984
Flammability limits	No data	
Conversion factors	1 ppm = 5.150 mg/m ³ at 20°C	
Explosive limits	No data	

Bioakkumulasjonsfaktor = 1200

Oppsummering av toksikologiske egenskaper for hvitt fosfor (fra FFI rapport 2002-04043) Eksponering for dyr/menneske er oppgitt i mg hvitt fosfor per kg kroppsvekt og dag.

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

2 METODE

2.1 Metode for valg av prøvetakingsområde

Prioriterte undersøkelsesområder er nedslagsområder for granater med hvitt fosfor som Forsvaret har definert som mest brukt. Nedslagsområdene der det var størst sannsynlighet for å finne hvitt fosfor er undersøkt tidligere (1). Asplan Viak har videreført kartleggingen med å undersøke de resterende områdene identifisert som mest brukt i den historiske kartleggingen (2).

Figur 1-4 i kapittel 3 viser nedslagsområder for granater med hvitt fosfor (målområder). Nedslagsområdene er avgrenset i forbindelse med historisk kartlegging (2).

2.2 Metode for valg av prøvepunkt

Områder og punkt for prøvetaking er rettet inn mot steder med antatt størst mulighet for funn av hvitt fosfor på følgende måte:

1. Områder for prøvetaking er valgt ut i samarbeid med skytefeltadministrasjonen. Det er utpekt områder der man vet at det er benyttet hvitt fosfor over tid. Prøvetakingen er dermed konsentrert til de områdene der man med sikkerhet vet at det har vært benyttet hvitt fosfor, og innen disse områdene til delområder der det har vært størst sannsynlighet for at man av øvingstekniske årsaker vil ha ønsket røyklegging (med hvitt fosfor).
2. Innenfor disse områdene er det igjen valgt ut områder der hvitt fosfor kan ha bestått uten å oksidere. Det betyr i praksis våtlendte områder/myr med høy grunnvannstand slik at det kan være mulighet for at rester av hvitt fosfor kan ha ligget fuktig over tid.
3. I de utvalgte områdene er det gjennomført befarings- og prøvetaking sammen med personell fra skytefeltet. Disse gav råd om hvordan typiske krater etter nedslag av hvitt-fosfor granater ser ut, både utifra størrelse på krater (relativt små krater) og utifra metallrester fra granatene i/omkring kraterer der dette var mulig å finne. Prøvetaking av jord ble rettet mot mulige eller sikre hvitt-fosfor krater. Prøvetaking av vann ble rettet mot samme kraterer og mot bekker med avrenning fra områder med flere slike kraterer for å undersøke om det er hvitt fosfor i vann tett opp til kildeområder.
4. I tillegg til strategien ovenfor er det tatt prøver fra områder der det tas ut drikkevann fra nedslagsfelt som omfattes av skytefeltene. Disse prøvene er ikke tatt fordi kriteriene ovenfor tilsier spesiell mulighet for å finne hvitt fosfor, men fordi det har vært et ønske fra brukere om å få avklart situasjonen.

Før feltarbeidet var det utarbeidet en plan for prøvetaking som også ble sendt til oppdragsgiver og til Fylkesmannen. For flere av delområdene er denne planen justert på bakgrunn av feltobservasjoner og opplysninger om bruken av feltene som ble gitt av kjentmennene som var med under undersøkelsene. Endringene ble gjort for å øke muligheten for å oppnå målsettingene for prøvetakingen, med de samme prinsippene for valg av områder og punkt som ble benyttet på forhand.

2.3 Metode for uttak av jord- og sedimentprøver

Jordprøver er tatt ut med stikkspade av stål, eller med en ståløse montert på skjøtestang. Det er tatt prøve fra ca. 0-5 cm jord/sedimentdybde. Ved prøvetaking fra ett krater er det tatt 3-4 spadestikk i kraterbunnen, hvert spadestikk var fra ca 50 – 100 ml. Ved prøvetaking fra flere krater i samme delområde er det tatt 3-4 spadestikk fra hvert krater. Fra hvert spadestikk er det tatt en delprøve (prøvene ble splittet vertikalt og en tilfeldig del ble tatt ut uten homogenisering for å begrense luftkontakt). Delprøvene er tatt rett i en 200 ml plastbeholder. Denne er fylt helt opp med vann, og avkjølt straks.

2.4 Metode for uttak av vannprøver

Vannprøver er tatt direkte i 1-liters glassflaske fra krater/bekk/elv. I de tilfelle der det var for lite vannhøyde til å fylle flasken direkte er det øst opp vann med en annen glassflaske. Flaskene er fylt helt opp med vann, og avkjølt straks.

2.5 Vannprøver fra hovedvassdrag

Det er tatt ut vannprøver fra hovedvassdrag ut fra nedslagsområdene. Disse prøvene er tatt som en oppfølging av tidligere prøvetaking for verifisering av tidligere resultater (gjentaksprøve).

Følgende områder er prøvetatt, jfr. lokalitetsnr. i FFI-rapport 2005/03530 (11):

Setermoen: Kv7, Lv1

Blåtind: Bv16,

Mauken: Mv 3, Mv4, Mv5

2.6 Vannprøver fra mindre bekker og kratere

Prøvetakingslokaliteter er valgt ut i felt i forbindelse med prøvetaking av sedimenter (jfr. egen prøvetakingsplan sedimenter). Lokalitetene er knyttet til de samme områdene som er prioritert i sedimentundersøkelsen.

2.7 Drikkevannsforekomster

Aktuell lokalisering er knyttet til drikkevannsforekomster valgt ut i samarbeid med lokale vannforsyningsinteresser ved felles befarung i felt i Takelvdalen.

2.8 Kjemisk analyse vann

Kjemisk analyse er utført av AnalyCen. Ved analyse benyttes 1 l vann.

I hovedsak er metoden som er benyttet for analyse av hvitt fosfor i vannprøver tilsvarende som beskrevet i EPA metode 7580. Deteksjonsgrensen for hvitt fosfor i vannprøvene er 0,01 µg/l.

2.9 Kjemisk analyse jord

Kjemisk analyse er utført av AnalyCen. Ved analyse benyttes 40 g prøve.

Jordprøvene er analysert etter EPA metode 7580 (Determination of white phosphorus concentrations by solvent extraction and gas chromatography). Deteksjonsgrense for analysene var 0,1 µg P/kg TS.

3 OMRÅDEBESKRIVELSE

3.1 Kobbryggdalen og Liveltskardet i Setermoen skyte- og øvingsfelt

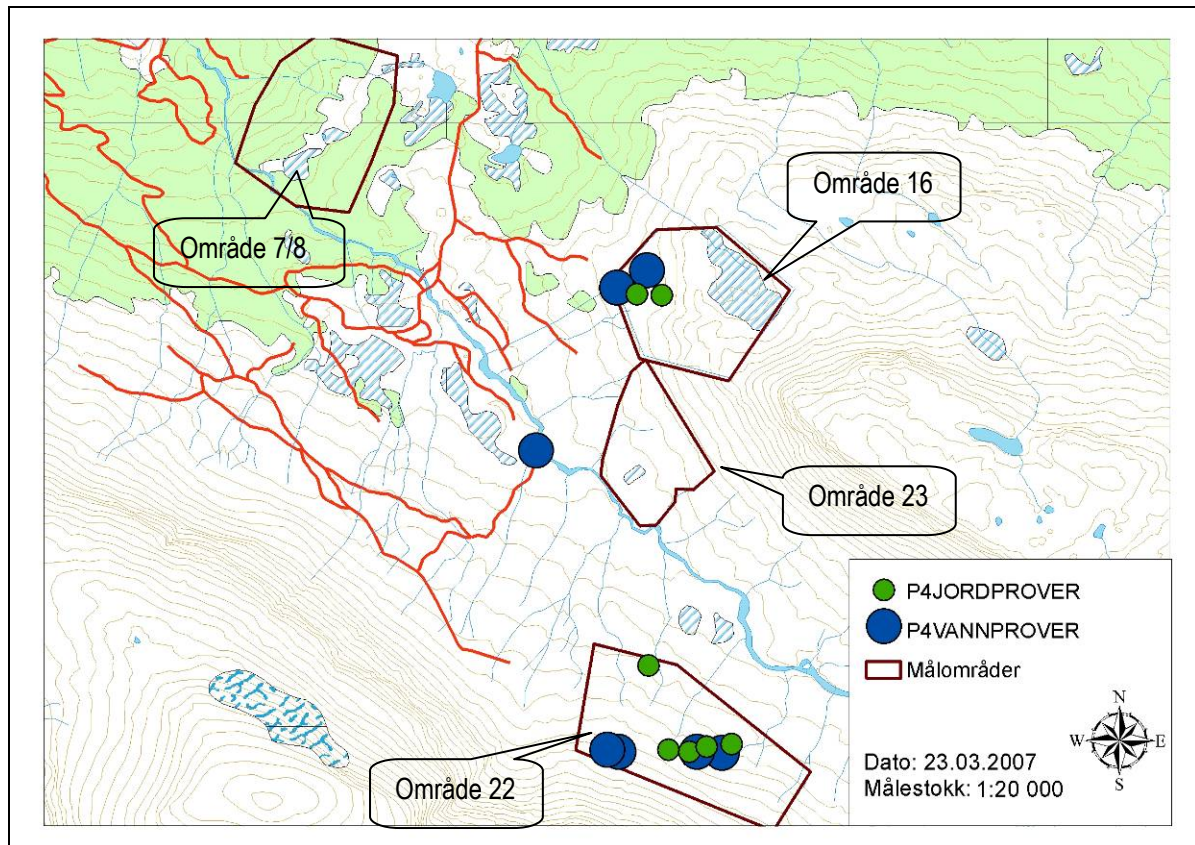
Kobbryggdalen og Liveltskardet er to parallelle trange daler mellom fjellryggene Erikfjellet, Lifjellet og Kobbryggen i Setermoen skyte- og øvingsfelt. Dalene er utpregede V-daler, med hovedelvene Liveltskardelva og Kobbryggelva som følger dalbunnene fra sørøst til utløp i nordvest. Liveltskardelva har videre utløp i Salangselva, mens Kobbryggelva har utløp til Barduelva via Sætervatna.

I begge dalene er det tett med sidebekker som starter i kildeutspring i den horisontale overgangen mellom marmor og glimmergneis midt oppe i dalsiden. Disse bekkene følger terrenget på tvers av dalsidene ned til hovedelvene i dalbunnen. I dalsidene er det rasmateriale og til dels tykke morenelag. Løsmassene fremstår som tette med høyt innhold av finstoff. Terrengoverflaten er preget av store og små myrpartier med mose, torv, gras, starr og lav buskvegetasjon med lyng, vier og bjørk.

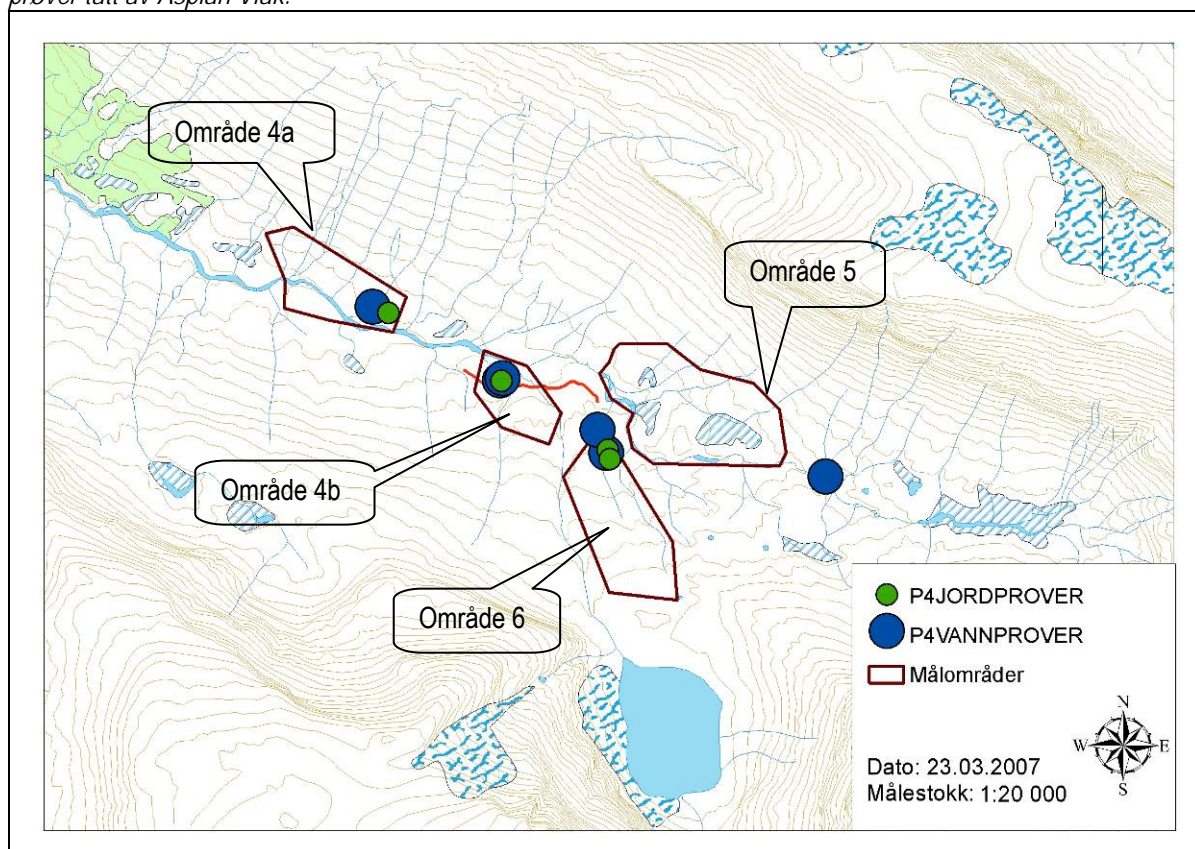
Dalene har i lang tid vært brukt til skyte- og øvingsaktivitet, og det er tusenvis av krater i ulike størrelser i målområdene i dalbunn og dalsider. Kart over områdene med inntegnet målområder der det er kjent at det har vært benyttet hvitt fosfor er vist i figur 1-2.

Forsvarets forskningsinstitutt/ NIVA/ Forsvarsbygg tok prøver av jord i kraterer i to målområder (område 7/8 og 23) i Kobbryggdalen og ett område i Liveltskardet (område 5) i august 2005. I alle tre områdene ble det påvist hvitt fosfor.

Undersøkelsene er nå supplert med jord og vannprøver i område 16 og område 21/22 i Kobbryggdalen, og i område 4a/4b og område 6 i Liveltskardet. I Kobbryggdalen er dermed alle nedslagsområdene for hvitt fosfor granater som ble definert som mest brukt prøvetatt (2). I Liveltskardet er det ett område som ikke er prøvetatt fordi det ligger i bratt fjellskråning (område 3 fra historisk kartlegging). Det ligger store mengder løse steiner i området, og en eventuell prøvetaking i området kan utgjøre en risiko for de som tar prøver.



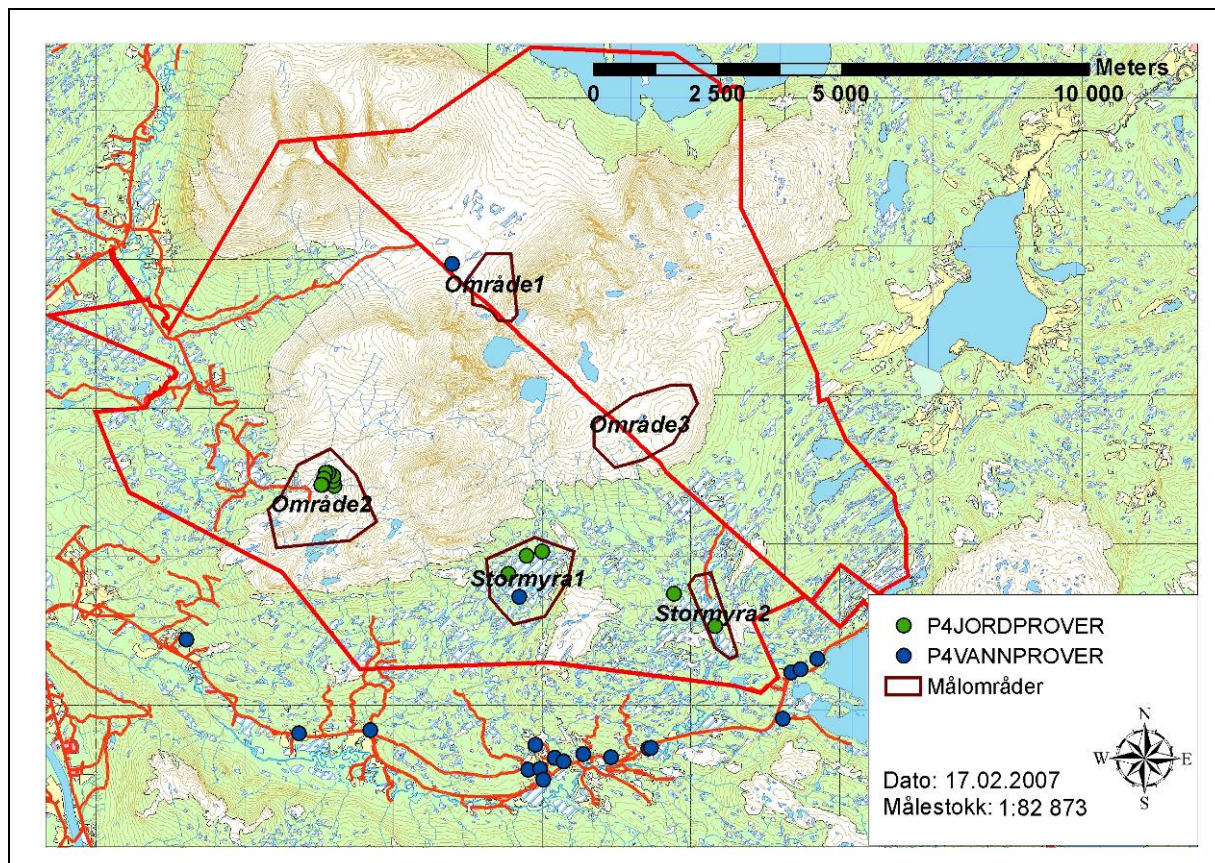
Figur 1. Områder i Kobbryggdalen i Setermoen som er undersøkt av FFI og/eller AsplanViak. Kartet viser kun prøver tatt av Asplan Viak.



Figur 2. Områder i Liveltskaret i Setermoen som er undersøkt av FFI og/eller AsplanViak. Kartet viser kun prøver tatt av Asplan Viak.

3.2 Blåtind

Blåtind skyte- og øvingsfelt ligger omkring et stort fjellmassiv med Blåtindan, Slettfjellet og Breitinden sentralt i feltet. Det har vært skyteaktivitet med mulig bruk av hvitt fosfor i sørvestre del av feltet ved Mårelva (område 2), midt i feltet innerst i Skarddalen (område 1) og på Slettfjellet sørøst i feltet (område 3).



Figur 3. Områder i og omkring Blåtind som er undersøkt av FFI og/eller AsplanViak. Kartet viser kun prøver tatt av Asplan Viak. NB Stormyra 1 og 2 er ikke målområder, men områder med mulig avrenning fra målområde 3.

I delområde 2 ved Mårelva og delområde 3 på Slettfjellet er det stort sett sammenhengende løsmassedecke av morene. I Skardalen er det også stort sett sammenhengende løsmassedecke av morene med enkelte partier med bart fjell. Vegetasjonen i alle feltene er dominert av myrvegetasjon med gras, starr, torv og lav buskvegetasjon med lyng og vier.

Fra områdene ved Mårelva er det avrenning via bekker mot vest. Bekkene samles i Mårelva som renner videre mot nord til utløp i Aursfjorden. Fra områdene i Skardalen er det avrenning til Skardelva som følger Skardsdalen vestover til utløp i Mårelva. Fra målområdene på Slettfjellet er det avrenning via mange bekker og elver rett sør ned fra fjellet til Takelva via områdene ved Stormyrene.

FFI/NIVA/Forsvarsbygg tok prøver av jord/sediment i krater i to målområder i Blåtind (område 1 ved Skarddalen og område 3 på Slettfjellet). I begge målområdene ble det påvist lave nivåer av hvitt fosfor i jord/sediment (maks 0,11 mg P4/kg TS).

Undersøkelsene er nå supplert med prøvetaking i målområdet ved Mårelva (målområde 2) og i Stormyrene og i vannkilder sør for Slettfjellet (i Takelvdalen). Dermed er alle nedslagsområder for hvitt fosfor granater som ble identifisert som mest brukt, i Rasmussen og Søyland (2004) (2), kartlagt.

3.3 Mauken

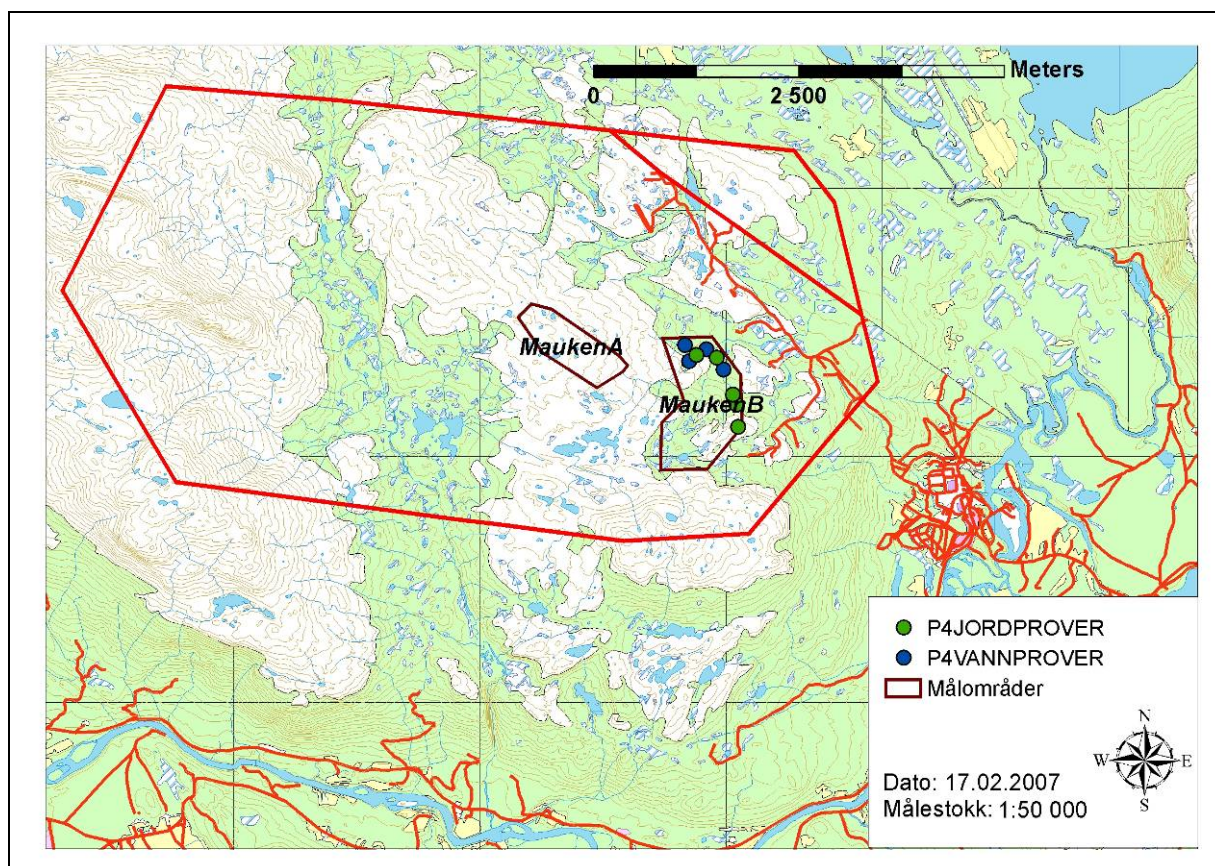
Mauken skyte- og øvingsfelt inneholder fjellpartiet Vargebergan i øst og Mauken i vest. Det har vært skyteaktivitet med skyting fra øst inn mot Vargebergan.

Avrenning fra dette området er mot øst og nord, der det er flere mindre elver som har nedslagsfelt i deler av Vargebergan. De viktigste målområdene har avrenning til Melkeelva, som løper gjennom området fra vest til øst, og har videre utløp til Takelva.

I området er det veksling mellom tykke moreneavsetninger og områder med tynt løsmassedecke. Vegetasjonen i østkanten av Vargebergan er dominert av bjørkeskog og myrer. Oppe på selve Vargebergan er det veksling mellom myrer og fjell, med flere små tjern.

Forsvarets forskningsinstitutt og NIVA tok prøver av sedimenter i tjern innover Vargebergan (Mauken A), og jord i kraterer i terrenget ned mot Melkeelva på vestsiden av Vargebergan (Mauken B). I tjerna ble det med ett unntak ikke funnet hvitt fosfor. I kraterer med synlige spor etter hvitt-fosfor granater i østre del av området ble det funnet hvitt fosfor.

Undersøkelsene er nå supplert med prøvetaking i mulige målområder merket Mauken B på figur 4. Dermed er alle nedslagsområder for hvitt fosfor granater som ble identifisert som mest brukt, prøvetatt (2)

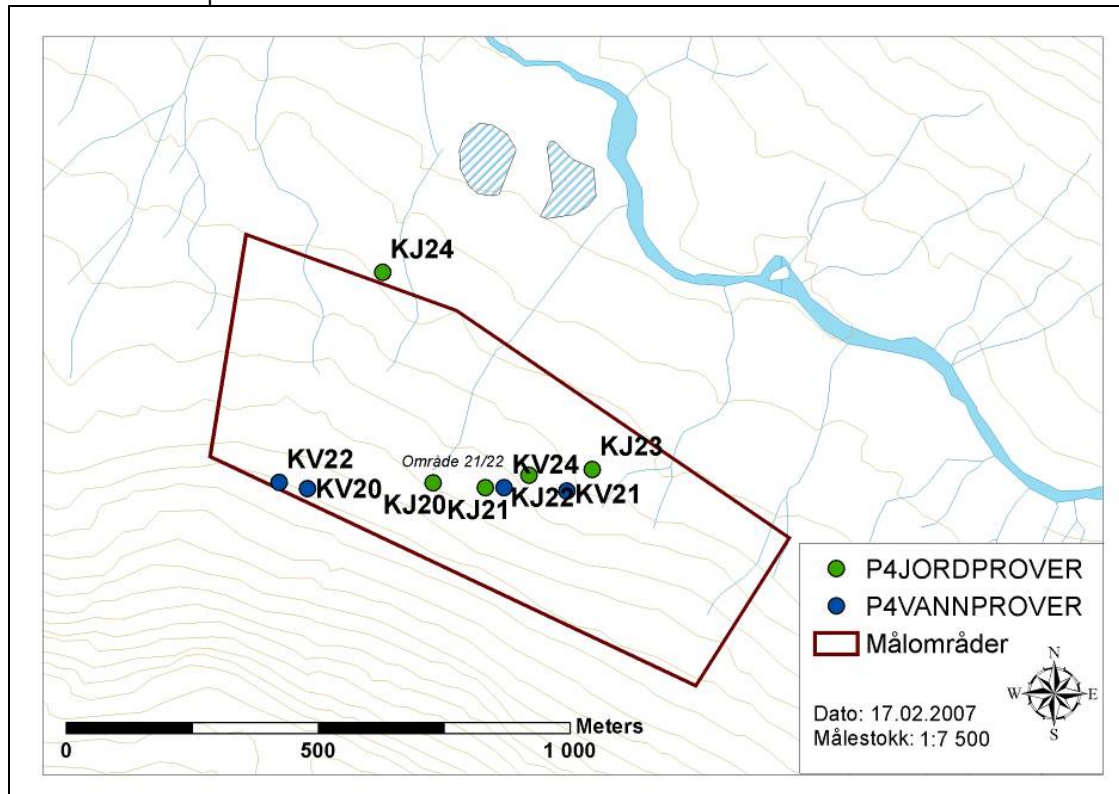


Figur 4. Områder i Mauken som er undersøkt av FFI og/eller Asplan Viak. Kartet viser kun prøver tatt av Asplan Viak.

4 RESULTATER

4.1 Kobbryggdalen

Området 21/22 i Kobbryggdalen hvor jordprøvene KJ 20 – KJ 23 og vannprøvene KV 20 – KV 24 er tatt ut ligger midt i den søndre dalsiden i Kobbryggdalen. I dette området skal det ha foregått omfattende øvingsaktivitet med røyklegging med hvitt fosfor. Det er en rekke små krater i området som kan stemme med typisk nedslag av hvitt-fosfor granater. Området ligger midt i dalsiden der det er utspring av grunnvann som gjør at en lang rekke bekker starter midt i dalsiden og renner ned til hovedvassdraget Kobbryggelva. Det er små våte myrpartier i mellom mer steinete områder spredt i dalsiden.



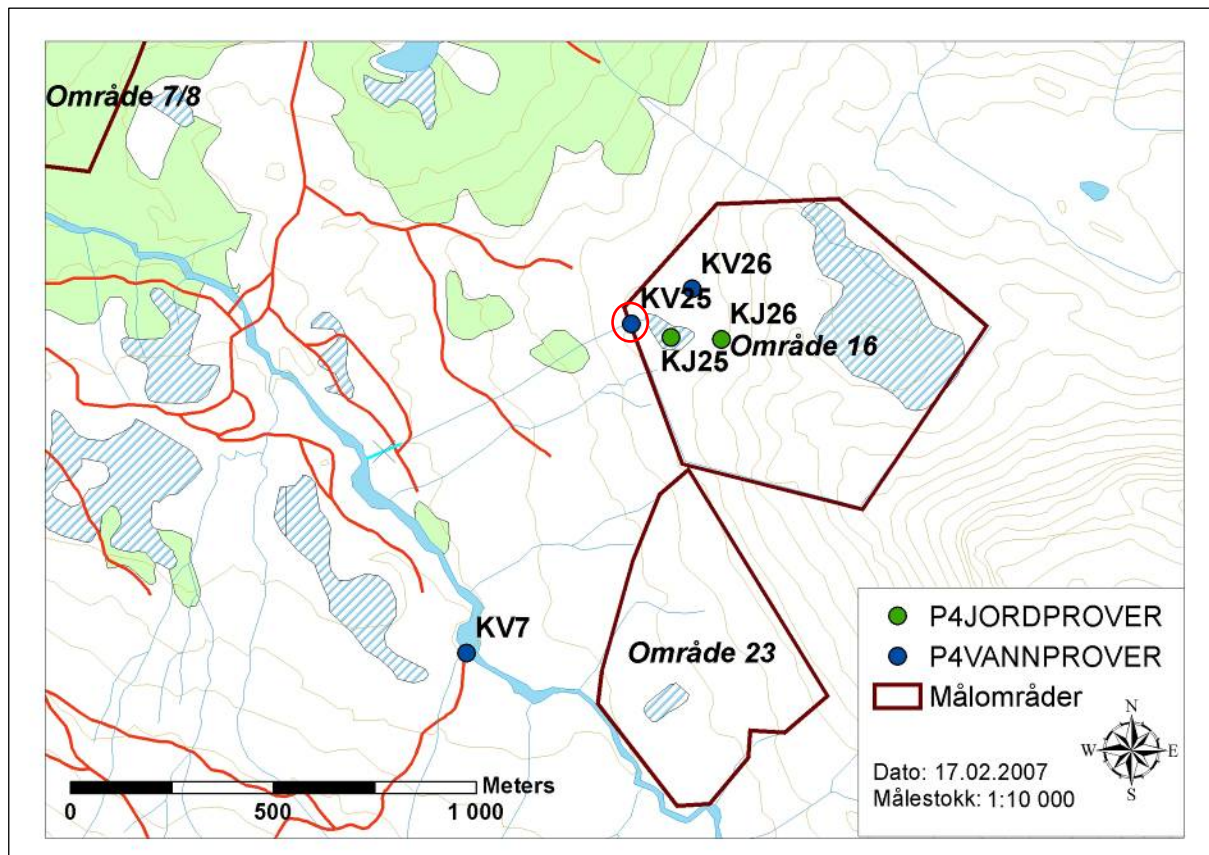
Figur 5. Prøvetakingspunkter for jord og vann i område 21/22 i Kobbryggdalen.



Innover sørsiden av Kobbryggdalen sett mot sørøst.

Område 21/22

Område 16 i Kobbryggdalen hvor jordprøvene KJ25 – KJ 26 og vannprøvene KV 25 –KV 26 er tatt ligger på brinken på nordsiden av Kobbryggdalen, noe lenger ut i dalen. Også her kan det i følge forhandsbeskrivelser av aktiviteten ha vært omfattende bruk av hvitt fosfor til røyklegging. Området er preget av en større myr, med høyereliggende partier med mange krater i nord- og østkant av myra.



Figur 6. Prøvetakingspunkter for jord og vann i område 16 i Kobbryggdalen.




Område 16. mot Kobbryggen. Bildet er tatt mot sørøst fra et punkt midt mellom KV 25 og KJ 25.




4.1.1 Undersøkelse av jord



Analyseresultater for jordprøver tatt i Kobbryggdalen er vist i tabell 2. Prøvestedene er vist på figur 5-6. Det er påvist 11 mg hvitt fosfor per kilo tørr jord i prøven KJ23 som ligger øst i område 21/22. I de øvrige 6 prøvene er det ikke påvist hvitt fosfor. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.

Tabell 2: Hvitt fosfor (mg P/kg) i jordprøver fra Kobbryggdalen

Prøve	Område	Hvitt fosfor, mg P/kg TS	Jordtype	Forklaring
KJ20	21/22	<0,001	Torv/sand	Blandprøve fra 8 krater på en myrflate i dalsiden
KJ21	21/22	<0,001	Torv/sand	Blandprøve fra 3 små antatte hvitt fosfor (WP) krater
KJ22	21/22	<0,001	Torv/sand	Blandprøve fra små kraterer på myrflate i dalsiden
KJ23	21/22	11	Sand/silt	Helt sikkert WP-krater. Relativt tørt
KJ24	21/22	<0,001	Torv/sand	Prøve fra kraterer i et område med kildehorisont og begroing
KJ25	16	<0,001	Torv	Blandprøve fra 8 små kraterer i myr
KJ26	16	<0,001	Torv	Blandprøve fra 6 små krater i bakkant av myra

	<p>KJ 21 Blandprøve fra 3 små antatte WP krater</p>
	<p>KJ 22 Blandprøve fra små kraterer på myrflate i dalsiden. Kraterne kan sees som svarte områder uten snø mellom de to personene på bildet.</p>

	<p>KJ 23 Det ble påvist hvitt fosfor i jordprøven tatt i krateret.</p>
	<p>KJ 23. Lite krater på relativt tørt område.</p>
	<p>KJ 23. Karakteristiske metallfragmenter fra hvitt fosfor granat.</p>




	<p>KJ 23. Beliggenhet i dalsiden. Sett utover Kobbryggdalen mot nordvest.</p>
	<p>KJ24</p>

4.1.2 Undersøkelse av vann

Analyseresultater for vannprøver tatt i Kobbryggdalen er vist i tabell 3. Prøvestedene er vist på figur 5-6. Det er påvist 0,037 μg hvitt fosfor per liter vann i en av prøvene (KV25) i utløpsbekken fra målområde 16. I de øvrige 6 prøvene er det ikke påvist hvitt fosfor. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.

Tabell 3: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i vannprøver fra Kobbryggdalen

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
KV20	21/22	<0,01	Større bekk gjennom område med antatte WP krater
KV21	21/22	<0,01	Relativt stor, forgrenet bekk fra område med krater (bl.a. KJ23)
KV22	21/22	<0,01	Vann i krater/dam med begroing
KV24	21/22	<0,01	Stor bekk fra område med mange kratere
KV25	16	0,037	Hovedbekk ut fra større myr med krater i myra og i fjellside oppstrøms myra
KV26	16	<0,01	Myra oppstrøms prøvepunkt KV 25
KV7		<0,01	Kobbryggelva, gjentakprøve (se kap. 2.5)

	<p>KV 20 Større bekk gjennom område med antatte WP krater</p>
	<p>KV 21 Relativt stor, forgrenet bekk fra område med krater (bl.a. KJ23)</p>
	<p>KV 22 Vann i krater/dam med begroing</p>





KV 24
Stor bekk fra område
med mange kraterer



KV 25
Hovedbekk ut fra
større myr med krater
i myra og i fjellside
oppstrøms myra

	<p>KV 25 Myra oppstrøms prøvepunkt KV 25 (hvit pil)</p>
	<p>KV 7 Kobbryggelva, gjentaksprøve</p>

4.2 Liveltskaret

	Innover Liveltskaret sett fra det nye tårnet.
	Innerst i Liveltskaret mot Isvatnet.

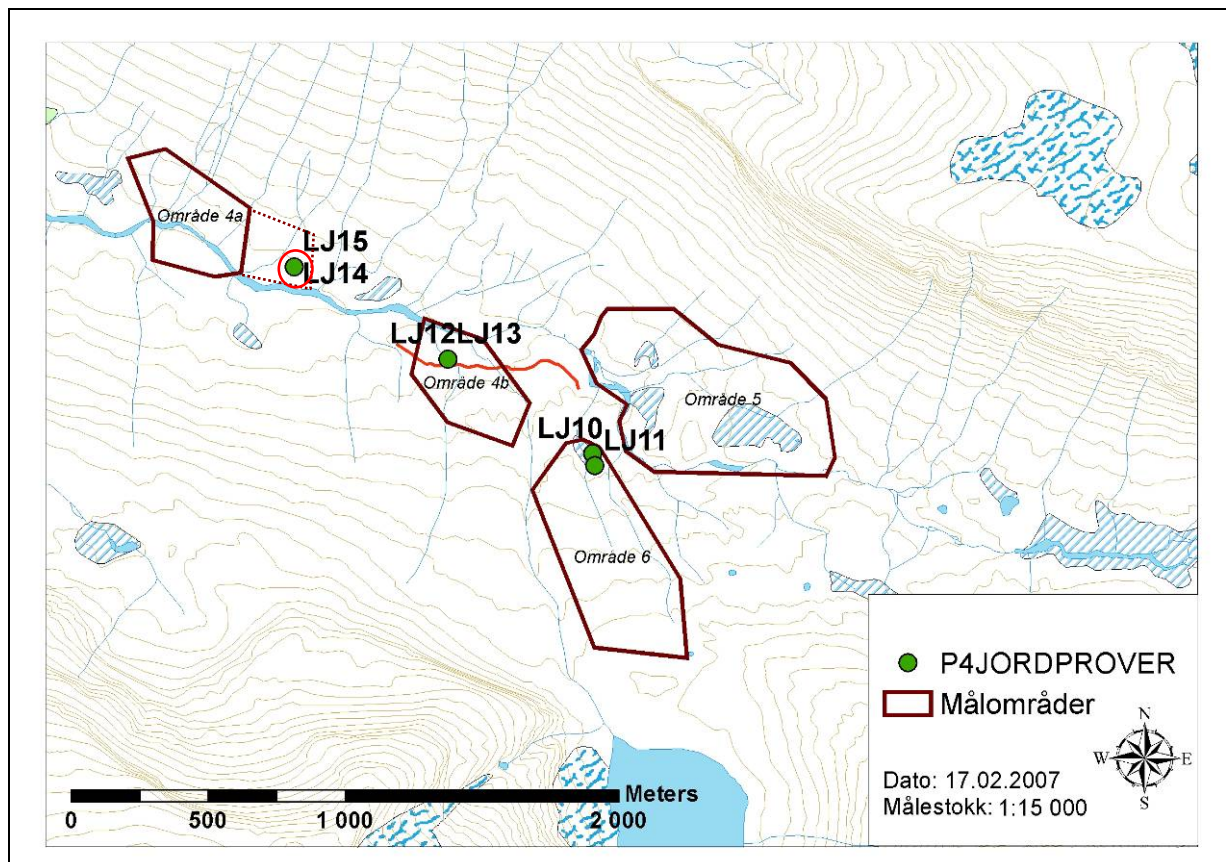
4.2.1 Undersøkelse av jord

Analyseresultater for jordprøver tatt i Liveltskaret er vist i tabell 4. Prøvestedene er vist på figur 7. Det er påvist 0,098 mg hvitt fosfor per kilo tørr jord i en av prøvene (LJ14). I de øvrige 5 prøvene er det ikke påvist hvitt fosfor. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor. Prøveprogrammet ble noe justert i forhold til opprinnelige planer under feltarbeidet. Årsaken til dette er at det var relativt få krater som hadde en utforming som gav grunn til å mistanke mulig innhold av hvitt fosfor. Spesielt i område 4a ble prøvepunktene trukket noe mot øst, og i område 6 ble prøvene tatt lengst nord i området.




Målområdene ble gjennomgått under prøvetakingen, og prøver ble tatt ut i områder der det var krater som kunne ha rester av hvitt fosfor utifra form og størrelse på kraterne.

Tabell 4: Hvitt fosfor (mg P/kg) i jordprøver fra Liveltskaret (ta med område i tabellen)

Prøve	Område	Hvitt fosfor, mg P/kg TS	Jordtype	Forklaring
LJ10	6	<0,001	Torv	Prøve fra lite begrodd krater. Antatt WP
LJ11	6	<0,001	Torv/silt	Blandprøve fra 4 noe større krater i området
LJ12	4	<0,001	Torv/silt	Område med mange krater i en liten myr/myrdrag
LJ13	4	<0,001	Torv/silt	Område med mange krater i en liten myr/myrdrag
LJ14	4	<0,001	Torv/sand	Blandprøve fra 5 krater (antatt WP)
LJ15	4	0,098	Torv/sand	Blandprøve fra 5 krater (antatt WP)

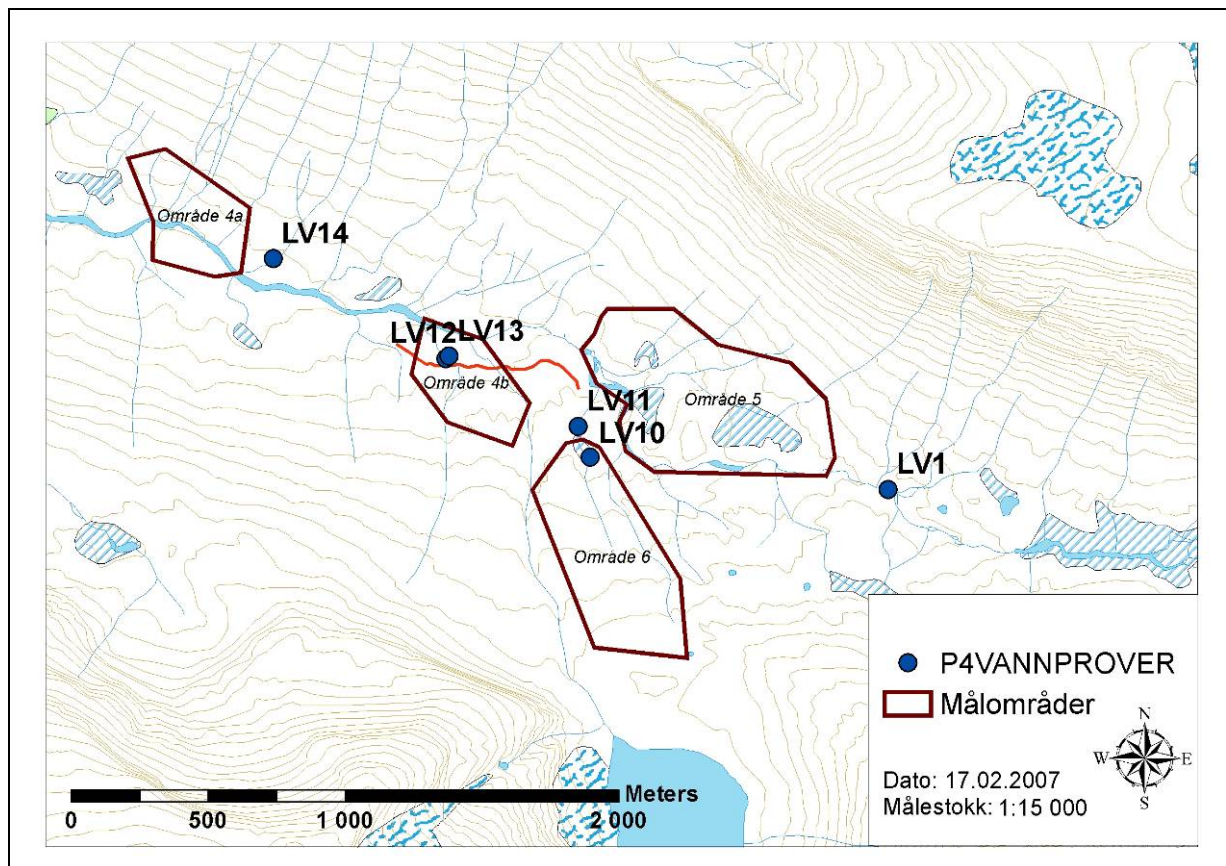


Figur 7. Prøvetakingspunkter for jord i Liveltskaret

	<p>LJ10 Prøve fra lite begrodd krater. Antatt WP</p>
	<p>LJ11 Blandprøve fra 4 noe større krater i området</p>
	<p>LJ14 og 15 Blandprøver fra 5 krater (antatt WP)</p> <p>Vannprøven LV14 er tatt like nedstrøms området.</p>

4.2.2 Undersøkelse av vann

Analyseresultater for vannprøver tatt i Liveltskaret er vist i tabell 5. Prøvestedene er vist på figur 8. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.



Figur 8: Prøvetakingspunkter for vann i Liveltskaret

Tabell 5: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i vannprøver fra Liveltskaret

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
LV1		<0,01	Liveltskardelva, gjentakprøve
LV10	6	<0,01	Bekk gjennom området ved prøve LJ11
LV11	6	<0,01	Bekk fra myr med mange krater
LV12	4b	<0,01	Liten myrbekk fra område med diverse mindre krater (antatt WP)
LV13	4b	<0,01	Større bekk gjennom område med antatte WP krater
LV14	4a	<0,01	Bekk gjennom område med krater

	<p>LV 10 Bekk gjennom området ved prøve LJ11</p>
	<p>LV 11 Bekk fra myr med mange krater</p>
	<p>LV 12 Liten myrbekk fra område med diverse mindre krater (antatt WP)</p>



LV 13
Større bekk gjennom område med antatte WP krater



LV 14
Bekk gjennom område med krater

4.3 Blåtind

I Blåtind er det gjennomført prøvetaking i fire områder:

- Målområde 2 vest for Storfjellet midt i øvingsfeltet
- Stormyrene sørøst i øvingsfeltet
- Drikkevannsinntak i Takelvdalen sør for øvingsfeltet
- BV 16 ved Mårfjellskardet innerst i Skarddalen

Målområde 2 er valgt ut på bakgrunn av omfattende øvingsaktivitet med røyklegging med hvitt fosfor. Prøvetakingsområdet er innsnevret i forhold til det målområdet som var utpekt på forhand. Årsaken til dette er kjentmannsvurderinger i felt som gav råd om hvor hvitt fosfor ble benyttet i nyere tid. I dette området er jordprøvene BJ 21 – BJ 29 og vannprøvene BV 21 – BV 25 tatt ut (figur 9 og 11). Det er mange små krater i området som samsvarer godt med typisk nedslag av hvitt fosfor granater vurdert ut fra størrelsen på kraterne og aske/kull etter forbrenning i og omkring kraterne. Det er små våte myrpartier mellom rygger med løsmasser i området. Nærområdet er relativt bratt, og de fleste kraterne er derfor tørre. Avrenning fra området samles i en rekke mindre bekker som også får tilførsel av grunnvannsutslag fra Storfjellet. Vannprøvene i målområde 2 er tatt i disse små bekkene og i krater der det stod vann. Jordprøvene er tatt fra kraterne og fra bekkesedimenter i bekker rett nedstrøms områder med kraterne.



Målområde 2 i Blåtind sett mot Storfjellet.

De to myrene mellom Blåtind og Takelvdalen som begge heter Stormyra er prøvetatt på bakgrunn av henvendelse fra publikum om skyteaktivitet og bruk av resipienten som drikkevann. Det er et målområde oppe på Slettfjellet nord for disse myrene som har avrenning via grunnvann og bekker til områdene der vi har prøvetatt myrene. Jordprøvene BJ 30 – BJ 34 (figur10) er tatt fra bekkesedimenter i bekker gjennom myrområdene. Vannprøvene BV 63 og BV 64 (figur 12) er tatt i utløp fra myrene.

Det er tatt prøver av 13 vannforsyningsanlegg for enkelthusstander i Takelvdalen (figur 12 og 13). Prøvene omfatter bekkeinntak og gravde brønner. Prøvene er tatt på bakgrunn av henvendelser fra publikum. Vanninntakene ligger innenfor nedbørfelt som har avrenning bl.a. fra målområder oppe på Slettfjellet.



Stormyra

Innerst i Skarddalen er det tatt en vannprøve (BV 16) for å få et gjentak av tidligere vannprøve. Prøven er tatt i en elv som kommer fra nordsiden av Blåtindan og Breitinden. Det skal ha vært omfattende bruk av hvitt fosfor ved skyting i området.

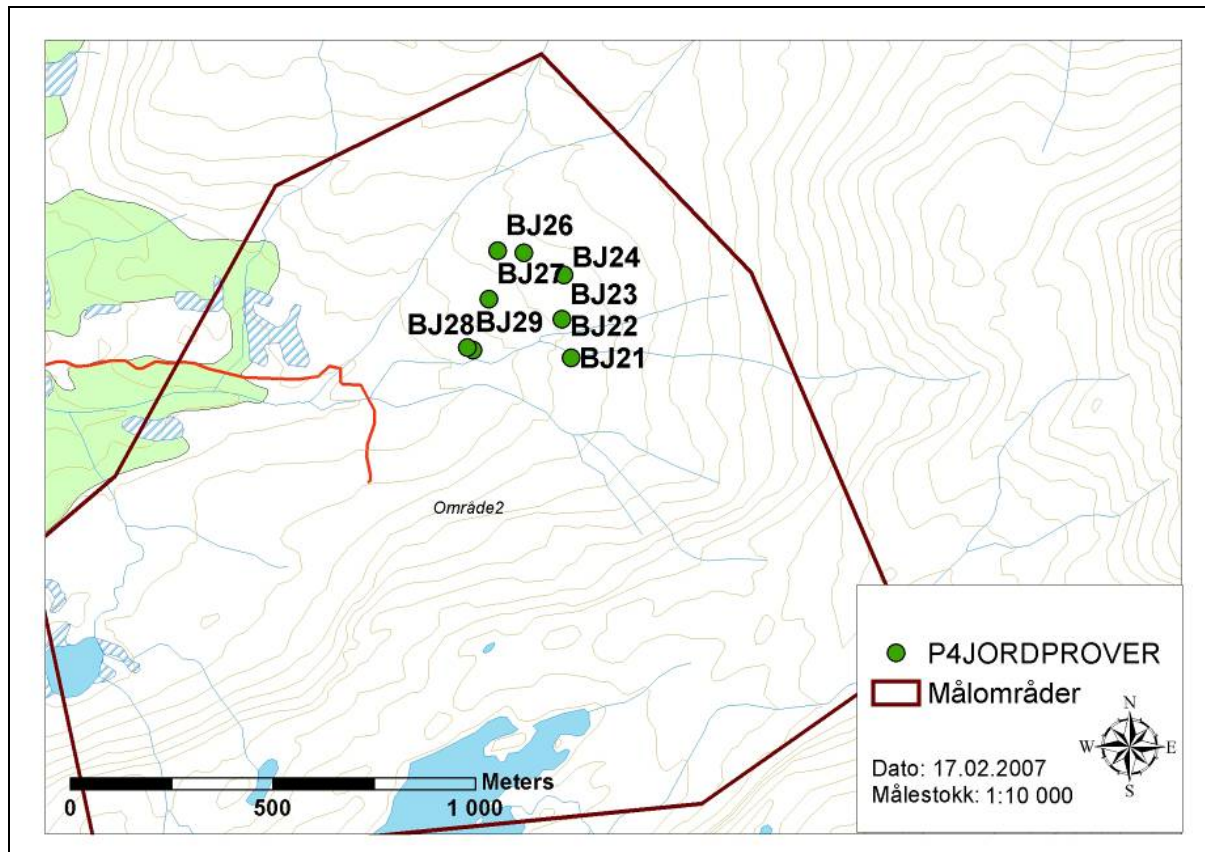


Skarddalen ved BV 16

4.3.1 Undersøkelse av jord

Målområde 2 i Blåtind



Analyseresultater for jordprøver tatt i målområde 2 i Blåtind er vist i tabell 6. Plassering av prøvestedene er vist i figur 9. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.









Figur 9: Blåtind, jordprøver, BJ21 – BJ29 fra skytefelt øverst i Mårelva

Tabell 6: Hvitt fosfor (mg P/kg) i jordprøver fra Blåtind

Prøve	Område	Hvitt fosfor, mg P/kg TS	Jordtype	Forklaring
BJ21	2	<0,001	Torv	Fra krater med synlig rest av skall fra WP-granat
BJ22	2	<0,001	Torv	Torvjord i små krater, samme sted som BV 22
BJ24	2	<0,001	Torv	Blandprøve fra myrdrag med diverse antatte WP-krater
BJ25	2	<0,001	Velsortert fins	Bekkesediment nedenfor myr med flere mulige WP-krater
BJ26	2	<0,001	Torv	Stort krater (2.5m diam). Mulig sprengning av diverse blindgjengere
BJ27	2	<0,001	Torv/sand	Lite krater med svart sotlignende materiale (brendt?). Antatt WP krater.
BJ28	2	<0,001	Torv/sand	Brendt flekk (krater)
BJ29	2	<0,001		Bekkesediment i liten bekk gjennom området der BV 25 er tatt

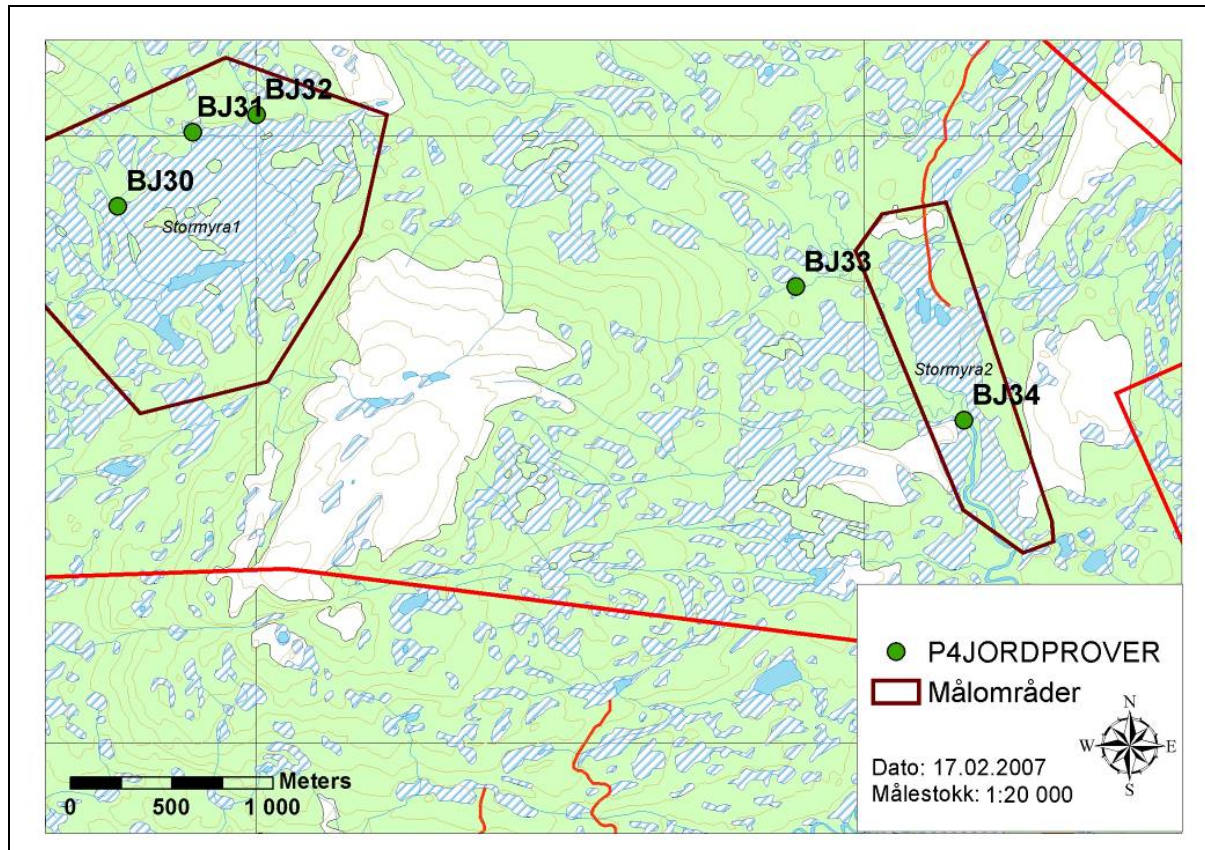
	<p>BJ 21 Jordprøve fra krater med synlig rest av skall fra WP-granat</p>
	<p>BJ 22 Jordprøve av torvjord i små krater, samme sted som BV 22</p>

	<p>BJ 24 Blandprøve fra myrdrag med diverse antatte WP- krater</p>
	<p>BJ 25 Bekkesediment nedenfor myr med flere mulige WP-krater</p>
	<p>BJ 26 Stort krater (2.5m diam). Mulig sprengning av diverse blindgjengere</p>

 A photograph showing a small, shallow crater in a field of low-lying vegetation. The crater contains dark, charred material. Two clear plastic bottles with white caps and a red cap are placed on the ground next to the crater for scale.	<p>BJ 27 Lite krater med svart sotlignende materiale (brent?). Antatt WP krater.</p>
 A photograph showing a large, irregularly shaped area of charred, dark brown material in a field. The surrounding vegetation is dry and brown, indicating a fire event.	<p>BJ 28 Brent flekk (krater)</p>
 A photograph showing a small stream or creek flowing through a field. The water is murky brown, indicating sediment. A red bucket is visible on the bank next to the stream.	<p>BJ 29 Bekkesediment i liten bekk gjennom området der BV 25 er tatt</p>

Stormyrene sørøst i øvingsfeltet

Analyseresultater for jordprøver tatt i Stormyrene sørøst i Blåtind er vist i tabell 7. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 10. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.



Figur 10: Blåtind sedimentprøver BJ30 – BJ34 fra bekker mellom skytefelt og vannforsyning i Takelvdalen

Tabell 7: Hvitt fosfor (mg P/kg) i jordprøver fra Blåtind

Prøve	Område	Hvitt fosfor, mg P/kg TS	Jordtype	Forklaring
BJ30	Stormyrene	<0,001	Sand	Bekkesediment i liten bekk gjennom området
BJ31	Stormyrene	<0,001	Sand	Bekkesediment i liten bekk gjennom området
BJ32	Stormyrene	<0,001	Sand/torv	Bekkesediment i liten bekk gjennom området
BJ33	Stormyrene	<0,001	Sand/torv	Bekkesediment i liten bekk gjennom området
BJ34	Stormyrene	<0,001	finsand/silt	Bekkesediment fra bakevje i Skarselva



BJ 30
Bekk der det er
prøvetatt
bekkesediment. Liten
bekk inn i Storemyr 1



BJ 32
Bekk der det er
prøvetatt
bekkesediment. Liten
bekk inn i Storemyr 1

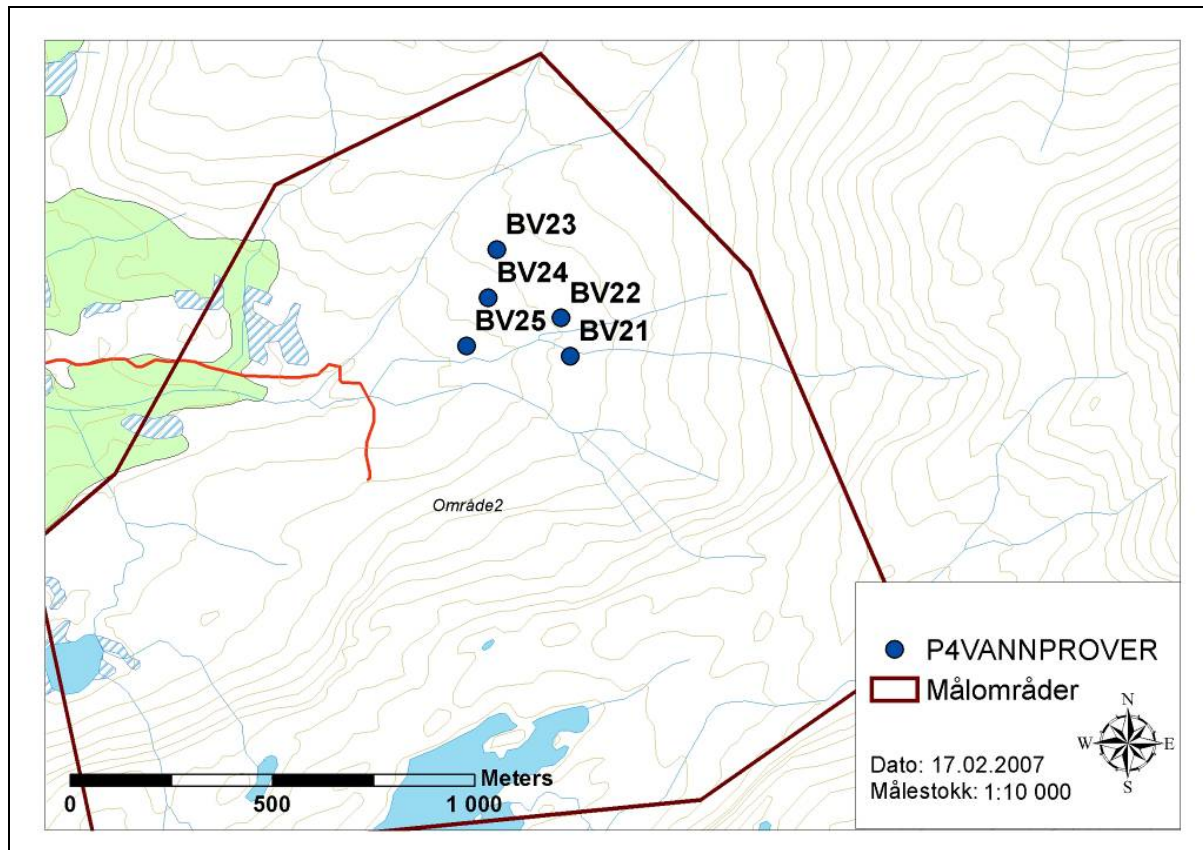


BJ 34
Bakevje i Skarselva
der det er prøvetatt
elvesediment.

4.3.2 Undersøkelse av vann

Målområde 2 i Blåtind

Analyseresultater for vannprøver tatt i målområde 2 i Blåtind er vist i tabell 8. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 11. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.



Figur 11: Blåtind, vannprøver BV21 – BV25 fra skytefelt øverst i Mårelva

Tabell 8: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i vannprøver fra Blåtind




Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
BV21	2	<0,01	Fra samme krater som BJ21
BV22	2	<0,01	Liten bekk fra myrdrag med diverse ulike krater
BV23	2	<0,01	Vann fra samme krater som BJ26
BV24	2	<0,01	Fra samme sted som BJ27
BV25	2	<0,01	Bekk fra område med mange antatte, tørre WP-krater



BV 21
Vannprøve fra samme
krater som BJ21

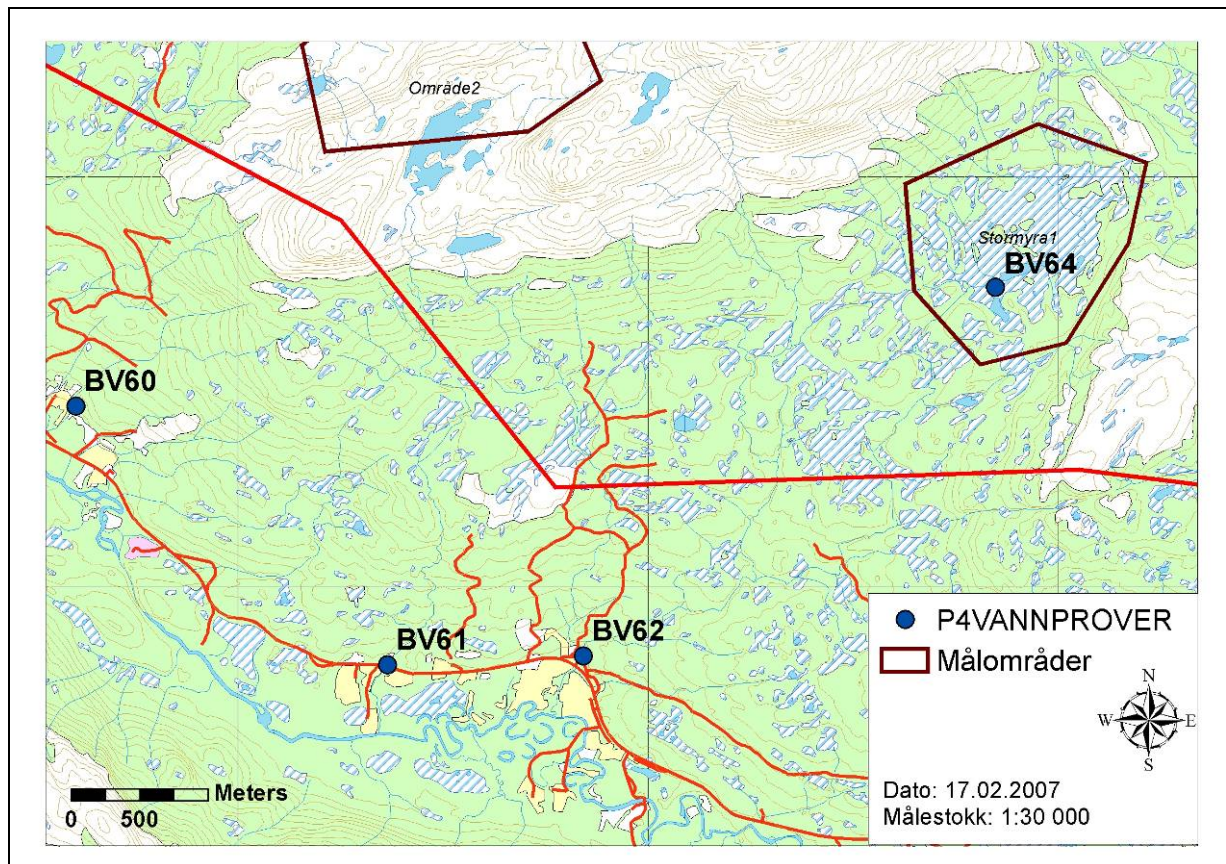


BV 22
Vannprøve fra liten bekk
fra myrdrag med diverse
ulike krater

	<p>BV 23 Vannprøve fra stort krater. (Samme krater som BJ26)</p>
	<p>BV 24 Vannprøve fra lite krater (Samme krater som BJ27)</p>
	<p>BV 25 Vannprøve i bekk fra område med mange tørre antatte WP-krater (samme sted som det er tatt sedimentprøve BJ 29)</p>

Stormyrene sørøst i øvingsfeltet

Analyseresultater for vannprøver tatt i elver sør for Blåtind er vist i tabell 9. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 12. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Foto fra Skarselva er vist nedenfor.



Figur 12: Blåtind, vannprøver BV60 – BV64 fra vassdrag mot Takelvdalen (BV 63 er vist på figur nedenfor)

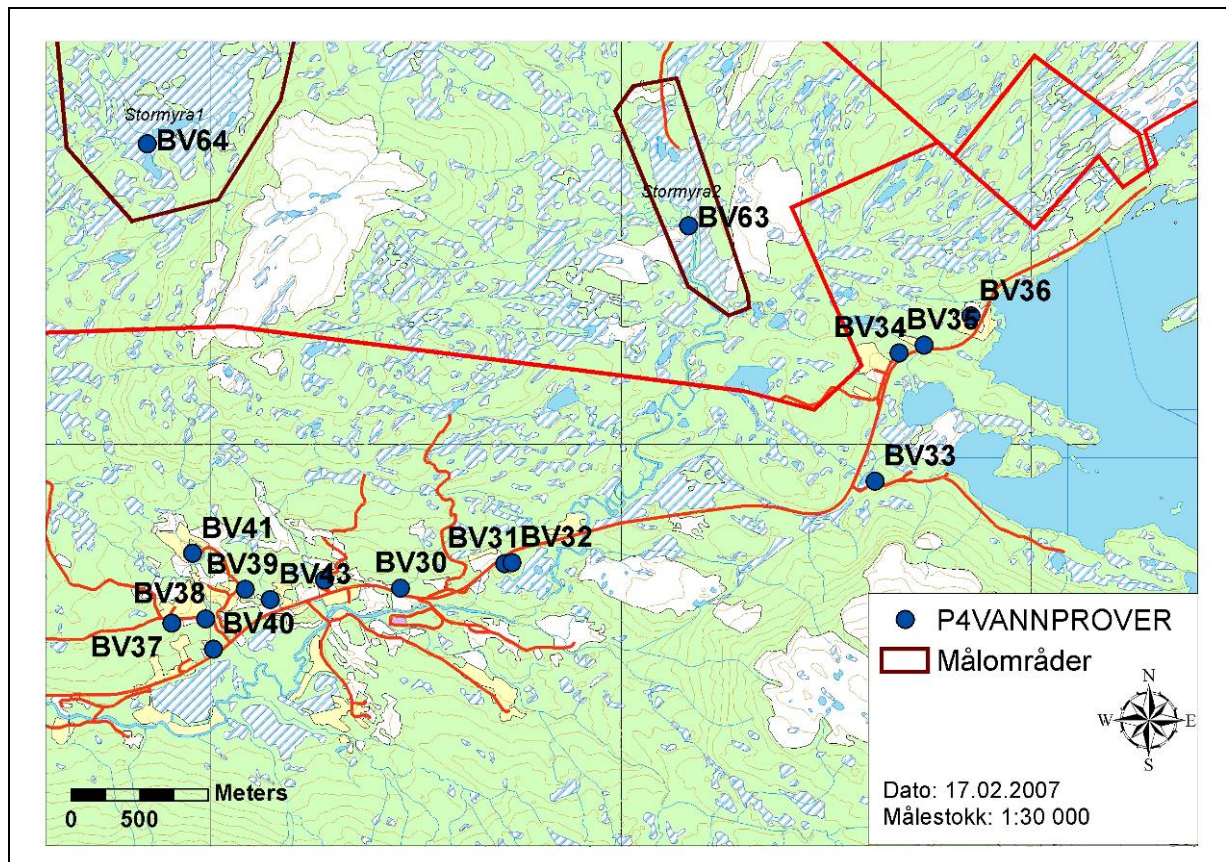
Tabell 9: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i vannprøver fra Blåtind

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
BV60	BlåtindSør	<0,01	Bekk i mulig ny vannforsyning
BV61	BlåtindSør	<0,01	Nedre Oolderbekken
BV62	BlåtindSør	<0,01	Øvre Oolderbekken
BV63	BlåtindSør	<0,01	Skarselva
BV64	BlåtindSør	<0,01	Utløp Stormyra



Vannprøver fra vannforsyningsanlegg

Analyseresultater for vannprøver tatt i vannforsyningsanlegg sør for Blåtind er vist i tabell 10. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 13. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene.



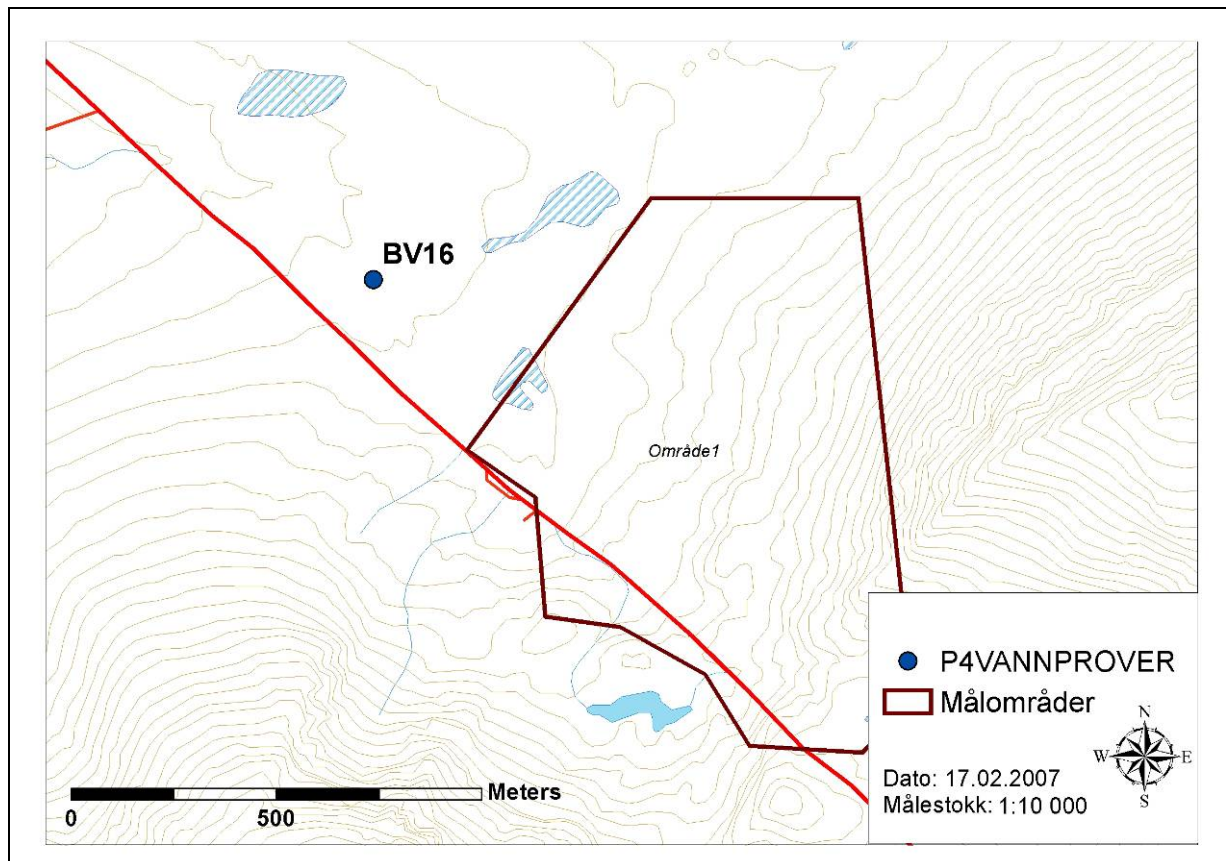
Figur 13: Blåtind, vannprøver BV30 – BV 43 fra drikkevannsanlegg i Takelvdalen og BV 63 – BV 64 fra Storemyrene

Tabell 10: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/kg}$) i vannprøver fra Blåtind

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$
BV30	Takelvdalen	<0,01
BV31	Takelvdalen	<0,01
BV33	Takelvdalen	<0,01
BV34	Takelvdalen	<0,01
BV35	Takelvdalen	<0,01
BV36	Takelvdalen	<0,01
BV37	Takelvdalen	<0,01
BV38	Takelvdalen	<0,01
BV39	Takelvdalen	<0,01
BV40	Takelvdalen	<0,01
BV41	Takelvdalen	<0,01
BV42	Takelvdalen	<0,01
BV43	Takelvdalen	<0,01

Vannprøve BV 16 fra elv i Skarsdalen nord for Blåtind

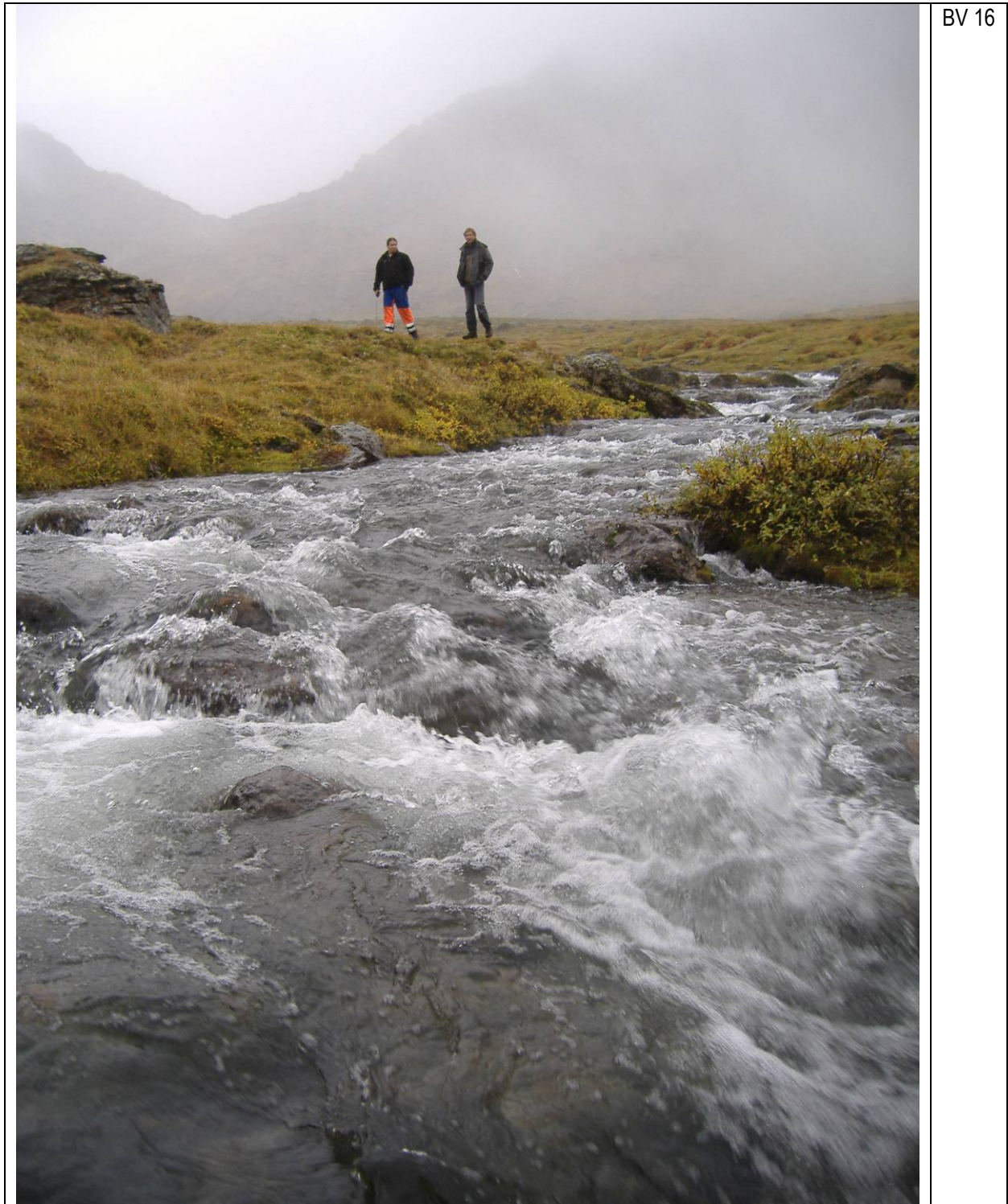
Plassering av prøvetakingspunkt BV 16 er vist på figur 14. Analyseresultater er vist i tabell 11. Det er ikke påvist hvitt fosfor i prøven. Foto fra prøvepunktet er vist nedenfor.



Figur 14: Blåtind, vannprøve BV 16 fra vassdrag i Skardalen nedstrøms målområde 1

Tabell 11: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/kg}$) i vannprøver fra Blåtind

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
BV16	Skarsdalen	<0,01	Vann fra hovedvassdrag, gjentakspørve



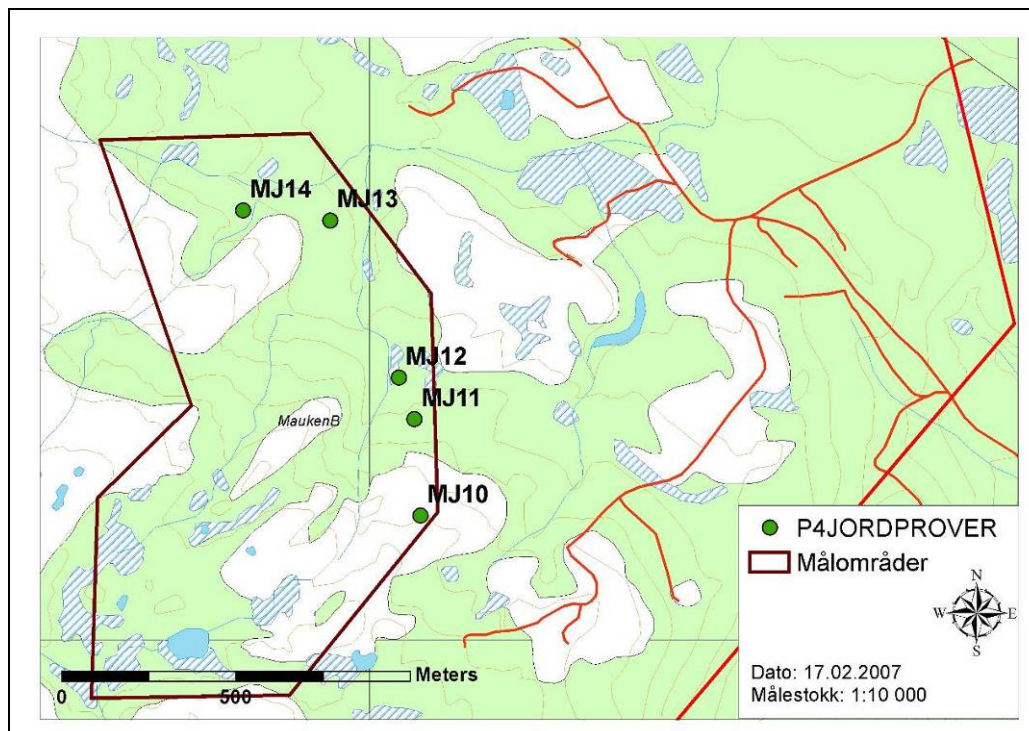
4.4 Mauken



Området der det er prøvetatt jord og vann i Mauken

4.4.1 Undersøkelser av jord



I Mauken skyte- og øvingsfelt er det tatt 5 jordprøver. Analyseresultater for jordprøver tatt i målområdet er vist i tabell 12. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 15. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.






Figur 15: Mauken, jordprøver MJ10 – MJ14

Tabell 12: Hvitt fosfor (mg P/kg) i jordprøver fra Mauken

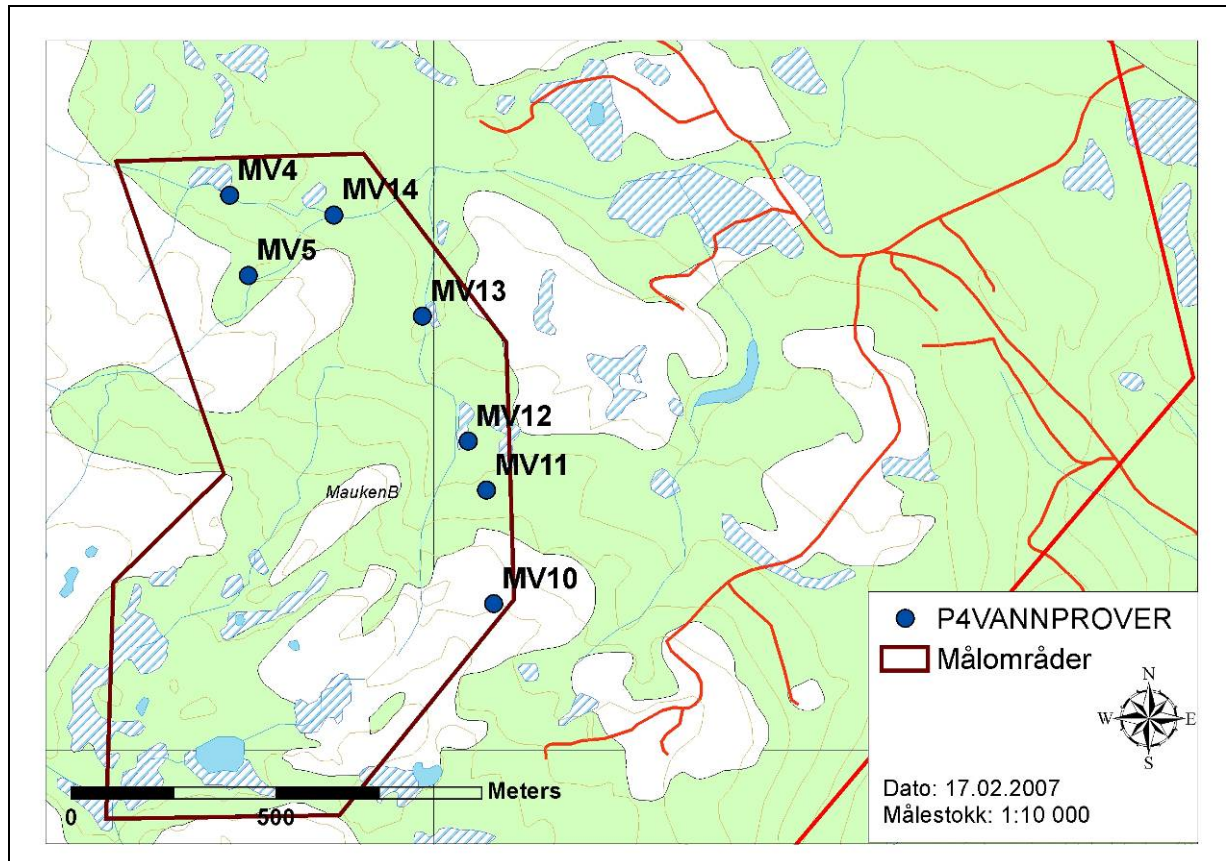
Prøve	Område	Hvitt fosfor, mg P/kg TS	Jordtype	Forklaring
MJ10	MaukenB	<0,001	Torv	Prøve fra et stort krater
MJ11	MaukenB	<0,001	Torv	Fra bunn av krater
MJ12	MaukenB	<0,001	Torv	Fra bunn av krater, mye begroing (alger)
MJ13	MaukenB	<0,001	Sand/silt	Blandprøve fra område på tørrmark med mange antatte WP-kratere
MJ14	MaukenB	<0,001	Torv/sand	Fra relativt nytt krater v/bjørk

	MJ 10
	MJ 11

	<p>MJ 13a</p>
	<p>MJ 13b</p>
	<p>MJ 14</p>

4.4.2 Undersøkelse av vann

I Mauken skyte- og øvingsfelt er det tatt 6 vannprøver. Analyseresultater for vannprøvene er vist i tabell 13. Plassering av prøvepunktene er vist i figur 16. Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av prøvene. Fotos fra utvalgte prøvepunkt er vist nedenfor.



Figur 16: Mauken, vannprøver MV4 – MV13 fra skytefeltområdet

Tabell 13: Hvitt fosfor ($\mu\text{g P/l}$) i vannprøver fra Mauken

Prøve	Område	Hvitt fosfor, $\mu\text{g P/l}$	Forklaring
MV10	MaukenB	<0,01	Vann i krater (MJ10)
MV11	MaukenB	<0,01	Bekk like ved store krater.
MV12	MaukenB	<0,01	Vann i krater (MJ12)
MV13	MaukenB	<0,01	Vann i bekk fra store deler av blindgjengerfeltet
MV14 (=MV5)	MaukenB	<0,01	Vann fra Melkelva, gjentaksprøve
MV15 (=MV4)	MaukenB	<0,01	Vann fra sidebekk til Melkeelva, gjentaksprøve



MV 10



MV 11



MV 13



Rett oppstrøms MV 14

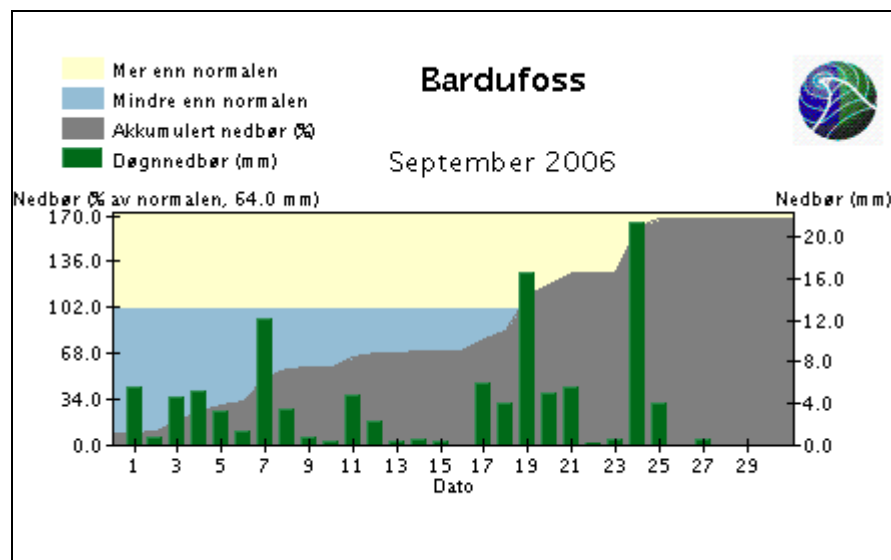


MV 15



5 VURDERING

Prøvetakingen ble utført i perioden 17 – 22. september 2006. Som det framgår av nedbørmålinger vist nedenfor, var det i en periode med betydelig avrenning som følge av nedbør som regn og smelting av nysnø. Jordsmonnet var vannmettet, og det rant vann i alle bekker og elver. Prøvetakingstidspunktet vurderes derfor som svært egnet for å undersøke evt avrenning av hvitt fosfor.



Figur 17: Nedbør for Bardufoss september 2006 (met.no)

5.1 Kobbryggdalen

5.1.1 Hvitt fosfor i jord i målområder

Undersøkelsene av jord i kratere i målområdene 21/22 og 16 (se figur 1) gav ett funn av hvitt fosfor (11 mg P/kg TS) og seks prøver uten hvitt fosfor. 11 mg/kg betyr at det er spor av hvitt fosfor, men det er ikke klumper eller biter som kan sees eller plukkes ut i prøven. Prøver fra mindre områder med flere like krater ble tatt som blandprøver av jord fra bunnen av kratere. Prøven der det ble funnet hvitt fosfor ble tatt i målområde 21/22, i lia på sørsiden av Kobbryggdalen Tidligere undersøkelser utført av FFI (FFI 2005) i målområdene 7/8 og 23 i 2005 viste funn av hvitt fosfor i ca halvparten av prøvene, og det var særlig høyt innhold i én prøve fra et vått krater i myr.

Det er mange tusen ulike krater i Kobbryggdalen. Undersøkelsene er rettet mot krater der man antar sterkest påvirkning. Resultatene indikerer følgende for de undersøkte målområdene:

- Det finnes krater i målområdene som er kontinuerlig vannfylt hvor det finnes høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i bunn av kratere.
- I de fleste kratere er det ikke hvitt fosfor, eller det er lave konsentrasjoner av hvitt fosfor.

5.1.2 Utvasking av hvitt fosfor

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i vann i tre små bekker og i ett krater i målområde 21/22. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse vannprøvene. Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i bekken ut fra målområde 16. Der ble det påvist hvitt fosfor (0.037 µg/l). Prøvepunktet i bekken der hvitt fosfor ble påvist har et nedbørfelt på ca 90 daa. Den samme bekken fortsetter ned til Kobbryggelva. Bekken rett før utløp i elva har et nedbørfelt på ca 310 daa. Kobbryggelva på samme punkt har et nedbørfelt på ca 19275 daa. Dette betyr at vannet fortynnes på sin vei ned til Kobbryggelva, og ikke minst i Kobbryggelva. FFI og Sweco Grøner har tatt prøver lenger nedstrøms i

Kobbryggelva. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse prøvene (pers medd fra Grete Rasmussen, Forsvarsbygg Rådgiving).

Vitenskapskomiteen har, på oppdrag fra Mattilsynet, laget en risikovurdering av hvitt fosfor (<http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=new&new=-2:16798>). Vitenskapskomiteen anbefaler en akseptverdi på 0,1 µg hvitt fosfor/l drikkevann. Vi har påvist 0.037 µg/l i én vannprøve. I øvrige vannprøver ble det ikke påvist hvitt fosfor (deteksjonsgrense 0,01 µg/l).

Resultatene viser følgende:

- Det er liten grad av spredning av hvitt fosfor i en avrenningssituasjon med regn og smelting av nysnø i Kobbryggdalen. Dersom det skulle kunne tenkes å finnes påvisbart hvitt fosfor i Kobbryggelva ut av målområde 16 burde innholdet i bekker i konsentrerte målområder vært relativt høyt. (Ved bestemmelsesgrense 0,01 µg/l, og forutsatt at bekker fra forurensede arealer utgjør mindre enn 10 % av totalarealet måtte konsentrasjon i bekkene fra målområdene være høyere enn 0,1 µg/l for at det skulle kunne påvises hvitt fosfor i vannprøver i elva ut fra område 16.
- Resultatene indikerer at det ikke foregår verken partikulær eller løst transport av hvitt fosfor fra område 21/22, til tross for betydelig avrenning. Resultatet kan skyldes at hvitt fosfor i liten grad finnes i området, eller at det i liten grad spres.
- Funnet av hvitt fosfor i vannprøven fra område 16 viser at hvitt fosfor kan spres med vann. Området rett oppstrøms prøvepunktet er noe atypisk ved at det er en relativt stor, flat og dyp torvmyr. Videre hadde det vært utført gravearbeider i myra (inne i målområdet) like oppstrøms prøvestedet i forbindelse med forbedring av kjøretrase for beltevoan. Arbeidet pågikk i tidsrommet like før (og under) prøvetaking. Det kan derfor ha vært uvanlig høyt innhold av organisk materiale (løst eller partikulært) i vannet i denne bekken. Forurensning kan bindes til og spres med slikt organisk materiale.
- Det er ikke påvist innhold av hvitt fosfor i vann i Kobbryggdalen som overskrider akseptverdi for drikkevann anbefalt av Vitenskapskomiteen.

5.1.3 Spredning av hvitt fosfor i elva ut fra området

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i en prøve fra Kobbryggelva vest i Kobbryggdalen på samme prøvested som FFI tidligere har tatt prøve (Rasmussen 2006). Det ble ikke påvist hvitt fosfor i vannprøven.

Resultatet viser følgende:

- Resultatet indikerer at det ikke spres påvisbare mengder av hvitt fosfor i Kobbryggelva i normale nedbørsituasjoner eller i perioder med relativt mye nedbør og avrenning.

5.2 Liveltskardet

5.2.1 Hvitt fosfor i jord i målområder

Undersøkelsene av jord i kraterer i målområder i Liveltaldalen gav ett funn av hvitt fosfor (0.098 mg P/kg TS) og fem prøver uten hvitt fosfor. Tidligere undersøkelser utført av FFI (FFI 2005) i 2005 viste funn av hvitt fosfor i ca halvparten av prøvene, og det var særlig høyt innhold i én prøve fra et vått krater i myr.

Det er svært mange kraterer i det undersøkte området. Undersøkelsene er rettet mot kraterer der man antar sterkest påvirkning. Resultatene viser følgende for de undersøkte målområdene:

- Det finnes kraterer i målområdene som er kontinuerlig vannfylt hvor det finnes høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i bunn av kraterne.
- I de fleste kraterne er det ikke hvitt fosfor, eller det er lave konsentrasjoner av hvitt fosfor.

5.2.2 Utvasking av hvitt fosfor

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i vann i fem små bekker ut fra målområder i Liveltskaret. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse vannprøvene.

Resultatene indikerer følgende:

- Det er liten grad av spredning av hvitt fosfor i en avrenningssituasjon med regn og smelting av nysnø i Liveltskaret.
- Resultatene indikerer at det ikke foregår verken partikulær eller løst transport av hvitt fosfor fra områdene til tross for betydelig avrenning. Resultatet kan skyldes at hvitt fosfor i liten grad finnes i området, eller at det i liten grad spres.

5.2.3 Innhold av hvitt fosfor i elva innerst i dalen

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i en prøve fra Liveltskardelva (LV 1) øst i Liveltskaret. Prøven er tatt på bakgrunn av tidligere prøver tatt av FFI. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i vannprøven.

Resultatet viser følgende:

- Resultatet indikerer at det ikke spres påvisbare mengder av hvitt fosfor i Liveltskardelva øst i dalen i normale nedbørsituasjoner eller i perioder med relativt mye nedbør og avrenning.

5.3 Blåtind

5.3.1 Hvitt fosfor i jord i målområder

Undersøkelsene av jord i kratere i ulike områder i Blåtind gav ingen funn av hvitt fosfor (8 prøver uten hvitt fosfor). Tidligere undersøkelser i andre målområder i Blåtind utført av FFI (FFI 2005) i 2005 viste funn av lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i ca halvparten av prøvene.

Resultatene viser/indikerer følgende for de undersøkte områdene:

- Det finnes krater i målområdene med lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i jorda (gjelder målområder i Skardalen og på Slettfjellet undersøkt av FFI).
- Det er ikke indikasjoner på hvitt fosfor i kratere i målområdet ved Mårelva.

5.3.2 Utvasking av hvitt fosfor

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i vann i to små bekker ut fra målområder og i vann i tre kratere. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse vannprøvene.

Resultatene indikerer følgende:

- Resultatene indikerer at det ikke foregår verken partikulær eller løst transport av hvitt fosfor fra områdene til tross for betydelig avrenning. Resultatet kan skyldes at hvitt fosfor i liten grad finnes i området, eller at det i liten grad spres.

5.3.3 Elver ut fra området

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i en prøve fra elv i Skarsdalen som kommer fra målområdet der FFI har påvist lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i enkelte kratere (Målområde 1/ BV 16). Prøven er tatt på bakgrunn av tidligere prøver tatt av FFI. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i vannprøven.

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i fem prøver av bekkesedimenter og fem prøver av bekke/elvevann sør for målområdene på Slettfjellet. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i prøvene.

Resultatet indikerer følgende:

- Resultatet indikerer at det ikke spres påvisbare mengder av hvitt fosfor fra målområdene i Blåtind.
- Resultatene fra vann og sedimenter fra områdene sør for Slettfjellet indikerer at det ikke er spredning av hvitt fosfor i retning mot Takelvdalen.

5.3.4 Vannforsyningsanlegg

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i 13 vanninntak i Takelvdalen som ligger sør for Blåtind. Det er ikke påvist hvitt fosfor i prøvene.

Resultatet indikerer følgende:

- Resultatet indikerer at vannforsyningsanleggene ikke er påvirket av hvitt fosfor.

5.4 Mauken

5.4.1 Hvitt fosfor i jord

Undersøkelsene av jord i kraterer i østre områder i Mauken gav ingen funn av hvitt fosfor (5 prøver uten hvitt fosfor). Tidligere undersøkelser i andre målområder i Mauken utført av FFI (FFI 2005) i 2005 viste funn av hvitt fosfor i 4 av 11 jord og sedimentprøver. En av disse prøvene inneholdt mye hvitt fosfor (5700 mg P/kg TS)..

Resultatene indikerer følgende for de undersøkte områdene:

- Det finnes kraterer i målområder med hvitt fosfor i bunn av kraterne.
- I de fleste kraterne er det ikke hvitt fosfor, eller det er lave konsentrasjoner av hvitt fosfor.

5.4.2 Utvasking av hvitt fosfor

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i vann i to små bekker ut fra målområder i Mauken og i vann i to kraterer. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i disse vannprøvene.

Resultatene indikerer følgende:

- Resultatene indikerer at det ikke foregår verken partikulær eller løst transport av hvitt fosfor fra de undersøkte målområdene i Mauken til tross for betydelig avrenning. Resultatet kan skyldes at hvitt fosfor i liten grad finnes i området, eller at det i liten grad spres.

5.4.3 Innhold av hvitt fosfor i elva ut fra området

Det er undersøkt innhold av hvitt fosfor i en prøve fra Melkelva og en fra sideelv til Melkelva på samme prøvesteder som FFI tidligere har tatt prøve. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i vannprøvene.

Resultatet viser følgende:

- Resultatet indikerer at det ikke spres påvisbare mengder av hvitt fosfor i Melkelva i normale nedbørsituasjoner eller i perioder med relativt mye nedbør og avrenning.

6 KONKLUSJON

Kan hvitt fosfor bli liggende i jord?

Hvitt fosfor er svært reaktivt. Det betyr at det brenner opp i kontakt med luft. I hovedsak skjer dette direkte under bruk. Undersøkelser har imidlertid vist at rester av uforbrent hvitt fosfor kan ligge tilbake som partikler og klumper i jorda etter bruk. Mye av dette vil raskt oksidere (brenne) og dermed forsvinne som reaktivt, hvitt fosfor. Nede i tett jord eller i myr, kratere, pytter og tjern uten lufttilgang kan slike rester av hvitt fosfor bli liggende. Forsvaret har brukt hvitt fosfor granater i over 50 år, og tidligere var det vanlig å bruke våte områder som nedslagsfelt. Etter denne virksomheten kan det være hvitt fosfor-rester i jorda. Det er nå forbudt å skyte på våte og snødekte områder.

Finnes det hvitt fosfor i jord i skyte- og øvingsfeltene Setermoen, Mauken og Blåtind?

Undersøkelser utført av FFI i 2005 viste tre funn med høye konsentrasjoner der hvitt fosfor hadde blitt liggende på bunnen av kratere i våte myrområder. Dette var i målområder i Mauken og Setermoen. I målområder for øvrig fant FFI en rekke kratere med lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i alle de tre feltene, men ca like mange steder uten påvisbart hvitt fosfor.

Resultatene fra FFI er nå supplert med undersøkelser av jord i ytterligere 8 målområder i de tre skyte- og øvingsfeltene Blåtind, Mauken og Setermoen. I disse målområdene fant vi et lavt innhold av hvitt fosfor i 2 enkeltprøver i Setermoen (Kobbryggdalen og Liveltskaret), mens 29 prøver fra feltene var uten spor av hvitt fosfor. I Mauken og Blåtind fant vi ikke hvitt fosfor i noen av prøvene. Prøvene ble tatt i kratere i de antatt mest påvirkede delområder innenfor målområdene som ble undersøkt.

I Setermoen skyte- og øvingsfelt er det samlet undersøkt 8 målområder, hvor det er tatt til sammen 38 jord- og sedimentprøver fra de antatt mest påvirkede områder/kratere. I to av prøvene ble det funnet høyt innhold av hvitt fosfor. Begge ble tatt i sediment i vannfylte krater i myr. I 17 av prøvene ble det funnet spor av hvitt fosfor, og i 21 av prøvene ble det ikke funnet hvitt fosfor.

I Mauken skyte- og øvingsfelt er det samlet undersøkt 2 målområder, hvor det er tatt til sammen 16 jord og sedimentprøver fra de antatt mest påvirkede områder/kratere. I en av prøvene ble det funnet høyt innhold av hvitt fosfor, og denne ble tatt fra sediment i vannfylt krater. I 3 av prøvene ble det funnet spor av hvitt fosfor, og i 12 av prøvene ble det ikke funnet hvitt fosfor.

I Blåtind skyte- og øvingsfelt er det samlet undersøkt 3 målområder, hvor det er tatt til sammen 22 jord og sedimentprøver fra de antatt mest påvirkede områder/kratere. Det ble ikke funnet høyt innhold av hvitt fosfor i noen av prøvene. I 9 av prøvene ble det funnet spor av hvitt fosfor, og i 13 av prøvene ble det ikke funnet hvitt fosfor.

Sør for Blåtind er det undersøkt jord/sedimenter i Stormyrene, som mottar avrenning fra målområdet Slettfjell i Blåtind skyte- og øvingsfelt. Det ble tatt til sammen 5 bekkesedimentprøver. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i prøvene.

Kan vi beregne mengde hvitt fosfor som ligger i jord i skyte- og øvingsfeltene?

Det har vært uttrykt behov for å måle og beregne total mengde hvitt fosfor som ligger i jorda i skyte- og øvingsfeltene. Vi finner ikke at det er mulighet eller faglig grunnlag for å tallfeste mengder av hvitt fosfor i jord i skyte- og øvingsfeltene som er undersøkt. Årsaken til dette er at områdene er store, forekomstene er spredte og hver enkelt forekomst er liten. Hovedkonklusjon er derfor at det må påregnes at det *kan* finnes spredte enkeltforekomster av hvitt fosfor i målområder i skyte- og øvingsfeltene. De fleste forekomstene består av lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i små kratere. Det må også påregnes at det *kan* finnes enkeltforekomster der det er høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i kratere i områder som er permanent våte i målområdene.

Kan hvitt fosfor spres med vann i bekker og elver?

Hvitt fosfor løses dårlig i vann. Det har likevel en liten vannløselighet (teoretisk maks 3 mg/l). Hvitt fosfor kan også tenkes bundet til jordpartikler og humuspartikler som svever i vannet. Ved nedbør og snøsmelting med stor avrenning eller ved erosjon i jord som inneholder hvitt fosfor er det derfor en teoretisk mulighet for at hvitt fosfor kan havne i vannet. På denne bakgrunn er det tatt enkeltundersøkelser og løpende overvåking av avrenning fra skyte- og øvingsfeltene der hvitt fosfor har vært brukt.

Er det påvist hvitt fosfor i vannet i skyte- og øvingsfeltene Setermoen, Mauken og Blåtind?

I tidligere utført undersøkelse mente man å ha påvist hvitt fosfor i elver i skyte- og øvingsfeltene. I ettertid har det vist seg at disse analysene var feil (feil på analyselaboratoriet). Det er derfor tatt nye vannprøver på flere av de stedene man trodde det var påvist hvitt fosfor i vann. Det er også tatt vannprøver i krater og bekker midt inne i målområdene. Videre er det tatt prøver i eksisterende eller mulige vannkilder i Takelvdalen sør for Blåtind.

I løpende overvåking av elver ut fra feltene er det ikke påvist hvitt fosfor i vannet.

I vår undersøkelse ble det tatt 30 prøver fra elver og bekker i de tre skytefeltene, og det ble påvist hvitt fosfor i én bekk inne i ett målområde i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt (0,037 µg hvitt fosfor per liter vann, anbefalt drikkvannskrav er 0,1 µg hvitt fosfor per liter vann). Denne prøven var spesiell fordi det pågikk gravearbeider i myr som kan ha medført erosjon i myra rett ovenfor prøvepunktet i bekken. Utfra fortynningsberegning ville vi ikke kunnet påvise bidraget fra denne bekken i elva i Kobbryggdalen fordi vannbidraget fra bekken er så lite i forhold til elva. Resultatet er likevel svært interessant; det viser at hvitt fosfor faktisk kan finnes i en vannprøve.

I de øvrige 29 vannprøvene var det ikke påvisbart hvitt fosfor. Dette omfatter 5 gjentaksprøver fra elver der man tidligere trodde man hadde påvist hvitt fosfor.

Er det fare for at hvitt fosfor spres ut av skyte- og øvingsfeltene med elver/bekker?

I bekkeprøven hvor det er påvist hvitt fosfor lå innholdet under drikkevannsnormen. Bekken der funnet ble gjort var noe spesiell, fordi det ble utført terrengarbeider i myr knyttet til beltevogntrase, og dette kan ha gitt et unormalt høyt innhold av organisk stoff i vannet. Dette kan ha bidratt til utvasking av hvitt fosfor som i utgangspunktet lå skjermet/dykket i myra. Resultatet viser at hvitt fosfor til en viss grad kan spres med vann under slike forhold, selv om hvitt fosfor er lite vannløselig. Øvrige vannprøver og overvåkingsresultater indikerer at hvitt fosfor i svært liten grad spres med vann fra målområdene. Prøver av vann og bekkersedimenter underbygger at det fra de fleste områder ikke foregår spredning/utlekking av hvitt fosfor.

Undersøkelsene gir ingen indikasjoner på spredning av hvitt fosfor i elvene ut fra skyte- og øvingsfeltene i et omfang som vil kunne påvises. Utlekking i det omfang som ble påvist i en liten bekk vil fortynnes i hovedelva i dalbunnen til konsentrasjoner som ikke ville kunne påvises.

Undersøkelsene gir dermed ingen indikasjoner på at det kan være påvisbart hvitt fosfor i elver eller bekker ut fra skyte- og øvingsfeltene.

Er det fare for hvitt fosfor i drikkevann i Takelvdalen sør for Blåtind?

Det har vekket bekymring for beboere og grunneiere i Takelvdalen at det har vært benyttet hvitt fosfor i målområder innenfor nedbørfeltet til drikkevannskilder. På denne bakgrunn er det gjennomført spesielle undersøkelser i dette området.

I målområdet på Slettfjell ble det funnet spor av hvitt fosfor i 3 av 5 prøver (FFI). Det ble ikke funnet høye konsentrasjoner av hvitt fosfor i noen av prøvene. I bekkesedimentprøver i bekker ved Stormyrene der det kommer avrenning fra Blåtind har vi ikke påvist hvitt fosfor (5 prøver av bekkesediment).

I 13 vannprøver i områder med mulige drikkevannsinteresser i Takelvdalen sør for Blåtind ble det ikke påvist hvitt fosfor.

Undersøkelsene gir dermed ingen indikasjoner på at det kan være hvitt fosfor i vannforsyningsanlegg i Takelvdalen eller i elver/bekker mellom Blåtind og Takelvdalen.

7 ANBEFALING

Vi anbefaler følgende:

- Varslene mot å drikke vann i skytefeltet trekkes tilbake fordi det ikke er gjort funn som tilsier at det er helsefare forbundet med dette.
- Overvåking av vannkvalitet i elvene av hvitt fosfor stoppes fordi det ikke er indikasjoner på utlekking av hvitt fosfor fra større områder, fordi fortykning i elvene vil være så stor at evt sporadisk utlekking fra enkeltkrater ikke vil kunne påvises i elvene, og fordi enkeltprøver (stikkprøver) i elvene ikke vil være egnet til å fange opp enkelthendelser.
- Det innarbeides rutiner/regler som hindrer kjøring/kjørespor, gravearbeider og anleggsvirksomhet i de målområdene der det er påvist/mulig at det finnes hvitt fosfor.

Referanser

- 1 Rasmussen G, Watn Å (2006): Kartlegging av hvitt fosfor i skytefeltene i Troms, prosjektrapport.
- 2 Rasmussen G, Søyland R (2004): Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21.-23. september 2004.
- 3 Søybye 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.
- 4 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.
- 5 Spangord 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.
- 6 Walsh MR, Walsh ME, Collins CM (1996): Persistence of white phosphorus (P4) particles in salt marsh sediments, Environmental Conservation 15, 6, 846-855.
- 7 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.
- 8 Tørnes JA (1988): Bestemmelse av hvitt fosfor i prøver fra Forsvarets skytefelt på Dovre. FFI/RAPPORT-6909.
- 9 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/)
- 10 Søybye E, Johnsen A, Strømseng A (2003): Kartlegging av hvitt fosfor forurensning i Hjerkinnskytefelt. FFI/RAPPORT-2003/01224.

Vedlegg