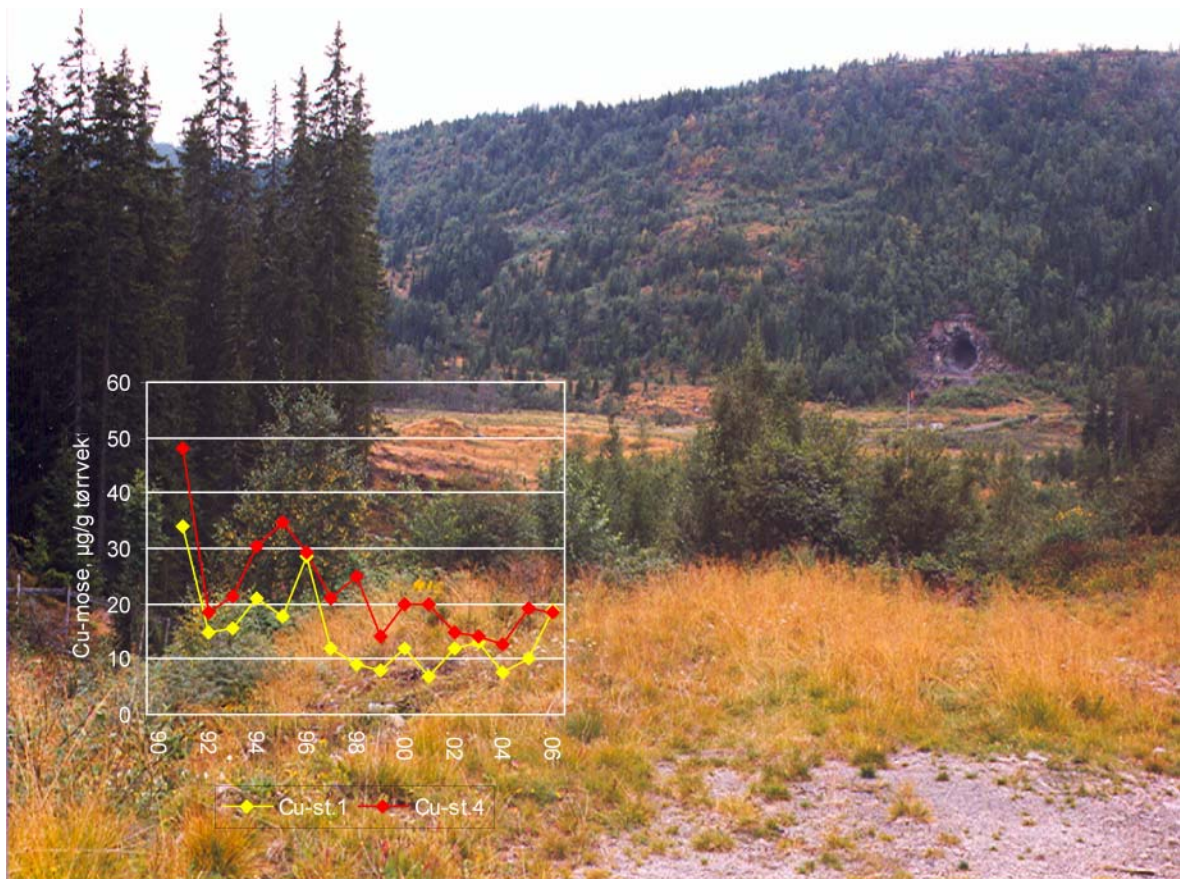


Bradalsmyra testsenter

Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metaldeponi



*Kobberkonsentrasjonen i vannmose (*Fontinalis antipyretica*) fra Veltmannåa oppstrøms (st.1) og nedstrøms testsenteret(st.4). Foto Jarl Eivind Løvik, NIVA.*

Hovedkontor

Gaustadalleen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Bradalsmyra testsenter Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi	Løpenr. (for bestilling) 5372-2007	Dato 20. august 2007
	Prosjektnr. Undernr. 26120	Sider Pris 13
Forfatter(e) Sigurd Rognerud	Fagområde miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Ragnar Haugen og Trond Aasmundstad
--------------------------------------	------------------------------------------------------------

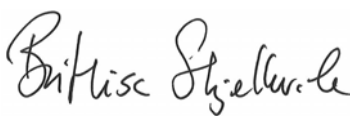
Sammendrag

Overvåkingen av metaller i vann over 16 år har vist at aktiviteten ved Bradalsmyra testsenter for utprøving av ny ammunisjon ikke har bidratt til vannforurensning av betydning for brukere nedstrøms. I Veltmannåa har det vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Cu, Pb, Zn og Sb) har vært lavere enn de laveste grensene SFT har satt for negative biologiske effekter, såkalt LBRL (Lowest Biological Risk Level). Grunnvannsiget fra deponiet forurenses ikke Veltmannåa. Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget har lav vannføring og er sårbar for utslipp. Likevel har aktiviteten ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget (med unntak av to episoder for noen år tilbake) ikke forurenset bekkene nevneverdig og forringet vannkvaliteten for eventuelle brukere nedstrøms.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Skytefelt	1. Shooting range
2. Overvåkning av vannkvalitet	2. Monitoring water quality
3. Metallkonsentrasjoner	3. Concentrations of metals
4. Forurensningsgrad	4. Degree of impact



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Brit Lisa Skjellvåle
Forskningsleder



Jarle Nygard
Fag og markedsdirektør

Bradalsmyra testsenter

Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metaldeponi

Forord

Rapporten omhandler resultater fra undersøkelsen i 2006 av metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvannsig fra et metalldeponi. Årets resultater er satt i sammenheng med de årlige målingene som startet i 1991.

Prosjektet ble kontraktfestet i 23. januar 2006, og Nammo Raufoss AS (Nordic Ammunition Company) er oppdragsgiver. Kontaktperson på testsenteret har vært Ragnar Haugen og Trond Aasmundstad som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeidet har vært gjennomført av Sigurd Rognerud ved NIVAs Østlandsavdeling. Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Ottestad, 20. august 2007



Sigurd Rognerud

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metoder	7
2.1 Innsamling og vannanalyser	7
2.2 Grunnvannsbrønner	7
2.3 Klassifisering av tilstand	7
3. Resultater	8
3.1 Primærdata fra 2006	8
3.2 Veltmannåa	8
3.3 Deponiet	10
3.4 Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget	11
4. Diskusjon	12
5. Referanser	13

Sammendrag

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av to mindre bekker som bl.a avvanner miljøtestanlegget og verkstedområdet. Testsenteret har også et deponi som inneholder "metallavfall" etter overflatebehandling ved tidligere Raufoss Våpenfabrikk.

SFT ønsker å benytte såkalte "Lowest Biological Risk Level (LBRL)" som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller ved riskovurderinger i forbindelse med avrenning fra skytebaner. Dette er i overensstemmelse med de anbefalinger NIVA har gitt i forbindelse med konsesjonsbehandlingen av Regionfelt Østlandet og som Forsvarsbygg siden har benyttet ved avhending av skytebaner.

Konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Cu, Pb, Zn og Sb) var lavere enn LBRL (Lowest Biological Risk Level) grensene i Veltmannåa. Generelt har det vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men dette er for lite til at LBRL-grensene overstiges. Vi kan derfor konkludere med at testsenteret ikke forurensar Veltmannåa nevneverdig. Grunnvannsiget fra deponiet birar ikke til konsentrasjonsøkninger av metaller i Veltmannåa. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så vidt stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Vann som tilkommer fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil føre til en fortykning og en reduksjon i metallkonsentrasjonene. Derfor har aktiviteten ved testsenteret ikke forringet vannkvaliteten i Veltmannåa og den skaper ingen problemer for eventuelle brukerinteresser nedstrøms.

Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget har lav vannføring og eventuelle utslipp av metaller vil raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I overvåkningsperioden har konsentrasjonene i all hovedsak vært lavere enn LBRL-grensene. Det eneste unntaket var to episodiske utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og 1997 (miljøtestsenteret). Årsaken til utslippene ble fjernet, og således har overvåkingen virket etter hensikten. Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil bidra til en fortykning av metallkonsentrasjonene. Med unntak av de ovennevnte episodene har aktiviteten ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget ikke forurenset bekkene og forringet vannkvaliteten for eventuelle brukere nedstrøms.

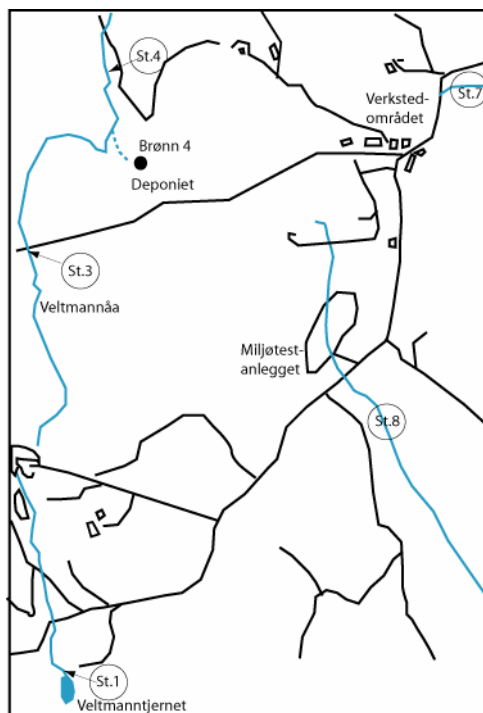
Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentert ikke bidrar til vannforurensning av betydning for brukere nedstrøms. Systematiske analyser gjennom 16 år i bekkene som avvanner feltet er grunnlaget for denne konklusjonen. Overvåkingen har også den store fordel at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsenteret.

1. Innledning

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av to mindre bekker som bl.a avvanner miljøtestanlegget og verkstedområdet (Fig.1). Et deponi er lokalisert nord for kjøretraseen til det nordligste kulvertanlegget (Fig.1). Dette inneholder metaller som var ”avfall” etter overflatebehandling ved Raufoss Våpenfabrikk. Det er uklart i hvilken grad det var faste masser (utfelte metaller etter såkalt avgiftning) som ble deponert, eller om metallene ble deponert som vandige løsninger. Det ble tilsatt kalk som skulle skape et alkalisk miljø og derved bidra til å felle ut metallene slik at de ble immobilisert og ikke forurenset Veltmannåa.

Vannkvaliteten oppstrøms og nedstrøms deponiet ble første gang undersøkt av NIVA i 2004, og det ble konkludert med at deponiet ikke forurenset Veltmannåa (Rognerud 2004). For å ha en kontroll på utviklingen over tid har likevel metallkonsentrasjoner i grunnvannet nedstrøms deponiet, nærmest Veltmannåa (Brønn 4) inngått i den årlige overvåkingen i 2005 og 2006. I 2006 ble et nytt målepunkt (st.3) etablert oppstrøms antatt utsig fra deponiet til Veltmannåa. Hensikten var å vurdere betydningen av utsiget for metallkonsentrasjonene i Veltmannåa.

Hensikten med undersøkelsen er å avklare om metaller lekker ut i drenerende bekker og forurenser områdene utenfor testsenteret. Overvåkingen skal avdekke tidstrender i metallkonsentrasjonene slik at tiltak kan settes i verk raskest mulig hvis det skjer en negativ utvikling i vannkvaliteten.



Figur 1. Bradalsmyra testsenter med veinett, bekker og prøvetakningspunktene i Veltmannåa (St.1, 3 og 4), fra verkstedsområdet (st. 7) og miljøtestsenteret (st. 8) samt i grunnvannet nedstrøms deponiet (Brønn 4) som er nærmest Veltmannåa.

2. Metoder

2.1 Innsamling og vannanalyser

Det ble samlet inn vannprøver fra brønn 4, som er den nederste (nærmest Veltmannåa) av i alt 5 brønner som ble satt ned i 2004 (se Rognerud 2004). Prøven ble hentet opp med elektriske miljøpumper som ble senket ned i røret. Vannprøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker fra brønnen ved deponiet og 5 stasjoner i bekkene. I 2006 ble det opprettet en ny stasjon i Veltmannåa (st.3) oppstrøms antatt utsig fra deponiet for å avdekke eventuelle bidrag av metaller fra deponiet. Metallene er analysert etter metode E 8-3 gitt i metodebeskrivelser ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Det ble samlet inn prøver fra 4 prøverunder i 2006. På grunn av problemer med nedslamming av moser ble middelkonsentrasjoner av bly og kobber i moser estimert på bakgrunn av regresjoner mellom metall-konsentrasjoner i mose og vann gitt i tidligere overvåkningsdata fra Bradalsmyra (Rognerud 2005). Dette for å videreføre langtidsserien på moser. Omregningen er gjort på bakgrunn av følgende ligninger:

St.1 og 4: $\text{Cu-mose} = 9,4 \text{ Cu-vann} + 5,8$ ($n = 37$, $r^2 = 0,41$), $\text{Pb-mose} = 21,6 \text{ Pb-vann} + 7,9$ ($n = 40$, $r^2 = 0,42$).
 St. 7: $\text{Cu-mose} = 10,0 \text{ Cu-vann} + 15,1$ ($n = 20$, $r^2 = 0,45$), $\text{Pb-mose} = 24,4 \text{ Pb-vann} + 14,9$ ($n = 20$, $r^2 = 0,52$)
 St. 8: $\text{Cu-mose} = 11,1 \text{ Cu-vann} + 9,0$ ($n = 20$, $r^2 = 0,48$), $\text{Pb-mose} = 21,6 \text{ Pb-vann} + 7,9$ ($n = 20$, $r^2 = 0,45$)

2.2 Grunnvannsbrønner

I 2004 ble det satt ned 5stk 63 mm overvåkningsbrønner med filter og lokk. Renset filtersand (kvarts) ble benyttet til omfylling. Lengden på rørene er ca. 2 m. Brønn 0 (referansen) ligger ovenfor deponiet, Brønn 1 er i selve deponiet, mens Brønn 2, 3 og 4 ligger nedstrøms deponiet med henholdsvis økende avstand. I 2005 ble bare Brønn 0 og 4 undersøkt, mens i 2006 ble kun Brønn 4 undersøkt da dette er siste målepunkt før grunnvannsiget fra deponiet når Veltmannåa. Koordinatene for denne er: N 60° 42.822', E 10° 32.900'

2.3 Klassifisering av tilstand

I 1992 utviklet Statens Forurensningstilsyn (SFT) et system der vannkvalitet ble inndelt i tilstandsklasser (Holtan og Rosland 1992). Denne klassifikasjonen ble revidert i 1997 (Andersen et al. 1997). I en nylig rapportert undersøkelse av sivile skytebaner ønsker SFT å benytte såkalte "Lowest Biological Risk Level (LBRL)" utviklet av Lydersen et al. (2002) som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller for risikovurderinger i avrenning fra skytebaner (Rognerud og Rustadbakken 2007). Dette er samme system som SFT har lagt til grunn ved konsesjonsbehandling av Regionfelt Østlandet etter anbefaling fra NIVA. Forsvarsbygg har benyttet LBRL ved risikovurderinger for avhending av skytebaner og konsentrasjonene for Cu, Pb og Zn sammenfaller med øvre grense for tilstandsklasse III i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (Tab.1). Ingen grenseverdi er gitt for antimon, men her er drikkevannsnormen valgt (5 µg/l).

Tabell 1. Lowest Biological Risk Level (LBRL) for konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb) og sink (Zn) i vann. LBRL verdiene er de samme som øvre grense for tilstandsklasse III i SFTs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Drikkevannsnormen er valgt for antimon (Sb).

Metall	Cu	Pb	Sb	Zn
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
LPRL	3	2,5	5	50

3. Resultater

3.1 Primærdata fra 2006

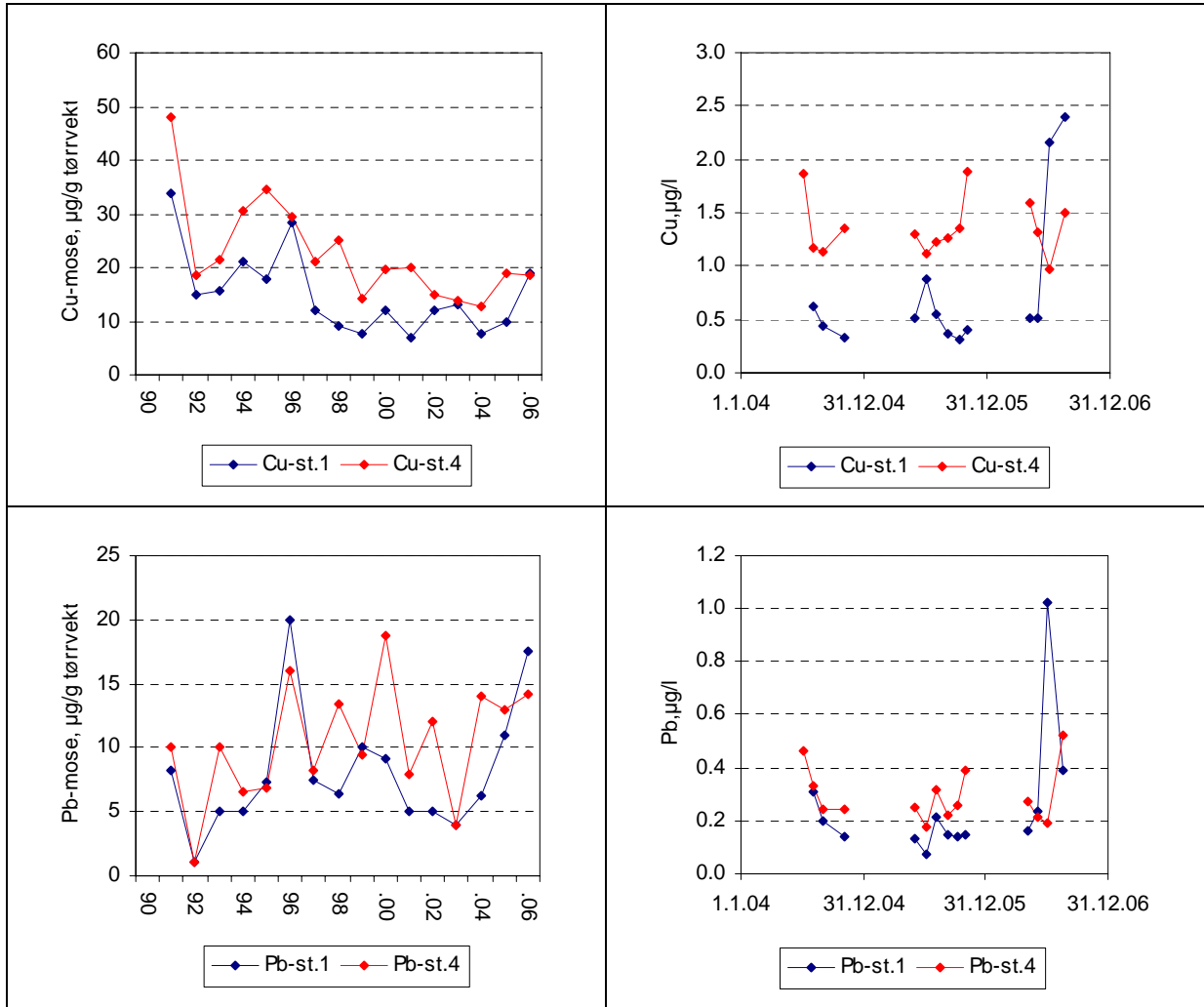
Primærdata for vannanalysene i 2006 er gitt i tabell 2, mens resultatene for 2004 og 2005 er gitt i overvåkningsrapportene for disse årene (Rognerud 2004, 2005).

Tabell 2. Analyser av vannkonsentrasjoner på Bradalsmyra i 2006.

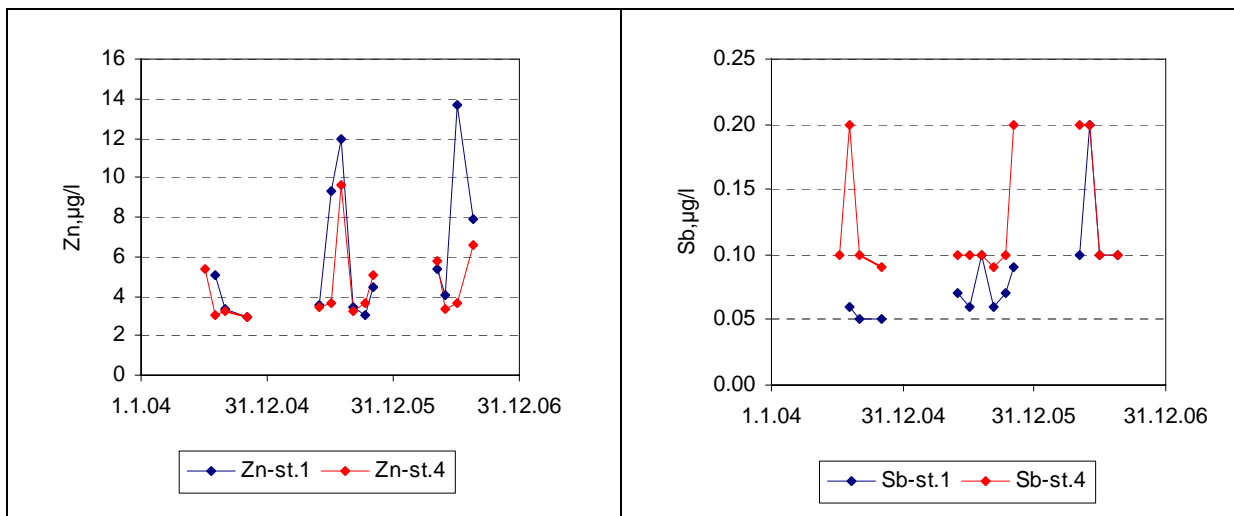
Lokalitet	stasjon	Dato	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	1	08.05.2006	0.51	0.16	0.10	5.41
Bradalsmyra	1	02.06.2006	0.51	0.24	0.20	4.06
Bradalsmyra	1	03.07.2006	2.16	1.02	0.10	13.70
Bradalsmyra	1	21.08.2006	2.40	0.39	0.10	7.90
Bradalsmyra	3	08.05.2006	1.52	0.23	0.20	4.68
Bradalsmyra	3	02.06.2006	1.70	0.30	0.23	3.96
Bradalsmyra	3	03.07.2006	0.71	0.12	0.08	2.00
Bradalsmyra	3	21.08.2006	1.40	0.50	0.11	2.60
Bradalsmyra	4	08.05.2006	1.60	0.27	0.20	5.79
Bradalsmyra	4	02.06.2006	1.31	0.21	0.20	3.33
Bradalsmyra	4	03.07.2006	0.97	0.19	0.10	3.64
Bradalsmyra	4	21.08.2006	1.50	0.52	0.10	6.60
Bradalsmyra	7	08.05.2006	6.08	0.49	2.90	18.30
Bradalsmyra	7	02.06.2006	3.25	0.20	1.90	12.60
Bradalsmyra	7	03.07.2006	2.32	0.36	1.00	6.72
Bradalsmyra	7	21.08.2006	2.10	0.42	1.70	5.20
Bradalsmyra	8	08.05.2006	3.64	0.83	0.47	14.70
Bradalsmyra	8	02.06.2006	3.36	0.35	0.27	10.20
Bradalsmyra	8	03.07.2006	1.79	0.28	0.10	10.50
Bradalsmyra	8	21.08.2006	1.20	0.28	0.10	6.70
Bradalsmyra	Brønn 4	08.05.2006	7.82	4.68	0.08	39.40
Bradalsmyra	Brønn 4	02.06.2006	5.60	3.80	0.10	32.70
Bradalsmyra	Brønn 4	03.07.2006	5.60	4.67	0.20	22.40
Bradalsmyra	Brønn 4	21.08.2006	7.00	5.50	0.10	270.00

3.2 Veltmannåa

Middelkonsentrasjonen av kobber i vannmoser har vist en synkende trend i (mai-oktober) fra 1991 til 1997, men siden har den vært relativt konstant (Fig.2). Denne trenden har vært den samme ved innløpet til testsenteret (st.1) og ved utløpet av testsenteret (st.4). De fleste år har det vært en konsentrasjonsøkning av kobber i Veltmannåa på veien gjennom testsentert, men i 2006 var det høyere verdier ved st.1 i juli og august (lav vannføring). Konsentrasjonene av bly har vært svært lave i bekken gjennom hele overvåkningsperioden, og variasjonene i blykonsentrasjonene i mose skal ikke tillegges for stor vekt. Det har vært små forskjeller på blykonsentrasjonene i bekken inn og ut av testsenteret (st.4) bortsett fra i juli 2006. Undersøkelsene i 2004 viste at konsentrasjonene av andre metaller som kadmium, nikkel og krom var lave i Veltmannåa, mens konsentrasjonene av sink var generelt høyest av metallene som ble undersøkt, og at antimon viste et lite påslag i bekken gjennom testsenteret. Konsentrasjonene av sink og antimon ble også undersøkt i 2005 og 2006 (Fig. 3). Konsentrasjonene av sink har variert mellom 3 og 14 µg Zn/l. De høyeste konsentrasjonene skyldes forhøyede verdier ved st.1 før bekken renner inn i feltet og påvirker sinkkonsentrasjonen også ut av feltet, men den er av episodisk karakter. Aktivitet ved brennplassen kan være en mulig forklaring. Generelt var det ingen konsentrasjonsøkning av sink i Veltmannåa gjennom feltet. Det var lave konsentrasjoner av antimon i Veltmannåa som forurensningsmessig har ingen betydning.



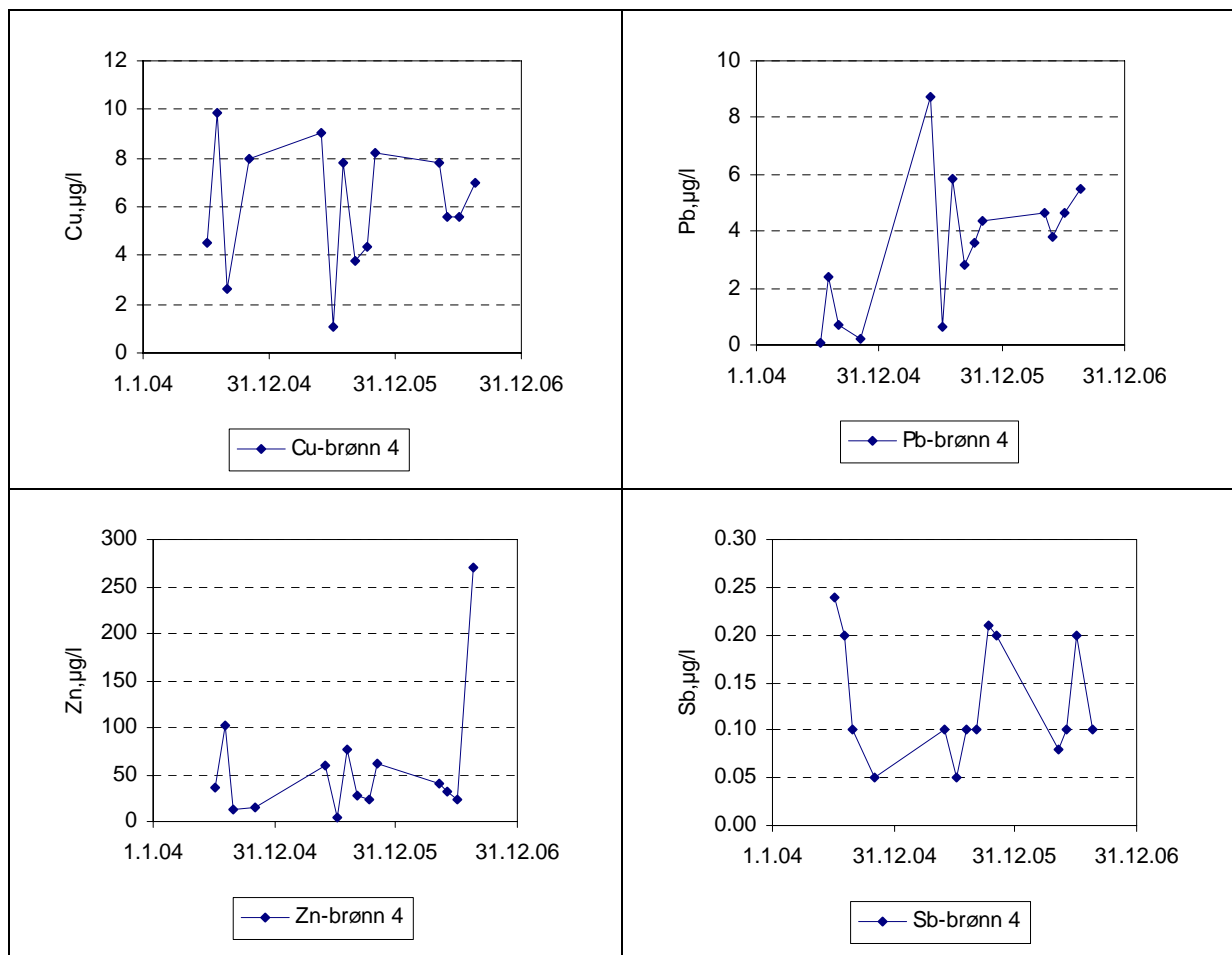
Figur 2. Middeldkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved stasjon 1 og 4 i Veltmannåa (venstre paneler) og vannkonsentrasjoner av Cu og Pb ved tilsvarende stasjoner i perioden 2004 - 2006 (høyre paneler).



Figur 3. Konsentrasjonene av sink (Zn) og antimon (Sb) i Veltmannåa ved innløpet til testsenteret (st.1) og utløpet (st. 4) i perioden 2004 - 2006.

3.3 Deponiet

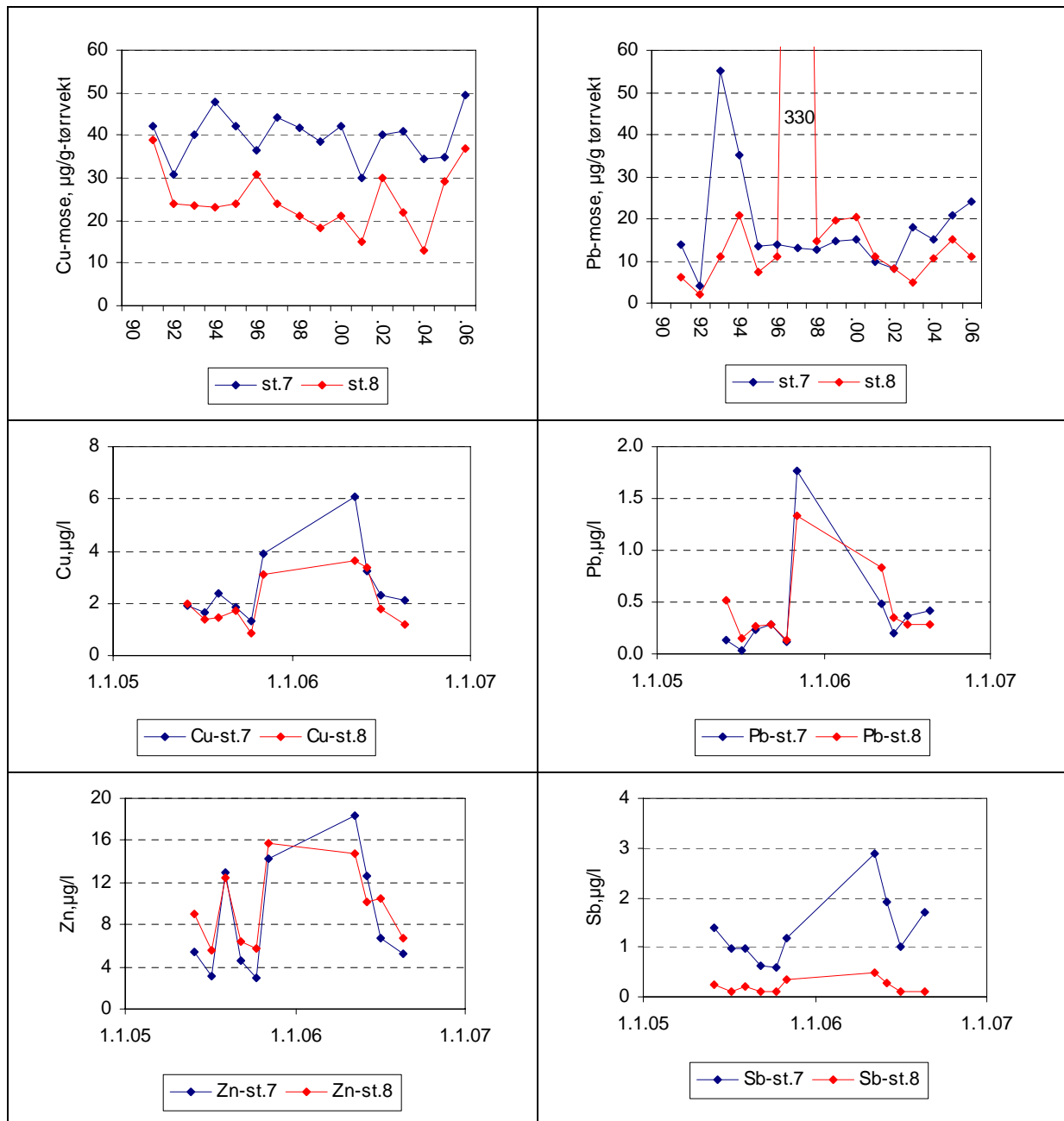
Konsentrasjonene av kobber, bly og sink i grunnvannet fra deponiet (brønn 4) var generelt noe høyere enn i Veltnannåa like nedstrøms samløpet (st.4), mens konsentrasjonene av antimon var nær de samme. Det har vært en tendens til økte konsentrasjoner av bly i måleperioden, men ingen klar endring i de andre metallene, med unntak av en episodisk høy sinkkonsentrasjon i august 2006. Dette skyldes høyst sannsynlig lavt grunnvannspeil (liten bevegelse i grunnvannet) på grunn av tørre forhold og liten grad av fortykning fra områder utenfor deponiet. Målingene i Veltnannåa oppstrøms (st.3) og nedstrøms (st.4) grunnvannsiget fra deponiet til Veltnannåa viser at deponiet ikke bidrar til noen økning av metallkonsentrasjonene i Veltnannåa (Tab.2).



Figur 4. Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) ved brønn 4 som er siste målested før grunnvannet når Veltnannåa.

3.4 Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget

Middelkonsentrasjonene av kobber har vært relativt stabile både i bekken fra verkstedsområdet (st.7) og i bekken fra miljøtestanlegget (Fig. 5), men de var noe høyere i 2006. Middelkonsentrasjonene av bly har også vært relativt stabile med unntak av 1993 og 1994 ved st. 7 og 1997 ved st. 8. Kilden til forurensningene disse årene ble funnet, og siden har konsentrasjonene vært normale slik som i 2006 med ca. 0,3 µg Pb/l (Fig. 5). I 2005 og 2006 ble også konsentrasjonene av sink og antimon undersøkt i bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget (Fig.5).



Figur 5. Middelkonsentrasjonene av kobber og bly i vannmoser fra verkstedsområdet (st.7) og fra miljøtestanlegget (st.8) i perioden mai-oktober fra 1991 til 2006 (øvre paneler), samt konsentrasjonene i vann av kobber (Cu), bly (Pb), antimon (Sb) og sink (Zn) i perioden 2004-2006.

Konsentrasjonene av kobber og bly var på nivå med konsentrasjonene i Veltmannåa, mens konsentrasjonene av antimon i bekken fra verkstedsområdet var klart høyere. Da konsentrasjonene av antimon generelt er lav i naturlig vann, er det rimelig å anta at det er en liten antimonkilde inne på verkstedsområdet. De forhøyede verdiene for alle elementene i november kan skyldes en svært lav vannføring ved denne anledningen. Den samme trenden i begge bekkene kan tyde på at dette er en rimelig forklaring.

4. Diskusjon

I Veltmannåa var konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Cu, Pb, Zn og Sb) lavere enn grensene som er satt for laveste grenser for negative biologiske effekter, såkalt LBRL (Lowest Biological Risk Level). I overvåkingsperioden har det generelt vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men dette er lite vi kan konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig. Grunnvannsiget fra deponiet forurenses ikke Veltmannåa. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så vidt stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Vann som tilkommer fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil bidra til å fortynne konsentrasjonene ytterligere. Konklusjonen blir derfor at aktiviten ved testsenteret ikke forringer vannkvaliteten i Veltmannåa og den skaper ingen problemer for eventuelle brukerinteresser nedstrøms.

Bekkene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget har lav vannføring og eventuelle utslipp av metaller vil raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I overvåkingsperioden har konsentrasjonene i all hovedsak vært lavere enn LBRL-grensene. Det eneste unntaket var to episodiske utslipp av bly i 1993 (verkstedsområdet) og 1997 (miljøtestsenteret). Årsaken til utslippene ble fjernet, og således har overvåkningen virket etter hensikten. Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil bidra til en fortynning av metallkonsentrasjonene. Med unntak av de ovennevnte episodene har aktiviteten ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget ikke forurenset bekkene og forringet vannkvaliteten for eventuelle brukere nedstrøms.

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentert ikke bidrar til vannforurensning av betydning for brukere nedstrøms. Overvåkningen gjennom 16 år er en viktig styrke for denne konklusjonen. Overvåkningen har også den store fordelen at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsenteret.

5. Referanser

- Andersen, J.R. et al. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT Veiledning 97:04.31s.
- Holtan, H. og Rosland, D.S. 1992. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veileder nr. 92:06. SFT-TA- 905/1992.
- Lydersen, E., Løfgren, S and Arnesen, R.T. 2002. Metals in Scandinavian surface waters: effects of acidification, liming and potential reacidification. Critical Rev. Environ. Sci. Technol. 32: Issue 2 and 3. 295s.
- Rognerud, S. 2004. Bradalsmyra testsenter. Vannkvalitet i grunnvann i tilknytning til et deponi og i Veltmannåa som avvanner størstedelen av testsenteret. NIVA-rapport Lnr. 4919-2004.
- Rognerud, S. 2005. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr 5110-2005.
- Rognerud, S. og Rustadbakken, A. 2007. Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner. Resultater fra undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport Lnr. 5367-2007.