

O-93109

Overvåking av
metallforurensning
fra militære skytefelt og demoleringsplasser
Resultater fra 3-års overvåking



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
93109	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3076	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser.	Dato: april 94	Trykket: NIVA 1994
Resultater fra 3 års overvåkning	Faggruppe: miljøgifter	
Forfatter(e): Sigurd Rognerud	Geografisk område: hele landet	
	Antall sider: 31	Opplag: 100

Oppdragsgiver: Forsvarets Bygningstjeneste, avd. Hamar Raufoss A/S	Oppdragsg. ref.: 93109
---	----------------------------------

Ekstrakt: Forurensning av tungmetaller fra aktiviteten i militære skytefelt og testsenteret på Bradalsmyra (Raufoss) skyldes i hovedsak utløsning av kobber og bly fra deponerte prosjektiler. Forurensningsproblemene var i hovedsak knyttet til feltskytebaner og i enkelte tilfeller til kulefangervoller. De totale mengdene som årlig renner av fra feltene var små i forhold til det som deponeres årlig. Likevel var konsentrasjonene i enkelte bekker inne i skytefeltet såvidt høgt at vannkvaliteten må karakteriseres som dårlig/svært dårlig. Dette gjalt i første rekke små bekker som hadde liten grad av vanntilførsler fra uforurensede områder utenfor skytebanen og der banene var anlagt på myr/våtmarksområder med lite kalk i berggrunn og løsavsetninger. Det sure humusrike vannet fra slike områder er mest anrikt på utløste metaller. Feltskytebanene i Steinsjøfeltet, Evjemoen, Terningmoen og Mauken var mest aktuelle i denne sammenheng. Beskjedne forurensninger ble registrert på Hjerkin, Sætermoen, Porsangermoen Bradalsmyra og fra demoleringsfeltet i Lærdal. Det ble i enkelte tilfelle registrert betydelige årsvariasjoner i konsentrasjoner av metaller. Dette kan ha naturlige årsaker, men ofte skyldes det også anleggs- og øvning-virksomhet i feltet.

4 emneord, norske

1. Militære skytefelt og demoleringsfelt
2. Overvåkning av vannkvalitet
3. Vannforurensning
4. Tungmetaller

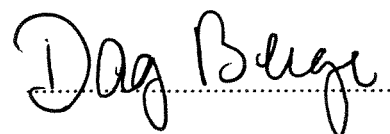
4 emneord, engelske

1. Military firing ranges and demolition fields
2. Monitoring of water quality
3. Water pollution
4. Heavy metals

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN 82-577-2515-3

Norsk Institutt for vannforskning
Østlandsavdelingen

O-93109

Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og
demoleringsplasser .

Resultater fra 3 års overvåkning

Saksbehandler: Sigurd Rognerud

Medarbeidere Gøsta Kjellberg
Jarl Eivind Løvik
Torkild Westgaard (Forsvaret)
Magnar O. Reistadmo (Forsvaret)
Kurt Dale (Forsvaret)
Asle Figenskau (Forsvaret)

Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
Innledning.....	6
Metoder.....	8
Valg av metode.....	8
Test av "boksemetoden".....	8
Sammenhengen mellom metallkonsentrasjoner i vann og mose.....	10
Kjemiske analysemetoder.....	11
Klassifisering av tilstand.....	11
Resultater.....	12
Bradalsmyra.....	12
Evjemoen.....	14
Steinsjøfeltet.....	16
Terningmoen.....	17
Hjerkinn.....	19
Sætermoen.....	21
Mauken.....	23
Porsangermoen.....	25
Lærdalfeltet.....	27
Sammenfattende diskusjon.....	28
Litteraturliste.....	29

Forord

Denne rapporten er den andre årsrapporten fra en overvåkning av metallavrenningen fra 7 av Forsvarets skytefelt, ett demoleringsfelt (kun 1993) og Bradalsmyra forsøksfelt tilhørende Raufoss A/S. Prosjektet med Forsvaret ble kontraktsfestet 21 mai 1993, og Forsvarets Bygningstjeneste avd. Hamar har stått som oppdragsgiver. Overingeniør Bjørn Brønstad har vært kontaktperson i FBT og Astrid Waarum i Hærens Forsyningskommando, Ammunisjonskontrollen. Terningmoen skytefelt har NIVA overvåket for egen regning i 1993 som et ledd i avtalen. Prosjektet med Raufoss ble kontraktsfestet 10 juni 1993. Testsentersjef Paulsrud har vært kontaktperson.

Feltarbeidet har vært gjennomført sommer og høst 1993 med hjelp av skytefeltsadministrasjonene og miljøvernoffiserene der disse var tilstede. Vi vil spesielt takke Torkild Westgaard (Sætermoen), Kurt Dale (Porsangermoen), Magnar O. Reistadmo (Mauken) og Asle Figenskau (Lærdal) for aktiv deltagelse ved prøveinnsamling slik at undersøkelsene gikk etter programmet.

Vannanalysene ble utført ved NIVA's laboratorium i Oslo og analysene av moseprøvene ved Institutt for Energiteknikk (IFE) på Kjeller. Rapporten er utarbeidet ved NIVA's Østlandsavdeling. Forsidebildet er tatt av Forsvarets Rekrutering og Mediasenter/Fotoseksjonen.

Sammendrag

Forsvaret skaper gjennom sin trening og øvningsaktivitet med ulike håndvåpen betydelige deponier av metallholdige prosjektiler mange steder i hele landet. Det er beregnet at skyting i militære skytefelt fører til at det årlig deponeres ca. 85 tonn bly, 41 tonn kobber, 5 tonn sink og 11 tonn antimon vesentlig i kulefangervoller og feltskytebaner (Rognerud, Kjellberg & Boye 1992). Forsvaret har et spesielt ansvar for forvaltningen av disse deponiene og skal i følge Stortingsmelding 46 (1988-89) som hovedregel også stå for gjennomføringen av egne miljøtiltak og være forberedt til dette. Et hovedpoeng i denne sammenheng er at naturens tålegrenser ikke skal overstiges og at det praktiseres et "føre var" prinsipp slik at miljøvernarbeidet blir forebyggende.

Forsvaret var tidlig ute med å undersøke betydningen og omfanget av metallforurenset avrenning fra skytefelt. Den første mer omfattende undersøkelsen ble gjort i Hjerkinnskytefelt sommeren og høsten 1987 (Kjellberg 1988). Siden ble en omfattende undersøkelse av Terningmoen skytefelt gjennomført i perioden 1990 - 1991 (Kjellberg & Boye 1992, Rognerud et al. 1993) samt en orienterende undersøkelse over situasjonen i 10 av de største skytefeltene i Norge (Rognerud & Boye 1992). Fra og med 1992 ble det etablert en overvåkning i 7 av de viktigste skytefeltene. I tillegg til disse er det nytt av året at også resultatene fra overvåkingen i Raufoss A/S sitt skytefelt på Bradalsmyra ved Raufoss og demoleringsfeltet i Lærdal skal rapporteres i denne overvåkningsrapporten.

Resultatene for de ulike feltene er gitt nedenfor. Klassifiseringen av vannkvaliteten på bakgrunn av de ulike metallenes konsentrasjoner i avrenningen er gjort i henhold til SFT's retningslinjer (Holtan & Rosland 1992).

Overvåkingen har vist at det kan være store år til år variasjoner i konsentrasjonene av metaller i vannet som renner ut av Bradalsmyra skytefelt. Dette skyldes i hovedsak effektene av de ulike aktiviteter som foregår på Bradalsmyra som er et testfelt. Vannkvaliteten må derfor forventes også i fremtiden å være påvirket av spesielle forsøk eller hendelser i enkelte år. En overvåkning er derfor eneste mulighet til å avdekke en slik variasjon i forurensningene fra feltet. På bakgrunn av Cu, Ni og Zn verdiene i 1991, må vannkvaliteten dette året klassifiseres som mindre god, mens den de siste to årene har vært innenfor grensene for en god vannkvalitet. Med hensyn til Cr, Pb og Hg har vannkvaliteten vært god alle årene.

Forurensningen av bly og kobber i Evjemoen skytefeltet var i hovedsak knyttet til feltskytebanen og de nærmeste 100 metrene nedstrøms. Vannføringen fra dette feltet er liten og forurensningen kan ikke spores i Bjoråa ved utløpet av feltet på grunn av denne åas fortynnende evne. De årlige mengder som transporteres ut på grunn av antatt korrosjon av prosjektiler er beregnet til 1-2 kg årlig for begge elementene. Dette er ubetydelige mengder i forhold til den mengden som transporteres naturlig ut av feltet via Bjoråa. Den aller største delen av metallionene som er frigjort fra prosjektiler ligger fortsatt bundet i feltskytebanens myr- og skogsmark. Vannkvaliteten i bekkene som avvanner kulefangervollene og feltskytebanen var mindre god, mens Bjoråa hadde god vannkvalitet begge årene.

Konsentrasjonene øker, spesielt for bly, i Larsmyrbekken som avvanner feltskytebanene i Steinsjøfeltet. Konsentrasjonene var så høye at gifteffekter må forventes på akvatiske organismer. Vannkvaliteten kan betegnes som nokså dårlig mht. kobber og meget dårlig med hensyn til bly. Årsaker til denne bekymringsfulle utviklingen er vanskelig å forklare, men det er viktig å overvåke utviklingen i vannkvaliteten fra dette området i årene fremover. Det bør også vurderes å gjøre tiltak for å stanse denne utviklingen.

Konsentrasjonene av bly i vannet som avvanner feltskytebanene på Terningmoen har økt siden 1991, mens det motsatte har skjedd for kobber. Det har vært store år til år variasjoner, men totalt sett har betydningen av disse forurensningene for vannkvaliteten i Terninga vært liten. Forurensningene fra

feltskytebanene er derfor et lokalt problem som kun har betydning i de lokale bekkene. Det er viktig å overvåke utviklingen spesielt av blykonsentrasjonene i bekkene. Vannkvaliteten var god i Terninga, men mindre god i bekkene.

Forurensningen av kobber og bly i vann som følge av Forsvarets aktiviteter i Hjerkinnskytefelt er begrenset lokalt til en liten bekk som avvanner den nedlagte demoleringsplassen. Liten bruk av prosjektiler som inneholder bly og kobber, liten eller ingen forurensning, lav korrosjonshastighet og stor grad av fortykning fra andre deler av nedbørfeltet er alle faktorer som gjør at det ikke har vært registrert forurensninger av disse elementene i hovedbekkene (Svåni og Grisungbekken) som drenerer feltet.

Forurensninger av kobber og bly som følge av skyteaktiviteter var svært liten i Sætermoen skytefelt. Det var bare i bekker fra området der kuleinnslaget fra skytebanen finner sted at lokale forurensninger ble registrert. Det er rimelig å anta at jordsmonnet holder tilbake mye av de utløste tungmetallene meget effektivt i Sætermoen skytefelt. Vi antar at kalkinnholdet generelt i jorda er relativt høgt fordi avrenningsvannet fra sentrale deler har et relativt høgt kalkinnhold (Sæterelva og bekken fra Lorttjern har ca 9 mg Ca/l) og basiske pH-verdier (pH 7,5-8,0). Dette er forhold som i høg grad er med på å binde metallene og derved redusere utlekkingen av metaller til vassdragene.

Skytefeltet på Mauken produserer lokalt forurensninger av bly og kobber som følge av skyting spesielt med handvåpen. Avrenningsvannet kan generelt klassifiseres som nokså dårlig. Bruk av selvanvisere øker korrosjonshastighet og utlekkingen betydelig på grunn av deforming og delvis oppsplitting av prosjektilene. Plassering av slike i nær tilknytning til vann er ikke å anbefale. På grunn av stor fortykning var det likevel ikke forurensningseffekter i bekkene som renner ut av feltet og vannkvaliteten må her betegnes som god.

Det var ubetydelige forurensninger av bly og kobber fra korroderte prosjektiler i Porsangermoen skytefelt. En vesentlig årsak til dette er de naturgitt forhold med relativt høgt kalkinnhold som reduserer uttransporten og korrosjonshastigheten av metaller. De naturlig høge kobberverdiene i øvre del av feltet gjør at kobberkonsentrasjonen i vannet var høgere enn det som er vanlige bakgrunnsverdier. Gifteffekter av tungmetaller på det akvatiske økosystemet som følge av skyting med handvåpen i feltet er derfor lite sannsynlig.

Demoleringsfeltet i Lærdal hadde en liten lekkasje av kobber og bly, men ikke sink og nikkel. Feltet hadde naturlig høge verdier av kobber og bly. På grunn av at bekken har et relativt stort nedbørfelt fortyknes påslaget av bly og kobber raskt, og allerede 1 km nedstrøms var konsentrasjonene tilnærmet de samme som oppstrøms demoleringsfeltet. Avrenning av metaller har ingen betydning for vannkvaliteten i denne bekken/elva nedenfor dette punktet og ikke for Lærdalselva.

Innledning

Forurensningsmyndighetene har i de senere årene fokusert mye på ulike sider ved avrenning av tungmetaller fra deponier. Tungmetaller er grunnstoffer som ikke brytes ned av kjemiske eller biologiske prosesser og kan derfor forbli i de akvatiske økosystemene i svært lang tid. De kan derfor forårsake betydelige gifteffekter i akvatiske økosystemer og skape langsiktige problemer for mange brukergrupper. Forsvaret skaper betydelige deponier av metaller mange steder i landet gjennom sin trening og øvningsaktivitet særlig med ulike handvåpen. Det er beregnet at skyting i militære skytefelt fører til at det årlig deponeres ca. 85 tonn bly, 41 tonn kopper, 5 tonn sink og 11 tonn antimon vesentlig i kulefangervoller og feltskytebaner (Rognerud et al. 1992). Forsvaret har et spesielt ansvar for forvaltningen av disse deponiene og skal i følge Stortingsmelding 46 (1988-89) som hovedregel også stå for gjennomføringen av egne miljøtiltak og være forberedt til dette. Et hovedpoeng i denne sammenheng er at naturens tålegrenser ikke skal overstiges og at det praktiseres et "føre var"-prinsipp slik at miljøvernarbeidet blir forebyggende.

Forsvaret var tidlig ute med å undersøke ulike sider ved metallavrenning fra skytefelt. Den første mer omfattende undersøkelsen ble gjort på Hjerkins skytefelt i 1987 (Kjellberg 1988). Siden ble en omfattende undersøkelse av Terningmoen skytefelt gjennomført i perioden 1990 - 1992 (Kjellberg & Boye 1992, Rognerud et al. 1993) samt en orienterende undersøkelse over situasjonen i 10 av de største skytefeltene i Norge (Rognerud & Boye 1992). Fra og med 1992 ble det etablert en overvåkning i 7 av de viktigste skytefeltene. I tillegg til disse er det nytt av året at også resultatene fra Raufoss A/S sitt skytefelt på Bradalsmyra ved Raufoss og Forsvarets demoleringsfelt i Lærdal skal rapporteres i denne overvåkningsrapporten. Skyte- og testsenteret på Bradalsmyra er tidligere undersøkt i 1991 og 1992 (Kjellberg & Rognerud 1992, Rognerud 1993). Lokalisering av de undersøkte feltene er vist i Fig. 1.

Hovedkonklusjonen fra NIVA's arbeider med militære skytefelt fram til 1991 ble rapportert som foredrag og artikkel ved Forsvarets Miljøkonferanse på Dombås i september 1992 (Rognerud et al. 1992). Påslagene fra militær aktivitet ble vurdert opp mot størrelsen på bidragene fra naturlige geokjemiske kilder og atmosfæriske forurensinger. Det viste seg bl.a. at forurensingen fra atmosfæren i mange tilfeller var like viktig som bidraget fra korroderte prosjektiler i alle fall i vassdragene nedstrøms skytefeltene. Det var også en stor spennvidde i de naturlige metallkonsentrasjonene i de ulike feltene. I enkelte av skytefeltene der de naturlige metallnivåene var lave var det mulig å dokumentere effekter av korroderte prosjektiler. I felter med høye naturlige metallnivå eller relativt høgt kalkinnhold var det generelt vanskelig å påvise signifikante effekter utenfor deponeringsplassen. Kobber og bly fortsetter å akkumuleres i skytefeltene fordi korrosjonshastigheten er mye lavere enn hastigheten som metaller deponeres med i form av prosjektiler. Videre så bindes løst bly og kobber fra prosjektilene effektivt i jord, vegetasjon og sedimenter slik at forurensingen av vassdragene i hovedsak blir et problem innen feltet.

Vi vet imidlertid svært lite om år til år variasjoner i transporten og den mer langsiktige tidsutviklingen i metalltransporten. De store mengdene som over tid er deponert, og som fortsetter å deponeres, krever et våkent øye med hensyn til hva som kan skje på sikt. Forsvaret erkjenner ansvar i denne sammenheng og tok initiativet til å starte overvåkningsundersøkelsen. Denne vil med tiden danne grunnlag for å prognosere utviklingen i transporten av metaller fra skytefeltene. Undersøkelsen omfatter 7 av de mest brukte skytefeltene som er lokalisert fra Agder i sør til Finnmark i nord. Dette gjør at det både er en stor spredning i naturlige metallkonsentrasjoner og i atmosfæriske avsetninger av metaller mellom feltene. Feltene representerer en stor variasjon i løsavsetningenes karakter bl.a. med hensyn til kalkinnhold og evne til å løse ut salter i avrenningen. Erfaringene fra denne overvåkingen vil derfor gi viktig informasjon om hvor og hvordan skytebaner og kulefangervoller bør anlegges i framtiden. Foreløpig finnes det observasjoner i to somre fra alle stasjonene i disse feltene, mens for noe stasjoner finnes det også data over 3 år.



Fig.1. Lokalisering av de undersøkte feltene. Lærdalsfeltet er et demoleringsfelt. Bradalsmyra er test og utviklingsanlegg for Raufoss A/S. De resterende er militære skytefelt, men Hjerkin har også demoleringsfelter

Metoder

Valg av metode

I lite eller moderat forurensede elver og bekker forekommer tungmetallene oftest i meget lave konsentrasjoner, og det kreves et stort antall vannprøver for å oppnå representative middelverdier over en lengre tidsperiode. I tillegg til dette kreves det omhyggelig rengjøring av prøveflasker og spesielle forhåndsregler ved prøvetakningen da kontamineringsfaren er meget stor ved slike analyser. Konsentrasjonene i vann for mange tungmetaller er også nær eller under grensen for det vi kan måle med tradisjonell metoder som atomabsorpsjonspektrofotometri (AAS), grafittovn, ICP og kalddampsteknikk for kvikksølv. I rennende vann brukes derfor ofte vannmoser, spesielt arter fra slekten *Fontinalis* som bioindikator. Disse akkumulerer (oppkonsentrerer) metallene i vevet i et bestemt forhold til konsentrasjonene i vannet (opptil 10000 ganger). Mosene har en rask opptakshastighet, men en mye seinere utskilleleshastighet. Dette gjør at de gjenspeiler den midlere vannkonsentrasjonen over noen uker på en god måte også i de tilfeller hvor en har hatt pulser med høge konsentrasjoner som f.eks. ved tilfeldige utslipp (Mouvet et al. 1993).

Vannprøvene gir bare øyeblikksbilder, mens konsentrasjonene i mosene er relatert til middelsituasjonen over flere uker. Dessuten gir de informasjon om den antatt biotilgjengelige fraksjonen av metallkonsentrasjonen som er viktig for vurderingen av de biologiske konsekvensene. Vannmosenes egenskaper som nevnt ovenfor gjør at de er mye brukt av geologer på leting etter tungmetallholdige mineraler. Spesielt i Canada, men også i Russland er moser brukt i stor utstrekning og det har vist seg at dette er en mye bedre metode enn mange andre metoder slik som f.eks. analyser av bekkesedimenter og vann (Smith 1986). Det er imidlertid ikke bare ved leting etter mineralforekomster at vannmoser har vist sin fortreffelighet. De brukes også i overvåkning av metallkonsentrasjoner i rennende vann i Sverige (Selinus 1988, Lithner 1989), Canada (Barryman 1990), Frankrike (Mouvet 1993), Belgia (Descay & Empain 1981), England (Kelly et al. 1987) og i Portugal (Monteiro et al 1989). I Norge er også vannmoser benyttet ved flere anledninger spesielt ved overvåkningen av metallavrenningen fra gruveavganger/slagghauger og andre deponier (Lingsten 1985, Kjellberg et al. 1991, Kjellberg 1994), men også for å skaffe bakgrunnsdata om konsentrasjoner av metaller i naturlig "uforurensede" områder (Kjellberg 1994, Rognerud & Boye 1992).

Det var en forutsetning at vi i denne undersøkelsen skulle tilpasse metoder som ga representative verdier over tid og der også lokale prøvetagere (miljøoffiserene) kunne sende inn prøver uten risiko for kontaminering av prøvene. I 1992 og 1993 ble det derfor gjort to metodestudier parallelt med overvåkningsundersøkelsen. Det første året ble boksemetoden testet og det andre året ble sammenhengen mellom konsentrasjoner i vann og utsatte moser undersøkt i alle feltene.

Test av "boksemetoden"

Det vanligste er at mosebestander som vokser naturlig på steiner i elveleiet settes ut på de ønskede lokaliteter (Fig.2). Også sammenknyttede bunter av mose festet til steiner eller påler er brukt. Mosen er robust, tåler uttørkning i kortere perioder og tilpasser seg den lokale vannkvaliteten relativt raskt. Prøvene analyseres på de nyeste skuddene for å sikre at vi arbeider med den levende delen av planten. En ny metode til å effektivisere slike undersøkelser er utviklet av Gøran Lithner ved Naturvårdsverket i Sverige. Denne innebærer at årskuddene klippes på forhånd, legges i plastikkbokser med duk i lokket og festes til en påle mot strømmen i bekken (Fig.3). På denne måten kan prøvene samles inn av lokale personer (f.eks. miljøvernoffiserene), tørkes, forsynes med tett lokk og sendes i posten uten at man løper noen kontamineringsrisiko. I overvåkningsundersøkelsen la vi opp til å teste "boksemetoden" mot mose utsatt på stein på et flertall av skytefeltene. Det viste seg at overenstemmelsen var god (Fig 4). Dette innebar at vi i den fremtidige overvåkningen kunne bruke "boksemetoden" som bl.a gjorde det mulig å benytte de lokale miljøvernoffiserene i feltarbeidet (ta opp, tørke og sende boksene til NIVA for videre bearbeiding og analyse). Undersøkelsen ble derfor mindre kostnadskreven og mer effektiv enn et opplegg med spesialister i felt og kjemiske vannprøver. Vi vil understreke at alle våre undersøkelser ved bruk av vannmose er basert på analyser av friske årskudd, som vi mener er viktig for denne metoden.



Fig.4. Naturlig bestand av vannmosen *Fontinalis antipyretica*. Denne vokser ofte på steiner i elveleiet og hele steinen med mosen kan settes ut på stasjoner der den ikke forekommer naturlig.



Fig.3. Årskudd av mose eksponert i "boks"

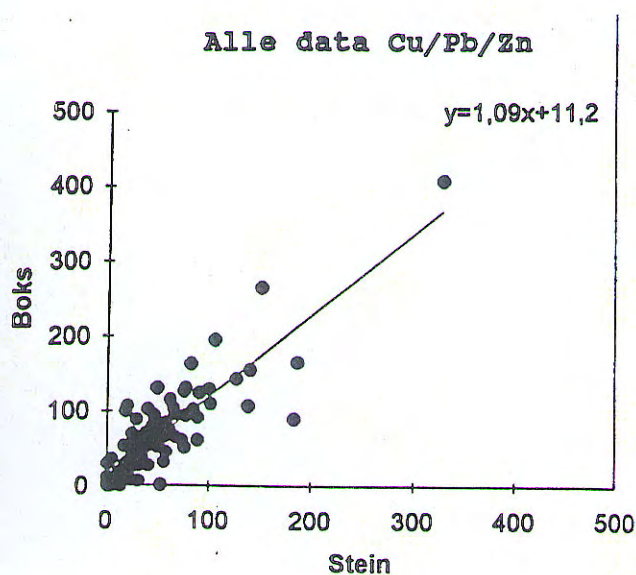


Fig.4. Sammenhengen mellom konsentrasjoner av metaller i mose eksponert på stein og i "boks".

Sammenhengen mellom metallkonsentrasjoner i vann og mose

I 1993 ble det parallelt med eksponeringene av mosene på de aller fleste stasjonene også samlet inn vannprøver for metallanalyser. Disse prøveflaskene var spesielt rengjorte og fylt opp med destilert vann for å redusere kontamineringsrisikoen. I enkelte tilfeller ble parallelle prøver samlet inn, men det viste seg etterhvert at disse ga nær de samme resultatene. For å spare analysekostnader gikk vi derfor over til bare å samle inn enkeltprøver. Prøvene ble som hovedregel samlet inn ved utsetting og opptak av moseprøver dvs. med ca. 3 ukers mellomrom. Da mosene vil gjennspeile vannkvaliteten over hele perioden kan det selvfølgelig være forklarlig at en i enkelte tilfeller kan få en mindre god overenstemmelse. Likevel var det en brukbar sammenheng når resultatene fra alle stasjonene som er undersøkt over 2-3 perioder i sesongen blir fremstilt samlet slik som vist i Fig. 5. En relasjon som tidligere ble mye brukt for beregning av vannkonsentrasjoner ut fra mosedata er også vist (Bengtsson & Lithner 1981)

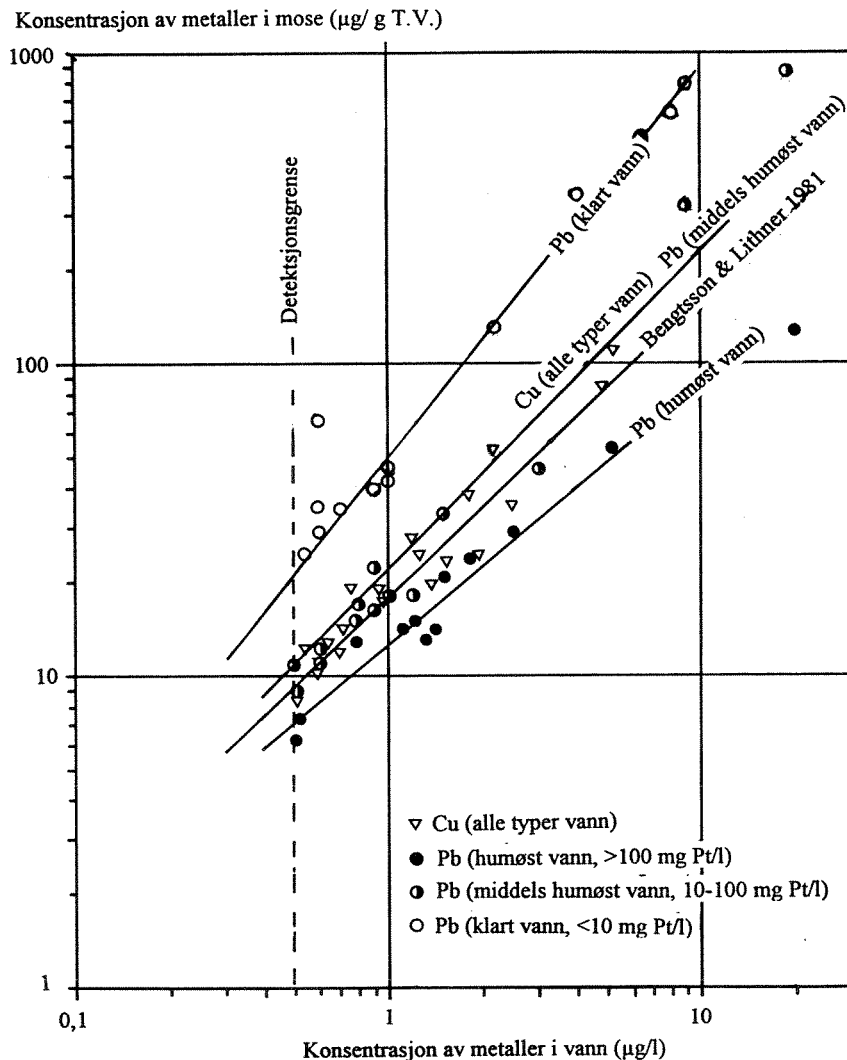


Fig.5. Sammenhengen mellom kobber - og blykonsentrasjoner i vann og mose fra skytefeltene.

Vi har følgende kommentarer til Figur 5: Surhetsgrad og humusinnhold syntes å ha liten betydning for sammenheng mellom vann - og mosekonsentrasjoner for kobber (Fig. 5). Regresjonslinjen for våre data i feltene lå nær regresjonslinjen presentert av Bengtsson & Lithner (1981) som i hovedsak er basert på data fra middels humøse, nær nøytrale (pH=6,5-7,5) vannforekomster. For bly derimot var forholdet noe anderledes. Forholdet mellom mose- og vannkonsentrasjon var klart større i humusfattig

og svakt alkalisk vann (slik som på mange stasjoner i fra feltene i Nord Norge) enn i svakt surt og humøst vann slik som på mange av stasjonene i Sør-Norge. Bengtsson & Lithner's data fra middels humøse og nær nøytrale vannforekomster faller mellom disse regresjonslinjene. Det synes derfor å være et generelt trekk at opptaket av bly i mose er betydelig mer effektivt i svakt basisk, humusfattig vann enn i surt humusrikt. Dette forholdet skyldes antagelig at bly har en stor bindingsevne til humussyrer og humuspartikler og at dette vanskeliggjør opptaket i mosene. Dersom mosene skal brukes som et mål på totalkonsentrasjonen av bly i vann (slik som vannanalysene måler) må en ta hensyn til humusinnholdet og pH. Vi vil likevel gjøre oppmerksom på at det ofte er den biotilgjengelige delen av den totale konsentrasjonen som er mest interessant når det gjelder biologiske effekter. Derfor er data fra mose-eksponeringene ofte mer verdifull informasjon da de gir oss gode indikasjoner på hvor stor de biotilgjengelige konsentrasjoner har vært i eksponeringsperioden.

Kjemiske analysemetoder

Alle vannanalysene ble utført ved NIVA's akkrediterte laboratorium i Oslo. Kobber og bly ble analysert ved bruk av grafittovn basert på Norsk Standard (NS 4780 og 4781), og pH og vannfarge ble analysert etter Norsk Standard. Kobber og bly i mose ble analysert ved Institutt for Energiteknikk etter følgende prosedyre. Ca. 1g tørr prøve veies inn i en 100 ml erlenmeyerkolbe. 15 ml kons. salpetersyre tilsettes og et urglass legges over. Prøven kokes forsiktig på kokeplate med termostat i 24 timer. løsningen filtreres med blått bånd filter og overføres til 25 ml målekolbe og fylles opp med destilert vann. Prøvene ble analysert på Perkin Elmer AAS 460 under standard betingelser. Standardene ble laget ved fortykning av Spectroscan i 7,5 M salpetersyre.

Klassifisering av tilstand

På bakgrunn av konsentrasjonene av miljøgifter som bly og kobber i vann har Statens Forurensningstilsyn (SFT) inndelt vannkvaliteten i ulike tilstandsklasser slik som gitt i Tab.5 (Holtan & Rosland 1992).

Tabell 1. Tilstandsklasser (I-IV) for vannkvalitet basert på konsentrasjoner av kobber og bly . De ulike klassene er gitt ulike fargekoder (Holtan & Rosland 1992)

	God (I) blå	Mindre god (II) grønn	Nokså dårlig (III) gul	Dårlig (IV) rød	Meget dårlig (V) fiolett
Kobber ($\mu\text{g/l}$)	<2	2-5	5-15	15-50	>50
Bly ($\mu\text{g/l}$)	<1	1-3	3-5	5-10	>10
Sink ($\mu\text{g/l}$)	<10	10-30	30-60	60-110	>110
Krom ($\mu\text{g/l}$)	<1	1-3	3-10	10-50	>50
Nikkel ($\mu\text{g/l}$)	<3	3-10	10-30	30-100	>100
Kvikksølv($\mu\text{g/l}$)	<0,01	0,01-0,04	0,04-0,1	0,1-0,3	>0,3

På bakgrunn av tilstandsgrensene i denne tabellen og regresjonene mellom konsentrasjonene i vann og mose som gitt i Fig. 5 kan også tilstandsklasser og fargekoder for konsentrasjoner i mose defineres. I alle presentasjonene fra de ulike skytefeltene er denne fargekoden og ovennevnte grenser benyttet. Vi gjør oppmerksom på at vi har benyttet samme regresjon for alle feltene når det gjelder kobber, mens for bly er det skilt mellom tre ulike miljø avhengig av surhetsgrad og humusinnhold (se Fig.5). Dette var nødvendig da forholdet var svært forskjellig for bly i surt/brunt vann og klart/basisk, mens forskjellene var små for kobber. For de øvrige metallene er kobber-regresjonen benyttet.

I alle presentasjonene av resultatene for de ulike feltene er de ovennevnte fargekoder benyttet. Hvert målepunkt (stasjon) som er vist i figurene representeres ved en middelværdi i de ulike årene. Denne middelværdien er beregnet på bakgrunn av 2-4 eksponeringsperioder og utgjør stort sett den isfrie delen av året. De enkelte primærdata er gitt i vedlegget.

Resultater

Bradalsmyra

Innledning

Bradalsmyra er skytefelt og testplass for Raufoss A/S. Området avvannes av Veltmannåa og to mindre bekker som ikke ligger i Veltmannåa's nedbørfelt (Fig.6). Feltet ble tatt i bruk for prøveskyting av ammunisjon i 1918, men det var først i midten av 50-årene at aktiviteten ble mer omfattende. Bruken har i den senere tid endret karakter slik at prøving, kontroll og produktutvikling er hovedaktiviteten i dag. Dette innebærer en mangesidig aktivitet med potensiell forurensning av bl.a tungmetaller. Testskyting av ammunisjon for håndvåpen skjer i et delvis lukket anlegg på fabrikkområdet slik at Bradalsmyra i dag er lite belastet med prosjektiler fra håndvåpen. Undersøkelsene på Bradalsmyra startet i 1991 og fortsatte i 1992. Det er utgitt to rapporter som omhandler resultatene fra disse undersøkelsene (Kjellberg & Rognerud 1992, Rognerud 1993). Fra og med 1993 har undersøkelsene på Bradalsmyra blitt en overvåkningsundersøkelse som rapporteres her. Resultatene fra 4 stasjoner på Bradalsmyra i 1991,-92 og 93 er vurdert.

Resultater

Primærdata for overvåkningsperioden er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av tungmetaller økte generelt i alle tre årene i Veltmannåa fra utløpet av tjernet (st.1) til stasjon 4 der åa renner ut av skytefeltet (Fig. 7). Dette skjedde selv om vannføringen økte betydelig på denne strekningen (3-4X). Med andre ord skjer det en utløsning av tungmetaller fra feltet mellom målepunktene som er større enn den som skyldes naturlige prosesser. Det er naturlig å anta at prosjektilrester og metallskrot langs åa ved utviklingsanlegget er en av de viktigste årsakene. Fortynningen av vann fra "uforurensede" deler av nedbørfeltet gjør at vannkvaliteten også ved st.4 generelt var god, selv om Cu, Ni og Zn verdiene i 1991 ga klassifiseringen "mindre god".

Det var gjennomgående mye høyere verdier ved begge stasjoner i 1991 enn i de to neste årene for Cr, Cu, Ni, Zn, og Cd (Fig.7). Vi mener dette har sammenheng med en lokal spredning av metallforurensning til luft som følge av forbrenning av metallholdig avfall ved brennplassen og forsøk ved røykstandplassen. Dette førte til at mye "svart snø" ble observert våren 1991 og mye av denne forurensningen rant i hovedsak av til Veltmannåa i den snøfrie perioden dette året. I fra 1992 og til 1993 var konsentrasjonene tilnærmet de samme for Cu, Ni og Zn, sank noe for Cr, mens de økte noe for Pb og Hg. Vi må forvente at det er år til år variasjoner i konsentrasjonene. Hensikten med overvåkingen er bl.a å klargjøre slike svingninger. Det ser likevel ut som at verdier nær de vi har målt de siste to årene er mest representative for feltet i dag, mens verdiene i 1991 skyldes forurensning i forbindelse med en spesiell aktivitet dette året som ikke er en typisk hendelse i feltet.

De små bekkene (st.7 og 8) som avvanner de østligste områdene (der bl.a bygningsmassene ligger) hadde generelt noe høgere konsentrasjoner (untatt Hg) enn st.4 i Veltmannåa (Fig.7). Spesielt gjalt dette Cr verdiene som var 3 ganger høyere, men likevel var de innenfor de grenser som settes for god vannkvalitet. Pb- og Zn-verdiene ved stasjon 7 i 1993 var over de som anses som grensen for god vannkvalitet. Med unntak av dette var imidlertid konsentrasjonene ikke spesielt høye. Liten vannføring (tørregges ofte sommerstid) gjør at omfanget av forurensning fra disse anleggene var svært besjeden og begrenset til selve skytefeltet.

Konklusjon

Overvåkingen har vist at det kan være store år til år variasjoner i konsentrasjonene av metaller i bekkene som renner ut av skytefeltet. Dette skyldes i hovedsak effektene av den ulik aktiviteten som foregår, men også naturlige avrenningsforhold. Bradalsmyra er et testfelt og vannkvaliteten må forventes også i fremtiden å være påvirket av spesielle forsøk eller hendelser i enkelte år. En overvåking er derfor eneste mulighet til å avdekke en slik variasjon i forurensningene fra feltet. På bakgrunn av Cu, Ni og Zn verdiene i 1991, må vannkvaliteten dette året klassifiseres som mindre god, mens verdiene i de siste to årene har vært innenfor grensene for en god vannkvalitet.

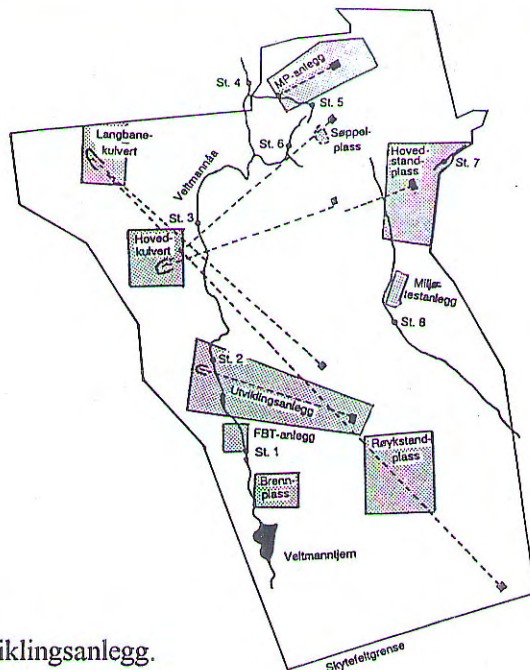
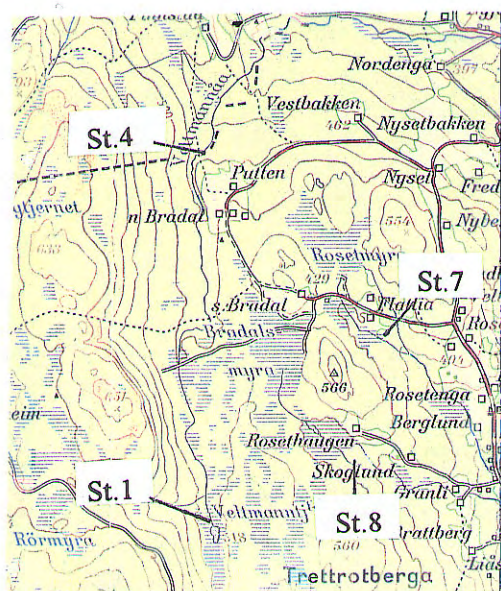


Fig. 6. Prøvetakingstasjoner i Bradalsmyra test- og utviklingsanlegg.

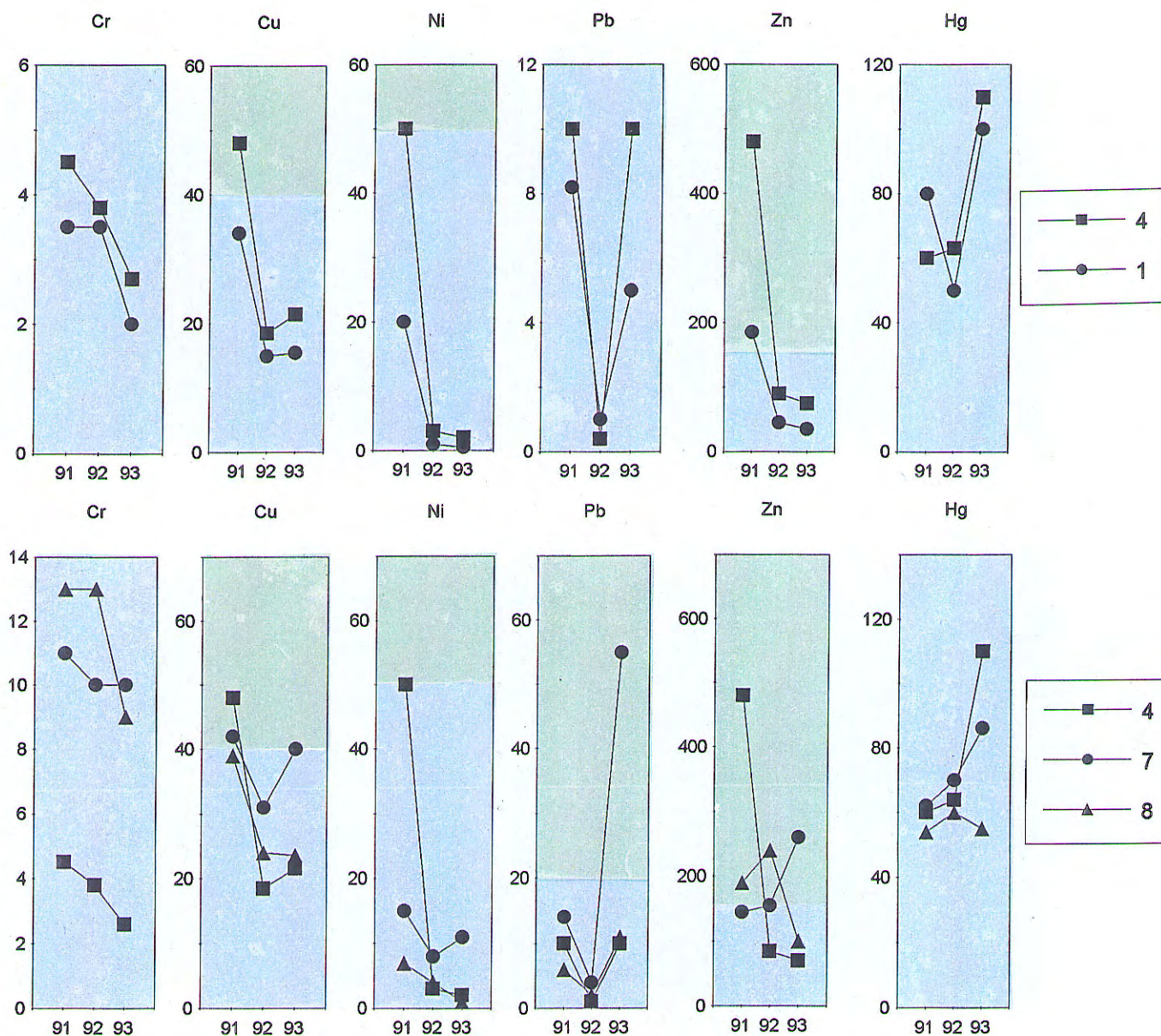


Fig. 7. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g}$ T.V., untatt Hg: ng/g T.V.) i mose på stasjonene i Bradalsmyra skytefelt.

Evjemoen

Innledning

Evjemoen er standkvarter for Infanteriets øvningsavdeling nr. 2 (IØ2). Skyte- og øvningsområdet omfatter ca. 9000 mål og er i Forsvarets eie (Fig.8). På bakgrunn av befaringer og orienterende undersøkelser i 1991 ble overvåkningen lagt til bekken som avvanner feltskytebanen og bekken som avvanner kulefangervollene ved Steinsfjellet. Det var disse områdene som hadde de største potensielle forurensningsfarene og de høyeste metallkonsentrasjonene i avrenningsvannet. I tillegg til dette ble konsentrasjonene i den naturlig voksende mosebestanden overvåket der Bjoråa renner ut av skytefeltet (Fig.8). Vannkvaliteten i feltet kan karakteriseres som ionefattig, humøs og med svakt sur reaksjon (pH 5,0-6,5). Stedvis er det dumpet kalk i Bjoråa og tilrennende bekker som et ledd i fiskestelltiltak. Dette er en medvirkende årsak til at pH i Bjoråa's nedre deler var nær 6 ved befaringen alle tre årene. I bekken ved Steinsfjellet varierte pH mellom 5,5 og 6,0 der en høy grad av CO₂ overmetning var en vesentlig årsak til dette (humøst vann). De siste to årene var deler av sommeren såvidt tørr at vannføringen i både Bjoråa og bekken ved Steinsfjellet var svært liten og vannet var meget humusrikt. Mosene hadde vanskelige levevilkår i disse tørkeperiodene, og mye av de utsatte bestandene strøk med. Likevel var det tilstrekkelig med friske skudd til at analysene kunne utføres etter gjeldende metodikk.

Resultater

Primærdata er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av kobber og bly var høyest i avrenningen fra feltskytebanen, og vannkvaliteten fra dette feltet har vært mindre god i alle de tre årene overvåkningen har foregått (Fig.9). Det har vært en tendens til synkende verdier for kobber fram til idag, mens det motsatte har vært tilfelle for bly. Den lave vannføringen de siste to årene har vært en medvirkende årsak til dette forløpet, men også gravearbeider i feltet det siste året kan ha hatt betydning. Begge disse forhold gjorde at vannet var svært humuspåvirket ved de tre observasjonene som ble gjort under feltarbeidet både i 1992 og 1993. Humus er transportøren for spesielt bly og det er naturlig at utviklingen i den generelle vannkvaliteten med mer humøst vann også har ført til høyere blyverdier. Nedgangen for kobber er vanskeligere å forklare, men den kan ha sammenheng med økt innslag av partikulært materiale i 1993.

Bekken ved Steinsfeltet som avvanner kulefangervollene hadde lavere konsentrasjoner enn bekken fra feltskytebanene, og det var små forskjeller fra år til år. Dette er som ventet da prosjektilene deponeres i løsmasser (voller) et stykke fra bekken, og sigevannet må dessuten infiltreres i sandavsetninger før det når bekken. Likevel var verdiene gjennomgående noe høyere enn i Bjoråa. Stikkprøver (mose) tatt i Bjoråa i 1991 og 1992 ovenfor skytefeltet ga nære de samme verdier som ved stasjonen ut av feltet. Dette viser at bidraget av forurensninger fra feltskytebanen var ubetydelig for vannkvaliteten i Bjoråa på grunn av den store fortynningen. Verdiene fra stasjonen i Bjoråa kan derfor betraktes som et brukbart estimat på bakgrunnsverdier i skytefeltet. På bakgrunn av kobber og blykonsentrasjonene kan vannkvaliteten beskrives som god i Bjoråa. Konsentrasjonene har økt noe de siste to årene antagelig på grunn av redusert vannføring og mer humøst vann.

Konklusjon

Forurensningen av bly og kobber i skytefeltet er i hovedsak knyttet til feltskytebanen og de nærmeste 100 metrene nedstrøms. Vannføringen fra dette feltet er liten, og påvirkningen kan ikke spores i Bjoråa ved utløpet av feltet på grunn av denne åa's fortynnende evne. De årlige mengder som transporteres ut på grunn av antatt korrosjon av prosjektiler er beregnet til 1-2 kg årlig for begge elementene (Rognerud 1993). Dette er ubetydelige mengder i forhold til den mengden som transporteres naturlig ut av feltet via Bjoråa. Den aller største delen av metallionene som er frigjort fra prosjektiler ligger fortsatt bundet i feltskytebanens myr- og skogsmark.



Fig.8. Overvåkningstasjonene i Evjemoen skytefelt

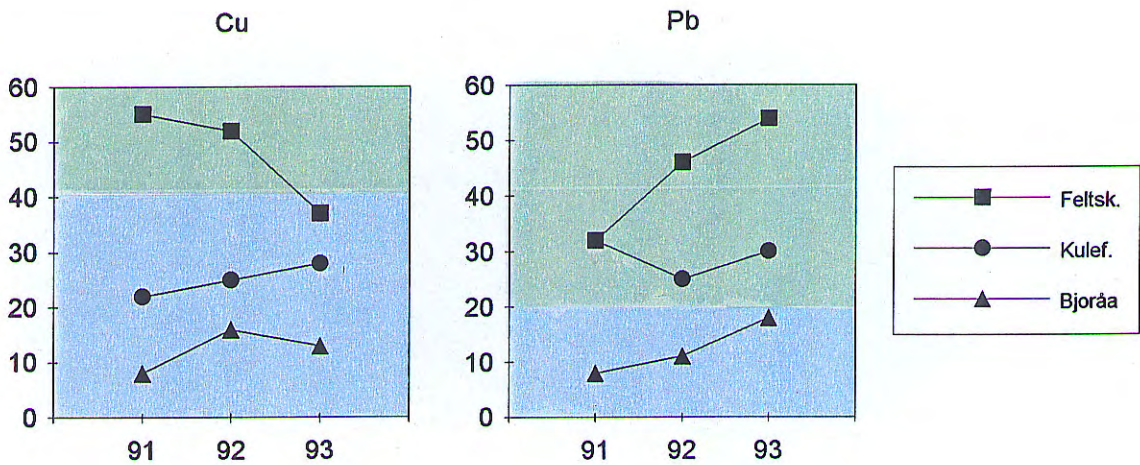


Fig.9. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) i mose på stasjonene i Evjemoen skytefelt.

Steinsjøfeltet

Innledning

Dette feltet er fjernøvningsfelt for avdelinger i det sentrale Østlandsområdet. Feltet er leiet privat område og er ialt på 11300 da. Området ble nøye befart i 1991 og flere orienterende prøver ble analysert. Det viste seg at problemer i forbindelse med avrenning av bly og kobber i hovedsak var knyttet til feltskytebanene som ligger oppover i Larsmyrdalen og som avvannes av Larsmyrbekken (Fig.10). Disse avvannes av Larsmyrbekken som renner ut i Brenntjern. Vannet i denne bekken var nær nøytralt og relativt lite humuspåvirket. Det er grunn til å anta at dette feltet er en av Forsvarets mest benyttede feltskytebaner. Analysene av vegetasjon på feltskytebanen har vist en betydelig anrikning av bly (Rognerud et al.1992). Det er i hovedsak bly- og kobberholdige prosjektiler fra handvåpen som deponeres i feltet.

Resultater

Primærdata er gitt i vedlegget. Alle referanseprøver i området viste lave verdier og god vannkvalitet (Fig.11). Konsentrasjonene av kobber har økt fra 1991 og er betydelig høyere i dag (ca. 15 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene). Utviklingen av blykonsentrasjonen i bekken er enda mer dramatisk. I 1993 var verdiene ca. 6 ganger høyere enn de som ble målt i 1991 og ca. 100 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene. En vesentlig del av dette bly forventes å sedimentere i Brenntjern. I 1993 eksponerte vi imidlertid moser også i utløpet av tjernet (se primærdata). Konsentrasjonene var her ca.6 ganger høyere enn bakgrunnsverdiene for begge elementene. Dette betyr at til tross for sedimentasjonen i tjernet har også vannet som renner ut forhøyede verdier av bly og kobber. Konsentrasjonene i Larsmyrbekken er så høye at det er store sjanser for gifteffekter på akvatiske organismer. Det ble også eksponert moser lenger opp i Larsmyrbekken (Fig.10) som viste konsentrasjoner på samme nivå som i innløpet til Brenntjern (se primærdata). På bakgrunn av kriterier for metaller i vann må vannkvaliteten i Larsmyrbekken betegnes som meget dårlig.

Konklusjon

Konsentrasjonene øker, spesielt for bly, i Larsmyrbekken som avvanner feltskytebanene. Konsentrasjonene er så høye at gifteffekter må forventes på akvatiske organismer. Årsaker til denne bekymringsfulle utviklingen er vanskelig å forklare, men det er viktig å overvåke utviklingen fremover i vannkvaliteten fra dette området. Det bør vurderes å gjøre tiltak for å stanse denne utviklingen.

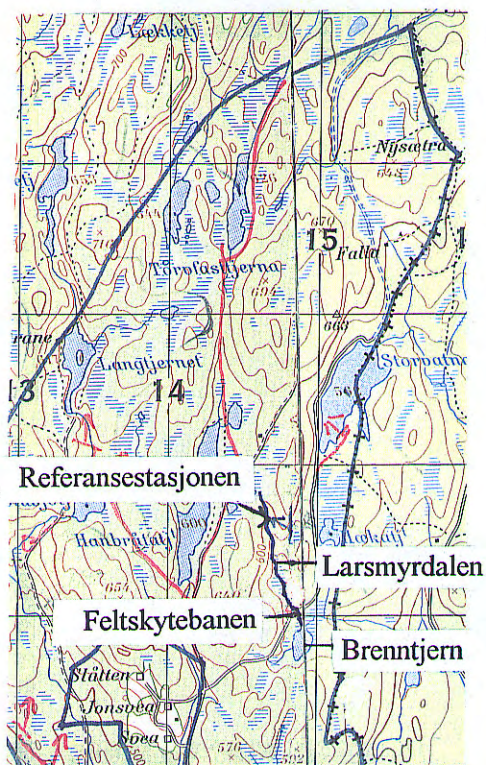


Fig. 10 Lokalisering av stasjonene i Steinsjøfeltet.

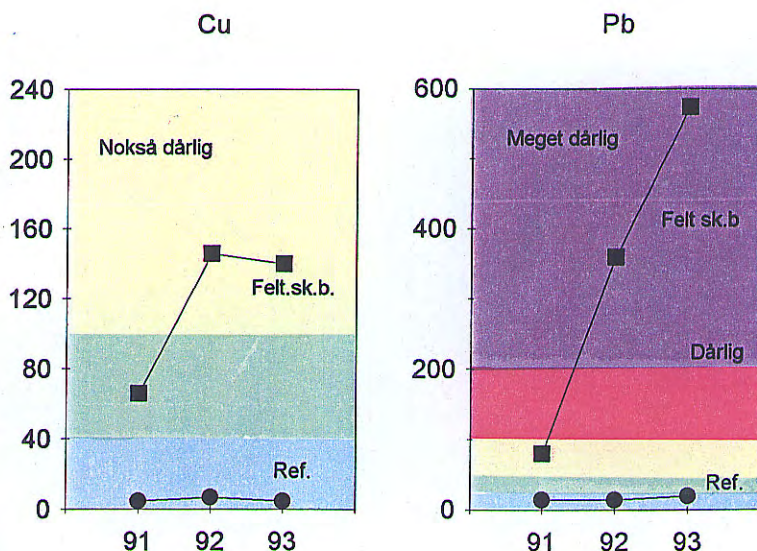


Fig.11. Konsentrasjoner (µg/g T.V.) i moser.

Terningmoen

Innledning

Terningmoen skytefelt er Forsvarets eldste skytefelt som fortsatt er i bruk. Området har noen av landets mest benyttede skytebaner. Det skytes med handvåpen, raketter, granater og bombekastere. Hovedaktiviteten foregår i et skogsområde som avvannes av flere mindre bekker som renner ut i Terninga. Overvåkningsundersøkelsen omfatter to stasjoner i Terninga og tre stasjoner i de viktigste bekkesystemene (Fig.12). Terningmoen skytefelt har tidligere vært undersøkt mer inngående både i 1990 og i 1992. I disse undersøkelsene ble det avklart at bly, kobber, sink og jern fra skytefeltet forurenset bekkene som avvannet de mest benyttede feltskytebanene. Konsentrasjonsøkningene var imidlertid moderate og ingen skadeeffekter ble registrert på det akvatiske plant- og dyrelivet i Terninga.

Resultater

Konsentrasjonene i bekkene var gjennomgående noe høyere enn i Terninga, og vannkvaliteten kan betegnes som god til mindre god (Fig. 13). Konsentrasjonene svinger en del fra år til år. Siden 1991 har kobberkonsentrasjonene avtatt, mens det motsatte har skjedd for bly. Dette gjenspeiles også i målingene fra Terninga. Vannkvaliteten i Terninga kan betegnes som god også etter at bekken har kommet til (st.2). Vi ser at påslaget i konsentrasjon av kobber mellom T1 og T2 var størst i 1991, da også konsentrasjonene i bekkene var høyest. I 1993 var påslaget ubetydelig og konsentrasjonene i bekkene var også nær bakgrunnsverdiene. Det er med andre ord en meget god overenstemmelse mellom resultatet fra bekkene og målingene i Terninga. Dette viser at denne overvåkningsmetoden også kan fange opp meget små endringer i konsentrasjonene i eventuelle sidebekker av mindre størrelse. Konsentrasjonene av bly økte i bekkene fra 1991 til 1993. Dette stemmer meget bra med at økningen i Terningåa fra T 2 til T 3 også var størst i 1993.

Konklusjon

Konsentrasjonene av bly i vannet som avvanner feltskytebanene har økt siden 1991, mens det motsatte har skjedd for kobber. Det har vært store år til år variasjoner, men totalt sett har effektene på vannkvaliteten i Terninga vært liten. Forurensningene fra feltskytebanene er derfor et lokalt problem som kun har effekter i de lokale bekkene. Det er viktig å overvåke utviklingen spesielt av blykonsentrasjonene i bekkene.

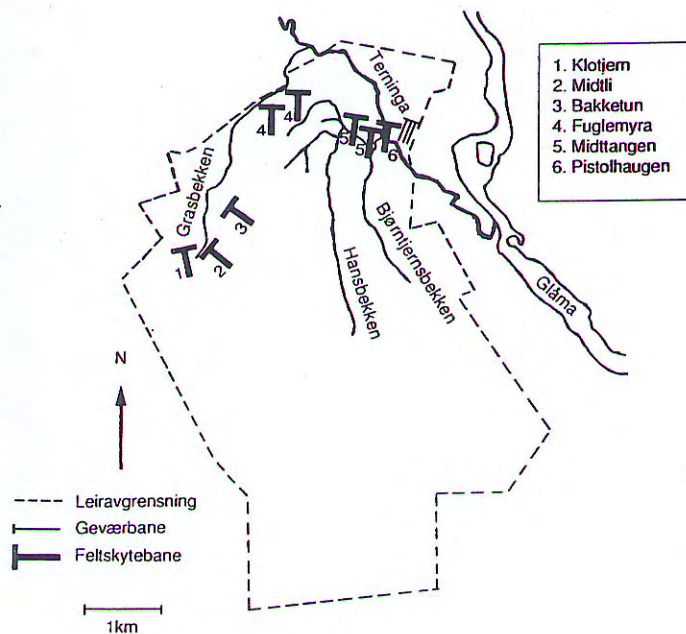
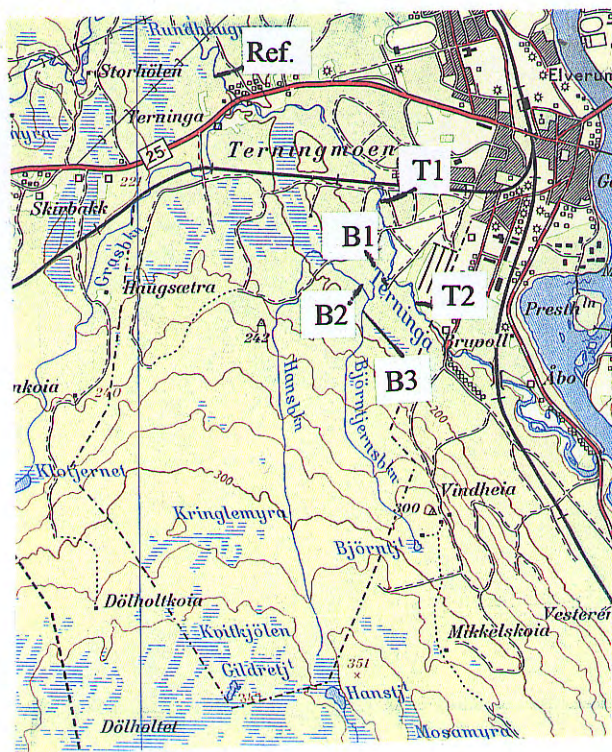


Fig.12. Oversikt over beliggenhet av baner og stasjoner i Terningmoen skytefelt.

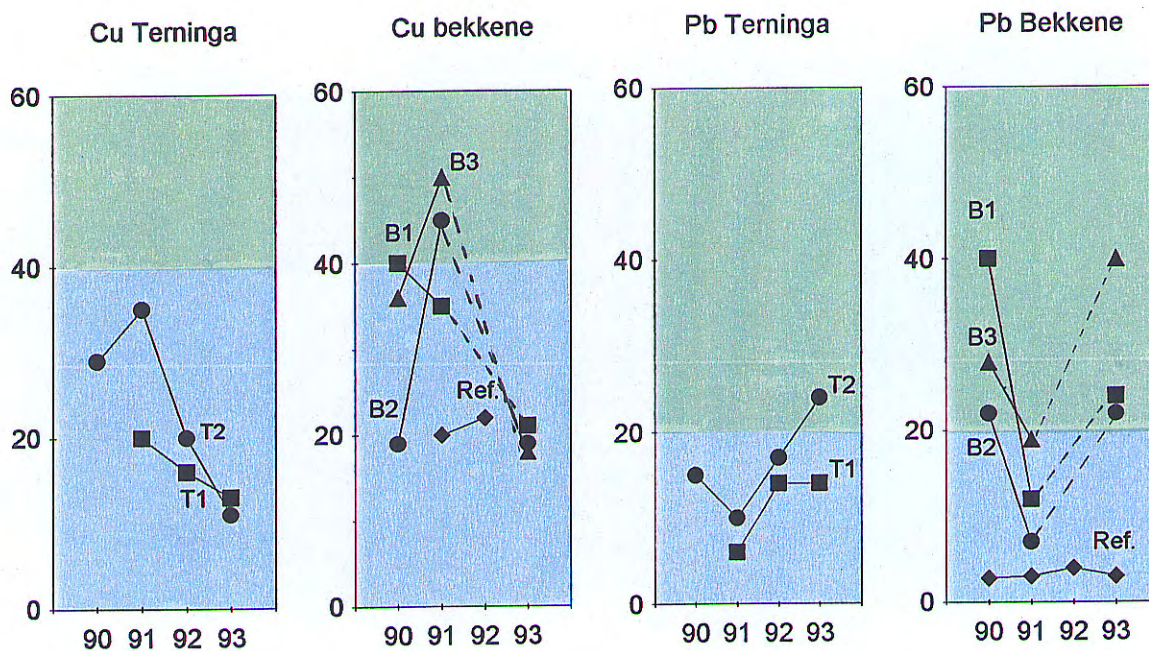


Fig.13. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) i mose på stasjonene i Terningmoen skytefelt.

Hjerkinn

Innledning

Hjerkinn skytefelt har utviklet seg til å bli et hovedskyttefelt for Hæren. I første rekke nyttes feltet til både grunnleggende og videregående opplæring av artilleri og kavaleri. Luftforsvaret benytter feltet spesielt til mere krevende skyteøvelser med flyleverte bomber og raketter. Feltet har også en fast plass i utviklingen av ny militærteknologi. Hjerkinn skytefelt ble tatt i bruk i slutten av 20-årene for utvikling av artilleriskyts- og ammunisjon. Feltets nåværende utstrekning ble etablert av okkupasjonsmakten under siste krig. I den senere tid har en søkt å regulere bruken av feltet slik at nedslagsområdene blir liggende i feltets sentrale deler mellom Grisungdalen og Svåni. Hjerkinn skytefelt brukes også til demolering av ammunisjon og i begrenset utstrekning til skyting med mitraljøse/handvåpen. Forurensningen av tungmetaller som følge av aktiviteten i feltet ble også undersøkt i slutten av 1980 årene. Det ble konkludert med at forurensningen i hovedsak var knyttet til en gammel demoleringsplass, mens forurensningseffekter av betydning ikke ble registrert verken i Svåni eller Grisungbekken. Siden 1991 har området inngått som ledd i den nasjonale overvåkingen av Forsvarets skytefelt. Stasjonsplasseringer er vist i Fig.14.

Resultater

Konsentrasjonene av kobber og bly var gjennomgående lave alle tre årene både i Grisungbekken, Svånåi og i bekken fra Haukberget (Fig.15). Det var bare kobberverdiene i bekken fra det gamle demoleringsfeltet som var så høye at vannkvaliteten må betegnes som dårlig. Dette gjelder i hovedsak de øvre deler av bekken, men effekter kan ikke utelukkes også i den nedre delen frem til samløpet med Grisungbekken. Disse konklusjonene er i overensstemmelse med resultatene fra undersøkelsene i 1988. Resultatene er forklarlig ut fra det faktum at bly- og kobberholdige prosjektiler fra handvåpen bare i liten utstrekning spres i feltet.

Konklusjon

Forurensningen av kobber og bly i vann som følge av Forsvarets aktiviteter i Hjerkinn skytefelt er begrenset lokalt til avrenningen fra den nedlagte demoleringsplassen i Grisungdalen. Liten bruk av prosjektiler som inneholder bly og kobber, liten forurning, antagelig lav korrosjonshastighet og stor grad av fortykning fra andre deler av nedbørfeltet er alle faktorer som gjør at det ikke har vært registrert forurensninger av disse elementene i hovedbekkene som drenerer feltet (Svåni og Grisungbekken) i perioden 1988-1993.

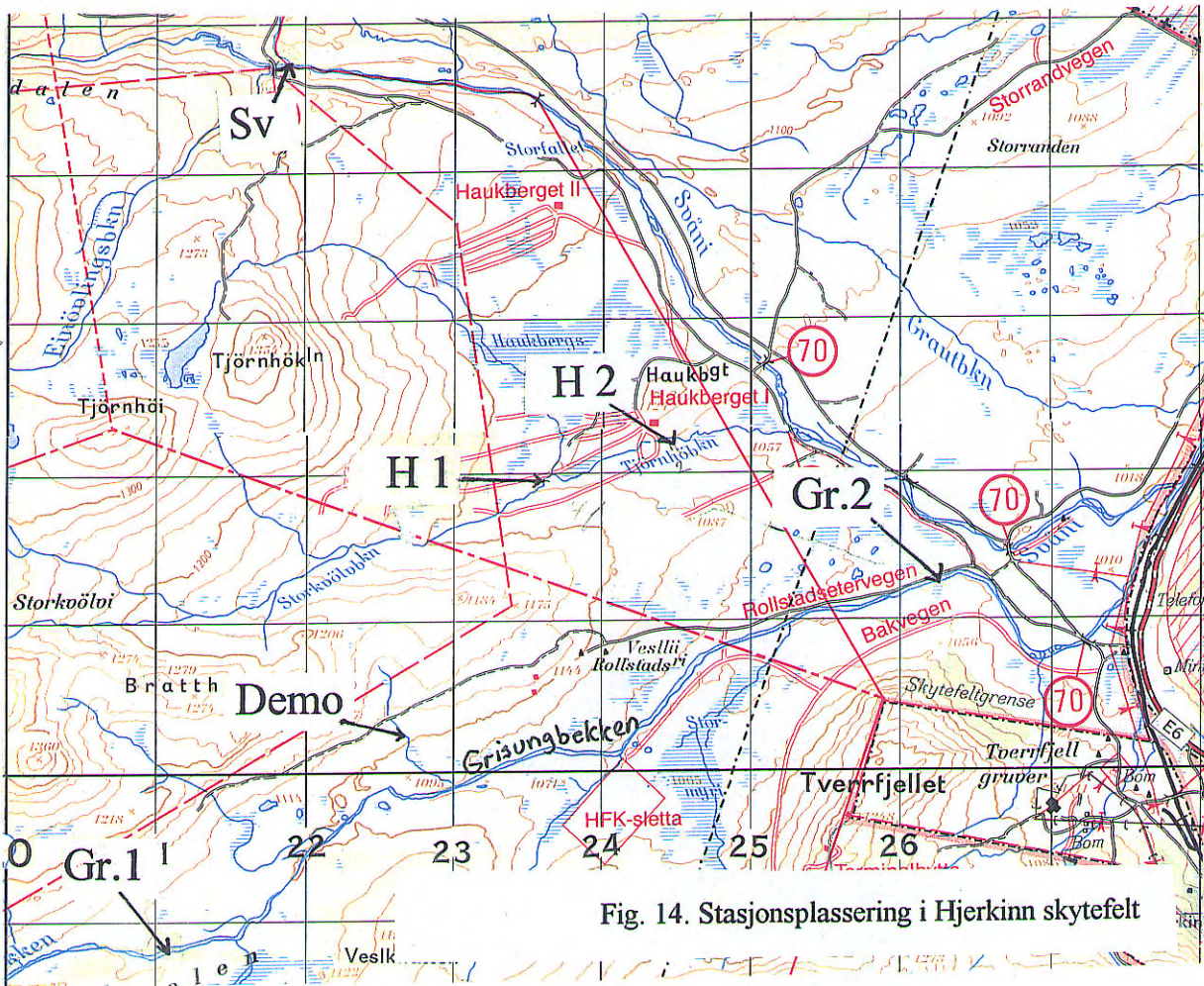


Fig. 14. Stasjonsplassering i Hjerkinnskytefelt

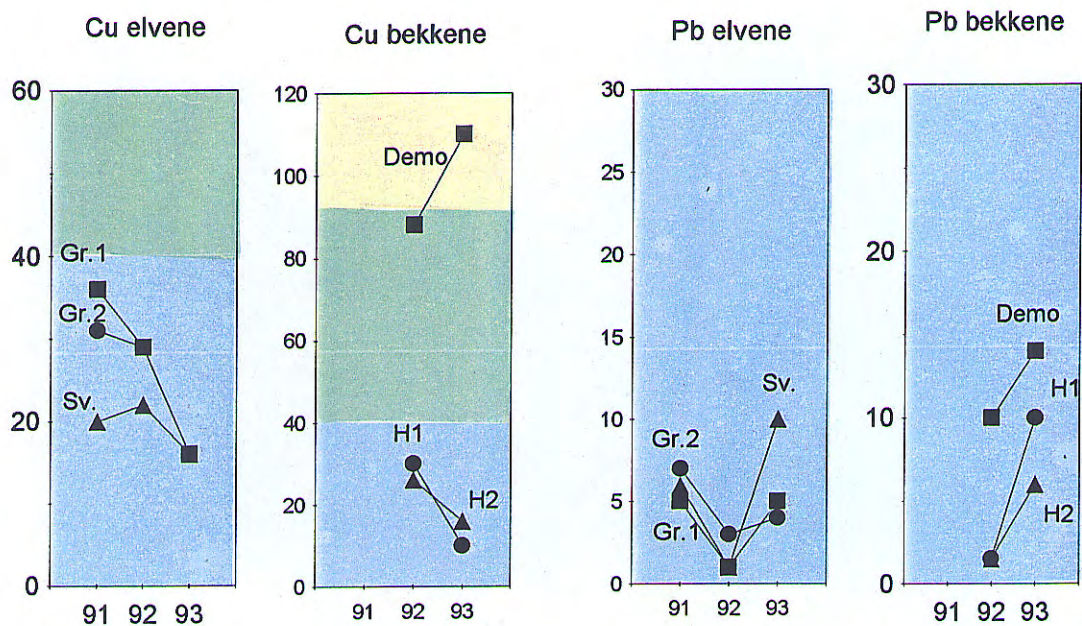


Fig. 15. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) i mose på stasjonene i Hjerkinnskytefelt.

Sætermoen

Innledning

I forbindelse med innføring av alminnelig verneplikt i Nord-Norge (Tromsø stift) i 1897 ble Sætermoen ekserserplass opprettet. Den ble tatt i bruk til rekruttskole 1898 for Bardu Kretskompani. Den ble nyttet spesielt sommerstid som fast øvingssted av flere avdelinger. Sin nåværende utforming fikk garnisonen av tyske okkupasjonsstyrker. Tildels meget store tyske styrker var forlagt i området. I tiden etter siste krig var etablissementene bl.a. nyttet til rekruttutdanning for Tysklandsbrigaden. I forbindelse med nedlegging av Tysklands-brigaden ble Sætermoen et av Brig.N's tyngdepunkter. Skytefeltet på Sætermoen er utvidet en rekke ganger, senest med Karlstadskogen og Sørskogen. Feltet er idag på ialt 145000 da og består av statseid og privat område. Sætermoen er nå garnisonsted for Panserbataljonen Brig N, Middelstung feltartilleribataljon Brig N, Sanitetskompani Brig N med Troms militære sykehus samt Elektronisk Kompani Div 6. Sætermoen nyttes også til øvingssted for andre avdelinger i Nord-Norge og til repetisjonsøvelser. Befaringsundersøkelsen i 1991 la grunnlaget for utvalget av overvåkningstasjoner (fig.16).

Resultater

Primærdata er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av kobber og bly har ikke endret seg nevneverdig fra 1992 til 1993 i avrenningen fra feltskytebanen (st.1 og 2) og ut fra Lortvann (st.3) (Fig.17). Verdiene ved disse stasjonene ligger innenfor de grenser som er satt for god vannkvalitet. Feltskytebanen på Karlstadskogen er forholdsvis nylig anlagt og det er rimelig grunn til å tro at dette er årsaken til det lave innholdet av bly og kobber i avrenningen. Verdiene er nær referanseverdiene i området. I mindre vannansamlinger og vannsig ute i banen ble det likevel tidligere registrert tildels høge bly og kobberverdier. Korrosjonen av deponerte prosjektiler er sein, og bindingen av metaller i jorda så stor, at det vil ta mange år før konsentrasjonene vil nærme seg de nivåene en finner i bekkene fra eldre feltskytebaner.

Konsentrasjonene i de to små bekkene som avvanner kuleinnslaget fra skytebanen (A-10) var betydelig høyere enn referanseverdiene (st.6 og 7). Konsentrasjonene sank imidlertid betydelig fra 1992 til 1993. Disse bekkene er små og en må forvente årlige svingninger i konsentrasjonene som følge av bl.a årlige variasjoner i nedbørmengden. Det kan likevel fastslås at vannkvaliteten i disse bekkene må klassifiseres som mindre god og tidvis dårlig.

Konklusjon

Forurensninger av kobber og bly som følge av skyteaktiviteter var svært liten i Sætermoen skytefelt. Det var bare i to små bekker fra området hvor kuleinnslaget fra skytebanen finner sted at lokale forurensninger er registrert. Det er rimelig å anta at jordsmonnet holder tilbake mye av de utløste tungmetallene meget effektivt i Sætermoen skytefelt. Vi antar at kalkinnholdet generelt i jorda er relativt høgt fordi avrenningsvannet fra sentrale deler har et relativt høgt kalkinnhold (Sæterelva og bekken fra Lorttjern hadde ca 9 mg Ca/l) og basiske pH-verdier (pH 7,5-7,9). Dette er forhold som i høg grad er med på å binde metallene og derved redusere utlekkingen til vassdragene.

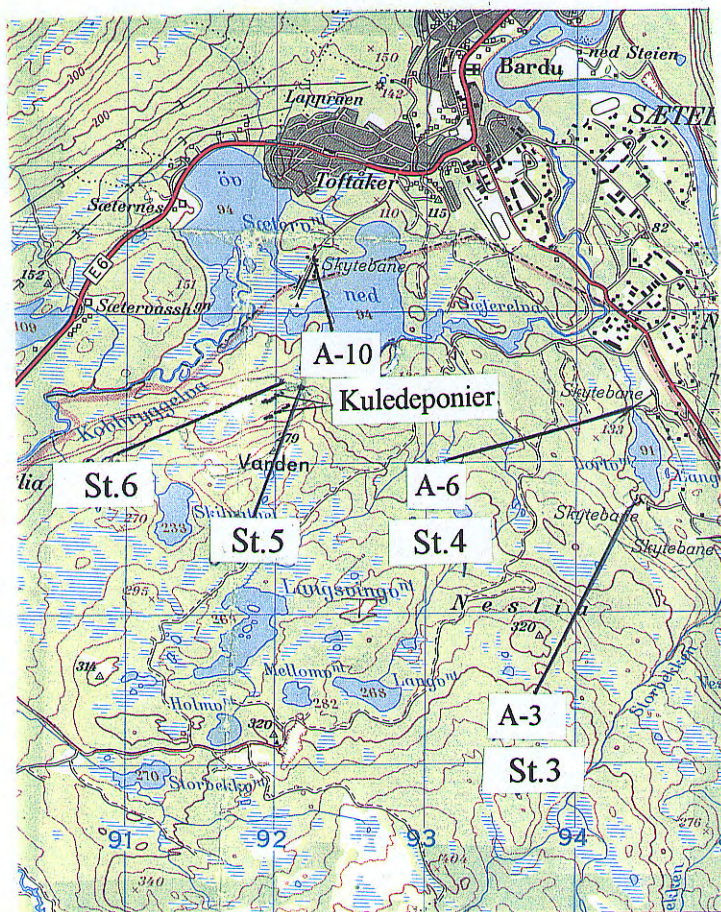


Fig.16. Stasjonsplassering i Sætermoen og Karlstadskogen skytefelter.

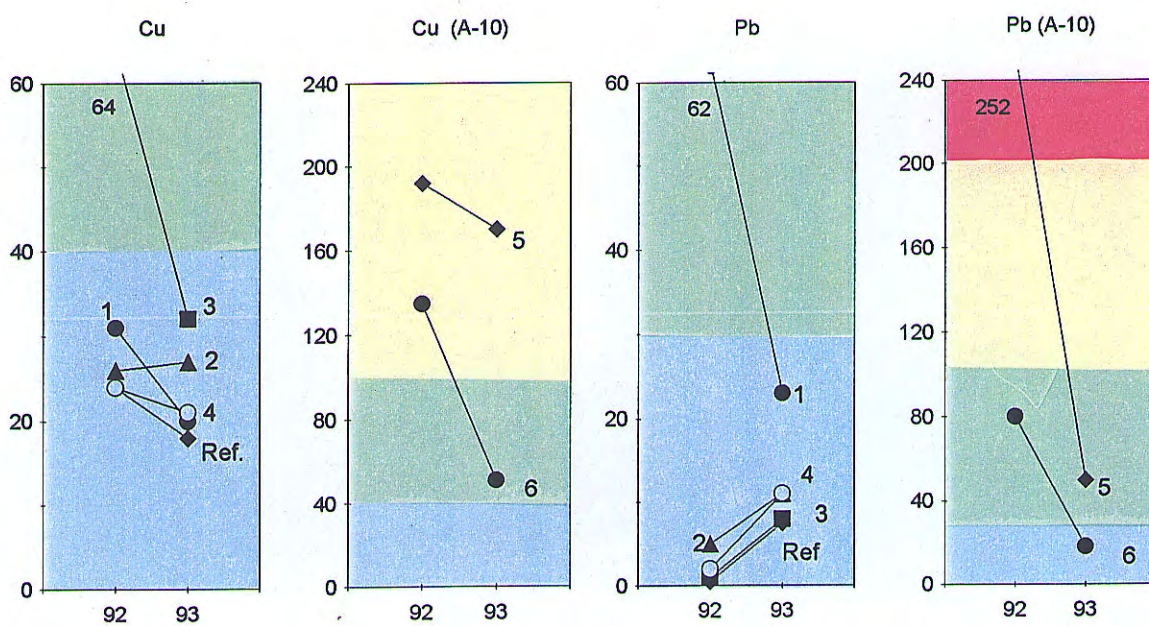


Fig.17. Konsentrasjoner (µg/g T.V.) i mose på stasjonene i Sætermoen og Karlstadskogen skytefelter.

Mauken

Innledning

Skjold-området ble i likhet med de fleste tettsteder i Troms nytt til forlegning av tyske avdelinger under siste krig. Oppbygging av området til bruk for norske avdelinger fant sted i forbindelse med opprettelsen av Brigaden i Nord-Norge (BrigN). Helt fra etableringen i 1954 har området vært standkvarter for en infanteribataljon og ingeniørkompaniet, senere Ingeniørbataljon (Ingbn/N). I tillegg er nå også en oppklarings-eskadron forlagt i området. Skyte- og øvingsfeltet, som ligger på Mauken nord for Skjold er idag på ca 52000 da. Det har vært arbeidet med spørsmål om å binde Mauken skyte/øvingsfelt sammen med Blåtindfeltet. Overvåknings-undersøkelsen ble gjennomført i 4 delnedbørfelter og på totalt 7 stasjoner (Fig.18).

Resultater

Primærdata for overvåkningsperioden er gitt i vedlegget. Konsentrasjonene av bly og kobber har vært relativt stabile i overvåkningsperioden med unntak av verdiene for bly på st.3 (foran selvanviserene) og st.6 som økte betydelig i 1993 (Fig.19). I forhold til referanseverdiene var det et påslag i konsentrasjonene for kobber på de fleste stasjonene sjøl om det var relativt moderat. Unntaket var bane 10 (st.4) og bane 17 (st.5) der ingen forurensning ble registrert. Dette er forståelig da disse banene i liten utstrekning benyttes til skyting med handvåpen. For de andre banene kan vi si at vannkvaliteten kan karakteriseres som mindre god. Det ble registrert spesielt høye blyverdier i avrenningen gjennom grøfta foran selvanviserene (st.3). Dette er rimelig da kulene blir sterkt deformert og delvis splintret ved anslag mot selvanviseren og følgelig lett tilgjengelig for korrosjon. Den relativt store vannføringen i de viktigste bekkene ut fra skytefeltet gjør at forurensningene fra de mest belastede delene av feltet blir fortynnet såvidt mye at forurensningseffekter utenfor feltet er usannsynlig.

Konklusjon

Skytefeltet på Mauken produserer lokalt forurensninger av bly og kobber som følge av skyting spesielt med handvåpen. Avrenningsvannet kan generelt klassifiseres som nokså dårlig. Bruk av selvanvisere øker korrosjonshastighet og utlekkingen betydelig på grunn av deformeringen og delvis oppsplitting av prosjektilene. Plassering av slike i nær tilknytning til vann er ikke å anbefale. På grunn av stor fortykning er det ikke registrert forurensningseffekter i bekkene som renner ut av skytefeltet.

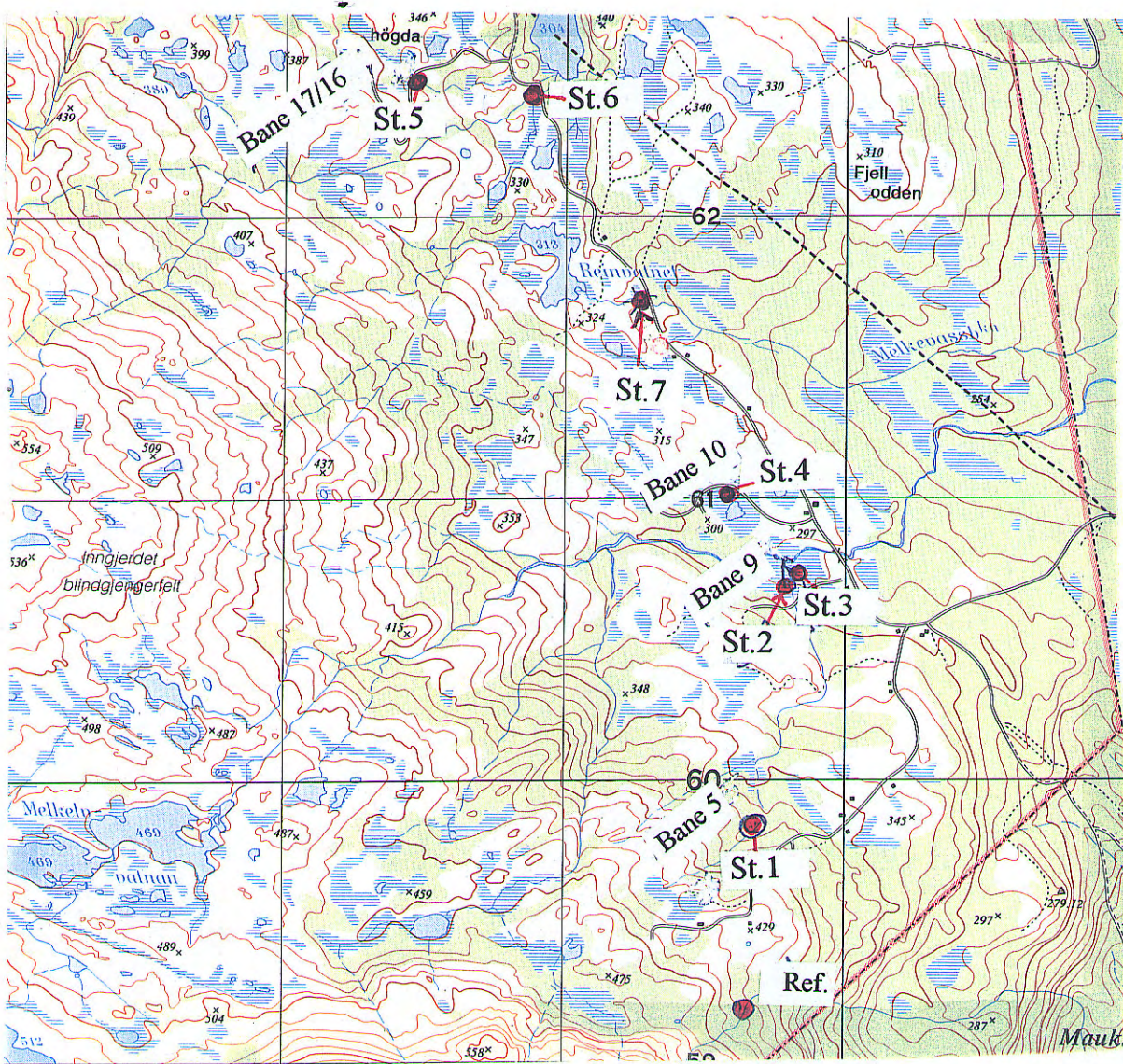


Fig. 18. Stasjonsplassering i Mauken skytefelt

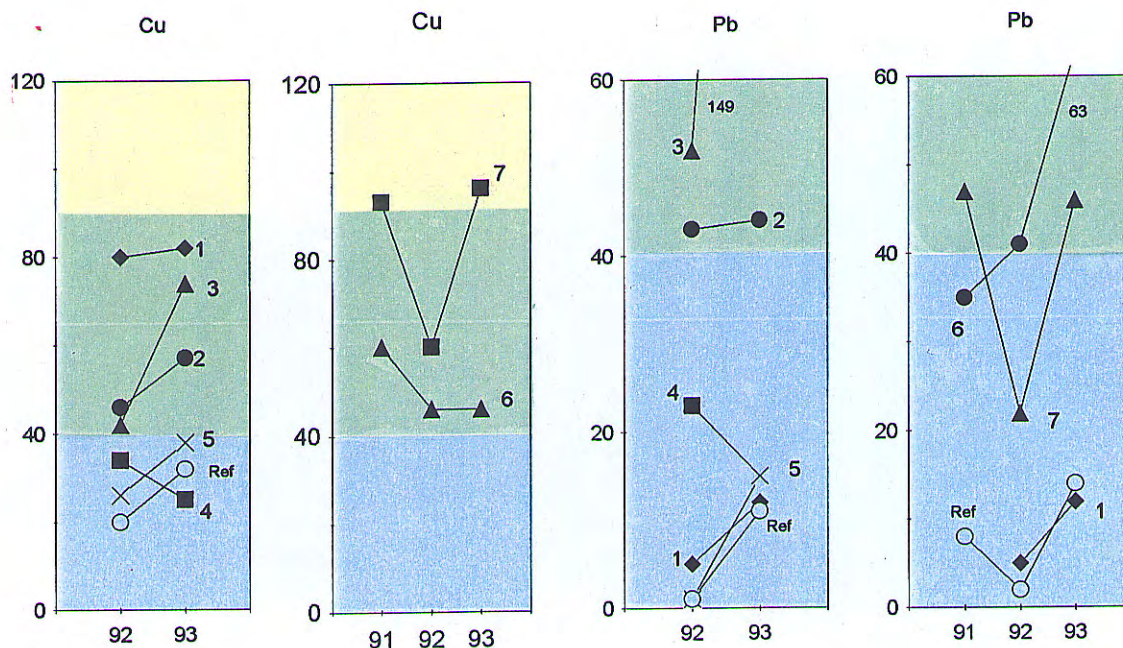


Fig. 19. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) i mose på stasjonene i Mauken skytefelt.

Porsangermoen

Innledning

Området Lakselv/Banak/Skoganvarre var, før den tyske tilbaketrekning fra Finnmark i 1944, forlegningsområde for sentrale deler av en tysk divisjonskommando. Ved tilbaketrekning fra Finland ble store deler av de tyske styrker dirigert til området. I den første tiden etter frigjøringen ble de norske styrker etablert i Skoganvarre øst for Porsangermoen. Garnisonstedet Porsangermoen er blitt kontinuerlig utbygd fra 1950. I hovedsak skjedde de store utbyggingene i perioden 1969-78. I tillegg er tildels store utbygginger gjennomført i de siste år. På det meste er en bataljonsgruppe med infanteribataljon, ett middelstungt feltartilleribatteri, stridsvogntropp og luftvernatteri vært forlagt i området. Området er mye benyttet som repetisjonssenter. Porsangermoen og Halkavarre skyte- og øvningsfelt er et av Forsvarets største felter på ialt 318000 da. Området er i sin helhet Statens grunn.

Undersøkelsene i 1991 viste at Porsangermoen skytefelt hadde naturlig stor variasjon i de geokjemiske konsentrasjonene av kobber. Spesielt høge konsentrasjoner var det i områdene oppstrøms Yngelvatn noe som ble dokumentert ved sedimentundersøkelsene i tjernene. Det finnes flere gamle kobberskjerp i området. Lokaliseringen av prøvetaknings-stasjonene er vist i Fig.20.

Resultater

Primærdata for overvåkingsperioden er gitt i vedlegget. Det var generelt små endringer i konsentrasjonene fra 1992 til 1993 med unntak av bly-verdiene i Andersbekken (st.1) som var høge (også i parallell-prøven) i 1993 uvisst av hvilken grunn (Fig.21). Generelt må vannkvaliteten betegnes som god ved alle stasjonene nedstrøms Gjeddevatn, mens den var mindre god oppstrøms. Dette sistnevnte skyldes ikke avrenning fra korroderte prosjektiler, men de geologiske formasjoner med naturlig høge kobberverdier. Feltet har kalkholdig berggrunn som bl.a betinger basiske pH-verdier i avrenningsvannet (Andersbekken). Dette forholdet bidrar i vesentlig grad til den lave uttransporten av metaller fra korroderte prosjektiler. De naturgitte forhold er derfor av en slik karakter at betydningen av korroderte prosjektiler er ubetydelig for vannkvaliteten og økosystemet i Andersbekken som avvanner hele feltet. Således har situasjonen på Porsangermoen en del felles trekk med forholdene på Sætermoen. Hvorfor blyverdiene var såvidt høge i Andersbekken i 1993 er det vanskelig å ha noen formening om, men bekken fungerer som resipient for leirområdet, og det er mulig at et punktutslipp av blyholdige produkter (bensin ?) kan være årsaken.

Konklusjon

Det var ubetydelige forurensninger av bly og kobber fra korroderte prosjektiler i Porsangermoen skytefelt. En vesentlig årsak til dette er de naturgitte forhold som reduserer uttransporten og korrosjonshastigheten. De naturlig høge kobberverdiene i øvre del av feltet gjør at også konsentrasjonen av kobber i vannet naturlig var høgere enn vanlig. Gifteffekter av tungmetaller på det akvatiske økosystemet som følge av skyting med handvåpen i feltet er derfor ikke sannsynlig.

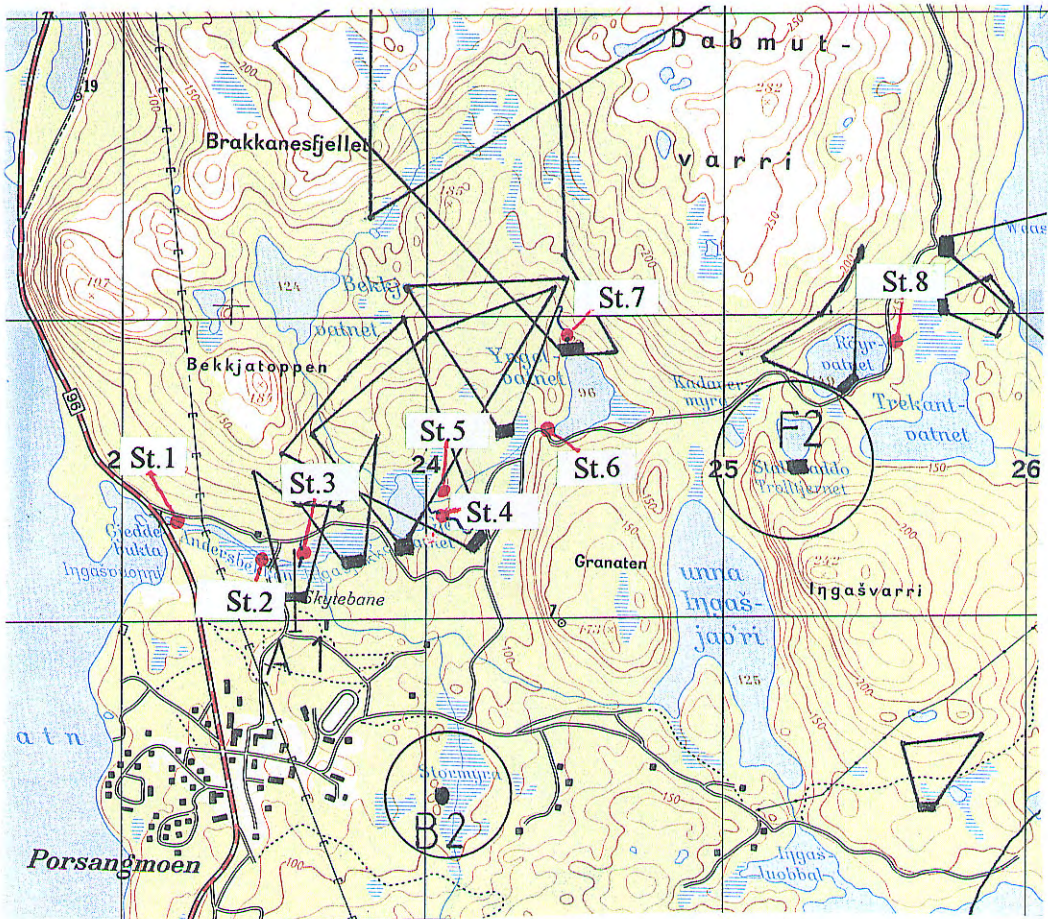


Fig. 20. Prøvetakingsstasjoner i Porsangermoen skytefelt.

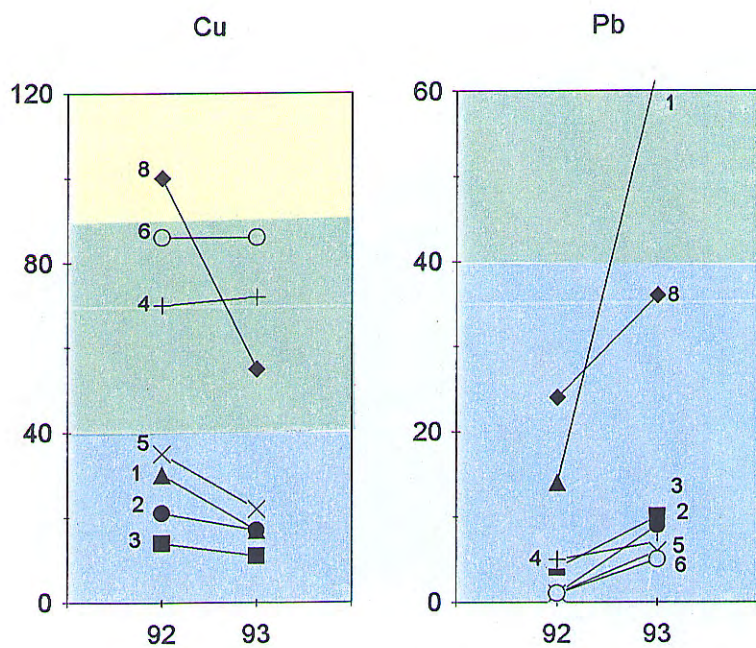


Fig.21. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) i mose på stasjonene i Porsangermoen skytefelt.

Lærdalfeltet

Innledning

Demoleringsfeltet i Lærdal ligger i Øyridalen og avvannes av elva Nivla (Fig.22). Feltet ble tatt i bruk som sprengningsfelt i 1977. Vi har gjort akkumuleringsforsøk med utsatte vannmoser ovenfor sprengningsfeltet (st.1) like nedenfor (st.2) og nedenfor skytebanen (St.3). Hærens Forsyningskommando, Laboratorieavdelingen har undersøkt metallinnhold i vann ved enkelte anledninger samt metallinnhold i jord. I vannprøvene ble det funnet tildels meget høye metallkonsentrasjoner, men dette gjalt også referanseprøvene utenfor demoleringsfeltet.

Resultater

Moseprøvene ble eksponert på de aktuelle stasjonene nesten hele den isfrie perioden i 1993. Resultatene skulle derfor være representative for konsentrasjonene av de aktuelle metaller i denne perioden. Det viste seg at det var relativt små forskjeller mellom stasjonene med et unntak for bly der det ble registrert en klar økning nedstrøms demoleringsfeltet (Fig.23). Forøvrig var konsentrasjonene av kobber og bly noe høyere enn det som er vanlig i "uforurensede" vassdrag i Sør-Norge, mens verdiene for nikkel og sink var nær de en vanligvis observerer. Dersom vi regner om konsentrasjonene i mose til konsentrasjoner i vann (Fig.5) får vi følgende verdier:

Kobber : 5-6 µg/l, Bly : 0,7-1 µg/l, Sink : 2-3 µg/l, Nikkel : 0,1-0,2 µg/l

Konklusjon

Jordprøvene har vist anrikning på bly i demoleringsfeltet, mens intet mønster ble registrert for kobber. Dette stemmer bra med våre observasjoner. Kobberverdiene var høyere enn normalt, men det var også referansestasjonen oppstrøms demoleringsplassen. Det er med andre ord naturlige geokjemiske årsaker til dette, og de høye verdiene har ingen ting med demoleringen å gjøre. For bly derimot registrerte vi et lite påslag på stasjonen straks nedenfor demoleringsplassen (St 2), som må være forårsaket av korroderte prosjektilrester e.l. Dette er i overensstemmelse med jordanalyser i området. På grunn av fortynningen fra vann bl.a fra Øydalsfossen var verdiene nede på nær referanseverdier ved stasjon 3. For sink og nikkel var det lave verdier og ingen forurensning fra demoleringsplassen. Det var med andre ord ingen forurensning av metaller fra demoleringsplassen av betydning for vannkvaliteten i Nivla i 1993.

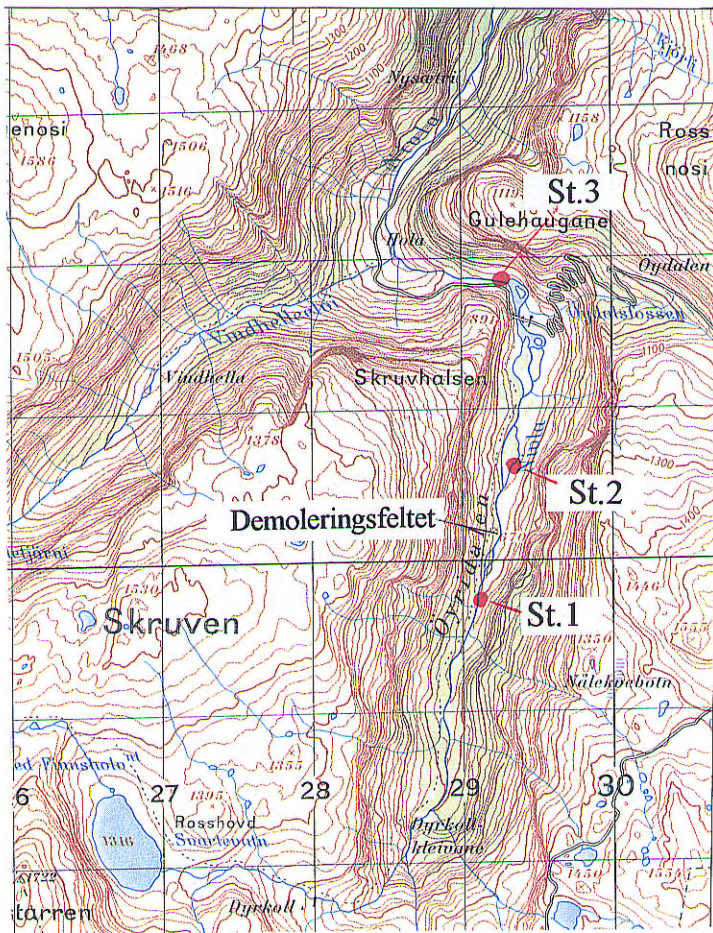


Fig.22. Prøvetakingstasjonene i Nivla som avvanner demoleringsfeltet i Lærdal.

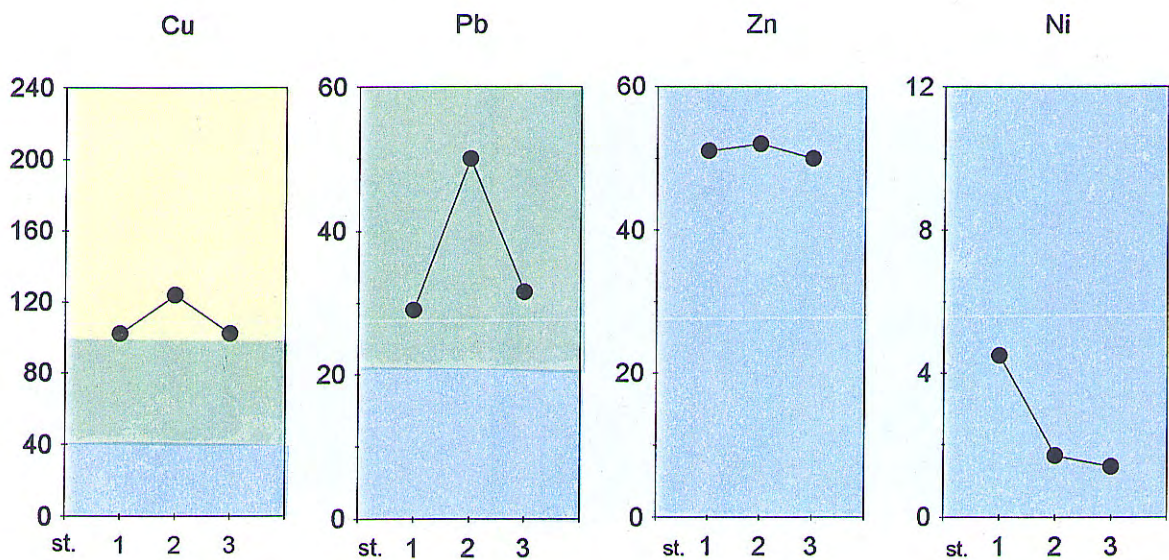


Fig.23. Konsentrasjoner (µg/g T.V.) i mose på stasjonene i Lærdal demoleringsfelt.

Sammenfattende diskusjon

Hovedhensikten med den årlige overvåkningsundersøkelsen som ble startet opp i 1992 er å klarlegge år til år variasjoner i konsentrasjoner av bly og kobber i avrenningen fra skytefelt der naturgrunnet kan være svært ulikt. Målinger over lengre tid vil også gi informasjon om det er klare økninger i transportene over tid som følge av at de deponerte mengdene øker. Vi har også testet ut metoder, der hensikten bl.a har vært å øke bruken av lokale prøvetakere slik som miljøoffiserene. Dette har fungert meget tilfredstillende. Videre har vi etterhvert fått et godt datasett på sammenhengen mellom bly- og kobber-konsentrasjoner i vann og mose i de ulike miljø og vannkvaliteter som skytefeltene representerer. Dette sammen med god basiskunnskap om feltene har gjort at overvåkingen av metallkonsentrasjonene i avrenningen fra feltene kan gjøres langt mer effektivt i fremtiden.

Erfaringer fra undersøkelsen i 1991 viste at når det gjelder metallavrenning fra skytefelt så er kulefangervoller og feltskytebaner hovedproblemet. Overvåkingen ble derfor lagt til slike områder i noen av de mest benyttede skytefeltene i landet. Målestasjonene ble med hensikt lagt så nær kilden som mulig for at avrenningsvannet ikke skulle bli for mye fortynnet av tilkomne bekker og grunnvannstilsig fra uberørte områder og at opptak i biota og bekkersedimenter ikke skulle redusere vannkonsentrasjonene for mye. Ved å studere situasjonen ved slike antatt "verste steder" vil vi få et statistisk bedre datamateriale på mengdene som løses ut. En medvirkende årsak til dette er at verdiene som regel vil være betydelig høyere enn deteksjongrensen for metallene. Det ble imidlertid også lagt noen stasjoner et stykke nedstrøms deponiene for å vurdere betydningen av metallforurensingene utenfor skytefeltet. Det ble ikke registrert forurensningseffekter av betydning utenfor skytefeltenes grenser i overvåknings-perioden.

Resultatene fra undersøkelsene i 1993 har fremskaffet ytterligere dokumentasjon om at det er feltskytebanene det er knyttet de største forurensningsproblemene til. Selv om det ikke er store mengder som årlig transporteres ut fra disse feltene (<5 kg pr.år beregnet på data i fra 1992, Rognerud 1993) så kan konsentrasjonene tidvis bli høye på grunn av liten vannføring og påfølgende gifteffekter på akvatiske organismer. Mengdene utgjør mindre enn 1% av den årlige deponeringen av bly og kobber i form av prosjektiler. Dette betyr at vi kan regne med at praktisk alt av bly og kobber som deponeres i skytefeltene forblir der og at mengdene fortsetter å øke hvert år. De metaller som løses ved korrosjon bindes til jordsmonnet, og svært lite renner av til bekker og grunnvann i alle fall som løste ioner. De største lekkasjene finner sted fra feltskytebaner som er anlagt på myr og der det generelt er lite kalk i jordsmonn og berggrunn (surt avrenningsvann). Dette gjelder i hovedsak feltene i Sør-Norge. I feltene i Nord-Norge, der det skytes betydelige mengder årlig, er lekkasjen liten hovedsakelig på grunn av et kalkrikt jordsmonn med svakt alkalisk avrenningsvann. I enkelte av feltene f.eks. Steinsjøfeltet har det vært en tendens til økende konsentrasjoner. Vi har også registrert at graving i feltskytebaner øker transporten betydelig. Vi vil derfor understreke betydningen av å holde en overvåking gående og minner om at gravevirksomhet i feltene/flytting av masser kan få svært uheldige konsekvenser for akvatiske organismer i avrenningsvannet.

Litteraturliste

- Bengtsson, Å & Lithner, G. 1981. Vattenmossa (*Fontinalis*) som metare på metallforurening. Statens Naturvårdsverk, PM 1391.
- Berryman, D. 1990. Selection de nouveaux indicateurs de la qualite des cours d'eau du Quebec. Ministry of Environment Quebec EN 900 140 QE/67/1, 77 p.
- Descy, J. P. & Empain, A. 1981. Inventaire de la qualite des eaux courantes en Wallonie. Univ. of Liege, Department of Botany.
- Kelly, M. G., Gipton, C. & Whitton B. A. 1987. Use of moss-bags for monitoring heavy metals in rivers. *Water Resource* Vol. 21, No. 11, 1429-1435.
- Kjellberg, G & Boye, B. 1992. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 2. Forurensningsgrad av tungmetaller fra Terningmoen skytefelt vurdert ut fra ulike målemetoder. NIVA-rapport. L.nr.2700
- Kjellberg, G. 1991. Tiltaksorientert overvåkning av øvre del av Glåma i 1990. NIVA-rapport L.nr. 2644.
- Kjellberg, G. 1994. Biologisk befaringsundersøkelse av Hunnselva i 1993. NIVA-rapport i trykk.
- Kjellberg, G. 1994. Tiltaksorientert overvåkning av Trysilelva. Generell vurdering av forurensningsgrad basert på kjemiske og biologiske forhold 1992. NIVA-rapport L.nr. 2983.
- Kjellberg, G. 1988. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 1. Forprosjekt vedrørende eventuelle vannforurensing fra demolering av ammunisjon ved Hjerkinnskytefelt 1986-87. NIVA-rapport L.nr. 2183. 36s.
- Lithner, G. 1989. Bedømningsgrunder for sjøar och vattendrag. Bakgrunnsdokument 2. Metaller. Naturvårdsverket. Rapport nr. 3628. 80s.
- Monteiro, H.M.V., Goncalves, E. P. & Boaventura, R. 1989. International Symposium on Integrated Approches to Water Pollution Problems, SISSIPA, Lisboa Portugal 19-23 juni 1983. III 463
- Mouvet, C., Morhain, E. Sutter, C. & Couturieux, N. 1993. Aquatic mosses for the detection and follow-up of accidental discharges in surface waters. *Water Air, and Soil Pollution* 66: 333-348.
- Rognerud, S. & Boye, B. 1992. Vannforurensing fra skytefelt. Del 3. Forurensing av aktuelle tungmetaller fra 10 av Forsvarets skytefelter. NIVA-rapport. L.nr. 2699.
- Rognerud, S. & Fjeld, E. 1993. Regional survey of heavy metals in lake sediments in Norway. *Ambio* Vol 22, No. 4. 206-212
- Rognerud, S. 1993. Vannforurensing fra skytefelt. Overvåkning av kobber og bly i 1992. NIVA-rapport L.nr. 2884.
- Rognerud, S. 1994. Basisundersøkelse av vannkvaliteten på Rødsmoen i 1993. NIVA rapport. L.nr. 3021.21s.
- Rognerud, S. Kjellberg, G. & Ingebrigtsen, K. 1993. Overvåkning av tungmetaller og klorerte hydrokarboner fra Terningmoen skytefelt i 1992, inklusive to eldre søppelplasser. NIVA-rapport L.nr. 2882.

- Rognerud, S., Kjellberg, G. & Boye, B. 1991. Vannforurensing fra skytefelt. Delprosjekt 1. Generell vurdering av bevegelighet og giftighet av tungmetaller som deponeres i militære skytefelt. NIVA-rapport. L.nr.2668.
- Rognerud, S., Kjellberg, G. & Boye, B. 1992. Water pollution of heavy metals from military firing ranges in Norway. Manuscript prepared to the Conference on Environmentally Sound Life Cycle Planning of Military Facilities and Training Areas. Dombås 23-25 september 1992.
- Selinus, O. 1988. Geochemistry and health, Ian Thornton (ed.) Science Reviews Limited, Northwood, U.K. pp 13-19.
- Smith, S.C. 1986. Base metals and mercury in bryophytes and stream sediments from a geological reconnaissance survey of Chandalar Quadrangle, Alaska. *Journal of Geochemical Exploration* 25. 345-365.

Vedlegg

Tab.1. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V}$) av metaller i vannmose på stasjonene på Bradalsmyra (1991-93).

St.1	110791	120991	100792	230992	080793	140893
Fe	0,69	0,93	0,36	0,40	0,27	0,20
Cd	1,00	3,37	<0,5	0,65	-	-
Cr	3	4	3	4	2,1	1,9
Cu	35	33	10	19	19	12
Ni	8	33	<1	<1	<1	1,9
Pb	15	2	1,3	<1	4,5	6,1
Zn	86	291	33	61	26	36
Hg	0,11	0,05	0,04	0,06	0,078	0,130
Sb	-		0,10	0,12	-	-

St.4	110791	120991	100792	230992	080793	140893
Fe	1,24	1,06	0,54	1,22	0,58	1,10
Cd	2,22	6,80	0,51	0,55	-	-
Cr	4	5	3	4	2,9	2,0
Cu	56	40	15	21	23	20
Ni	21	94	<1	1,8	3,3	<1
Pb	13	7	<1	<1	11	11
Zn	312	654	75	100	80	61
Hg	0,07	0,05	0,043	0,083	0,107	0,12
Sb	-	-	0,13	0,13	-	-

St.7	110791	120991	100792	230992	080793	140893
Fe	1,49	0,9		2,01	2,2	4,9
Cd	3,2	0,56		0,88	-	-
Cr	11	11		10	7,5	13
Cu	67	27		31	32	49
Ni	24	5,9		8,3	8,8	13
Pb	19	8,6		3,7	33	73
Zn	204	92		158	117	422
Hg	0,07	0,05		0,07	0,065	0,107
Sb	-	0,78		0,87	-	-

St.8	110791	120991	100792	230992	080793	140893
Fe	1,17	0,64		2,11	1,7	1,3
Cd	2,70	<0,5		0,54	-	-
Cr	12	15		14	10	8
Cu	59	19		24	21	26
Ni	14	<1		5,9	1,9	<1
Pb	12	<1		<1	7,3	14
Zn	281	103		240	103	96
Hg	0,07	0,04		0,06	0,050	0,061
Sb	-	0,15		0,12	-	--

Tab.2. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V.}$) av metaller i vannmose fra de militære skytefeltene i 1993.

Lok.	Mose	Mose	Mose	Mose	Mose	Mose
Evje	15/6	5/7	8/9	15/6	5/7	8/9
St.1		28	26		54	54
2		28	19		28	60
3		19	30		21	28
4		13	24		18	34
Ref.		14	13		18	18
Stein	8/7	15/8		8/7	15/8	
St.1	52	228		320	863	
1a	43	92		22	45	
2 Ny	12	13		5,5	9	
Ref.	70	70		665	802	
Brad				8/7	20/8	
St.1	19	12		5	6	
4	23	20		11	11	
7	32	49		33	73	
8	21	26		7	14	
Tern	8/7	15/8		8/7	15/8	
GRef	16	13		14	17	
Gras	24	6,9		24	33	
T1	18	8,5		15	13	
T2	14	7,7		13	35	
T2a	15	9,5		15	29	
B1	20	21		21	24	
B2	20	17		29	16	
B3	27	9,3		46	34	
Hjer	20/7	24/8	24/9	20/7	24/8	24/9
H1		12	12		10	10
H2		17	17		6,2	5,6
demo		114	112		14	13
gris1		13	19		4,7	5,5
gris2		17	19		4,3	4,2
svåni		16	18		10	11
Sæte	22/7	20/8	24/9	22/7	20/8	24/9
Ref		17	20		8,1	8,4
1		19	22		19	26
2		21	33		11	11
3		21	22		7,5	8,4
4		19	22		12	11
5		146	194		44	57
6		42	60		11	26
Mau	23/7	31/8	1810	23/7	31/8	1810
Ref		29	26		14	15
1		77	86		15	8
2		57	56		47	51
3		69	81		129	169
4		25	-		15	15
5		34	41		15	16
6		39	54		40	40
7		91	30		40	69
Pors	21/7	21/9	1810	21/7	21/9	1810
land		11	23		14	113
2		17	16		9	9
4		64	80		8	7
5		22	21		7	5
6		70	100		3	7
8		75	36		55	18
3			10		9	12

Tab.3. Konsentrasjoner ($\mu\text{g/g T.V}$) av metaller i vannmose fra ulike stasjoner i elva Nivla (1993) som avvanner demoleringsfeltet i Lærdal.

Stasjon 1.	010993	201093	Middelverdi
Cu	104	106	105
Pb	32	26	29
Zn	56	48	52
Ni	4,6	4,3	4,4

Stasjon 2.	010993	201093	Middelverdi
Cu	108	161	135
Pb	65	35	50
Zn	47	60	54
Ni	1.0	2,4	1,7

Stasjon 3.	010993	201093	Middelverdi
Cu	110	99	105
Pb	39	25	32
Zn	56	44	50
Ni	1,6	1,2	1,4

NIVA



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2515-3