



PROSJEKT 500179/150

**KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I SEDIMENT I
FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS**

05.02.2008

DOKUMENTINFORMASJONASPLAN VIAK AS
www.asplanviak.no
NO 910 209 205 MVA

Oppdragsgiver:	Forsvarsbygg Utleie, Utleietjenester forvaltning Skyte og øvingsfelt
Oppdrag:	KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I SEDIMENTER I FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS
Oppdrag nummer:	500179/150
Rapportnavn:	KARTLEGGING AV HVITT FORFOR I SEDIMENTER I FORSVARETS SKYTEFELT, TROMS
Versjon:	1
Nøkkelord:	Hvitt fosfor Skytefelt Sedimenter
Arkiv (filnavn):	O:\510179\150 Hvitt P\Rapporter\P4RapportSediment.doc
Oppdragsansvarlig:	Ola Nordal
Oppdrags-medarbeidere:	Per Kraft
Egenkontroll:	Ola Nordal
Dato, signatur:	05.02.2008
Sidemannskontroll:	Per Kraft
Dato, signatur:	05.02.2008

FORORD

Foreliggende rapport er utarbeidet på oppdrag fra Forsvarsbygg, Utleietjenester Forvaltning Skyte- og øvingsfelt. Vår kontaktperson har vært Grete Rasmussen i Forsvarsbygg Futura 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:

Miljøoffiser Anders Hamnes (alle områdene), skytefeltoffiser Lars Dolmseth (Blåtind), skytefeltoffiser Joar Dahlkvist (Mauken). 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. Leder skyte- og øvingsfelt i Forsvarsbygg Markedsområdet Midt-Troms, Thor Eirik Næss Bakken har bistått i å koordinere arbeidet lokalt.

Undersøkelsen av sedimenter er gjort i forlengelsen av tidligere rapporterte undersøkelser av hvitt fosfor i vann og jord i de samme skytefeltene. Valg av prøvesteder er gjort på grunnlag av de tidligere undersøkelsene.

Undersøkelsen av sedimenter er gjort parallelt med undersøkelse av hvitt fosfor i fisk i de samme vannene og elvene (Utført av Akvaplan-niva).

De generelle omtalene av hvitt fosfor og av skytefeltene er tatt fra tidligere rapport for undersøkelse av jord- og vann.

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, Slettfjellet og Breitinden sentralt i feltet. Det har vært skyteaktivitet med mulig bruk av hvitt fosfor ved Mårelva, i Skarddalen og på Slettfjellet. 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 Slettfjellet 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.

På grunnlag av ovennevnte resultater og pålegg fra fylkemannens miljøvernavdeling, Troms, gjennomførte Asplan Viak AS, på oppdrag fra Forsvarsbygg, supplerende prøvetaking av jord/sediment innenfor skytefeltene september 2006. Arbeidet bestod 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 31 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 inne 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). 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 tatt inne i skytefeltene 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 ble i tillegg tatt 13 prøver fra drikkevannkilder i Takelvdalen. I disse prøvene var det ikke påvisbart hvitt fosfor.

Nye undersøkelser av sediment i elver og vann

På bakgrunn av dialog med Fylkesmannen er det tatt prøver av sedimenter i vann og elver der det har vært benyttet hvitt fosfor i nedbørfeltene oppstrøms. Prøvetakingen ble utført 29 og 30 august 2007. Partikler av hvitt fosfor kan i teorien ha blitt spredt med regn og smeltende snø til overflatevann.

Det er ikke funnet hvitt fosfor i noen av sedimentprøvene. Oversikt over prøvestedene er gitt nedenfor:

I tilknytning til Setermoen skyte- og øvingsfelt er det tatt prøver fra Liveltskardelva midt inne i Liveltskardet og fra Liveltskardelva ved Fosseng vest for øvingsfeltet. Videre ble det tatt prøver fra Bjørnfjellvatn i Kobbryggdalen, fra Kobbryggelva ved Sørskogen der Kobbreyggelva renner ut fra selve skytefeltet, fra Kobbryggelva ved E6 nedstrøms skytefeltet, og fra Kobbryggelva nær utløp til Setervannet. På alle stedene ble det tatt to parallelle sedimentprøver med 5 til 10 delprøver i hver. Til sammen utgjør dette 12 sedimentprøver fra Setermoen skyte- og øvingsfelt.

I tilknytning til Blåtind skyte- og øvingsfelt er det tatt prøver fra Sollitindvatnet, fra Ole Jonsavatnet, fra Mårelva inne i skytefeltet og fra Mårelva ved Nordlund nedstrøms skytefeltet. På alle stedene ble det tatt to parallelle sedimentprøver. Til sammen utgjør dette 8 sedimentprøver fra Blåtind skyte- og øvingsfelt.

I tilknytning til Mauken skyte- og øvingsfelt er det tatt prøver fra vestre og østre Skardvatn, fra Melkelvatnan, fra bekker inn mot Bergvatn og fra sediment i selve Bergvatn, samt fra Melkelva nedstrøms områdene som tidligere er undersøkt mht hvitt fosfor i krater. På alle stedene ble det tatt to (tre i Melkelvatnan) parallelle sedimentprøver. Til sammen utgjør dette 13 sedimentprøver fra Mauken skyte- og øvingsfelt.

Parallell undersøkelse av hvitt fosfor i fisk

Akvaplan Niva har gjennomført undersøkelse av hvitt fosfor i fisk i skytefeltene høsten 2007. Det er fanget fisk fra 5 vann og 2 elver som ligger nedstrøms områder der det har vært benyttet hvitt fosfor. I vår undersøkelse av sedimenter i elver og vann er det tatt sedimentprøver fra alle vann/elver der Akvaplan Niva har undersøkt fisk. Fiskeundersøkelsen omfattet innvoller og muskulatur. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i muskulatur.

Undersøkelsen i Mauken viste lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i innvoller av røye fra Melkevatn. I røye fra Skardvatnan ble det ikke påvist hvitt fosfor.

Undersøkelsene i Setermoen, Liveltskardet viste lave konsentrasjoner av hvitt fosfor i innvoller av ørret fanget ved Fosseng (langt nede i elva) i en av tre prøver. I røye fanget lenger opp i elva ble det ikke påvist hvitt fosfor.

I Kobbryggelva i Setermoen ble det fisket, men man fikk ikke fisk.

Undersøkelsene i Blåtind omfattet vannene Sollitindvatn og Ole-Jonsavatn. Det ble ikke påvist hvitt fosfor i ørret fanget i disse vannene.

Tidligere konklusjoner

Samlet viste 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 ble gjort ett funn av hvitt fosfor i en bekk som viste at det *kan* forekomme spredning av hvitt fosfor i bekker. I øvrige vannprøver og overvåkingsresultater fra elvene ble 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 ga 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.

Nye konklusjoner

Det er ikke funnet tegn til hvitt fosfor i prøver fra sedimenter i elver og vann i tilknytning til skytefeltene Blåtind, Setermoen og Mauken. Prøvepunktene er valgt ut for å representere områder som evt kunne være påvirket av aktiviteten i feltene mht bruk av hvitt fosfor. Det er både tatt prøver av sediment i vann og elver inne i selve øvingsfeltene, og av sediment i elver nedstrøms og utenfor selve øvingsfeltene.

Prøvene er tatt fra steder i elver og bekker der det er forventet aktiv sedimentasjon, dvs utenfor elveoser og midt ute i vannene, og i innersvinger med relativt saktegående vannstrøm i elvene. De fleste av prøvene bestod av silt og sand.

Funnene av spor av hvitt fosfor i fisk i Melkevatn og Liveltskardelva viser at det finnes hvitt fosfor i vannmiljøet, selv om det til nå ikke er påvist i sedimentprøver og vannprøver tatt fra samme området. På denne bakgrunn kan vi heller ikke utelukke forekomst av hvitt fosfor i vannmiljøet i de andre elvene (Kobbryggelva i Setermoen, Mårelva i Blåtind, Melkelva i Mauken) selv om det ikke ble funnet hvitt fosfor i sedimentene. Fisken kan ha tatt opp hvitt fosfor direkte fra kolloider eller løst hvitt fosfor i vannfasen, eller det kan være områder i resipienten der hvitt fosfor er sedimentert som vi ikke har fanget opp med prøveprogrammet som er gjennomført.

Sedimentundersøkelsene *indikerer* likevel entydig at det ikke er lagret hvitt fosfor i sedimentasjonsområder i de undersøkte elvene og vannene.

Anbefalinger

På bakgrunn av tidligere og nye undersøkelser opprettholder 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 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.

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	Målsetning for sedimentundersøkelser høsten 2007 2
1.2	Egenskaper for hvitt fosfor 2
2	METODE..... 4
2.1	Valg av prøvetakingsområder 4
2.2	Metode for valg av prøvepunkt..... 4
2.3	Metode for uttak av sedimentprøver 4
2.4	Lagring og forsendelse av sedimentprøver 5
2.5	Kjemisk analyse 5
2.6	Prøveoversikt..... 5
3	BESKRIVELSE AV PRØVETAKINGSOMRÅDENE 7
3.1	Kobbryggdalen og Liveltskardet i Setermoen skyte- og øvingsfelt..... 7
3.1.1	Bjørnfjellvatn i Kobbryggdalen 8
3.1.2	Kobbryggelva ut fra øvingsfeltet..... 9
3.1.3	Kobbryggelva ved E6..... 9
3.1.4	Kobbryggelva ved Sætervannet..... 9
3.1.5	Liveltskardelva ut fra øvingsfeltet..... 10
3.1.6	Liveltskardelva ved E6..... 10
3.2	Blåtind..... 11
3.2.1	Sollitindvannet, Blåtind 12
3.2.2	Ole Jonsavannet, Blåtind 12
3.2.3	Mårelva ut fra øvingsfeltet, Blåtind 12
3.2.4	Mårelva nedstrøms øvingsfeltet, Blåtind 13
3.3	Mauken..... 13
3.3.1	Vestre Skardvatn, Mauken..... 14
3.3.2	Østre Skardvatn, Mauken 14
3.3.3	Melkevatnan, Mauken..... 14
3.3.4	Bergvatn, Mauken..... 15
3.3.5	Melkelva, Mauken..... 15
4	RESULTATER 16
5	VURDERING AV PRØVETAKING 17
5.1	Kobbryggdalen..... 17
5.2	Liveltskardet..... 17
5.3	Blåtind..... 18
5.4	Mauken 18
6	KONKLUSJON /DISKUSJON..... 19
6.1	Formål med undersøkelsen..... 19
6.2	Hvordan kan hvitt fosfor spres i nedbørfeltet? 19
6.3	Hvilke områder kan ha blitt tilført hvitt fosfor? 19
6.4	Undersøkellesstrategi 20
6.5	Analyseresultater 20
6.6	Vurdering 20

7 ANBEFALING 22

VEDLEGG: Analysebevis

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 befarings av områdene 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). Det er ikke benyttet hvitt fosfor granater siden 2003 i feltene.

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. Rapporten er derfor trukket tilbake og skal revideres. 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, der det er samlet inn 100 prøver fra Indre Troms, og 215 prøver i andre aktive skyte- og øvingsfelt i landet (17)

I juni 2006 ble samme prøvelokaliteter for vann som FFI tok høsten 2005 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, gjennomførte Asplan Viak AS, på oppdrag fra Forsvarsbygg, supplerende prøvetaking av jord/sediment innenfor skytefeltene september 2006. Prøvetakingen ble konsentrert om følgende:

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.

Det ble tatt til sammen 31 jordprøver som omfattet 8 nye målområder i Blåtind, Mauken og Setermoen. Det ble tatt 30 vannprøver fra elver og bekker i de tre skytefeltene. Resultater fra prøvetaking og analyser ble rapportert av Asplan Viak AS våren 2007. Kartleggingen i 2006 ga følgende hovedresultat:

I sedimentprøver fra 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 påvist hvitt fosfor i vannprøver fra én bekk inne i ett målområde i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt (0,037 µg hvitt fosfor per liter vann, anbefalt drikkevannskrav er 0,1 µg hvitt fosfor per liter vann). 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.

1.1 Målsetning for sedimentundersøkelser høsten 2007

Ved prøvetaking i innsjøer, tjern og elver umiddelbart nedstrøms skyte- og øvingsfeltene, skal det klarlegges hvorvidt partikler med hvitt fosfor transporteres videre nedover i nedbørfeltene og akkumuleres i sedimenter nedstrøms kildeområder. Tidligere ble hvitt fosfor skutt på snø, og kan i teorien ha blitt ført til tjern under snøsmeltingen. Målsetningen med prøvetakingsprogrammet er å få en oversikt over hvilket forurensningsnivå av hvitt fosfor det vil være i de mest belastede resipientene nedstrøms skyte- og øvingsfeltene. Formålet er å kunne gjøre grove estimater av mengde hvitt fosfor som ligger i de øvre sedimentlag i bekken eller elven i form av partikler. Det er et mål at prøvetakingsprogrammet skal skaffe tilstrekkelig med data for å utføre en risikovurdering av de undersøkte områdene og danne grunnlag for eventuelt tiltak og/eller tiltaksrettede undersøkelser.

1.2 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).

Mulighet for spredning av hvitt fosfor

Som det framgår av tabell 1 er hvitt fosfor tyngre enn vann. Transporten av større hvitt fosforpartikler vil foregå som bunntransport mens finere partikler kan inngå i suspendert materiale. 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 (5; 18).

Hvitt fosfor er lite persistent ved tilgang på luft og halveringstiden i luft oppgis til ca 5 minutter (19). I jord og vann vil nedbrytningstiden 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 ($EH < -1000mV$). Verken i stillestående eller rennende vann (med løst oksygen) vil hvitt fosfor være stabilt over tid.

Hvitt fosfor kan transporters i jord ved avdamping eller utlekking til vann. Løseligheten i vann er ≤ 3 mg/l. Henry's konstant (H) på 2.11×10^{-3} atm·m³/mol (5) indikerer at det foregår fordamping av hvitt fosfor fra vann til luft (20). Beregnet halveringstid ved fordamping fra vann er ca 50 minutter fra en 1,3 m dyp elv forutsatt en diffusivitet på 1 cm²/sekund (5). Ved turbulent strømning vil fordampingshastigheten øke betydelig og vil være en viktig faktor som bidrar til nedbryting av hvitt fosfor.

Giftighet 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 (14). For pattedyr og fugl er sporbarheten i organismene kun få dager (11). Det er altså ingen akkumulasjon av hvitt fosfor i næringskjedene (14).

Tabell 1: Fysiske og kjemiske egenskaper for P₄ (fra (11)).

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	Spanggard 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	Spanggard 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 (19)) Eksponering for dyr/menneske er oppgitt i mg hvitt fosfor per kg kroppsvekt og dag.

Organisme	Eksponeringsvei	Effekt	Eksponering
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 Valg av prøvetakingsområder

Det er valgt ut tjern, vann og elver nedstrøms målområder med tidligere bruk av hvitt fosfor. I disse er det forsøkt å finne områder med mulighet for sedimentasjon. Alle steder der det i en parallell undersøkelse er samlet inn fisk til hvitt fosfor analyse er også prøvetatt for sediment.

2.2 Metode for valg av prøvepunkt

I de utvalgte elver og tjern er det valgt områder med påvist eller antatt sedimentasjonsbunn, dvs områder der vannet er så stilleflytende at partikler som følger vannstrømmen fra nedbørfeltet kan sedimentere på bunnen. Egenvekten for hvitt fosfor er moderat (oppgitt til $1,82 \text{ g/cm}^3$ ved 20°C). Dette er lavere enn egenvekt for alminnelige mineralpartikler (ligger omkring $2,5 \text{ g/cm}^3$), og hvitt fosfor vil dermed tendere til å sedimentere noe tregere enn for eksempel kvartspartikler (gitt tilsvarende størrelse og form). Ved prøvetakingen oppsøkte vi derfor steder med finkornig sediment.

Hvitt fosfor kan være relativt stabilt i sedimenter i vandig miljø. Områder med stillestående vann er derfor aktuelle prøvetakingslokaliteter (5,6). Beregninger som FFI har gjort viser at partikler som er 1 mm store vil ha en nedbrytningstid på 1-10 år (2). Større partikler enn 1 mm vil ha lengre nedbrytningstid enn dette. Det kan derfor i teorien finnes partikler i det øvre sedimentlag i sedimentasjonsområder. Vurderingen av sedimentasjonsområder er gjort av personell fra Asplan Viak AS i samråd med EOD-personell som ble stilt til rådighet av Forsvaret.

For prøvetaking i *elver* er alle sedimentprøvene tatt i innersving av elv, der det var synlig at det var sedimentasjonsbunn. Vannhastigheten er saktere i innersvingene, og finkorning materiale sedimenterer lettest der. Prøvene ble tatt der bunnmassene bestod av finsand/silt (og ikke i områder med ren grus/stein).

For prøvetaking i *bekker* er sedimentprøvene tatt i områder uten fall, der vannhastigheten er relativt sakte, og der det var synlig sedimentasjonsbunn. Prøvene ble tatt der bunnmassene bestod av finsand/silt (og ikke i områder med ren grus/stein).

For prøvetaking i *tjern* er det tilstrebet å ta en blandprøve fra de dypeste partiene midt ute i vannet, der vi antar at det har foregått sedimentasjon over lang tid. Disse prøvene ble tatt med bunngrabb fra båt, og i de fleste tilfellene var prøvematerialet dominert av en gytjelignende masse med høyt innhold av organisk materiale. I tillegg ble det tatt en prøve nær elveos i de samme tjerna. Prøvene ble i de fleste tilfelle tatt der bekker fra områder der hvitt fosfor har vært brukt munner ut i tjern. Prøvene ble tatt i synlig sedimentasjonsbunn. Prøvene ble tatt der bunnmassene bestod av finsand/silt (og ikke i områder med ren grus/stein).

2.3 Metode for uttak av sedimentprøver

Prøver midt ute i tjern er tatt fra båt med en Ekman-grabb (sedimentgrabb for prøvetaking av bløtbunn). Grabben tar prøve fra et areal på ca 15 x 15 cm. Prøvetakingsdybde avhenger av sedimentet, på gytjebunn er vår erfaring at vi tar prøve fra ca 0-3 cm.

Prøver fra bekeos, bekk og elv er tatt med vassing med tørredrakt og bruk av jordbor. Jordboret har diameter 6 cm, og tar altså prøve fra et areal på ca $0,3 \text{ dm}^2$. Prøvene ble tatt fra ca 0-4 cm.

Ved prøvetaking ble det tatt 5-10 enkeltprøver (5 med Ekman-grabb og 10 med jordbor) som ble samlet i en bøtte og blandet. Prøvene var så våte at sedimentet var fullstendig vannmettet i bøtta og under blandingen. Fra blandingen ble det fylt et 3 dl prøveglass (klart glass) som ble fylt helt, toppet opp med vann fra bøtta, og tettet med skrulokk.

Fra hvert prøveområde ble det tatt (minst) to slike blandprøver. I bekk og elv ble prøvene tatt som like parallelle prøver. I tjerna ble det tatt en grabb-prøve fra midt i tjernet og en jordborprøve fra sediment ved bekkeos/strand.

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 (7). I utgangspunktet tas sedimentprøver fra det øvre 2-3 cm sedimentlaget. Sedimentprøvene blir tatt med grabb (fra båt) eller med metallspade (vading) og overført til glassflasker med tett kork og det fylles vann på flaskene, slik at flasken blir helt full. Ved prøvetaking av overflatelaget i sedimentene, kan forurensningsnivået av hvitt fosfor relateres til biotilgjengelighet for dyr og mennesker. Estimer av mengden hvitt P-partikler i øvre sedimentlag vil være viktige ved vurdering av sannsynlighet for at fugler som leter etter mat i slike miljøer eller andre dyr eller mennesker som benytter bekken/elven til drikkevann skal bli eksponert for partikler med hvitt fosfor.

2.4 Lagring og forsendelse av sedimentprøver

Prøvene ble satt direkte i kjølebag med fryseelement etter prøveuttak, og sendt med over-natten pakke til AnalyCen i Kambo samme dag. Prøvene var dermed framme på laboratoriet dagen etter prøveuttak.

2.5 Kjemisk analyse

Kjemisk analyse er utført av AnalyCen. Ved analyse benyttes ca 40 gram av prøven. Analysemetoden for hvitt fosfor i sedimentprøver er basert på EPA metode 7580 for bestemmelse av hvitt fosfor i prøver ved bruk av løsemiddelekstraksjon og gasskromatografi (9). Deteksjonsgrense for alle bestemmelse av hvitt fosfor i sediment var 1 µg hvitt fosfor per kg tørrstoff.

2.6 Prøveoversikt

Oversikt over alle prøver med plassering, beskrivelser, prøvem metode og antall delprøver er vist i tabell 2.

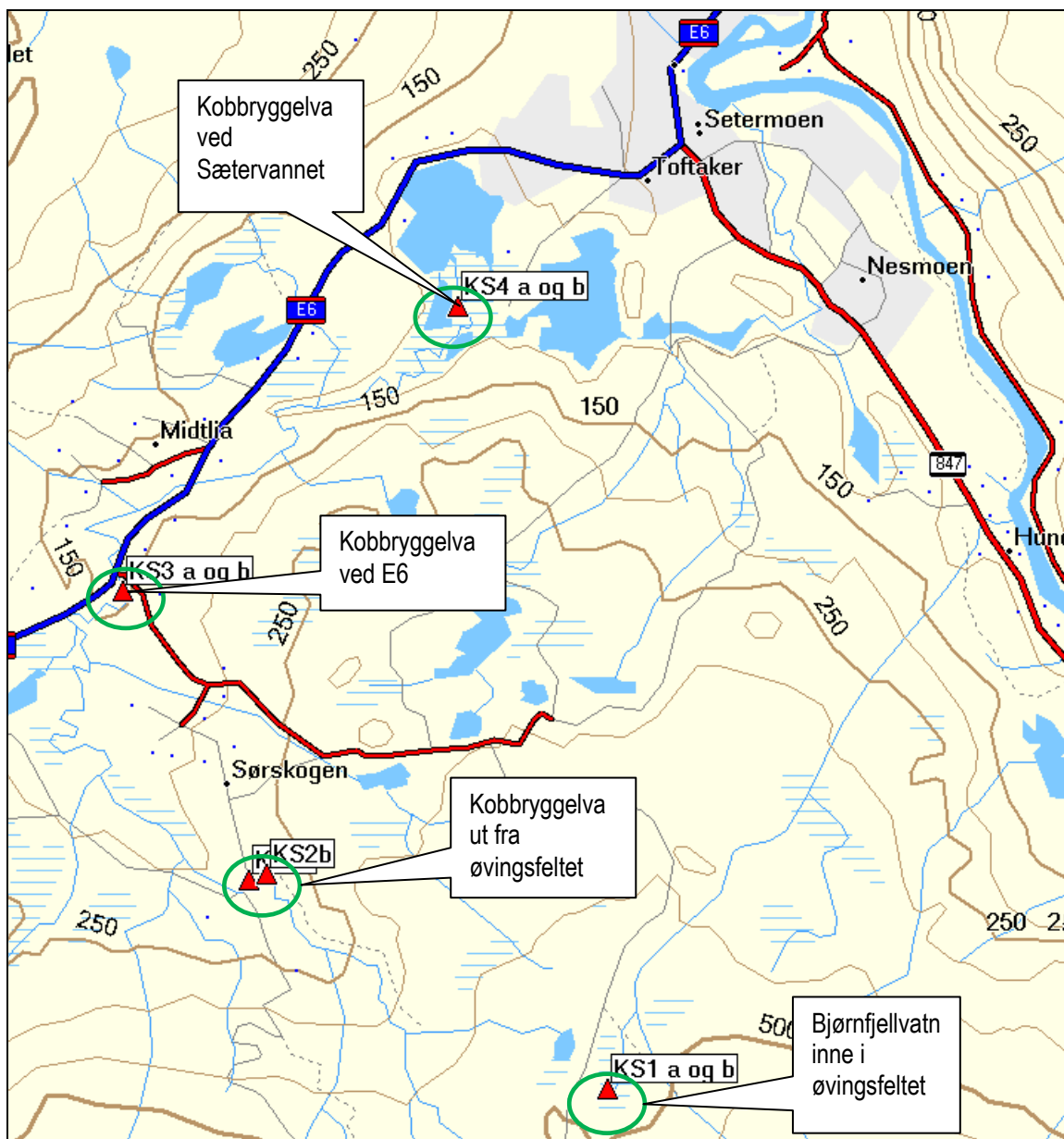
Tabell 2. Oversikt over prøver med plassering, beskrivelser, prøvemåte og antall delprøver

Prøve	Område	Sted	Bekrivelse	Prøvetaking	Delprøver	Materiale	Posisjon (UTM)	Høyde (GPS)
KS1a	Setermoen-K	Bjørnfjellvatn	Bunnsediment i vannet	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 392384 7634747	473 m
KS1b	Setermoen-K	Bjørnfjellvatn	Bunnsediment i vannet	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 392384 7634747	473 m
KS2a	Setermoen-K	Kobbryggelva i dalen	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 390017 7636261	230 m
KS2b	Setermoen-K	Kobbryggelva i dalen	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 390136 7636294	228 m
KS3a	Setermoen-K	Kobbryggelva v/E6	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 389251 7638248	161 m
KS3b	Setermoen-K	Kobbryggelva v/E6	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 389251 7638248	161 m
KS4a	Setermoen-K	Kobbryggelva v/Setervannet	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 391605 7640069	97 m
KS4b	Setermoen-K	Kobbryggelva v/Setervannet	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 391605 7640069	97 m
LS1a	Setermoen-L	Liveltskardelva v/tårnet	Sediment bak steiner i elva	Vading-Jordbor	10 Sand/finsand		34 W 389309 7629978	492 m
LS1b	Setermoen-L	Liveltskardelva v/tårnet	Sediment bak steiner i elva	Vading-Jordbor	10 Sand/finsand		34 W 389309 7629978	492 m
LS2a	Setermoen-L	Liveltskardelva v/Fosseng	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 386285 7633167	110 m
LS2b	Setermoen-L	Liveltskardelva v/Fosseng	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 386285 7633167	110 m
BS1a	Blåtind	Soilitindvannet	Bunnsediment i vannet	Båt-Grabb	5 Silt		34 W 410509 7673272	579 m
BS1b	Blåtind	Soilitindvannet	Sediment i bekkeinnløp	Vading-Jordbor	10 Finsand/silt		34 W 410829 7673351	579 m
BS2a	Blåtind	Oljionsavannet	Sediment i bekkeinnløp	Vading-Jordbor	10 Silt/organisk		34 W 408754 7675183	298 m
BS2b	Blåtind	Oljionsavannet	Sediment i bekkeinnløp	Vading-Jordbor	10 Silt/organisk		34 W 408754 7675183	298 m
BS3a	Blåtind	Mårelva v/tårnet	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 407425 7675172	284 m
BS3b	Blåtind	Mårelva v/tårnet	Sediment i meander i elva	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 407425 7675172	284 m
BS4a	Blåtind	Mårleiva v/Nordlund	Sediment langs elvebreidd	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 407606 7680014	71 m
BS4b	Blåtind	Mårleiva v/Nordlund	Sediment langs elvebreidd	Vading-Jordbor	10 Silt		34 W 407606 7680014	71 m
MS1a	Mauken	Vestre Skardvatn	Bunnsediment i vannet	Båt-Grabb	5 Dynn/silt		34 W 425250 7659955	403 m
MS1b	Mauken	Vestre Skardvatn	Sediment v/bekk mellom vanna	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 425413 7659998	403 m
MS2a	Mauken	Østre Skardvatn	Sediment i bekkeinnløp	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 425550 7660027	403 m
MS2b	Mauken	Østre Skardvatn	Bunnsediment i vannet	Båt-Grabb	5 Dynn/silt		34 W 425568 7659936	403 m
MS3a	Mauken	Vestre Melkevatn	Bunnsediment i vannet	Båt-Grabb	5 Dynn/silt		34 W 426975 7659482	469 m
MS3b	Mauken	Østre Melkevatn	Sediment nær utløpselva	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 427555 7659582	469 m
MS3c	Mauken	Østre Melkevatn	Bunnsediment i vannet	Båt-Grabb	5 Dynn/silt		34 W 427339 7659570	469 m
MS4a	Mauken	Bekk oppstrøms Bergvatn	Sediment i bekk	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 428759 7662329	304 m
MS4b	Mauken	Bekk oppstrøms Bergvatn	Sediment i bekk	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 428778 7662285	304 m
MS5a	Mauken	Bergvatn	Sediment i vann utenfor bekk	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 428737 7662387	303 m
MS5b	Mauken	Bergvatn	Sediment i vann utenfor bekk	Vading-Jordbor	10 Finsand		34 W 428737 7662387	303 m
MS6a	Mauken	Melkelva	Sediment midt i elva	Vading-Jordbor	11 Sand		34 W 429758 7660564	290 m
MS6b	Mauken	Melkelva	Sediment midt i elva	Vading-Jordbor	12 Sand		34 W 429758 7660564	290 m

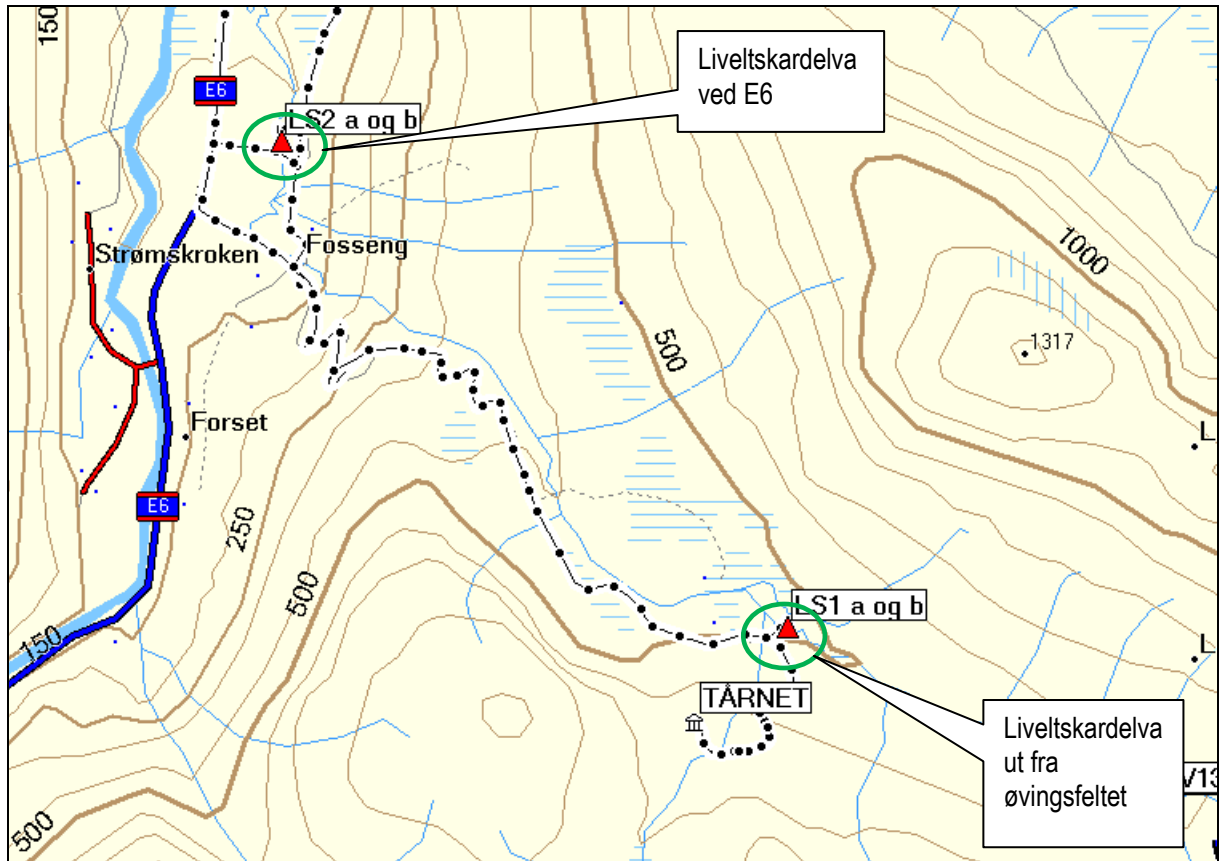
3 BESKRIVELSE AV PRØVETAKINGSOMRÅDENE

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. Kart over sedimentprøvetakingen i disse vassdragene er vist i figur 1-2. 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.



Figur 1. Prøvetakingspunkt for sediment i Kobbryggdalen i Setermoen skyte- og øvingsfelt.



Figur 2. Prøvetakingspunkt for sediment i Liveltskardet i Setermoen skyte- og øvingsfelt.

3.1.1 Bjørnfjellvatn i Kobbryggdalen

Sedimentprøve KS1a og KS1b. Begge prøver er tatt med jordbor i områder med finkorning bunn sediment i tjernet. Prøvetakingen er fordelt langs store deler av vannet, og delprøvene er tatt på 0,5 – 3 meters dyp.



Bjørnfjellvatn i Kobbryggdalen sett mot sør.

Bunn langs vannkanten i Bjørnfjellvatn

3.1.2 Kobbryggelva ut fra øvingsfeltet

Sedimentprøve KS2a og KS2b. Begge prøver er tatt med jordbor i områder med finkorning bunnsediment i elva rett øst for punkt der elva krysser vei.



Kobbryggelva



Bunnsediment i prøvetakingsområdet

3.1.3 Kobbryggelva ved E6

Sedimentprøve KS3a og KS3b. Begge prøver er tatt med jordbor i områder med finkorning bunnsediment i elva rett øst for punkt der elva krysser vei.



Kobbryggelva



Bunnsediment i prøvetakingsområdet

3.1.4 Kobbryggelva ved Sætervannet

Sedimentprøve KS4a og KS4b. Begge prøver er tatt med jordbor i områder med finkorning bunnsediment i elva rett øst for punkt der elva krysser vei.



Kobbryggelva



Bunnsediment i prøvetakingsområdet

3.1.5 Liveltskardelva ut fra øvingsfeltet

Sedimentprøve LS1a og LS1b. Begge prøver er tatt med jordbor i elva rett nedenfor tårnet. Det er relativt lite sedimentering i området. Finkornig sediment ble bare funnet i små bakevjer bak store steiner i elveløpet, og prøvene ble samlet fra flere slike steder. Vannstand i området var 0-30 cm, og det antas at elvebunnen i perioder kan være tørrlagt. Evt hvitt fosfor i sedimentene kan dermed oksideres lettere enn i permanent dykkede sedimenter.



Liveltskardelva



Bunnsediment i prøvetakingsområdet

3.1.6 Liveltskardelva ved E6

Sedimentprøve LS2a og LS2b. Begge prøver er tatt med jordbor i elva.



Liveltskardelva



Liveltskardelva nedstrøms fra prøvetakingspunktet

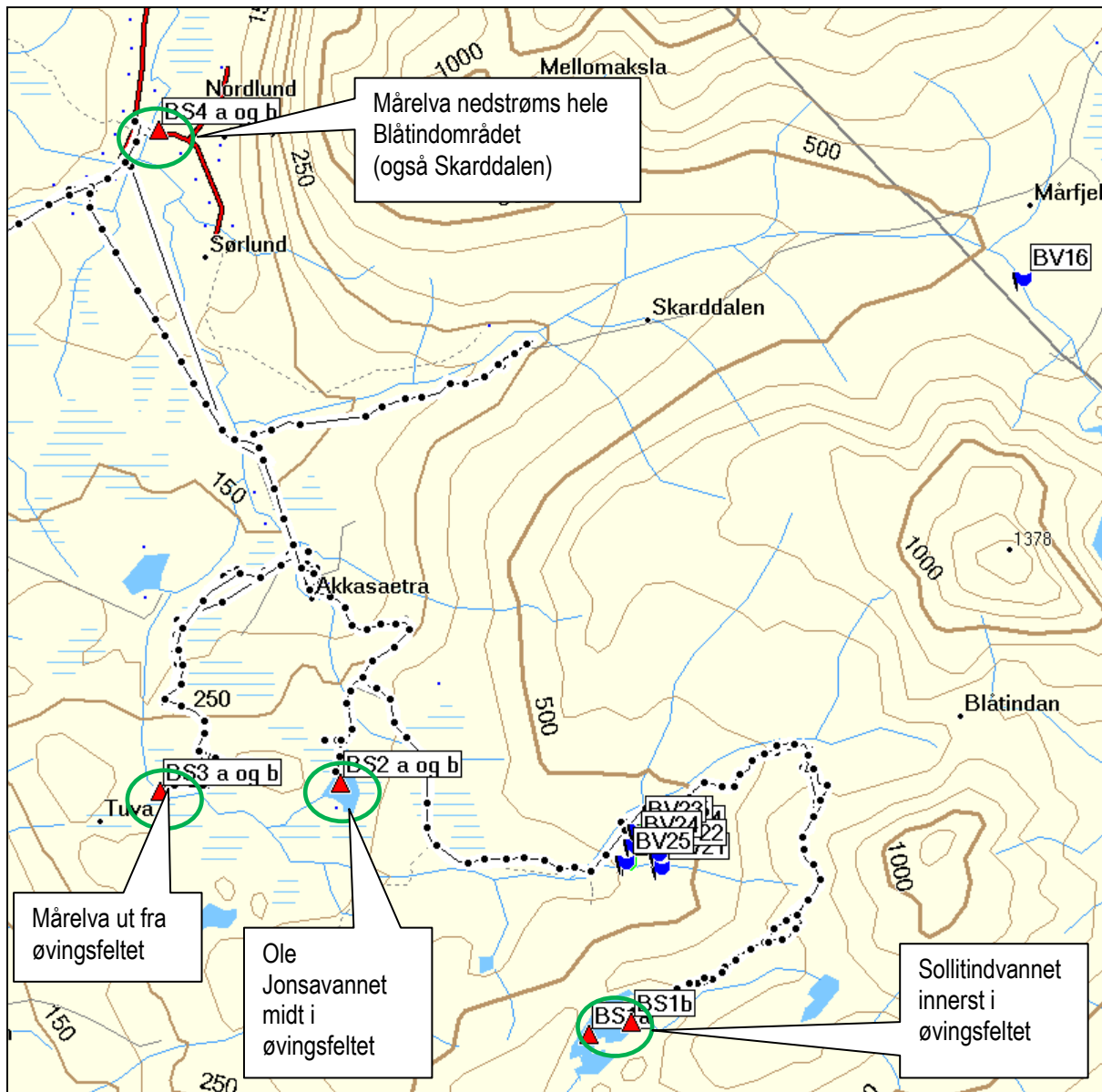


Bunnsediment i prøvetakingsområdet: Sedimentert finstoff i innersving til venstre i bildet og grus/stein midt i elva til høyre i bildet. Prøvematerialet er samlet i innersvingen.

3.2 Blåtind

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 i sørvestre del av feltet ved Mårelva, midt i feltet innerst i Skarddalen og på Slettjellet sørøst i feltet. Kart over sedimentprøvetakingen i området er vist i figur 3.

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 Skarddalen er det avrenning til Skardelva som følger Skarddalen vestover til utløp i Mårelva. Fra målområdene på Slettjellet er det avrenning via mange bekker og elver rett sør ned fra fjellet til Takelva via områdene ved Stormyrene.



Figur 3. Prøvetakingspunkt for sediment i Blåtind

3.2.1 Sollitindvannet, Blåtind

Sedimentprøve BS1a er tatt med Ekmangrabb midt i vannet. BS1b er tatt med jordbor ved innløp av elv fra nordøst.



Sollitindvannet

3.2.2 Ole Jonsavannet, Blåtind

Sedimentprøve BS2a og BS1b er tatt med jordbor i vannkanten ved innløp av bekker fra øst.



Ole Jansevannet

3.2.3 Mårelva ut fra øvingsfeltet, Blåtind

Sedimentprøve BS3a og BS3b. Begge prøver er tatt med jordbor i stilleflytende strekk av elva med finsand/siltbunn.



Mårelva

3.2.4 Mårelva nedstrøms øvingsfeltet, Blåtind

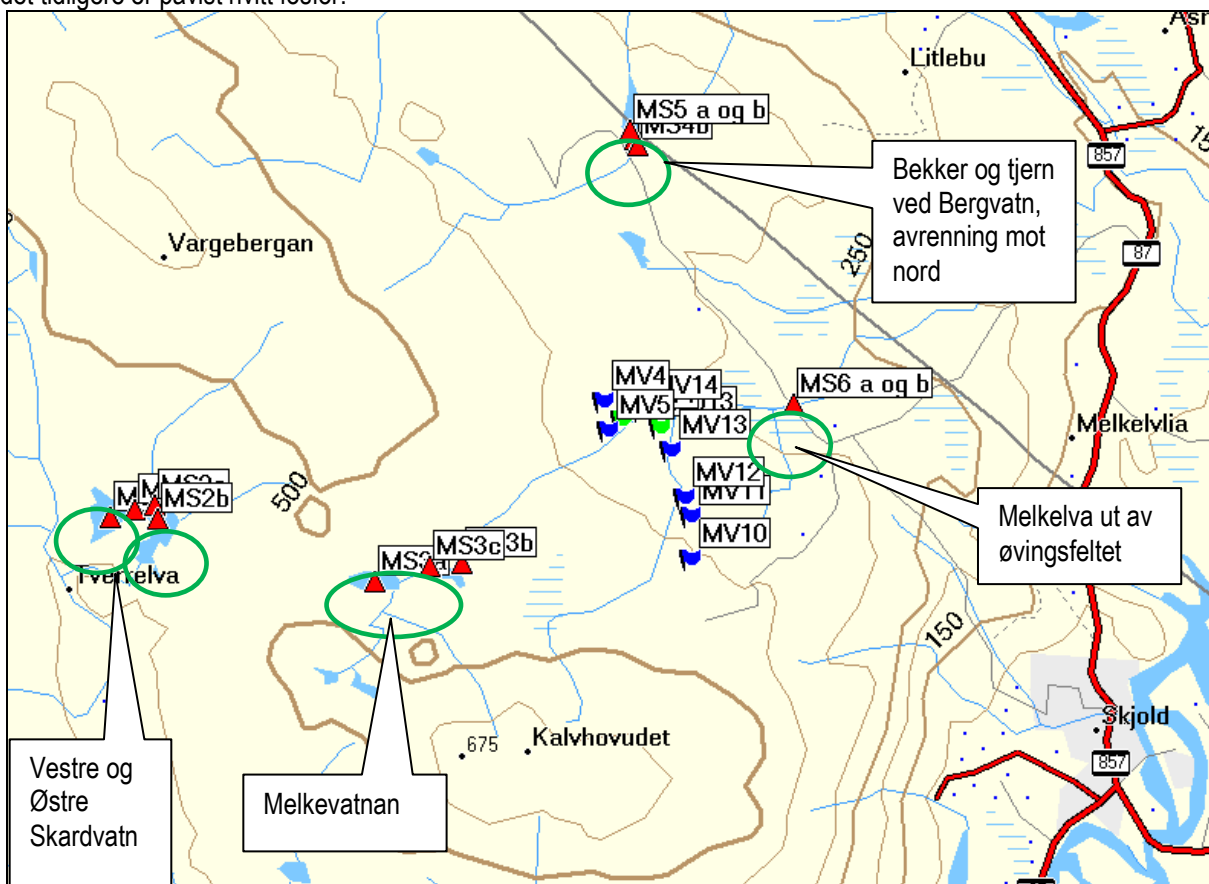
Sedimentprøve BS4a og BS4b. Begge prøver er tatt med jordbor i stilleflytende strekk av elva med finsand/siltbunn.



Mårelva

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 vekslning mellom tykke moreneavsetninger og områder med tynt løsmassedekke. Vegetasjonen i østkanten av Vargebergan er dominert av bjørkeskog og myrer. Oppe på selve Vargebergan er det vekslning mellom myrer og fjell, med flere små tjern der det tidligere er påvist hvitt fosfor.



Figur 4. Prøvetakingspunkt for sediment i Mauken.

3.3.1 Vestre Skardvatn, Mauken

Sedimentprøve MS1a er tatt med Ekmangrabb midt i vannet. Sedimentprøve MS1b er tatt med jordbor ved utløp av elv i øst.



Vestre Skardvatn



Bunnsediment Vestre Skardvatn

3.3.2 Østre Skardvatn, Mauken

Sedimentprøve MS2b er tatt med Ekmangrabb midt i vannet. Sedimentprøve MS2a er tatt med jordbor ved innløp av bekk i nord.



Østre Skardvatn



Bekkeutløp ved MS2a

3.3.3 Melkevatnan, Mauken

Sedimentprøve MS3a er tatt med Ekmangrabb midt i det vestre vannet. Sedimentprøve MS3b er tatt med jordbor ved utløpsbekk i nordøst. Sedimentprøve MS3c er tatt med Ekmangrabb midt i det østre vannet.



Melkevatnan



Utløp fra Melkevatnan

3.3.4 Bergvatn, Mauken

Sedimentprøve MS4a og b er tatt med jordbor i små bekker som renner inn i Bergvatn fra vest. Sedimentprøve MS5a og b er tatt med jordbor i bunnsediment i Bergvatn utenfor bekkinnløp fra vest.



Bergvatn sett mot øst

Bergvatn sett mot nord

3.3.5 Melkelva, Mauken

Sedimentprøve MS6a og b er tatt med jordbor i bekkesediment (sand) i Melkelva rett vest for der elva krysser vei.



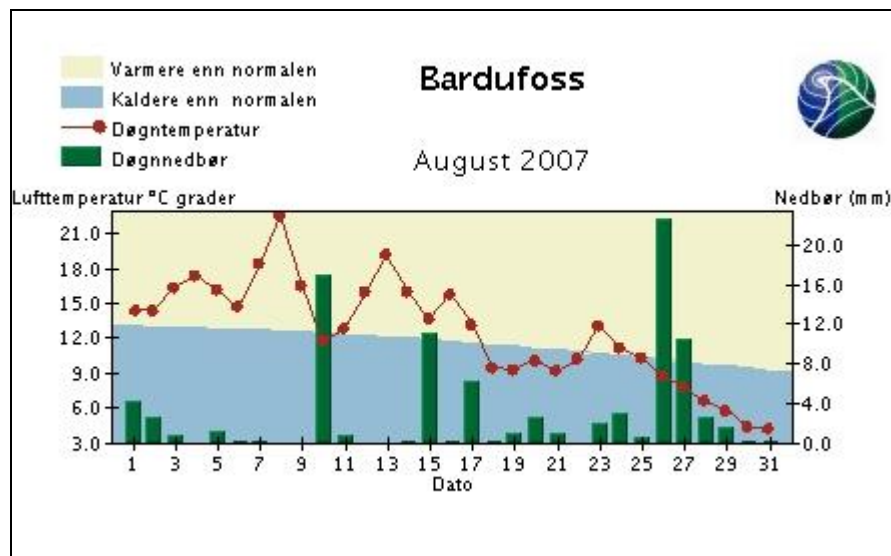
Melkelva ved prøvepunkt MS6

4 RESULTATER

Det er ikke påvist hvitt fosfor i noen av sedimentprøvene. Deteksjonsgrense var 1 µg hvitt fosfor per kg tørrstoff. Analysebevis er vist i vedlegg.

5 VURDERING AV PRØVETAKING

Prøvetakingen ble utført i perioden 29 – 30. august 2007. Som det framgår av nedbørmålinger vist nedenfor, var det i en periode med betydelig avrenning som følge av nedbør som regn dagene før prøvetaking. Jordsmonnet var vannmettet, og det rant vann i alle bekker og elver.



Figur 5: Nedbør for Bardufoss august 2007 (met.no)

5.1 Kobbryggdalen

Prøvepunktene er plassert i et lite tjern inne i øvingsfeltet, og på tre steder langs Kobbryggelva som er hoveddreneringsvei ut av Kobbryggdalen. På alle prøvestedene var det utpreget sedimentasjonsbunn, med sediment bestående av finsand og silt. I elva var det meandersvinger, og prøvene ble tatt i stilleflytende innersvinger. På elvestrekningene oppstrøms KS2 og i mellom KS2 og KS3 er det fall i elva. Elva renner der med turbulent strømning, det er steinbunn i elva, og ingen eller liten sedimentasjon. KS4 er tatt lenger ned i elva nesten ute i Setervannet. Så langt nedstrøms øvingsfeltet ventet vi knapt å finne hvitt fosfor, men prøvepunktet ble tatt med fordi dette er et område som er mye brukt til friluftsliv.

Prøveprogrammet vurderes på denne bakgrunn å ha fanget opp områder som evt kunne vært påvirket av hvitt fosfor.

5.2 Leveltskardet

Prøvepunktene er plassert i Leveltskardelva oppe i dalen, og i samme elv nede ved E6 lenger vest. Det var noe problematisk å finne stillestående områder i elva der det foregår sedimentasjon. Ved LS1 er det et relativt flatt parti, og elva renner bred og grunn. Det meste av elvebunnen i det området var steinbunn, men det lå finkornig sediment i "bakevjer" bak større steiner (se foto over). Elvebunnen i dette området ligger trolig tørr i perioder, og evt hvitt fosfor kan derfor ha blitt brutt ned raskere enn i dypere områder lenger nede i elveløpet.

Fra LS1 renner elva stri med stryk helt ned mot E6. Derfra renner elva stille og bred langs E6 mot nord, og LS2 er tatt på dette første området med tydelig sedimentasjon nedstrøms skytefeltet. Elva rant relativt raskt også i det området, men i innersvingene i meanderne var det helt tydelig sedimentasjon med bunn av finsand/silt der LS2 a og ble tatt. Prøveprogrammet vurderes på denne bakgrunn å ha fanget opp områder som evt kunne vært påvirket av hvitt fosfor.

5.3 Blåtind

Prøvepunktene i Blåtind omfatter Sollitindvannet og Ole Jansevannet. Disse ble prøvetatt først og fremst som en oppfølging av fiskeundersøkelsene. Mårelva drenerer hele den midtre delen av Blåtind, og det er tatt sedimentprøver rett ved tårnet der Mårelva renner ut fra øvingsfeltet, samt der elva roer seg nedstrøms samløpet av Mårelva og Skardselva. På begge prøvesteder i elva var det flate elvestrekk med sedimentasjonsbunn.

Vi ønsket også å ta prøver lenger opp i Skardselva, men der ble det ikke funnet sedimentasjonsbunn i det hele tatt. Evt partikulært hvitt fosfor vil ikke sedimentere i Skardselva oppe i Skardsdalen, men isteden følge elva ut i Mårelva. Prøveprogrammet vurderes på denne bakgrunn å ha fanget opp områder som evt kunne vært påvirket av hvitt fosfor.

5.4 Mauken

I Mauken har vi tatt sedimentprøver av vannene som omkranser Vargebergan i sørvest (Skardsvatn), sørøst (Melkevatnan) og i nordøst (Bergvatn). Prøvene omfatter både sediment tatt midt ute i vannet, og sediment (silt/finsand) tatt i tilknytning til elveos. Videre har vi tatt sedimentprøver fra Melkelva nedstrøms områdene øst i Mauken der det også har vært benyttet hvitt fosfor.

Prøveprogrammet vurderes på denne bakgrunn å ha fanget opp områder som evt kunne vært påvirket av hvitt fosfor.

6 KONKLUSJON /DISKUSJON

6.1 Formål med undersøkelsen

Hovedformål med denne undersøkelsen har vært:

- 1) Å klarlegge hvorvidt partikler med hvitt fosfor transporteres nedover i nedbørfeltene og akkumuleres i sedimentene nedstrøms kildeområder.
- 2) Å klarlegge mengde hvitt fosfor i de øvre sedimentlag i resipientene nedstrøms skyte- og øvingsfeltene.
- 3) Å danne grunnlag for risikovurdering og evt tiltak/tiltaksundersøkelser.

Undersøkellesstrategi er valgt på grunnlag av kunnskap og hypoteser om hvordan hvitt fosfor kan tilføres og fordeles i vannene og elvene nedstrøms skyte- og øvingsområdene der hvitt fosfor har vært brukt.

6.2 Hvordan kan hvitt fosfor spres i nedbørfeltet?

Hvitt fosfor er antatt å kunne tilføres elver og bekker på noe ulike måter:

- 1) Når hvitt fosfor tidligere ble benyttet på **snø** har relativt store partikler i teorien kunnet bli slukket i snøen, og senere blitt utvasket til vann og elver ved snøsmelting. Ved slik utvasking vil partiklene ha fulgt smeltevannstrømmen og senere sedimentert i vannene eller elvene nedstrøms der vannstrømmen har vært tilstrekkelig langsom. Partikler kan også ha falt rett til bunn dersom granaten var benyttet på elv eller vann.
- 2) Partikler av hvitt fosfor som har sluknet og blitt liggende **på terreng** (ikke nedgravd) har normalt en kort nedbrytningstid pga lufttilgangen. I våte perioder kan slike partikler ha rukket å blitt vasket bort med overflateavrenning, og så fulgt vannstrømmene til bekker, vann og elver og der sedimentert der vannstrømmen har vært tilstrekkelig langsom.
- 3) Rester av hvitt fosfor i terrenget er påvist og antatt å finnes **nedsløst** i jord eller myr, eller i vannfylte kratere nær nedslagsstedene for hvitt fosfor granater. Ved senere granatnedslag, kjøring i terrenget, tinefryseprosesser i overflatenær jord, eller i episoder med intens overflateavrenning kan det foregå erosjon og utvasking fra slike områder, og partikler av hvitt fosfor kan bli tilført bekker, elver og vann. Igjen vil partikler ha fulgt vannstrømmene til bekker, vann og elver og der sedimentert der vannstrømmen har vært tilstrekkelig langsom.
- 4) I alle scenariene 1-3 vil man i tillegg til partikkeltransporten kunne ha en spredning i **løst form**. Hvitt fosfor har en viss vannløselighet (oppgitt til 3 mg/l ved 15°C). Løst fosfor i vannet vil igjen ha en moderat binding til partikler i vannet (K_{oc} er oppgitt til 3.05), noe som kan tilsi en viss spredning av hvitt fosfor knyttet til suspendert mineralsk og organisk finstoff i vannet.
- 5) I strømmende vann er det et betydelig innhold av oksygen. Hvitt fosfor vil derfor **brytes ned** (oksyderes) og **fordampes** under spredning, både når det er i løst og i partikulær form. Lav temperatur vil bidra til å redusere nedbrytningen. Selve spredningsmekanismene vil altså innebære en reduksjon av hvitt fosfor under spredningen. Spesielt i elvene ut fra skyte- og øvingsfeltene er det lange strekk med turbulent strømning, og rikelig innpisking av oksygen i vannet.

6.3 Hvilke områder kan ha blitt tilført hvitt fosfor?

De undersøkte elver og vann består av områder med ulike typer bunnforhold. I hovedsak kan de grupperes i følgende:

- 1) **Områder med steinbunn.** I elver vil dette være erosjonsbunn, altså områder der elvestrømmen fører med seg småpartikler videre nedover elva. I vann vil dette være områder uten tilførsel av partikler, i hovedsak fordi det ligger utenfor elv- og bekkeosser med tilførsel av finstoff. I disse områdene har vi antatt at det ikke sedimenteres hvitt fosfor.
- 2) **Områder med finstoff** (leire, silt, finsand) bunn. Slike områder kan være områder med opprinnelig leire/silt/sand jordsmonn, for eksempel i flate elvestrekninger gjennom områder med slike masser, eller i vann i områder med slike masser. I innersvinger i buktende elver, på flate elvepartier nedstrøms stryk, og

i tjern utenfor bekkeinnløp/elveos vil det være områder med aktiv sedimentasjon der vannstrømmen er relativt sakte, og finstoff faller til bunn. I slike områder har vi antatt at det kan sedimenteres hvitt fosfor.

- 3) **Områder med dyann/organisk materiale.** I vannene er det partier med oppsamling av organisk materiale på bunnen. Dette finnes typisk midt ute i de større vannene. Det organiske materialet er i hovedsak dødt organisk materiale som er tilført vannene fra nedbørfeltet. I disse områdene har vi antatt at det kan ha blitt tilført hvitt fosfor (små partikler som kan ha vært assosiert til humus/torv). Slike områder vil ha lavt innhold av oksygen, og dermed sakte nedbryting av evt hvitt fosfor.

Områdetype 2) og 3) er dekket av undersøkelsen.

6.4 Undersøkellesstrategi

Basert på vurderingene av spredningsmekanismer og sedimentasjon er undersøkelsen rettet mot de deler av vann og elver hvor det er mulighet for oppsamling av hvitt fosfor.

I **vannene** er det tatt prøver av sediment utenfor bekkeoser, der det er synlig og tydelig sedimentasjon av partikler som er tilført vannet fra områder der det kan ha vært benyttet hvitt fosfor. Videre er det tatt prøver av sediment preget av dyann (organisk materiale) fra bunnområder midt ute i de grunne vannene, der dødt organisk materiale tilført vannene har sedimentert.

I **elvene** er det plukket ut flate partier i elvene nedstrøms øvingsområdene der vannstrømmen er tilstrekkelig sakte til at det sedimentert finstoff. Det er svært enkelt å skille ut disse områdene fra elvestrekninger med steinbunn.

Strategi og mål er altså rettet mot hvitt fosfor i sediment, og ikke mot evt hvitt fosfor i vannfase. For hvitt fosfor i vannfase gjennomføres det egne overvåkingsprogram.

6.5 Analyseresultater

Det er ikke påvist hvitt fosfor i sediment i tjern og vassdrag nedstrøms der det har vært øvingsaktiviteter med bruk av hvitt fosfor i Mauken, Blåtind og Setermoen skyte- og øvingsfelt.

6.6 Vurdering

Vi vurderer at vi har funnet gode prøvetakingssteder som burde fanget opp evt innhold av hvitt fosfor.

Vi har vurdert prøvetakingsprogrammet, og funnet at sedimentprøvene bør være representative for sedimentasjonsbunn i vann og elver som er undersøkt. Sedimentundersøkelsene indikerer dermed entydig at det ikke er lagret hvitt fosfor i påvisbare konsentrasjoner i sedimentasjonsområder i de undersøkte elvene og vannene.

Spredningsmekanismene tilsier at hvitt fosfor burde være diffust og jevnt fordelt i sediment, spesielt i elvene langt nedstrøms kildeområdene. Forskjeller i egenvekt og form mellom hvitt fosfor-partikler og naturlige mineralpartikler kan medføre en systematisk lagdeling eller romlig ulik sedimentasjon. Ved å prøveta 3-4 cm tykt sedimentlag, og med blandprøver fordelt over et større sedimentasjonsområde bør imidlertid slike forskjeller bli fanget opp. Vi finner det derfor som vist at det ikke er en diffus, generell forurensing av hvitt fosfor i sediment i områdene vi har undersøkt.

Dette betyr ikke at vi kan utelukke at det kan finnes enkeltsteder i resipientene med enkeltpartikler av hvitt fosfor. Prøvene som er tatt må betraktes som en serie målrettede stikkprøver som representerer store områder.

Funnene av spor av hvitt fosfor i fiskeinnvoller i Melkevatn og Liveltskardelva viser at det finnes hvitt fosfor i vannmiljøet, selv om det til nå ikke er påvist i sedimentprøver og vannprøver tatt fra samme prøvesteder. Fisken kan ha tatt opp hvitt fosfor direkte fra kolloider eller løst hvitt fosfor i vannfasen (ny tilførsel fra kildeområder), eller fisken kan ha kommet i kontakt med enkeltpartikler eller enkeltområder i resipienten der hvitt fosfor er sedimentert som vi ikke har fanget opp med prøveprogrammet som er gjennomført.

Funnet av hvitt fosfor i fiskeinnvoller i Melkevatn og Liveltskardelva gjør at vi heller ikke utelukke forekomst av hvitt fosfor i vannmiljøet i de andre elvene (Kobbryggelva i Setermoen, Mårelva i Blåtind, Melkelva i Mauken) der det ikke ble funnet/undersøkt fisk.

For vurdering av nivåer av hvitt fosfor påvist i fisk viser vi ellers til rapporten fra Akvaplan Niva (13).

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 utarbeides prosedyrer for aktiviteter i de målområdene der det er påvist/mulig at det finnes hvitt fosfor. Prosedyrene bør inneholde en vurdering av hvilke aktiviteter som kan medføre spredning av hvitt fosfor, og hvordan slike aktiviteter skal planlegges og gjennomføres.

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. (sett i (11))
- 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.
- 11 TOXICOLOGICAL PROFILE FOR WHITE PHOSPHORUS Prepared by: Sciences International, Inc. Under Subcontract to: Research Triangle Institute Under Contract No. 205-93-0606 Prepared for: U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES Public Health Service Agency for Toxic Substances and Disease Registry, September 1997
- 12 Løvik, J.E. og S. Rognerud (2007). Vurdering av miljørisiko ved Forsvarets bruk av hvitt fosfor i skytefelt i Troms – ny, revidert utgave. Niva rapport 5493-2007.
- 13 Dahl-Hansen, G.A., og A. Hamnes (2008). Hvitt fosfor i fisk i militære skytefelt i Troms 2007. Akvaplan-niva rapport no 3744-01.
- 14 VKM, Vitenskapskomiteen for mattrygghet, (2006). Opinion of the Head Committee of the Norwegian Scientific Committee for food safety. Risk assessment of white phosphorus. 13. september 2006. 23 s. (www.vkm.no)
- 15 Strømseng A. E., Voie Ø. A., Johnsen A., Longva K. S. (2005) Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms. FFI-rapport 2006/02989

- 16 Nordal, O. og Kraft, P. (2007) Kartlegging av hvitt forsfor i jord og vann i Forsvarets skytefelt, Troms. AsplanViak rapport 13.04.2007.
- 17 Sweco Grøner/Forsvarsbygg (2007) Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning 2006-2007.
- 18 Swarm RL, Laskowski DA, McCall PJ, et al. (1983) A rapid method for the estimation of the environmental parameters octanol/water partition coefficient, soil sorption constant, water to air ratio, and water solubility. Residue Rev 85: 17-28. (sett i (11))
- 19 Johnsen A., Longva K.I S., Ringnes H., Strømseng A. (2003) Helse- og miljømessige konsekvenser ved Forsvarets bruk av røykammunisjon med hvitt fosfor FFI rapport 2002/04042
- 20 Thomas RG. (1982) Volatilization from water. In: Lyman WJ, Rheel WF, Rosenblatt DH, eds. Handbook of chemical property estimation methods: Environmental behavior of organic compounds. NewYork: McGraw-Hill Book Co, 15-16.

Vedlegg

Analyserapport

Moss

Asplan Viak AS
Ola Nordal
Raveien 2
1430 Ås

Oppdragsnr.	8183296-1138050	Tatt ut	30.08.2007	Side 1 (2)
Kundenr.	8183296	Prøvemottak	31.08.2007	
Prøvetype	Sedimentprøve	Analyserapport klar	11.12.2007	
Oppdragsmerking	Sediment (Hvitt fosfor)			

Lab.nr.	Merket	Vit fosfor mg/kg	Vit fosfor. mg/kg	Lab
NOV026703-07	MS1a, 29/8-07	<0.00	<0.001	L
NOV026704-07	MS1b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026705-07	MS2a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026706-07	MS2b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026707-07	MS3a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026708-07	MS3b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026709-07	MS3c, 29/8-07		<0.001	L
NOV026710-07	MS4a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026711-07	MS4b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026712-07	MS5a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026713-07	MS5b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026714-07	MS6a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026715-07	MS6b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026716-07	BS1a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026717-07	BS1b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026718-07	BS2a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026719-07	BS2b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026720-07	BS3a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026721-07	BS3b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026722-07	BS4a, 29/8-07		<0.001	L
NOV026723-07	BS4b, 29/8-07		<0.001	L
NOV026724-07	KS1a, 30/8-07		<0.001	L
NOV026725-07	KS1b, 30/8-07		<0.001	L
NOV026726-07	KS2a, 30/8-07		<0.001	L
NOV026727-07	KS2b, 30/8-07		<0.001	L
NOV026728-07	KS3a, 30/8-07		<0.001	L
NOV026729-07	KS3b, 30/8-07		<0.001	L
NOV026730-07	KS4a, 30/8-07		<0.001	L
NOV026731-07	KS4b, 30/8-07		<0.001	L
NOV026732-07	LS1a, 30/8-07		<0.001	L

Oppdragsnr.	8183296-1138050	Tatt ut	30.08.2007	Side 2 (2)
Kundenr.	8183296	Prøvemottak	31.08.2007	
Prøvetype	Sedimentprøve	Analyserapport klar	11.12.2007	
Oppdragsmerking	Sediment (Hvitt fosfor)			

Vit fosfor
mg/kg

Vit fosfor.
mg/kg

Lab.nr.	Merket			Lab
NOV026733-07	LS1b, 30/8-07		<0.001	L
NOV026734-07	LS2a, 30/8-07		<0.001	L
NOV026735-07	LS2b, 30/8-07		<0.001	L

Målusikkerhet

Ref/Metode basert på

Grethe Arnestad
Cand.Mag

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822