

Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2007



Forside:

Foto: Geir A. Dahl-Hansen

Rapporttittel / Report title**Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i
militære øvings- og skytefelt i Troms 2007****Forfatter(e) / Author(s)**

Geir A. Dahl-Hansen

Anders Hamnes

Akvaplan-niva rapport nr / report no

3744-01

Dato / Date

4.02.08

Antall sider / No. of pages

34

Distribusjon / Distribution

Åpen

Oppdragsgiver / Client

Forsvarsbygg

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Grete Rasmussen

Sammendrag / Summary

Det er gjennomført undersøkelse av hvitt fosfor i fisk fra øvings- og skytefeltene Setermoen, Blåtind og Mauken i Troms. Undersøkelsene har omfattet fisk fra 5 vann og 2 elver som alle ligger i eller i nær tilknytning til nedslagsområder for granater med hvitt fosfor. Det er funnet små rester av hvitt fosfor i innvoller i fisk fra Melkevatn i Mauken skytefelt og fra Liveltskartelva i Setermoen skytefelt. Det er ikke påvist hvitt fosfor i muskulatur i noen av de prøvetatte lokalitetene.

Prosjektleder / Project manager

Geir A. P. Dahl-Hansen

Kvalitetskontroll / Quality control

Guttorm N. Christensen

INNLEDNING	5
1 MATERIALE OG METODE	7
1.1 INNSAMLING AV FISK	7
1.2 ANALYSEMETODER	8
1.3 LOKALITETSBESKRIVELSE	9
1.3.1 Mauken øvings- og skytefelt	9
1.3.2 Blåtind øvings- og skytefelt	11
1.3.3 Setermoen øvings- og skytefelt	13
2 RESULTATER OG DISKUSJON.....	16
2.1 MAUKEN SKYTEFELT	16
2.2 BLÅTIND SKYTEFELT	17
2.3 SETERMOEN SKYTEFELT	18
3 LITTERATUR	21
4 VEDLEGG	22
4.1 ANALYSERAPPORTER	22
4.2 NOTAT FORSVARSBYGG	1

Innledning

I forbindelse med Forsvarets skyte- og øvingsaktivitet i indre Troms har det de siste 30-40 år vært benyttet artilleri- og bombekastergranater inneholdende hvitt fosfor. Områdene der dette er brukt er Setermoen skyte- og øvingfelt i Bardu kommune, Blåtind skyte- og øvingfelt i Målselv og Balsfjord kommuner, og Mauken skyte- og øvingfelt i Målselv kommune. I de senere år har bruken av hvitt fosfor vært størst i Kobbryggdalen og Liveltskardet i Setermoen skytefelt og i Mauken skytefelt, mens i Blåtind har bruken vært vesentlig mindre (Rasmussen og Søyland 2005). I Rasmussen og Søyland 2005 gis det en oversikt over hvilke typer granater inneholdende hvitt fosfor som er brukt og som brukes i skytefeltene i Troms. Det gis også en oversikt over hvilke mengder som er brukt og hvor i feltene hovedmengden av granater er blitt detonert.

Fram til 2003 har granater blitt skutt både på snø og i våtområder, men dette ble det forbud mot i 2003. I flere av øvings- og skytefeltene har nedslagsområdene for granater ligget i eller i nær tilknytning til vassdrag. Det er derfor en mulighet for at partikler av uforbrent hvitt fosfor er kommet ut i elver og vann i målområdene, enten via snøsmelting og avrenning fra nedslagsfeltet og/eller direkte ved detonasjon i eller tett opptil vann. I stillestående og roligflytende vann vil partikler av hvitt fosfor raskt sedimentere, og de vil derfor kunne finnes i bunnsubstratet i vassdragene som er undersøkt.

Hvitt fosfor (P_4) er ustabil og reagerer meget raskt med oksygen. I akvatisk miljø derimot, er nedbrytningstiden lang som følge av stor resistens mot kjemisk endring. Halveringstiden er avhengig av oksygenmengde, temperatur og strømningsforhold. Under forhold med svært lite oksygen eller anaerobe forhold (for eksempel nede i sedimenter i dypt, stillestående vann som dype skogstjern, med mye sedimentert organisk materiale) vil hvitt fosfor kunne ligge lagret i uforandret form over lang tid (flere ti-år). I stillestående oksygenfritt vann vil nedbrytningstida for en 1 mm partikkel kunne være mer enn 50-100 år (Søbye m. fl. 2004). I innsjøer og rennende vann som er godt oksygenert er hvitt fosfor ustabil over tid, og nedbrytningstida vil ligge mellom 1 – 10 år (Nordal og Kraft 2008; Søbye m. fl. 2004).

Som følge av lang halveringstid i akvatisk miljø, vil hvitt fosfor kunne være tilgjengelig for akvatiske organismer (her fisk) i flere år etter at det er tilført vannsystemene (Søbye m. fl. 2004). Det er partikler på eller nær sedimentoverflaten i innsjøer og elver, samt drivende små partikler som vil utgjøre størst risiko for fisk, og muligheten for at fisk i berørte vann og elvesystemer i øvings- og skytefelt i Troms kan ha fått eller får i seg partikler av hvitt fosfor i forbindelse med fødeopptak er tilstede.

Hvitt fosfor er svært giftig og kan være skadelig for dyr, fugl og fisk ved lave konsentrasjoner (1-10 mg/kg kroppsvekt). Akkumulering av hvitt fosfor i næringskjeden er teoretisk mulig, men på grunn av høy reaktivitet vil det i organismen raskt gå over til andre fosforforbindelser (Nordal og Kraft 2008). I fisk er halveringstiden fra 1-6 timer etter at de har fått stoffet i seg (VKM 2006). Dette betyr i praksis at hvitt fosfor ikke akkumuleres i næringskjeden, selv om det potensielt har mulighet for dette.

Forsvarsbygg har i perioden 2004 – 2007 gjennomført en kartlegging av hvitt fosfor i skyte- og øvingfelt i Troms. Kartleggingen har omfattet vann, sediment, jord og biologisk materiale (planter, bær, sopp, fisk). Deler av resultatene er rapportert i Rasmussen og Watn 2006 (er under revidering). Resultatene for sedimentundersøkelsene er rapportert i Nordal og Kraft 2008. Sweco Grøner har gjennomført undersøkelser av hvitt fosfor i vann i innsjøer, elver og bekker i de tre

skytefeltene (Sweco Grøner, 2007). Videre er det gjennomført en vurdering av miljørisiko ved bruk av hvitt fosfor i de tre skytefeltene i indre Troms (Løvik og Rognerud 2007).

Det er kun påvist hvitt fosfor i en av ca. 200 vannprøver fra de tre feltene. Det bemerkes at det i nærområdet til lokaliteten der det ble påvist hvitt fosfor i vann var graveaktivitet under prøvetaking. Det er gjort flere funn av hvitt fosfor med lave konsentrasjoner i våt jord og i sediment fra krater, og i totalt tre vannfylte krater er det påvist høye verdier. Det er ikke påvist hvitt fosfor i sedimenter fra elver og innsjøer i de tre skytefeltene (som blant annet inngår i fiskeundersøkelsene).

Akvaplan-niva har i 2007 i samarbeid med Forsvaret, gjennomført undersøkelser av hvitt fosfor i fisk i de 3 øvings- og skytefeltene. Undersøkelsene omfatter til sammen 5 innsjøer og 2 elver, og resultatene er presentert i forliggende rapport.

Akvaplan-niva vil takke Forsvarsbygg Futura, Kompetansesenter Miljø, for godt samarbeid i forbindelse med undersøkelsene.

1 Materiale og metode

1.1 Innsamling av fisk

Fiskeinnsamlingene ble gjennomført i Liveltskardelva, Kobbryggelva og Bjørnfjellvatnet i Setermoen skyte- og øvingfelt, i Sollitindvatn og Ole-Jonsavatn i Blåtind skyte- og øvingfelt og i Melkevatn og Skardvatn i Mauken øvings- og skytefelt. Innsamlingene ble gjennomført i august og oktober 2007 av Akvaplan-niva v/Geir A. Dahl-Hansen og Miljøvernseksjonen ved FLO Base Troms og Finnmark RSF v/kaptein Anders Hamnes. En oversikt over innsamlingene er vist i Tabell 1.

Valg av lokaliteter for innsamling av fisk er basert på avrenningskart og kunnskap om hvilke arealer som er benyttet til detonasjonsområder for granater inneholdende hvitt fosfor. Vannene som ble valgt ut skulle i tillegg være aktuelle for sportsfiske, og være relativt lett tilgjengelige for allmennheten. Kilder for informasjon angående detonasjonsområder har vært skytefeltadministrasjonen og til dels miljøvernseksjonen ved FLO Base Troms og Finnmark RSF.

Til innsamlingen av fisk i innsjøene ble det benyttet bunngarn med maskevidde 26-29 mm. I elvene ble fisket gjennomført ved hjelp av elektrisk fiskeapparat. Fisket tok kun sikte på å samle inn fisk for kjemiske analyser på de ulike stasjonene. Fisket ble ikke gjort med tanke på registrering av arts- og størrelses sammensetning eller tetthetsberegninger. Elvestasjonene ble valgt ut med tanke på størst sannsynlighet for å fange fisk. Primært ble elvestasjonene lagt til områder i skytefeltene der sannsynligheten for tilstedeværelse av hvitt fosfor var størst, dvs. i nærområdet til nedslagsområdene for granater. Fisket ble gjort i hele elvenes bredde der dette var mulig. Detaljer fra innsamlingene i Liveltskardelva og Kobbryggelva er gitt nedenfor.

Fisken ble umiddelbart etter fangst pakket inn i aluminiumsfolie og fryst ned for senere analyser av hvitt fosfor. Fisken ble sendt i frossen tilstand til laboratoriet ”overnatt”, i kjølebag fylt med kjølelementer.

Fra innsamlingen i august ble fiskematerialet fra hver lokalitet delt i to, dvs. at det fra hver lokalitet ble tatt 2 blandprøver av innvoller og 2 blandprøver av muskel som alle ble analysert. Fra Liveltskardelva var det kun nok materiale til 1 prøve. Det ble fra august totalt analysert 13 kjøttprøver og 13 innvollsprøver fra de tre øvings- og skytefeltene.

Fra innsamlingen i oktober ble fiskematerialet fra Liveltskardelva fordelt på 3, dvs. at det ble tatt 3 blandprøver av muskel og 3 blandprøver av innvoller fra hver lokalitet som alle ble analysert. Totalt ble det analysert 9 muskelprøver og 9 innvollsprøver. Fisken fra Melkevatn (5 stk) ble analysert enkeltvis, dvs. 5 muskel- og 5 innvollsprøver.

Totalt antall fisk og analyser på fiskemateriale fra de tre øvings- og skytefeltene:

Setermoen: 60 fisk (10 blandprøver og 2 enkeltprøver).

Blåtind: 35 fisk (4 blandprøver)

Mauken: 53 fisk (6 blandprøver og 5 enkeltprøver)

1.2 Analysemetoder

Analysene er gjennomført av analyselaboratoriet Analycen. Følgende prosedyre ble brukt:

Fiskematerialet ble halvtint før muskel og innvoller ble dissekert ut. Deretter ble materialet innfrys på nytt hver for seg. Antallet fisk i prøvene varierte, men generelt ble innvoller og muskel fra alle/flertallet av fiskene fra hver lokalitet benyttet i analysen. Ved oppveiingen ble prøvematerialet blandet så godt som mulig, dvs. litt av hver muskel og innvoller ble brukt i blandingen. Materialet ble så klippet opp i små biter og blandet, og deretter homogenisert. Deretter ble 5 gram av henholdsvis muskel og innvoller veid opp, og hvitt fosfor ble så ekstrahert med 10 ml isooktan under omrøring i 3 timer. Analysen ble gjort på en GC-TSD, *Thermionic Specific Detector*. Metoden som er brukt er beskrevet i Sparling et al. 1997.

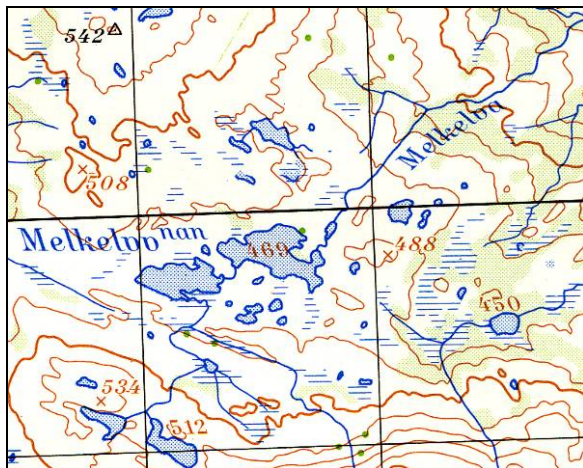
Tabell 1. Oversikt over fiskematerialet som er samlet inn og analysert for hvitt fosfor i Setermoen, Blåtind og Mauken øvings- og skytefelt, 2007.

Lokalitet	Skytefelt	Dato	Art, antall ind.	Prøvetype og antall paralleller
Liveltskardelva ved Fosseng (L2)	Setermoen	August	Ørret, 15 stk.	Blandprøve muskel, 1 stk Blandprøve innvoller, 1 stk
Liveltskardelva i nedslagsfeltet (L1)	Setermoen	Oktober	Røye, 8 stk	Blandprøve muskel, 3 stk Blandprøve innvoller, 3 stk
Liveltskardelva ved Fosseng (L2)	Setermoen	Oktober	Ørret, 20 stk	Blandprøve muskel, 3 stk Blandprøve innvoller, 3 stk
Liveltskardelva like før utløp i Salangselva (L3)	Setermoen	Oktober	Ørret, 15 stk	Blandprøve muskel, 3 stk Blandprøve innvoller, 3 stk
Bjørnfjellvatn	Setermoen	August	Røye, 2 stk	Enkeltpøve muskel, 2 stk Enkeltpøve innvoller, 2 stk
Sollitindvatn	Blåtind	August	ørret 17 stk	Blandprøve muskel, 2 stk Blandprøve innvoller, 2 stk
Ole-Jonsavatn	Blåtind	August	Ørret, 18 stk	Blandprøve muskel, 2 stk Blandprøve innvoller, 2 stk
Melkelvvatn - østre	Mauken	August	Røye, 16 stk	Blandprøve muskel, 2 stk Blandprøve innvoller, 2 stk
Melkelvvatn - østre	Mauken	Oktober	Røye, 5 stk	Enkeltpøver, 5 stk
Skardvatn – østre	Mauken	August	Røye, 16 stk	Blandprøve muskel, 2 stk Blandprøve innvoller, 2 stk
Skardvatn – vestre	Mauken	August	Røye, 16 stk	Blandprøve muskel, 2 stk Blandprøve innvoller, 2 stk

1.3 Lokalitetsbeskrivelse

1.3.1 Mauken øvings- og skytefelt

Melkevatnan



Figur 4. Melkevatnan i Mauken skytefelt. (Foto: Anders Hamnes)

Melkevatnan (kartref. M711-serien: Blad 1533 III) ligger 469 m over havet ca. 6 km sør for utløpet av Takvatn i Mauken skytefelt. Vannene har areal på henholdsvis 39,8 da (vestre) og 57,6 da (østre). Det er fri passasje for fisk mellom vannene gjennom et kort bekkeselement. Østre Melkevatn som er det største, har en maks dybde på ca. 12 m. Vestre Melkevatn er svært grunt med dyp på 1 - 3 m og største dyp på ca. 4 m på et lite område. Bunnen består av mudder med noe stein på grunne områder. Vannfargen er gul-brun, noe som indikerer tilsig av humus-holdig vann fra myrområdene rundt. Melkevatnan vurderes til å være produktive med godt potensiale for fiskeproduksjon. Det er lite som tyder på at den generelle øvelsesaktiviteten i området påvirker vannene negativt, men det kan tenkes at terrengskader medfører økt tilførsel av organisk materiale/humus som i perioder kan redusere siktedypet. Fiskebestanden som er sterkt dominert av røye, har lav - middels god kondisjon og god vekst frem til kjønnsmodning. Rekrutteringen av røye synes å være god. Undersøkelser har vist at nivåene av tungmetaller i muskelvev fra røye i Melkevatnan er generelt lave (Dahl-Hansen og Christensen 2005).

Det er skutt med hvitt fosfor granater nord for Melkelvvatnan (se Rasmussen og Søyland, 2005, for detaljer).



Figur 5. Røye fra Melkevatnan 2004. (Foto: Geir A. Dahl-Hansen)

Skardvatnan



Figur 6. Vestre og østre Skardvatn. (Foto: Anders Hammes)

Skardvatnan (kartref. M711-serien: Blad 1533 III) ligger 403 m over havet ca. 6 km sør for utløpet av Takvatn og har et areal på henholdsvis 56,4 da (vestre) og 74,6 da (østre). Det er ingen passasje for fisk mellom de to vannene.

Østre Skardvatn er forholdsvis dypt med liten strandsone, og store deler av vannet har dybde 5 – 8 m med største dybde på ca. 15 m. Tilførsler av humus, som trolig har økt pga. terrengskader i nedslagsfeltet, gir lavt siktedyp (+/-5 m) og brun vannfarge. Det er innslag av makrovegetasjon rundt store deler av vannet og bunnen består av mudder med noe stein i strandsonen. Vatnet har tynne bestander av røye, som er dominerende art, og ørret. Det er dårlige gyteforhold for ørret, men noe bedre for røye. Røya og ørreten har middels god vekst og middel god kondisjon (Dahl-Hansen og Christensen 2005).

Vestre Skardvatn er forholdsvis grunt (1 - 3 m) med maksdyp på ca. 5 m. Bunnen består av mudder med noe stein i strandsonen og vurderes som produktivt. Det er innslag av makrovegetasjon rundt deler av vannet. Vannfargen er brun pga. tilførsler av humus. Vannet har en svakt overtallig bestand av røye med lav vekst og middels god kondisjon. Aldersspredningen er stor, men det er liten spredning i størrelse (fisk med lengder 22 – 30 cm dominerer), noe som tyder på lav beskatningen og god rekruttering. Undersøkelser har vist at nivåene av tungmetaller i muskelvev fra røye i Skardvatnan er lave (Dahl-Hansen og Christensen 2005).

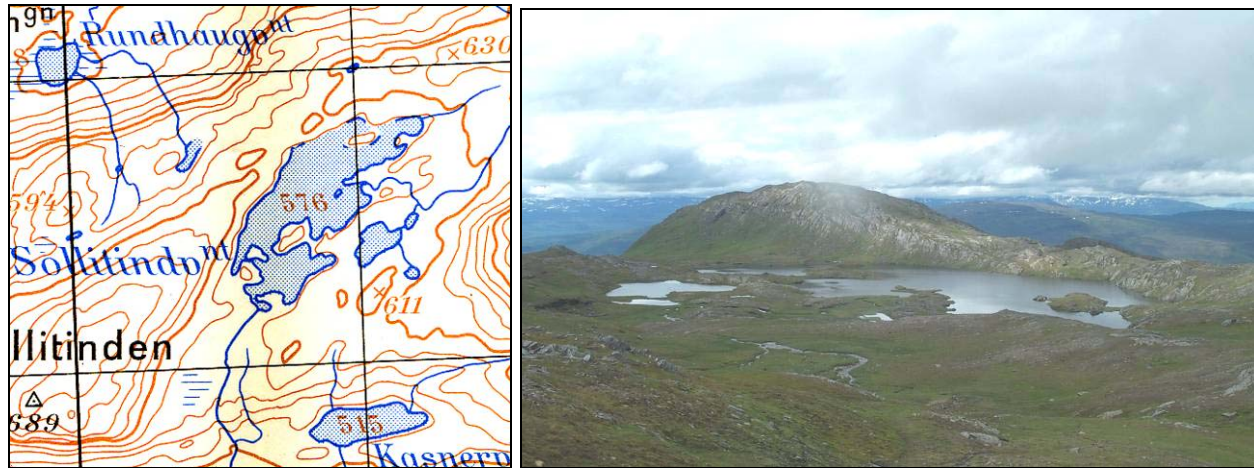
Det er skutt med hvitt fosfor granater nordøst for Skardvatnan (se Rasmussen og Søyland, 2005, for detaljer).



Figur 7. Røye og ørret fra Skardvatn 2004. (Foto: Geir A. Dahl-Hansen)

1.3.2 Blåtind øvings- og skytefelt

Sollitindvatn



Figur 8. Sollitindvatn. (Foto: Geir A. Dahl-Hansen)

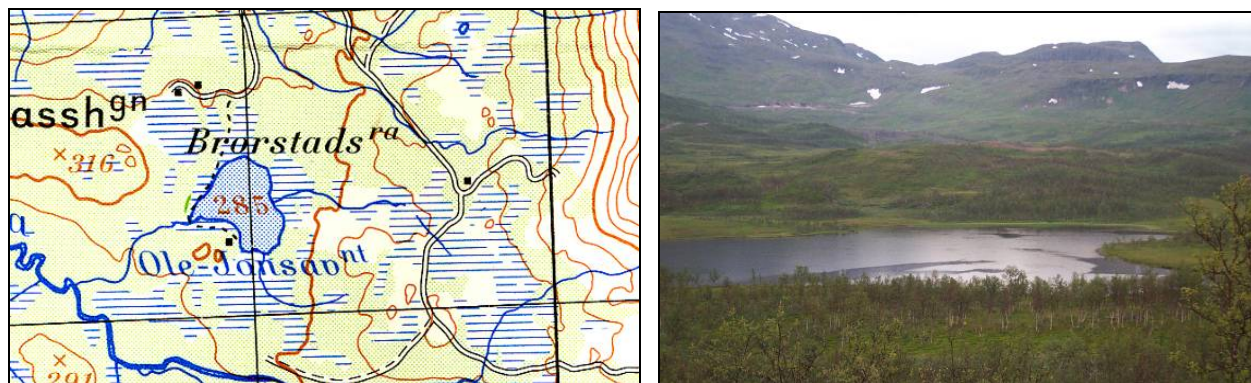
Sollitindvatn (kartref. M711-serien: Blad 1533 III) ligger 576 m over havet øst for Blåtindan ca. 3,5 km nord for E6 gjennom Takelvdalen. Overflatearealet er på 156,6 da, og området rundt består av snauffjell uten høyere vegetasjon. Vannet har flere bukter og vikar, og store deler av vannet er grunnere enn 5 m. Maksdybden er målt til ca. 15 m. Det er ingen makrovegetasjon i vannet og bunnen består av mudder og stein. Sollitindvatn har store grundtområder. Vannet er klart med god sikt og grønn farge, noe som tilsier lite tilsig av humusstoffer. Det er ingenting som tyder på at forsvarrets øvelsesaktivitet i området påvirker vannet negativt. Sollitindvatn har forholdsvis tynn bestand av ørret med middels god vekst og kondisjon (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Fisken og vann har lavt innhold av tungmetaller, og basert på metallinnhold er Sollitindvatn velegnet som drikkevann.

Det er skutt med hvitt fosfor granater i området nær Sollitindvatnet, og i området nord og nordøst for vannet (se Rasmussen og Søyland, 2005, for detaljer).



Figur 9. Ørret fra Sollitindvatn 2007. (Foto: Anders Hammes)

Ole-Jonsavatn



Figur 10. Ole-Jonsavatn. (Foto: Geir A. Dahl-Hansen)

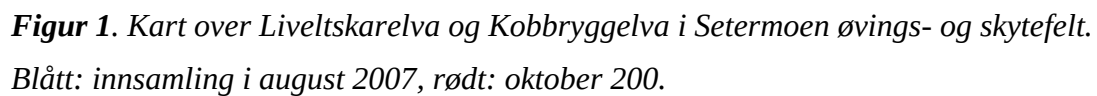
Ole-Jonsavatn (kartref. M711-serien: Blad 1533 III) ligger 285 m over havet like sør for Blåtind skytefeltadministrasjon, Akkaseter. Overflatearealet er på 55,3 da, og området rundt består av glissen, småvokst bjørkeskog med innslag av myr. Maksdybden er målt til 3,3 m og store deler er grunnere enn 2 m. Vannfargen er svakt brun, og det er siktedyp til bunnen. Det er innslag av makrovegetasjon rundt deler av vannet og bunnen består av mudder og sand med innslag av stein langs land. Ole-Jonsavatn vurderes som produktivt. Vannet har to innløpsbekker, men gyting foregår i all hovedsak på utløpsbekken som har gode gyteforhold. Det er bare ørret i vannet, og fisken har god kondisjon og vekst (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Bestanden av ørret i Ole-Jonsavatn viste i 2004 ingen tegn på å være overtallig, og rekrutteringen er god. Undersøkelser har vist at innholdet av oljekomponenter (PAH), PCB og metaller i bunnsediment fra Ole Jonsavatn er lavt (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Nivåene av metaller i muskelvev fra ørret også lave. Det er ikke noe som tyder på at forswarets aktiviteter i nedslagsområdet påvirker bestanden av ørret negativt.

Det er skutt med hvitt fosfor granater i området øst og sørøst for vatnet (se Rasmussen og Søyland, 2005, for detaljer).



Figur 11. Ørret fra Ole-Jonsavatn 2007. (Foto: Anders Hamnes)

Liveltskarelva og Kobbryggelva





Figur 2. Parti fra øvre del av Liveltskardelva. (Foto: Bjarne Nordberg)

Liveltskardelva (kartref. M711-serien: Blad 1432 I) i Setermoen Skytefelt drenerer sørvestre fjellside til Lifjellet, nordøstre side av Erikfjellet og nordøstre del av Livelttinden i Liveltskardet. Elva har et totalt nedslagsfelt på 13 km² og renner ut i Salangselva like oppstrøms Brandvoll. Nedre del av Liveltskardelva i skytefeltet har partier med grunne stryk og dypere partier med rolig strøm. Bunnssubstratet her består av grus, grov grus og noe stein, og det er flere gyteområder for ørret. I midtre og øvre del av Liveltskardet er elva stri med bunnssubstrat bestående av grov grus, stein og blokk uten gytesubstrat for ørret, men med enkelte bra oppvekstområder for mindre fisk. Totalt sett vurderes den delen av elva som ligger i Liveltskaret som lite egnet for fiskeproduksjon (ørret og røye). Øverst i vassdraget ligger Isvatnet (726 moh.) som har en tett bestand av småfallen røye. Liveltskardelva i skytefeltet er ikke tilgjengelig for nyrekruttering via oppvandrende fisk nedenfra pga. stort fall og stri elv. Liveltskardelva ved Fosseng har middels – sterk strømhastighet, og bunnssubstratet består her av grov grus, stein og blokk. Gytemulighetene for ørret er begrenset på strekningen.

Det er skutt med hvitt fosfor granater i et større område av dalen (se Rasmussen og Søyland, 2005, for mer informasjon).

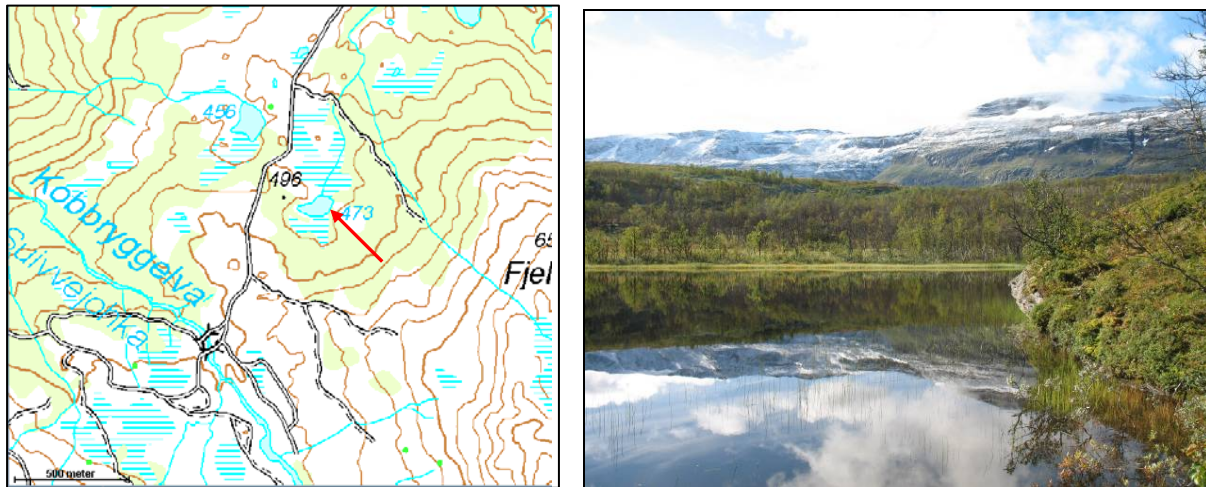
Fiskeinnsamlingene ble gjort i august og oktober 2007 på 4 lokaliteter (L1 – L4). I august ble el-fiske gjort i nedre del av Liveltskardet ved skytefeltadministrasjonen (L4), og ved Fosseng (L2) (Figur 1). Strekningen som ble fisket i Liveltskaret (L4) var på ca. 800 m og ca. 500 m ved Fosseng (L2). I oktober ble det fisket på 3 områder, ved Fosseng (L4), i nedslagsfeltet innerst i Liveltskardet (L1) og like ovenfor utløpet i Salangselva (L3). Samlet strekning som ble fisket i øvre del av Liveltskardet var på anslagsvis 2 km. Stasjonene ved Fosseng og nær Salangselva var anslagsvis på ca. 300 m og 1000 m.

Det ble ikke registrert fisk i nedre del av Liveltskardelva inne i Liveltskaret (L4). Dette området ligger nedstrøms nedslagsområdet for granater. I øvre del (L1) ble det i oktober fanget 8 kjønnsmodne røye. Dette er mest sannsynlig fisk som har sluppet seg ned fra Isvatnet. Tettheten av fisk i denne delen av elva som ligger i nedslagsområdet for granater, var meget lav. I Liveltskardelva ved Fosseng (L2) ble det fanget 15 ørret i august og 20 i oktober. Fisken var småfallen med lengder mellom 10 – 20 cm, og tettheten av ørret er lav.

Kobbryggelva (kartref. M711-serien: Blad 1432 I) i Setermoen skytefelt drenerer sørvestre fjellside av Bjørnfjellet og nordøstre side av Lifjellet i Kobbryggdalen. Elva har et totalt nedslagsfelt på 15 km² og renner ut i Barduelva like oppstrøms Setermoen sentrum (Figur 1). El-fiske ble gjort på 3 lokaliteter i elva (K1 – K3). Den delen av Kobbryggelva som ligger i skytefeltet (K1 og oppover) er grunn og stri med bunnsubstrat bestående av grov grus, stein og blokk, og strekningen er ikke tilgjengelig for oppvandrende fisk nedenfra (Sørskogen). Gytemulighetene for ørret er begrenset, men strekningen har enkelte gode oppvekstområder for mindre fisk. Totalt sett vurderes denne delen av elva i Kobbryggdalen som lite egnet for fiskeproduksjon (ørret og røye). Lokaliteten K2 har flere korte, brede stryk med godt gytesubstrat og enkelte roligere og dypere partier med gode oppvekstmuligheter. K3 har et par dype kulper og 3 grunne strykpartier med bunnsubstrat bestående av grus og berg. Det er oppvekstmuligheter i kulpene, men gytemulighetene er begrenset. Det er skutt hvitt fosfor granater i større deler av dalen (se Rasmussen og Søyland, 2005, for mer informasjon).

I august ble det el-fisket på en ca. 800 m lang strekning inne i Kobbryggdalen (K1) og en kort strekning (ca. 600 m) ved E6 (K3). Det ble ikke fanget fisk på disse strekningene av elva. Det ble observert kun 1 mindre fisk på K1. I oktober ble fisket på 2 lokaliteter et stykke nedstrøms skytefeltområdet (K2 og K3). Det ble ikke fanget eller observert fisk på disse lokalitetene.

Bjørnfjellvatn



Figur 3. Bjørnfjellvatn i Setermoen skytefelt. (Foto: Ola Nordahl)

Bjørnfjellvatn (kartref. M711-serien: Blad 1432 I) ligger 473 m over havet. Vannet er grunt (1-5 m) med et lite dypt punkt på ca. 10-12 m. Bunnen består av mudder, og det er et sivbevokst grundtområder i sør. Vannet er gul-brun i fargen, noe som indikerer tilsig av humusholdig vann fra myrområdene rundt. Det er lite som tyder på at den generelle øvelsesaktiviteten i området påvirker vannet negativt. Vatnet har dårlige gyteforhold for ørret, men noe bedre for røye. Det ble kun fanget 2 store røye (1,3 og 2,1 kg) med meget god kondisjon. Dette indikerer at fiskebestanden er svært tynn, og at tilstedeværelse av stor fisk har vært med på å begrense rekrutteringen. Det er skutt hvitt fosfor granater på foten av Bjørnfjellet, sørøst for vannet (se Rasmussen og Søyland, 2005, for detaljer).

2 Resultater og diskusjon

Innsamling av fiskemateriale ble første gang gjennomført i august 2007 i alle lokalitetene. I oktober ble ny innsamling gjennomført i Liveltskardelva (Setermoen) og i Melkevatn (Mauken) fordi det ble gjort funn av hvitt fosfor i materialet fra første innsamling (august). Det var derfor ønskelig å skaffe til veie mer materiale som kunne bekrefte, eventuelt avkrefte, de første prøveresultatene.

2.1 Mauken skytefelt

Det ble ikke funnet hvitt fosfor verken i muskel (fiskekjøtt) eller i innvoller fra røye samlet inn i august i **Skardvatn**.

I **Melkevatn** ble det i augustprøvene av røye ikke funnet hvitt fosfor i muskel.

Det ble påvist hvitt fosfor i innvollene fra den ene av de to samleprøvene med en konsentrasjon på 4,31 µg/kg våtvekt (0,0043 mg/kg). I samleprøve 2 av innvoller ble det ikke påvist hvitt fosfor.

Røyematerialet (5 fisk) samlet inn i oktober ble analysert enkeltvis for hvitt fosfor i muskel og innvoller. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i muskel i noen av prøvene. Analysene av innvoller påviste hvitt fosfor i 1 fisk, med konsentrasjon 1,73 µg/kg våtvekt (0,0017 mg/kg). Analyserapport er vist i Vedlegg 4.1, Figur 1.

Verdiene som er målt i innvollsprøvene er langt under det som er satt som faregrense ved konsum dersom tilsvarende verdier hadde blitt målt i fiskekjøttet (VKM 2006; Vedlegg 4.2). Hvitt fosfor brytes raskt ned i organismen hos dyr, fugl og fisk (VKM 2006; Vedlegg 4.2). I fisk er denne tiden beregnet til 1-6 timer. På grunn av dette vurderes sannsynligheten for å kunne påvise hvitt fosfor i fisk som generelt liten, dersom ikke hvitt fosfor finnes i store mengder i leveområdet. Selv om fisk i Melkevatnan og de andre vannene i denne undersøkelsen allikevel skulle ha fått i seg hvitt fosfor, er det minimal risiko for at menneske skal få i seg helsefarlige mengder av stoffet gjennom konsum av fisk (VKM 2006; Vedlegg 4.2). Basert på tilgjengelig litteratur om giftighet og omsetning av hvitt fosfor i levende organismer, utgjør en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor ingen fare for mennesker som bruker de undersøkte vannene til rekreasjon, og som benytter fisk fra disse områdene i kostholdet. Det påpekes at det ikke er funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt (muskel) i noen av prøvene som er analysert i foreliggende undersøkelse. Det er heller ikke påvisk hvitt fosfor i sediment fra lokalitetene (Nordal og Kraft 2008).

Mauken skytefelt er et område der det historiske er brukt mye hvitt fosfor, men Melkevatnan (der det ble funnet rester av hvitt fosfor i fisk) ligger utenfor hovedområdene for nedslag av hvitt fosfor granater (Rasmussen og Søyland, 2005). Det meste av granatdetonasjoner har forgått på land og i god avstand fra vannet. Det kan allikevel ikke helt utelukkes at det kan ha vært enkelte tilfeller av granatdetonasjoner nær vannoverflaten, nær strandsonen eller nær bekker med avrenning til Melkevatnan. Dersom det antas at dette er tilfelle, er det en viss mulighet for at partikler av hvitt fosfor kan ha blitt tilført vannet og at disse finnes spredt på og i

overflatesedimentet. Det er dermed er en mulighet at fisk vil kunne få disse i seg. Allikevel vurderes denne muligheten som liten. Det bemerkes at analyser av sediment fra Melkevatnan i 2007 ikke har påvist hvitt fosfor (Nordal og Kraft 2008). I en rapport utarbeidet av FFI (Søbye m. fl. 2004) gis det eksempler på hvordan hvitt fosfor kan spres, lagres og brytes ned i stillestående vann (tjern) og i rennende, samt hvilke mengder uforbrent hvitt fosfor som kan frigis etter detonasjon av granater på overflaten eller ved vann. Hvitt fosforpartikler kan i en "worst case" situasjon (i stillestående og oksygenfritt vann) ha svært lang nedbrytningstid og dermed finnes i systemet i mange tiår fra spredningstidspunktet. I de grunne Melkevatnan vil dette ikke være tilfellet. Vind og bølger gir god omrøring av vannmassene, og bunnvannet og vannet i de øvre lagene av sedimentet vil være godt oksygenert i isfri periode. Nedbrytningstiden for små partikler av hvitt fosfor vil derfor være vesentlig kortere (anslagsvis 1-10 år). Dette vil også være situasjonen for de andre vannene som inngår i denne undersøkelsen. Det er derfor rimelig å anta at mengden hvitt fosfor som eventuelt per dato ligger lagret i sedimentene i de undersøkte vannene er liten.

Undersøkelser av fiskebestandene i Melkevatnan og Skardvatnan gjennomført av Akvaplan-niva i 2004, ga ingen indikasjon på at forswarets øvelsesaktivitet i nedslagsfeltet til disse vannene har påvirket fiskebestandene negativt med tanke på økt dødelighet og redusert rekruttering og tetthet (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Et mulig unntak kan være avrenning av myr- og jordmasser fra terrengskader i nærområdet til østre Skardvatn, noe som kan ha økt humusinnholdet og redusert siktedypet i vannet og videre fiskeproduksjonen i vannet. Mulige effekter av hvitt fosfor ble ikke vurdert i undersøkelsen fra 2004. Med basis i diskusjonen ovenfor kan det i midletid ikke helt utelukkes at fisk i de innsjøene der muligheten for at det kan finnes rester av hvitt fosfor er størst (som Melkevatnan i Mauken), kan ha fått (og får) hvitt fosfor i seg, og at inntak av partikler av hvitt fosfor kan ha medført forgiftninger for enkeltindivider av fisk. Det bemerkes at hvitt fosfor ikke er påvist i sediment fra de to vannene i skytefeltet (Nordal og Kraft 2008).

2.2 Blåtind skytefelt

Det ble ikke funnet hvitt fosfor verken i muskel og innvollprøvene fra fisk samlet inn i august i **Ole-Jonsavatn** (ørret) og **Sollitindvatn** (ørret).

Undersøkelser av fiskebestandene i Sollitindvatn og Ole-Jonsavatn i 2004 ga ingen indikasjon på at forswarets øvelsesaktivitet i nedslagsfeltet til disse vannene har påvirket fiskebestandene negativt med tanke på økt dødelighet og redusert rekruttering og tetthet (Dahl-Hansen og Christensen 2005). Sannsynligheten for at det finnes hvitt fosfor i sediment i Blåtind er vurdert som liten på grunn av at detonasjon av granater i all hovedsak er gjort på tørre områder i skytefeltet (Løvik og Rognerud 2007). Sannsynligheten for at hvitt fosfor finnes i sedimentene i Sollitindvatn og Ole-Jonsavatn vurderes derfor som liten, og som mindre enn i Melkevatnan i Mauken. Det ble da heller ikke funnet rester i fisk fra de to vannene i Blåtind. Det bemerkes at det heller ikke er funnet rester av hvitt fosfor i sediment og i vann fra de to innsjøene (Nordal og Kraft 2008). Med tanke på en eventuell tilstedeværelse av hvitt fosfor er det ikke forbundet med noen fare å bruke vannene til rekreasjon og å benytte fisk fra disse områdene til mat. Det påpekes at det ikke er funnet hvitt fosfor i fiskekjøtt (muskel) i noen av prøvene som er analysert i foreliggende undersøkelse.

2.3 Setermoen skytefelt

Det ble ikke funnet hvitt fosfor i muskel- og innvollprøvene fra de to røyene samlet inn i august i **Bjørnfjellvatn**. Det bemerkes at det heller ikke er funnet rester av hvitt fosfor i sediment og i vann fra innsjøen (Nordal og Kraft 2008).

I **Kobbryggelva** ble det ikke fanget fisk, og det mangler derfor analyser fra dette vassdraget. Hvitt fosfor er ikke funnet i sediment og i vann fra elva (Nordal og Kraft 2008).

Prøvene (ørret) fra **Liveltskardelva** (ved Fosseng, L2) fra august ga kun materiale nok til å lage en samleprøve. Det ble ikke funnet hvitt fosfor i samleprøven av muskel. Analysene påviste hvitt fosfor i samleprøven av innvoller med en konsentrasjon på 5,5 µg/kg våtvekt (0,0055 mg/kg). Det var ikke mer materiale tilgjengelig til å lage en ny prøve som kunne analyseres for å kontrollere resultatene fra den første analysen. Det ble derfor samlet inn nytt prøvemateriale i oktober for å verifisere resultatene fra august. I dette materialet ble det ikke påvist hvitt fosfor verken i muskel eller innvoller fra ørret fra stasjonene L2 og L3 nederst i Liveltskardelva. Det ble heller ikke påvist hvitt fosfor i samleprøvene av røye (3 samleprøver) fanget øverst i Liveltskaret (L1). Analyserapport er vist i Vedlegg 4.1, Figur 2.

Elektrofisket i Liveltskardelva og Kobbryggelva i de delene som ligger inne i skytefeltene, viste et nesten totalt fravær av fisk på de undersøkte strekningene. Kun øverst i Liveltskaret ble det registrert og fanget noen få kjønnsmodne individer av røye i oktober, og dette er trolig fisk som i løpet av sommeren/høsten har sluppet seg ned fra Isvatnet. Selv om elvestrekningene vurderes som lite produktive med hensyn på ørret og røye, er det ikke noe som tilsier at strekningene i Liveltskaret og Kobbryggdalen skulle være naturlig fisketomme. Strekningene har egnede oppvekst- og standplasser for fisk, og det finnes gytemuligheter i områdene. Det fortelles fra lokalt hold at det tidligere har vært fisk i dette området, og at har vært et begrenset sportsfiske her.

De lave tetthetene som ble registrert kan ha flere årsaker. Det er som nevnt generelt dårlige rekrutterings- og oppvekstforhold i de øvre strekningene av Liveltskardelva og Kobbryggelva, noe som tilsier at det naturlig vil være lave tettheter her. Det er heller ingen muligheter for nyrekruttering av fisk til områdene via innvandring av fisk nedenfra eller fra omkringliggende områder (bortsett fra nedvandring av røye fra Isvatnet i Liveltskaret). Det vil derfor ta svært lang tid å bygge opp naturlige bestandstettheter når disse er redusert til det nivået som ble registrert i 2007. Det vurderes allikevel som sannsynlig at forsvarets aktiviteter i skytefeltet (over 50 år med militær aktivitet) har medvirket til at fisketettheten i de øvre delene av Liveltskardelva og Kobbryggelva i dag er på et svært lavt nivå, og at hvitt fosfor kan ha vært et av flere bidrag til dette. Hvor mye av den lave tettheten som eventuelt skyldes historisk bruk av hvitt fosfor i forhold til andre påvirkninger fra skyte- og øvingsaktivitetene i området, er det vanskelig å si noe sikkert om. Opp gjennom årene har det vært skutt mye med hvitt fosfor granater i nedslagsfeltet til både Liveltskardelva og Kobbryggelva. Granatene blir skutt for å produsere mest mulig røyk, og er derfor primært skutt på land i nedslagsfeltet. Det kan allikevel ikke utelukkes at granater med hvitt fosfor har detonert i umiddelbar nærhet til, eller direkte i elvene, og at uforbrent partikulært hvitt fosfor kan ha havnet i vannet, enten direkte eller via avrenning fra nedslagsfeltet. Det er ikke

benyttet hvitt fosfor i de to områdene siden 2002. Elvene er strie i øvingsområdene, og årlige flommer har med stor sikkerhet vasket ut meste av det partikulære hvite fosforet som eventuelt er blitt tilført elvene frem til 2003. Det vurderes som lite sannsynlig at gjenværende rester av hvitt fosfor i nedslagsfeltet i dag tilføres elvene i en mengde som vil kunne ha negativ innvirkning på fisken. Det bemerkes at det ikke er påvist hvitt fosfor i sedimenter hentet fra stilleflytende partier av Liveltskardelva og Kobbryggelva der partikler av hvitt fosfor kan sedimentere, eller i vannanalyser.

2.4 Mulige tilførselsveier av hvitt fosfor til fisk i innsjø og elver

Funn av hvitt fosfor i innvoller fra røye fra Melkevatn og i ørret fra Liveltskardelva indikerer at det kan finnes partikler av hvitt fosfor i sedimentene i de undersøkte innsjøene og elvene til tross for at det ikke ble påvist i sedimentprøvene, og at fisk kan få dette i seg. Målinger har ikke påvist hvitt fosfor i vann fra noen av de undersøkte elvene og vannene som inngår i denne undersøkelsen, og hvitt fosfor løst i vann vurderes ikke som en mulig kilde for spredning til fisk. Eneste mulige måte fisken eventuelt kan få fosforpartikler i seg er via næringssøk og beiting på bunndyr. Ofte følger uorganiske partikler og organisk materiale (små planterester) med når fisk beiter på bunnlevende næringsdyr (for eksempel insektslarver, små krepsdyr, bløtdyr etc.) som har sitt levested på og i bunnsedimenter i innsjøer og elver. For å få tak i disse næringsdyrene må fisk ofte rote i sedimentet, og partikler som virvles opp kan da følge med når byttet fanges og svelges. Det er derfor en viss sannsynlighet for at mindre fraksjoner av uforbrent hvitt fosfor kan komme inn i fisk ved fødeopptak.

Noen insektlarver (primært husbyggende vårfluelarver) bruker uorganiske materiale (ofte små sand og gruspartikler) og små planterester til bygging av hus som fungerer som beskyttelse og kamuflasje og som larvene bærer med seg (Figur 12). Vårfluelarver er viktige næringsdyr for fisken hele året, og de finnes i både stille vann og i elver. Det er derfor også en mulighet for at partikler av hvitt fosfor har blitt brukt som byggemateriale og inkorporert i slike hus, og at fisken ved predasjon på disse insektslarvene kan ha fått hvitt fosfor i seg.



Figur 12. Eksempler på husbyggende vårfluelarver.

Det uforbrente hvite fosforet som kan ha blitt tilført Liveltskardelva og Kobbryggelva vil mest sannsynlig ha vært i form av mindre klumper og flak (>0 – noen få millimeter). Elvene er strie i skytefeltområdene, og i den sterke strømmen vil de små partiklene rask føres nedover med vannmassene og sedimentene i kulper og bakevjer og på elvestrekninger med roligflytende vann. Fisk i rennende vann (ørret og røye) vil for en stor del basere sitt fødeinntak på driv (insektslarver og overflateinsekt som driver med strømmen), men også noe via beiting på næringsdyr på bunnen. Ved beiting på driv må fisken reagere raskt for å få tak i byttet, og i mange tilfeller ser en at fisk ved feiltagelse har fått i seg uorganiske og organiske partikler fordi tiden til å vurdere byttet før det fanges og spises er svært kort. Dersom fisk i Liveltskardelva og Kobbryggelva har fått i seg hvitt fosfor vil dette kunne være i form av drivende partikler som fisk feilaktig oppfatter som næringsdyr og som fanges under næringssøk. En annen mulig tilførselsveg er via husbyggende vårfluelarver (som kan ha innkorporert hvitt fosfor i husene sine) som er viktige byttedyr for ørret og røye i rennende vann.

Anbefalinger for innsamling av fisk for fremtidige analyser av hvitt fosfor

På seinhøsten og i vintermånedene er næringsinntaket hos ørret og røye vanligvis svært lavt på grunn av lave vanntemperaturer. Derfor er fisken ofte tom for mageinnhold i denne tiden på året. I september-oktober er også en stor andel av den voksne fisken kjønnsmoden og i gang med gyting. Kjønnsmoden fisk tar normalt til seg lite eller ikke noe næring i perioden like før og under gyting, og sannsynligheten for å påvise hvitt fosfor i innvoller og muskel i fisk fanget i denne perioden vil derfor være ekstra liten. Det anbefales derfor at fisk i eventuelle videre undersøkelser for hvitt fosfor samles inn i sommersesongen når beiteaktiviteten hos fisken er stor og muligheten for å fange fisk med mat i magen er størst. Utvalget av fiskematerialet som skal analyseres bør bestå av størst mulig fisk og fisk med mest mulig ufordøyd mat i mage-tarmsystemet.

3 Litteratur

Dahl-Hansen, G. A. og G. N. Christensen 2005. Fiskeribiologiske undersøkelser i militære øvingsfelt i Troms, 2004. Akvaplan-niva rapport APN-510.3130

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 LNR 5493-2007.

Nordal, O. og P. Kraft 2008. Kartlegging av hvitt fosfor i sedimenter i forsvarrets skytefelt, Troms. Asplan Viak rapport. Oppdragsnummer 500179/150.

Rasmussen, G og R. Søyland 2005. Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21-23. september 2004. Forsvarbygg, Divisjon Rådgivning, Kompetansesenter Miljø- og kulturminnevern. Rapport, arkivnummer 200400883, oppdragsnummer 2185079.

Rasmussen, G og Å. S. Watn 2006 (revideres). Kartlegging av hvitt fosfor i skytefeltene i Troms. Forsvarbygg rapport 2006. Forsvarbygg, Divisjon Rådgivning, Kompetansesenter Miljø- og kulturminnevern. Rapport, arkivnummer 200400883, oppdragsnummer 2185079.

Sparling, D. W., M. Gustavson, P. Klein and N. Karouna-Renier 1997. Toxicity of white phosphorus to waterfowl: acute exposure to mallards. Journal of Wildlife Disease. 32(2): 187-197.

Strømseng, A., E. Johnsen, Ø. A. Voie og K. S. Longva 2006. Risikovurdering av forsvarrets bruk av hvitt fosfor i Troms. FFI rapport 2006/02989.

Søbye, E., A. Johnsen, K. S. Longva, A. Strømseng, M. Ljønes og A. Oddan 2004. Spredning av hvitt fosfor ved detonasjon av røykgranater med hvitt fosfor. Sluttrapport. FFI rapport 2004/00177.

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)

Sweco Grøner/Forsvarsbygg, 2007. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning 2006-2007.

4 Vedlegg

4.1 Analyserapporter

Analyserapport

Moss

Forsvarsbygg
Divisjon Rådgivning
Grete Rasmussen
Postboks 405 Sentrum
0103 Oslo

Oppdragsnr.	8188008-1188174	Tatt ut	01.11.2007	Side 1 (1)
Kundnr.	8188008	Prøvemottak	07.11.2007	
Prøvetype	Miljøprøve	Analyserapport klar	03.12.2007	
Oppdragsmerking	Bestnr: 53707 (6221591 Troms WP Fisk)			

		Hvitt fosfor i biota µg/kg	
Lab.nr.	Merket		Lab
NOV037735-07	MV parallell 1 Kjøtt	<1	L
NOV037736-07	MV parallell 1 Involler	<1	L
NOV037737-07	MV parallell 2 Kjøtt	<1	L
NOV037738-07	MV parallell 2 Involler	<1	L
NOV037739-07	MV parallell 3 Kjøtt	<1	L
NOV037740-07	MV parallell 3 Involler	<1	L
NOV037741-07	MV parallell 4 Kjøtt	<1	L
NOV037742-07	MV parallell 4 Involler	<1	L
NOV037743-07	MV parallell 5 Kjøtt	<1	L
NOV037744-07	MV parallell 5 Involler	1.73	L
Målusikkerhet			
Ref/Metode basert på			

Grethe Arnestad
Cand.Mag

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

Figur 1. Analyseresultater for hvitt fosfor i røye fra Melkevatn (Mauken) samlet inn i oktober 2007. Analysene er gjort på enkeltfisk.

Analyserapport

Moss

Forsvarsbygg
Divisjon Rådgivning
Grete Rasmussen
Postboks 405 Sentrum
0103 Oslo

Oppdragsnr.	8188008-1176222	Tatt ut	17.10.2007	Side 1 (1)
Kundenr.	8188008	Prøvemottak	29.10.2007	
Prøvetype	Miljøprøve	Analysereport klar	06.11.2007	
Oppdragsmerking	Bestnr 53707 (6221591 Troms WP Fisk)			

		Hvitt fosfor i biota µg/kg	
Lab.nr.	Merket		Lab
NOV035059-07	L1 parallell 1 kjøtt	<1	L
NOV035060-07	L1 parallell 2 kjøtt	<1	L
NOV035061-07	L1 parallell 3 kjøtt	<1	L
NOV035062-07	L1 parallell 1 innvoller	<1	L
NOV035063-07	L1 parallell 2 innvoller	<1	L
NOV035064-07	L1 parallell 3 innvoller	<1	L
NOV035065-07	L2 parallell 1 kjøtt	<1	L
NOV035066-07	L2 parallell 2 kjøtt	<1	L
NOV035067-07	L2 parallell 3 kjøtt	<1	L
NOV035068-07	L2 parallell 1 innvoller	<1	L
NOV035069-07	L2 parallell 2 innvoller	<1	L
NOV035070-07	L2 parallell 3 innvoller	<1	L
NOV035071-07	L3 parallell 1 fisk	<1	L
NOV035072-07	L3 parallell 2 fisk	<1	L
NOV035073-07	L3 parallell 3 fisk	<1	L
NOV035074-07	L3 parallell 1 innvoller	<1	L
NOV035075-07	L3 parallell 2 innvoller	<1	L
NOV035076-07	L3 parallell 3 innvoller	<1	L
Målusikkerhet			
Ref/Metode basert på			

Grethe Arnestad
Cand.Mag

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

Figur 2. Analyseresultater for hvitt fosfor i røye fra Liveltskardelva samlet inn i oktober 2007.

4.2 Notat Forsvarsbygg

		Miljø
Notat Seniorrådgiver Dr. scient Freddy Engelstad Seniorrådgiver Dr. scient Grete Rasmussen		24. januar 2008

Begrunnelse for hvilke undersøkelser som er iverksatt, utdyping av virkningen av hvitt fosfor i organismer (og eventuelt i fiskekjøtt til menneskelig konsum (hypotetisk)).

Bakgrunn

Bruken av hvitt fosfor i røykgranater har vært benyttet siden siste krig i det norske Forsvaret. I våte og snødekte målområder vil ikke det hvite fosforet alltid brenne opp fullstendig, noe som kan medføre at rester blir værende uforbrent igjen i nedslagsområdet. Under forhold hvor luft ikke kommer til, i anaerobe soner, kan det hvite fosforet forbli uforbrent i årevis. Hvitt fosfor er giftig og bare små mengder skal til for å gi skader på organismer om det spises (1-10 mg/kg kroppsvekt).

For å finne ut hvor omfattende dette problemet med uforbrent fosfor er, har Forsvarsbygg gjennomført flere undersøkelser og risikovurderinger. Det følgende notatet gir en oppdatert oversikt over gjennomførte undersøkelser og oppsummering av risikovurderinger, med en spesiell fokusering på betydningen overfor mennesker og beitedyr.

Gjennomførte undersøkelser (sortert etter tidspunkt for gjennomføringen).

Etter en forespørsel fra Statens forurensningstilsyn (SFT) ga Forsvaret en oversikt over forbruket av fosforgranater de siste 10 årene. Det største forbruket var i Troms og Fylkesmannens miljøvernavdeling, som er forurensningsmyndighet for skyte- og øvingsfelt i Troms, ba om en undersøkelse over mulige uforbrente rester i målområdene. Etter den første undersøkelsen har Fylkesmannens miljøvernavdeling gitt pålegg om ytterligere undersøkelser. Forsvarsbygg gjennomførte en historisk kartlegging i Mauken, Blåtind og Setermoen i 2004, som er brukt som et utgangspunkt for hvor undersøkelsene er gjennomført (Rasmussen og Søyland, 2005). Det følgende er en oversikt over hvilke undersøkelser som er gjennomført. Fullstendig prøvetakingsliste er lagt som vedlegg.

(1) Forsvarets forskningsinstitutt, Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA) og Forsvarsbygg har gjennomført kartlegging av gjenværende hvitt fosfor i skytefeltene Setermoen, Mauken og Blåtind (2005). Områder med høyest sannsynlighet for å finne rester, ble prøvetatt. Totalt er det tatt 50 jord/sedimentprøver fra målområder, hvorav det ble funne tre prøver med høye konsentrasjoner av hvitt fosfor (og 25 prøver med lave konsentrasjoner). Det er tatt 26 vannprøver i bekker og elver uten å detektere hvitt fosfor i noen av prøvene (FFI, 2007) i tillegg til 26 drikkevannsprøver (FFI, 2006).

(2) Asplan Viak (2006) har gjennomført kartlegging av hvitt fosfor i 8 ikke tidligere undersøkte målområder i skytefeltene i Troms. Det påvises hvitt fosfor i to av 31 jord/sedimentprøver fra nedslagskratere etter hvitt fosforgranater. Videre er det tatt 30 vannprøver fra elver og bekker. I en av prøvene er det funnet hvitt fosfor, mens det i de 29 andre ikke er påvist hvitt fosfor i det hele tatt. Utgraving av dreneringsveier med gravemaskin i et myrområde antas å være årsaken til utlekking av det hvite fosforet. Konsentrasjonen er under anbefalt grense for drikkevann til mennesker (0,1 µg/l) (Asplan Viak, 2007).

(3) I en undersøkelse over avrenningen fra alle aktive skytefelt over hele landet, gjennomført av Sweco Grøner og Forsvarsbygg (2006-2007), er det ikke funnet hvitt fosfor i de 315 vannprøvene som er analysert med hensyn på hvitt fosfor. Sweco Grøner har samlet inn vannprøver fra Mauken, Blåtind og Setermoen tre ganger i løpet av ett år (totalt 100 prøver) (Sweco Grøner/Forsvarsbygg 2007).

(4) Det er gjennomført prøvetaking av vann- og elvededimenter av Asplan Viak (2007), samt prøvetaking av fisk i et samarbeid mellom Forsvaret og Akvaplan-niva (2007). Resultatene vil bli sammenstilt av Asplan Viak og Akvaplan-niva.

(5) Det er tatt prøver av vegetasjon (beiteplanter i nedslagskrater), sopp og bær fra områdene intill kraterne i et samarbeid mellom Forsvarsbygg og Norsk institutt for naturforskning (NINA)(2007). Resultatene rapporteres i mars 2008. Analysene viser så langt at det ikke påvises hvitt fosfor verken i planter, sopp eller bær.

Det er gjennomført tre risikovurderinger som omhandler problemstillingen (A, B og C) og en fjerde vurdering er under arbeid (D).

(A) Forsvarets forskningsinstitutt sin risikovurdering konkluderer med at det ikke er helserisiko knyttet til menneskelig eksponering i skytefeltene, verken ved opphold i skytefeltet eller ved å drikke vann som avvanner skytefeltene (FFI, 2007).

”For de beitedyrene som ferdes hyppigst i området, er det en viss sannsynlighet for at de kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi en eller annen form for skade. Ettersom dyrene kan oppholde seg i områdene over lengre tid og at flere dyr kan beite over

et større område, kan man ikke utelukke at forgiftninger kan forekomme. Dette gjelder særlig målområdene i Setermoen og Mauken skyte- og øvingsfelt. Setermoen skyte- og øvingsfelt benyttes imidlertid ikke til beite. Det er lite trolig at beitedyr vil akkumulere så store mengder med hvitt fosfor at det vil være knyttet noen helserisiko til det å benytte beitedyr som har oppholdt seg i skytefeltene til matproduksjon”. Beregningene er foretatt etter en ”Bayesiansk nettverks-modell” og er svært konservativ i tilnærming for å oppnå høyeste grad av sikkerhet.

(B) Risikovurderingen som NIVA har gjennomført er en vurdering over miljømessig risiko uten spesifikt å vurdere hvilke arter som faktisk befinner seg i de ulike målområdene (Løvik og Rognerud, 2007). NIVA oppsummerer at ”Det har ikke fremkommet opplysninger om at det er observert døde dyr, fugl eller fisk som følge av forgiftninger med hvitt fosfor i de aktuelle skytefeltene. Det betyr imidlertid ikke at en kan utelukke at forgiftninger av beitedyr eller lokal fauna har forekommet, men eventuelle skadeeffekter må ha vært for enkelte individer av bestanden som har søkt næring i nedslagsområdene for WP. NIVA vurderer risikoen for skader på faunaen i Blåtind som meget liten, og selv om risikoen sannsynligheten for skader er høyere i de to andre skytefeltene vurderes risikoen som liten også her.

(C) Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM, 2006) har på oppdrag fra Mattilsynet i Troms gitt en grundig og god framstilling av problemstillingene rundt hvitt fosfor, vesentlig toksisitet og toksisk virkning. Hvitt fosfor kan inkorporeres i muskelvev, men halveringstiden er kort, for fisk er den oppgitt til å være 1-6 timer. Det er ingen indikasjoner på at hvitt fosfor vil akkumuleres i næringskjeden. VKM anser at det for menneskelig konsum av fisk og vilt fra skytefeltene er svært usannsynlig at inntatt dose overskrider sikkerhetsmarginen. Det er også ”svært usannsynlig” at hvitt fosfor finnes i spiselige deler av planter, bær og sopp.

(D) Norsk institutt for naturforskning (NINA) gjennomfører en risikovurdering av biotilgjengeligheten av det hvite fosforet som ligger uforbrent igjen på skytefeltene i Troms. Rapporteringen forventes ferdig medio mars 2008.

Oppsummering av situasjonsbildet

Vi kan slå fast at etter 60 års bruk av hvitt fosfor er det uforbrente rester i vannfylte /våte groper/krater i målområdene for artilleri- og bombekasterskyting. Når en leter spesifikt etter fosforkrater i målområdene finner en lave konsentrasjoner i omkring halvparten av prøvene som blir tatt. I noen få prøver (3) er det påvist høye konsentrasjoner.

Det er påvist hvitt fosfor i to vannprøver fra samme lokalitet i Kobbryggdalen i Setermoen skytefelt. I ca 400 vannprøver (inkludert drikkevannsprøver) fra skytefelt i Norge påvises ikke hvitt fosfor.

Det er ikke påvist hvitt fosfor i vegetasjon, bær eller sopp fra nedslagskratere hvor det er påvist hvitt fosfor.

Det påvises ikke hvitt fosfor i prøver av fiskekjøtt innhentet i vann og vassdrag i skytefeltene i Troms. Der funnet spor av hvitt fosfor i innvoller av fisk i totalt tre av fiskeprøvene. Det ble samlet inn 20 blandprøver og 7 enkeltprøver – totalt 148 fisk.

Det gjenstår å finne ut i hvor stor grad beitedyr vil kunne bli eksponert overfor hvitt fosfor. Undersøkelser er iverksatt og forventes rapportert i løpet av første halvår 2008.

Virkning av hvitt fosfor på organismer

Hvitt fosfor er fosfor på en elementær form og foreligger dermed på en sterkt redusert form (på skalaen reduksjon - oksidasjon). Fosfor er et av de stoffene som kan foreligge på flest oksidasjonstrinn. Hvitt fosfor er svært reaktivt og reagerer spontant med oksygen i luft i romtemperatur. Ortofosfat (PO_4^{3-}) (fra fosforsyre: H_3PO_4) er det stabile endeproduktet ved omdanning av hvitt fosfor. Dette er den formen hvor organismer håndterer fosfor og er den formen som er handelsvare (natur- og kunstgjødsel).

I organismer vil det hvite fosforet kunne absorberes, sammen med næringsstoffer, i mage/tarm og transporteres med blodstrømmen til ulike deler av organismen. Normalt vil næringsstoffer fanges opp av reseptorer og utnyttes som energikilde eller grunnlag for vekst og vedlikehold av organismen. Fremmedstoffer som ikke er ønskelige, eller er giftige, vil transporteres til lever og nyre for omdanning og utskilling.

Det foreligger relativt få eksperimentelle studier på hvordan hvitt fosfor oppfører seg i organismer (toksikokinetikk). I forbindelse med hvitt fosforproblematikken ved skytefeltet "Eagle River Flats" i Alaska er det gjennomført "foringsforsøk" med blant annet ender for å se på opptak, fordeling i organismen og fysiologiske/histologiske endringer som følge av eksponering. Det foreligger også "cases" fra fabrikker som har produsert hvitt fosfor, med skadevirkninger på både mennesker og miljø. Likeledes er det kliniske data fra mennesker som har forsøkt, eller lykkes med, å ta sitt eget liv ved å spise hvitt fosfor. Hvitt fosfor har tidligere vært benyttet i fyrstikker, fyrverkeri og som rottegift, og har derfor vært kommersielt tilgjengelig. Det amerikanske instituttet "Agency for Toxic Substances and Disease Registry" (ATSDR) (U.S. Dept of Health and Human Services) har utarbeidet en toksikologisk profil for hvitt fosfor hvor all relevant litteratur og kunnskap er gått igjennom (ATSDR 1997). Denne kunnskapen inngår også i det materiale den norske Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) har gjennomført.

Det følgende er en oversikt over hvordan hvitt fosfor "oppfører seg" nå det kommer inn i organismer (all sitering er hentet fra ATSDR 1997). Det hentes eksempler og kunnskap fra alle virveldyr (mennesker og andre pattedyr, fugl og fisk). Eksponeringsveien som tas i betraktning er oralt inntak, noe som synes det mest relevante i forhold til situasjonen i norske skytefelt.

Absorpsjon

Etter inntak av hvitt fosfor vil absorpsjon fra tarm foregå hurtig hos pattedyr og fugl. I forsøk (rotter) er ^{32}P absorpsjonen høy i lever, nyrebark, binyrebark, slimlag i tarmsystemet, hud, hårsekker, mens den er lav i hjerne, muskulatur, fett og bein. Den akutte eksponeringen leder i første omgang til kollaps i blodsystemet og hjertefunksjonen. En sekundærfase medfører ødeleggelse av lever, nyre og andre organer. Vanligvis oppstår en oppsamling av fett i lever, noe som forårsakes av en inhibering av proteinsyntesen for transport av fett (lipoproteiner).

Fordeling i organismen

Forsøk med radioaktivt merket fosfor (^{32}P) viser langt høyere konsentrasjon i lever enn andre organer både etter kort tid (1-3 timer) og etter lengre tid (1 dag og etter 5 dager). Fosforet foreligger ikke lenger som hvitt fosfor men gjenfinnes i andre fosforfraksjoner (bl.a. som fosfat).

Metabolisme

Det hvite fosforet har en lav løselighet i vann og ca. 20 % av en dose hvitt fosfor skilles ut i urin etter 4 timer (forsøk med rotter). Dette viser at omsetningen av hvitt fosfor er ekstremt hurtig. Radioaktive urinprodukter består av to hovedgrupper, en polar fraksjon som er fosfat (PO_4^{3-}), og en mindre polar fraksjon som er en organisk fosforfraksjon.

Ekskresjon

Ekskresjonen via urin er høyest etter kort tid (inntil 4 timer, hos rotter). Ekskresjonen via feces øker sterkt fra 4 timer til 5 dager etter en dosering av hvitt fosfor.

Konklusjoner fra risikovurderingene

FFI konkluderer som følger:

Menneskelig ferdsel i målområdene:

Ut fra dagens arealbruk av skytefeltene i Troms er det ingen helserisiko knyttet til hvitt fosfor.

Inntak av drikkevann:

Det er ingen sannsynlighet for at hvitt fosfor kan føre til helseeffekter ved inntak av drikkevann fra elver som avvanner skytefeltene.

Risiko for beitedyr og annen fauna:

Det er lite trolig at beitedyr vil akkumulere så store mengder med hvitt fosfor at det vil være noen helserisiko å benytte beitedyr som har oppholdt seg i skytefeltene til matproduksjon.

Det kan ikke utelukkes at lokal stedbundet fauna kan bli eksponert for hvitt fosfor i et omfang som kan gi effekt på individnivå i skytefeltenes målområder.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) konkluderer slik (basert på de opprinnelige vannanalysene som var feil):

Livstidseksponering gjennom drikkevann er satt til 0,1 µg WP/l. (Denne verdien er avledet fra en TDI-verdi (tolererbart daglig inntak) på 0,02 µg/kg fastsatt av USEPA (referansedose)).

På grunn av opptaksmekanismene hos planter, og den oksidative metabolismen i planter, anser VKM at det er svært usannsynlig at hvitt fosfor er til stede i spiselige deler av planter og sopp.

Ved inntak av et enkelt måltid av vilt (fugl), med den høyeste konsentrasjonen av hvitt fosfor i kjøtt som er rapportert i litteraturen, har en allikevel en god margin på å få i seg skadelige mengder. Dosen må økes 40 ganger for å få i seg så mye hvitt fosfor at det skal gi alvorlig helseskade.

For inntak av fisk er sikkerhetsmarginen enda større. Konsentrasjonen av hvitt fosfor i fiskekjøtt må økes 500 ganger (i forhold til høyeste konsentrasjon som er målt i fiskekjøtt i litteraturen) for å få en dose som kan gi en alvorlig helseskade.

Problemstillingen: biotilgjengelighet av uforbrent hvitt fosfor.

Problemstillingen det arbeides med nå er om biotilgjengeligheten av hvitt fosfor i skytefeltene er av en slik karakter at beitedyr eller fisk kan få i seg hvitt fosfor. I Setermoen skyte- og øvingsfelt er det ikke beitende husdyr, men elg beiter i målområdene på sommeren og høsten. Det er derfor valgt å undersøke om elg har påviselige skader eller tegn på eksponering overfor hvitt fosfor. Prøver fra elg (lever og kjøtt) hentes inn fra Setermoen og Blåtind SØF og sammenlignes med prøver hentet fra et referanseområde ved Narvik. Siden hvitt fosfor omsettes hurtig, søker en først å finne skader på lever og nyrer. Det foreligger ikke resultater fra denne undersøkelsen pr dags dato.

Vegetasjonsprøver er også analysert, men det er ikke funnet spor av hvitt fosfor i verken beiteplanter (gress, starr, bukkeblad mm), sopp eller bær.

Det er også samlet inn sediment- (33) og fiskeprøver (148 fisk) fra ulike vann og elver som har avrenningen fra målområdene (20 blandprøver av flere prøver/individer og 7 enkeltprøver). Det påvises hvitt fosfor i to prøver av mage/tarm fra fisk (fra Liveltskardelva i Setermoen skytefelt og Melkelvvatnet i Mauken SØF).

Dette funnet fra tarmsystemet hos fisk er overraskende tatt i betraktning både omsetningshastigheten på hvitt fosfor i organismer og lokalitetene dette er påvist på. For å bekrefte funnet ble det tatt nye prøver av fisk noe senere (oktober). Igjen fikk vi en positiv prøve fra Melkelvvatnet, mens det ikke ble påvist hvitt fosfor i fisk fra Liveltskardet. I de 24 andre fiskeprøvene (og altså alle prøvene av fiskekjøtt) påvises ikke noe hvitt fosfor.

Det presiseres at det ikke er påvist hvitt fosfor i deler av fisken som spises (fiskekjøttet) og altså bare i mage/tarm. Forsvarsbygg vil følge opp funnet med ytterligere undersøkelser til sommeren.

Oversikt over innsamlede prøver for analyser av hvitt fosfor (WP) 2005-2007

FFI, FB og NIVA (FFI, 2007):

2005/2006:

50 jord- og sedimentprøver (fordelt på Mauken 11, Setermoen 24, Blåtind 13)

26 vannprøver elver og bekker (Mauken 6, Setermoen 10, Blåtind 10)

26 drikkevannsprøver (Mauken 5, Setermoen 8, Blåtind 8 og 5 uten tilknytning til SØF)

Sweco Grøner (Sweco Grøner/Forsvarsbygg 2007):

315 prøver analysert for WP pr medio 2007 i hele Norge. Totalt 100 er samlet inn i Setermoen, Blåtind og Mauken.

Asplan Viak (Asplan Viak 2006 og Asplan Viak 2008):

2006

31 jord- og sedimentprøver i 8 målområder (noen var i bekker/elver) (fordelt på Mauken 5, Setermoen 13, Blåtind 13) + 30 vannprøver (fordelt på Mauken 6, Setermoen 13, Blåtind 11).
Prøvetaking av 13 drikkevannsuttak Blåtindområdet.

2007 (29 – 30. august)

Tjern: Prøver tatt med grabb fra båt – 15 x 15 cm. 0-3 cm dyp. En prøve fra midt i tjernet og en jordborprøve ved bekkeos/strand

Bekker/elver: jordbor – 0-4 cm dyp, 6 cm diameter.

Blandprøver – 2 stk paralleller fra hvert område: 5 enkeltprøver med grabb, 10 enkeltprøver med jordbor. Samlet i bøtte og blandet (vannmettet). Fyllt i 3 dl prøveglass.

12 sedimentprøver fra Setermoen (inkl paralleller)

8 fra Blåtind

13 fra Mauken (3 prøver fra Melkelvvatnan).

Setermoen:

Liveltskardelva – inne i nedslagsfeltet, og ved Fosseng (ca 200 meter fra der første fiskeprøver ble tatt)

Bjørnfjellvatnet, Kobbryggelva ved Sørskogen, og ved E6, og nær utløp til Setervannet.

Blåtind:

Sollitindvatnet, Ole Jonsavatnet, Mårelva i skytefeltet og ved Nordlund.

Mauken:

Vestre og Østre Skardvatn, Melkelvvatnan, bekker inn mot Bergvatn og i selve Bergvatn, Melkelva.

Akvaplan niva (Dahl-Hansen og Hamnes, 2008)

Fisk:

Medio august:

Setermoen:

Liveltskardelva ved Fosseng (15 stk – ble 1 blandprøve)

Bjørnfjellvatnet (2 – 2 enkeltprøver)

Blåtind:

Sollitindvatnet (17 – ble 2 blandprøver)

Ole Jonsavatnet (18 – ble 2 blandprøver)

Mauken:

Melkelvvatnan Øst (16 – ble 2 blandprøver)

Skardvatn – Østre (16 – ble 2 blandprøver) og vestre (16 – ble 2 blandprøver)

Det ble laget to parallelle blandprøver av all fisk fra hver lokalitet, og analysert på innvoller og kjøtt. Det ble kun nok til 1 prøve i Liveltskardelva. Det ble totalt analysert 13 kjøttprøver og 13 innvollsprøver.

I oktober (17/10-07) ble det tatt tilleggsprøver fra Liveltskardet:

8 – i nedslagsfeltet (3 blandprøver)

Ca 20 ved Fosseng (3 blandprøver)

Ca 15 like ovenfor utløp i Salangselva (3 blandprøver).

Fisken ble fordelt i tre parallelle prøver, og kjøtt og innvoller ble analysert (9 prøver av kjøtt, og 9 prøver av innvoller)

I oktober (24-25/10-07) ble det tatt 5 fisk fra Melkelvvatnan. Alle ble analysert (5 enkeltprøver).

Totalt er det analysert på:

Setermoen: 60 fisk (10 blandprøver og 2 enkeltprøver).

Blåtind: 35 fisk (4 blandprøver)

Mauken: 53 (6 blandprøver og 5 enkeltprøver)

Norsk Institutt for Naturforskning/Forsvarsbygg (ikke publisert)

Vegetasjon:

11 planteprøver

4 sopp-prøver

5 bærprøver

Fordelt på:

Mauken 3 beiteplanteprøver, 1 sopp-prøver, 2 bærprøver

Liveltskardet (Setermoen): 2 beiteplanteprøver, 1 sopp-prøver, 1 bærprøver

Kobbryggdalen (Setermoen): 6 beiteplanteprøver, 2 sopp-prøver, 2 bærprøver

Tankeeksperiment:

Inntak av fiskekjøtt (dersom det ville ha inneholdt hvitt fosfor).

Utgangspunkt er en referansedose (U.S. Environmental Protection Agency, EPA):

Ref dose: (tilsvarer TDI, tolererbart daglig inntak, som er termen som benyttes i risikovurderinger i Norge) = $0,02 \mu\text{g/kg}$ kroppsvekt/dag.

Av denne referansedosen er det avledet et tolererbart daglig inntak av drikkevann. Denne er $0,1 \mu\text{g/Liter}$.

(Tallene og referansene til denne opplysningen finnes i rapporten "Risk Assessment of White Phosphorus". Dette er rapporten fra den norske vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) og kan lastes ned fra internett på www.vkm.no/).

Eksempel på inntak av hvitt fosfor gjennom et fiskemåltid:

En person på 100 kilo spiser normalt ca. 200 gram fisk i et måltid.

Inntaket av hvitt fosfor kan da være: $100 \text{ kg} \times 0,02 \mu\text{g/kg}$ kroppsvekt/dag = $2 \mu\text{g/dag}$.

For et fiskemåltid på 200 gram fisk vil dette utgjøre en konsentrasjon på: $2 \mu\text{g}/0,200 \text{ kg} = 10 \mu\text{g/kg}$. Dette er konsentrasjonen av hvitt fosfor en kan akseptere om en spiser et fiskemåltid hver dag gjennom hele livet.

Resultatene fra prøvafisken viser følgende konsentrasjoner (i mage/tarmsystemet (innvoller))

Melkelvvatna	1)	$4,31 \mu\text{g/kg}$
	2)	$1,73 \mu\text{g/kg}$
Liveltskardelva	3)	$5,50 \mu\text{g/kg}$

Dersom dette hadde vært konsentrasjonen i fiskekjøttet (worst case /høyest konsentrasjon):

Et måltid på 200 gram fisk ville ha gitt en dose på $5,50 \mu\text{g/kg} \times 0,2 \text{ kg/dag} = 1,1 \mu\text{g/dag}$.

Konsentrasjonen vil gi en dose som fremdeles er under grenseverdien for tolererbart daglig inntak.

For en person på 60 kilo (og et måltid på 150 gram fiskekjøtt) vil tilsvarende resonnement være:

Daglig dose: $0,02 \mu\text{g/kg}$ kroppsvekt/dag $\times 60 \text{ kg} = 1,2 \mu\text{g/dag}$.

Et måltid: $1,2 \mu\text{g/dag} / 0,150 \text{ kg} = 8,0 \mu\text{g/kg}$

Også for denne personen vil de målte konsentrasjonene være akseptable i fiskekjøtt.

Hvilke konsentrasjoner skal en opp i før det gir alvorlige skadevirkninger?.

Fra litteraturen er det henvist til at en dose på 0,2 mg WP/kg kroppsmasse har forårsaket alvorlig giftvirkning.

For en person på 100 kilo må en spise $0,2 \text{ mg} \times 100 \text{ kg} = 20 \text{ mg}$ ($= 20\,000 \text{ }\mu\text{g}$) for å få alvorlige skader.

Dersom fiskekjøttet har en konsentrasjon av hvitt fosfor på $5,5 \text{ }\mu\text{g/kg}$ må vedkommende spise: $20 \text{ mg} / 0,0055 \text{ mg/kg} = 3636$ kilo fiskekjøtt. Om dette er et barn på 10 kg, må barnet spise $0,2 \text{ mg} \times 10 \text{ kg} = 2 \text{ mg}$ for å få alvorlige skader. Ved samme konsentrasjon i kjøttet må barnet spise $2 \text{ mg} / 0,0055 \text{ mg/kg} = 363$ kilo fiskekjøtt.

Referanser

Asplan Viak (2006). Kartlegging av hvitt fosfor i jord og vann i Forsvarets skytefelt, Troms.

Asplan Viak (2008). Kartlegging av hvitt fosfor i sediment i Forsvarets skytefelt, Troms.

Dahl-Hansen, G.A., og A. Hamnes (2008). Hvitt fosfor i fisk i militære skytefelt i Troms 2007. Akvaplan-niva rapport nr 3744-01.

FFI 2006. Analyse av hvitt fosfor i drikkevann i Troms. FFI/NOTAT-2006/00412.

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.

Rasmussen, G og R. Søyland (2005). Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i skytefelt, Troms fylke, 21.-23. september 2004. Utgitt av Forsvarsbygg 07.01.2005.

Strømseng A. E., Voie Ø. A., Johnsen A., Longva K. S. (2007). Risikovurdering av Forsvarets bruk av hvitt fosfor i Troms. FFI-rapport 2006/02989.

Sweco Grøner/Forsvarsbygg (2007). Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning (2006-2007).

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.

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)