

# Bradalsmyra testsenter

## Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig



**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Bradalsmyra testsenter Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig.	Løpenr. (for bestilling) 6103 -2011	Dato 18. januar 2011
	Prosjektnr. Undernr. 10326	Sider Pris 18
Forfatter(e)  Sigurd Rognerud	Fagområde miljøgifter	Distribusjon Fri
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Trond Simen Aasmundstad
--------------------------------------	---

**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 avvanner miljøtestanlegget og verkstedområdet. Forurensningsgraden av bly, kobber, sink og antimon i bekkene har i perioden 1991-2005 vært undersøkt i snøfri periode, ved hjelp av konsentrasjonsmålinger i vannmoser, deretter bare ved hjelp av konsentrasjonsmålinger i vann. Aktiviteten ved testsentert har ikke bidratt til nevneverdig forurensning av metaller for brukere nedstrøms testsenteret i denne perioden. Konsentrasjonene av kobber, bly, sink og antimon har vært lavere enn LBRL grensene (Lowest Biological Risk Level) i alle bekkene. Det har tidvis vært et lite bidrag av kobber og bly fra testsenteret til Veltmannåa, men dette har ikke bidratt til å forurense Veltmannåa nevneverdig. Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget fra metalldeponiet er høyere enn i Veltmannåa, men vannmengdene er beskjedne og dette bidrar ikke til målbare økninger i metallkonsentrasjonene i Veltmannåa.

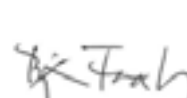
Fire norske emneord 1. Skytefelt 2. Overvåkning 3. Metallkonsentrasjoner 4. Forurensningsgrad	Fire engelske emneord 1. Shooting range 2. Monitoring 3. Metal concentrations 4. Degree of impact
---	---



*Sigurd Rognerud*  
Prosjektleder



*Thorjørn Larssen*  
Forskningsleder



*Bjørn Faafeng*  
Seniorrådgiver

## **Bradalsmyra testsenter**

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og  
grunnvannsig

## Forord

Vi rapporterer her resultatene fra undersøkelsene av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig på Bradalsmyra testsenter i 2010. Disse resultatene er satt i sammenheng med tidligere målinger av metallkonsentrasjoner i vannmoser (1991-2006) og i vann (2004-2010).

Prosjektet ble bekreftet 23. juni 2010, og Nammo Raufoss AS er oppdragsgiver. Kontaktperson ved testsenteret har vært Trond Simen Aasmundstad som takkes for godt samarbeid.

Feltarbeidet har vært gjennomført av Sigurd Rognerud og alle analysene er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Ottestad, 18. januar 2011



*Sigurd Rognerud*

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Metoder</b>	<b>7</b>
2.1 Innsamling og vannanalyser	7
2.2 Grunnvannsbrønner	7
2.3 Klassifisering av tilstand	7
<b>3. Resultater</b>	<b>8</b>
3.1 Humuspåvirkning og pH	8
3.2 Veltmannåa	8
3.2.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser	8
3.2.2 Tidstrend basert på vannanalyser	9
3.2.3 Sammenheng mellom TOC og metallkonsentrasjoner	10
3.3 Bekkene fra verkstedområdet og miljøtestanlegget	10
3.3.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser	10
3.3.2 Tidstrend basert på vannanalyser	11
3.3.3 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner	12
3.4 Grunnvannsbrønnen	13
<b>4. Diskusjon</b>	<b>14</b>
<b>5. Referanser</b>	<b>15</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>16</b>

---

## 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. Dette drenerer til Veltmannåa.

Klif har benyttet ”Lowest Biological Risk Level (LBRL)” som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller ved riskovurderinger i forbindelse med avrenning fra skytebaner. LBRL- konsentrasjonene for Cu, Pb og Zn sammenfaller med øvre grense for tilstandsklasse III i Klifs klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Det er ikke gitt noen LBRL grense for antimon, men her har vi valgt drikkevannsnormen.

I Veltmannåa har konsentrasjonene av kobber, bly, sink og antimon i overvåkingsperioden (inklusive 2010) vært lavere enn LBRL grensene (Lowest Biological Risk Level). Det har tidvis vært et lite bidrag av kobber og bly fra testsenteret til Veltmannåa, men dette vurderes som lite. Konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget fra metalldeponiet er riktig nok høyere enn i Veltmannåa, men for konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa er disse ubetydelige. Dette skyldes antagelig at delnedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa oppstrøms utløpet fra testsenteret. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Overvåkingen har imidlertid vist at aktiviteten ved testsenteret ikke har forringet vannkvaliteten nevneverdig i Veltmannåa med hensyn til de metaller vi har undersøkt.

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 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 20 år i bekkene som avvanner feltet, gir styrke til denne konklusjonen. Overvåkingen 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.



# 1. Innledning

På Bradalsmyra testes konvensjonell ammunisjon og det prøves ut 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 siden 2005. I 2006 ble et nytt målepunkt (st.3) etablert i Veltmannåa oppstrøms der en kan forvente at utsiget fra deponiet når bekken. Derved kan en eventuell effekt av metallutlekking fra deponiet på metallkonsentrasjonene i bekken lettere spores.

Hensikten med undersøkelsen er å avklare om det lekker ut metaller i et omfang som gjør at bekkene som avvanner testsenteret blir vesentlig forurenset når de renner ut av testsenteret. Overvåkingen skal avdekke tidstrender i metallkonsentrasjonene slik at tiltak kan settes i verk raskest mulig hvis det skjer en negativ utvikling i vannkvaliteten. Vi rapporterer her primært data fra undersøkelsene i 2010, men resultatene er satt i sammenheng med tidligere målinger av metaller i vann (fra og med 2004) og metaller i vannmose (1991-2005) (Rognerud 2010).



**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 er samlet inn prøver fra 3 stasjoner i Veltmannåa og en stasjon i bekkene som avvanner henholdsvis verkstedområdet og miljøtestsentret. I 2006 ble det opprettet en ny stasjon i Veltmannåa (st.3) oppstrøms utsig fra metalldeponiet. Det ble samlet inn vannprøver fra en grunnvannsbrønn (Brønn.4) av i alt 5 brønner som ble opprettet nedstrøms deponiet i 2004 (Rognerud 2004). Prøvene fra brønnen ble hentet opp med elektriske miljøpumper som ble senket ned i røret. Vannprøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker, mens vann for analyse av pH og TOC ble samlet inn på andre rengjorte plastflasker. Metallene er analysert etter metode E 8-3 gitt i metodebeskrivelser ved NIVAs akkrediterte laboratorium. Bruk av moser som biomonitor av metaller måtte opphøre i 2006 på grunn av økende problemer med nedslamming. For å videreføre tidsserien som startet i 1991 har vi estimert middelkonsentrasjoner av bly og kobber i moser på bakgrunn av regresjoner mellom metall-konsentrasjoner i mose og vann gitt i tidligere overvåkningsdata fra Bradalsmyra (Rognerud 2005). 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 fra og med 2006 er 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, nå Klif) et system der vannkvalitet ble inndelt i tilstandsklasser (Holtan og Rosland 1992). Denne klassifikasjonen ble revidert i 1997 (Andersen et al. 1997). SFT har benyttet såkalte "Lowest Biological Risk Level (LBRL)" utviklet av Lydersen et al. (2002) som nedre konsentrasjonsgrenser for ulike metaller for riskovurderinger 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 riskovurderinger 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
LBRL	3	2,5	5	50

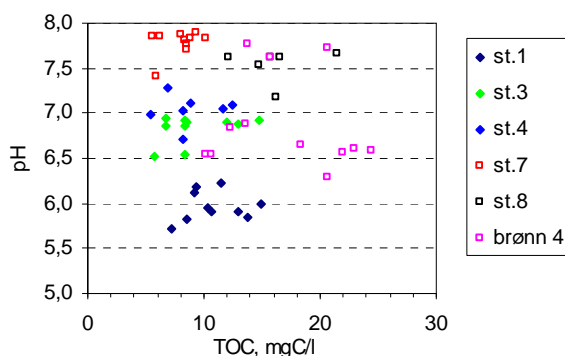


### 3. Resultater

Primærdata for alle vannanalysene i perioden 2007-2010 er gitt i tabell 3 i vedlegget.

#### 3.1 Humuspåvirkning og pH

Det var til dels stor variasjon i pH og TOC mellom de ulike målepunktene (Fig.2). I Veltmannåa økte pH samtidig med at TOC konsentrasjonen (humuspåvirkningen) avtok noe gjennom feltet (st.1 til 3 og 4). Bekkene fra verkstedområdet (st.7) og miljøtestanlegget (st.8) har alkalisk vann, og er moderat (st.7) til betydelig humuspåvirket (st.8). Dette er naturlig da mye av verkstedsområdet er asfaltert, mens det er myrlendt rundt testsenteret. Grunnvannsiget (brønn 4) har stor variasjon i pH og TOC. Dette skyldes antagelig at utsiget fra det kalkede metalldeponiet har større betydning til enkelte tider.

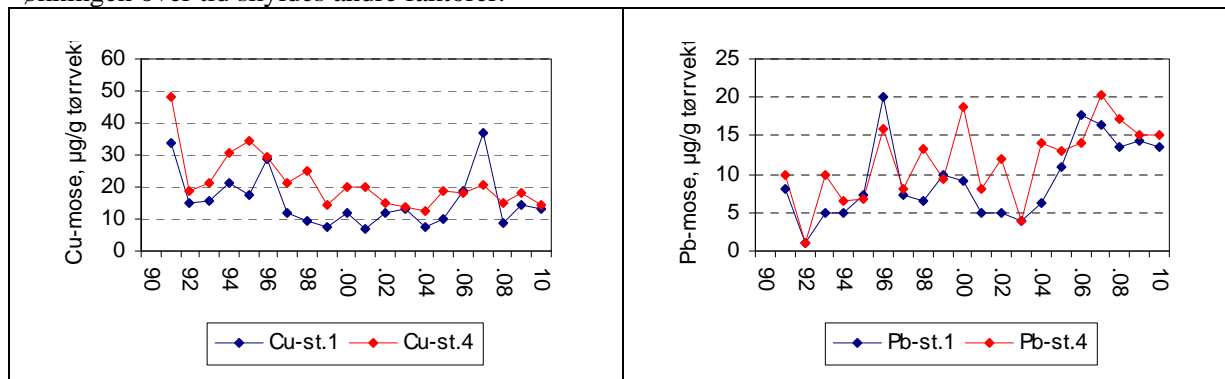


**Figur 2.** Sammenhengen mellom TOC og pH i Veltmannåa (st.1,3,4), bekkene fra verkstedområdet (St.7) og miljøtestanlegget (st.8), samt i grunnvannsiget fra metalldeponiet (brønn 4) for 2007-2010.

#### 3.2 Veltmannåa

##### 3.2.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser

Middelkonsentrasjonen av kobber i vannmoser har vist en synkende trend fra 1991 til 1999 (Fig.3). Etter dette har det vært små endringer fra år til år og ingen klar trend. Konsentrasjonen av kobber var høy ved i st.1 i 2007, men da ble det bare gjort en måling over 3 uker og den er neppe representativ. Omregning fra metallkonsentrasjoner i vann til konsentrasjoner i moser bør være basert på minst 3 målinger av over sesongen. Med unntak av 2007 så var konsentrasjonene av kobber høyere i bekket (st.4) enn inn i feltet (st.1). Konsentrasjonene av bly var nær de samme på st.1 og st.4 og det var svak tendens til økning fra og med 2005. Det vil si at bidraget av bly fra testsenteret er lite og at at økningen over tid skyldes andre faktorer.

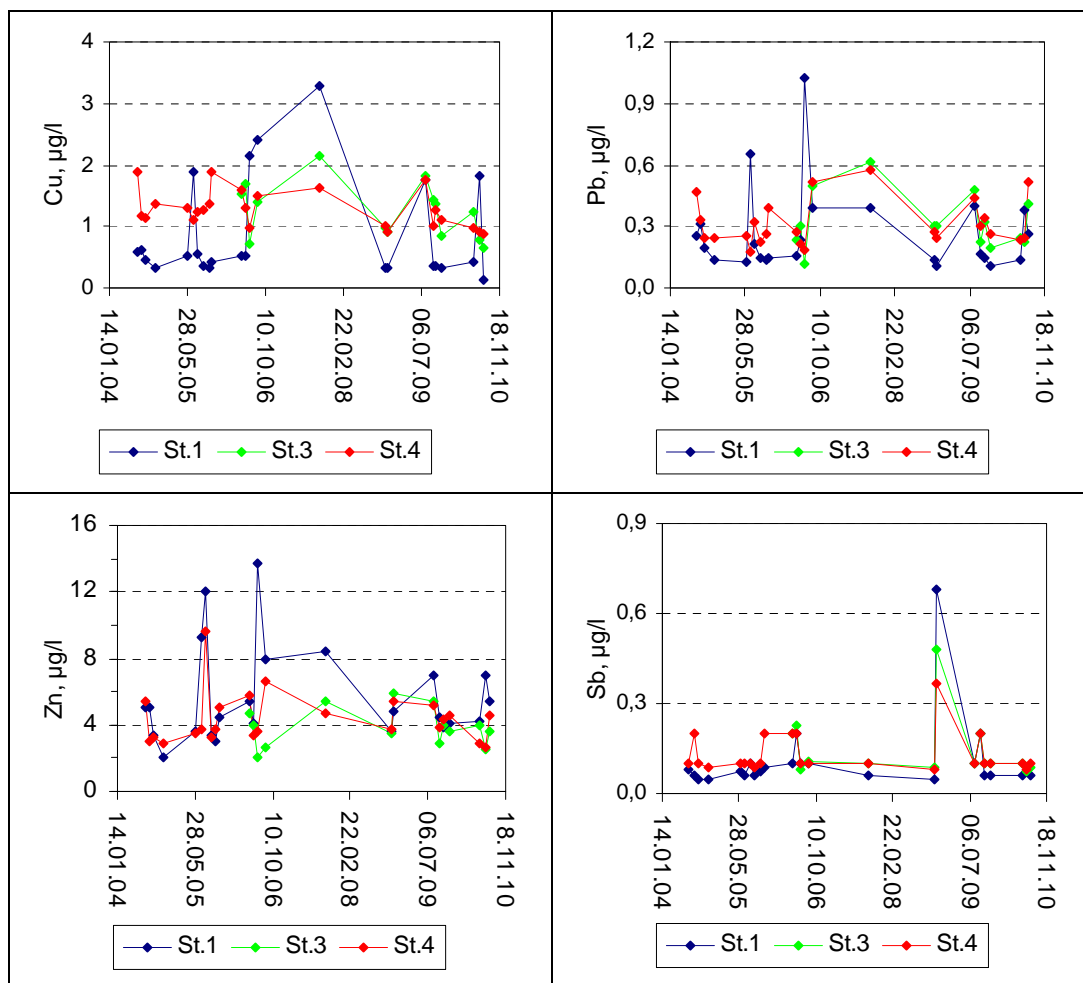


**Figur 3.** Middeldkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved stasjon 1 (inn i feltet) og 4 (ut av feltet) i Veltmannåa. Fra og med 2006 er konsentrasjonene estimert (se metodekapitlet).

### 3.2.2 Tidstrend basert på vannanalyser

Vannanalysene etter 2004 viser at det i de fleste år har det vært en liten konsentrasjonsøkning av kobber i Veltmannåa på veien gjennom testsentert, men i slutten av 2006 og i 2007 var det høyere verdier inn i feltet (Fig.4). Dette indikerer en kilde oppstrøms feltet. Generelt har konsentrasjonene av bly og antimon vært lave og det har vært ubetydelige økninger av konsentrasjonene i bekken på veien gjennom feltet (Fig.4). Likevel har det vært episodisk tilfeller av forhøyede konsentrasjoner på st.1 som kan indikerte lokale utslipp (f.eks 26. november 2008 for antimon, Tab.2 i vedlegget).

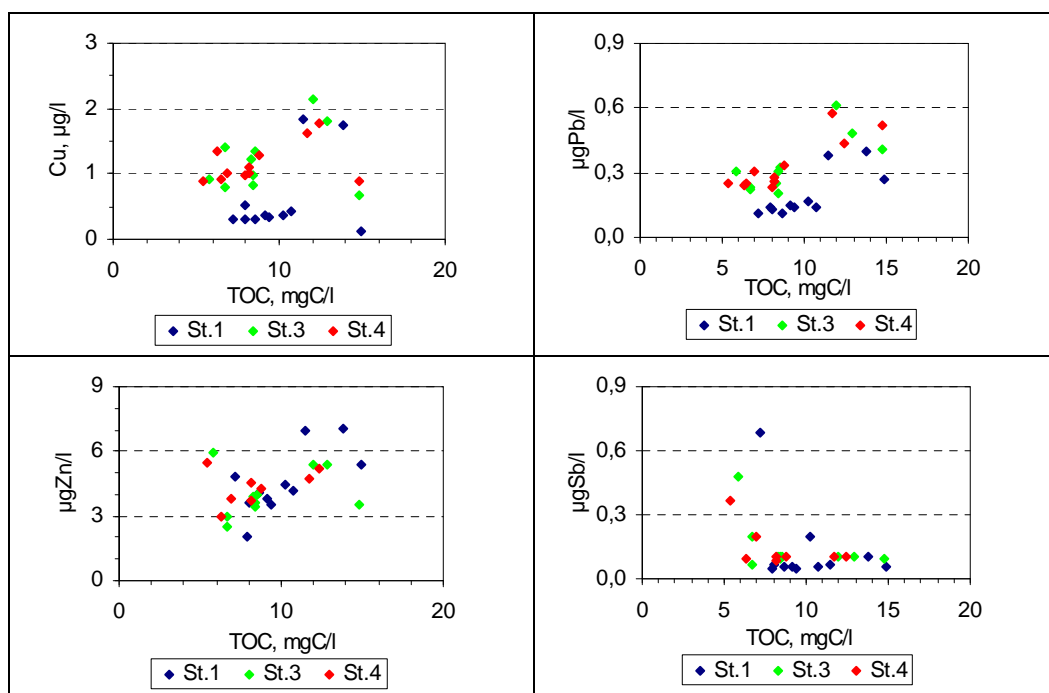
Konsentrasjonene av sink har variert mellom 3 og 14  $\mu\text{g/l}$ . De høyeste konsentrasjonene skyldtes forhøyede verdier ved st.1, før bekken renner inn i feltet. Dette skjedde i samme tidsperioder som kobberkonsentrasjonene økte. Det ligger en brennplass nær st.1 og aktivitet ved denne kan være en mulig forklaring på episodene. I Veltmannåa har det ikke vært noen økning i konsentrasjonene av sink og antimon på veien gjennom feltet. Generelt kan vi si at konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa har vært relativt lave i hele observasjonsperioden. De noe høyere konsentrasjoner som opptrer episodisk var ofte knyttet til lav vannføring og høye humuskonsentrasjoner (fig.5). Vi kan derfor konkludere med at testsentert ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig med metaller relatert til bruk av ammunisjon slik som kobber, bly, sink og antimon, men tidvis kan det være et liten metallforurensning fra brennplassen oppstrøms feltet.



**Figur 4.** Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i Veltmannåa ved innløpet til testsentert (st.1), ovenfor siget fra metalldeponiet (st.3) og ved utløpet av feltet (st.4).

### 3.2.3 Sammenheng mellom TOC og metallkonsentrasjoner

Det var en positiv sammenheng mellom konsentrasjoner av kobber og bly og TOC i Veltmannåa, mens for antimon og sink var det ingen klar sammenheng (Fig.5). I Veltmannåa er TOC et mål på humuspåvirkningen. Metaller som bly og kobber er nært assosiert til humuskomplekser, mens denne assosiasjonen er langt svakere for sink og spesielt antimon. Det er derfor rimelig at konsentrasjonene av bly og kobber i Veltmannåa vil følge variasjonene i TOC over året untatt ved episodiske utslipp.

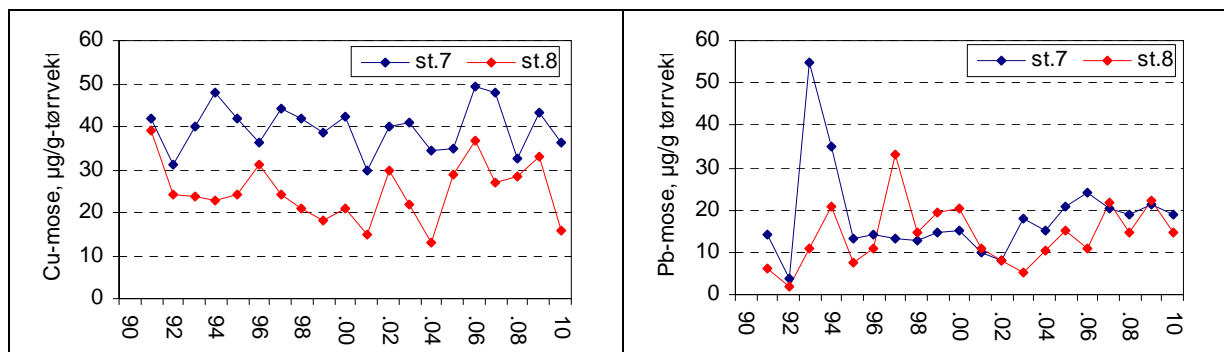


**Figur 5.** Sammenhengen mellom TOC (totalt organisk karbon) og konsentrasjoner av metaller på ulike stasjoner i Veltmannåa (2007-2009).

## 3.3 Bekkene fra verkstedområdet og miljøtestanlegget

### 3.3.1 Tidstrend i metallkonsentrasjoner basert på vannmoser

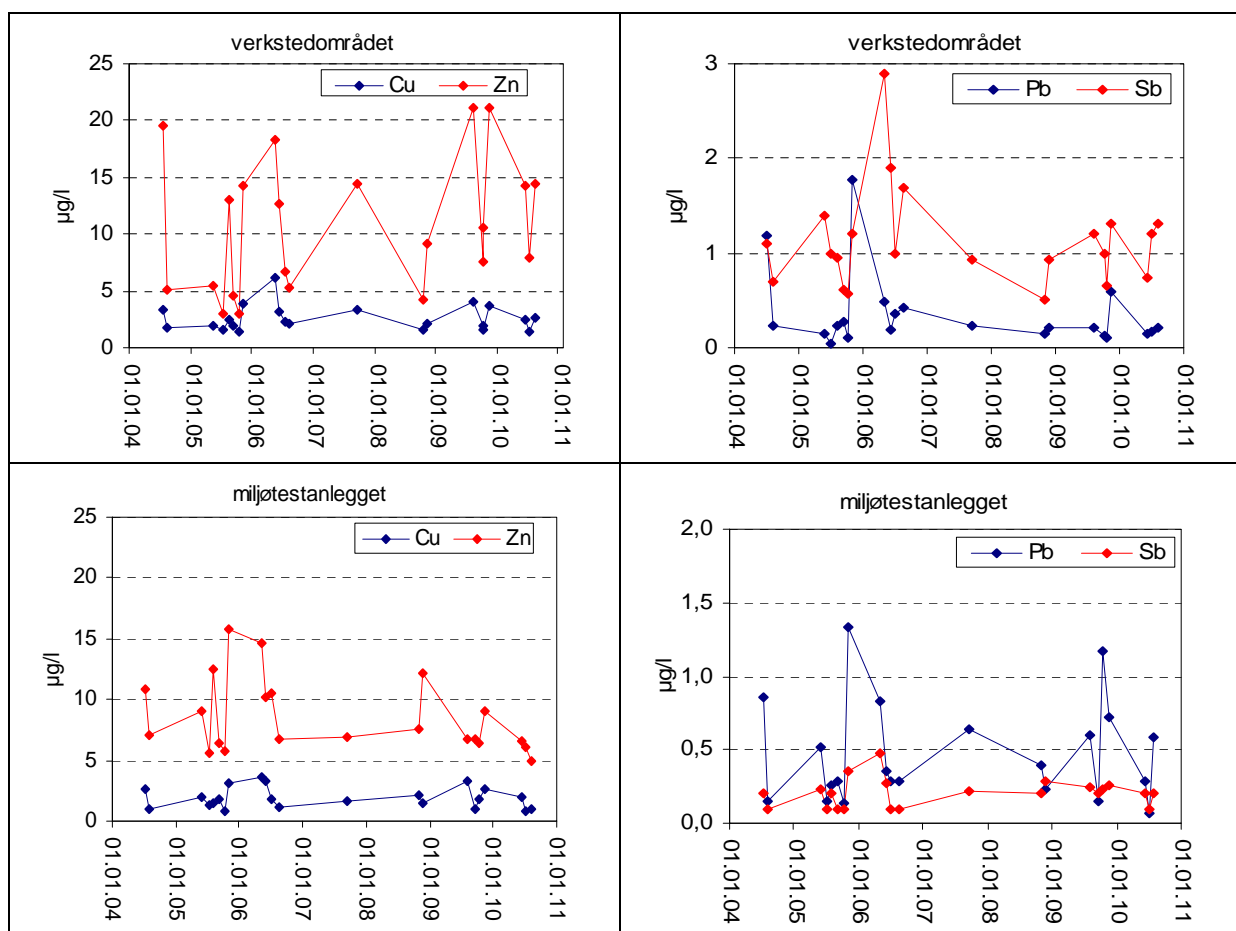
Middelkonsentrasjonene av kobber i vannmose har vært relativt stabile både i bekken fra verkstedområdet (st.7, fig.6) og i bekken fra miljøtestanlegget (st.8, fig.6). Det samme har vært tilfelle for bly med unntak av i 1993 og 1994 (st. 7) og 1997 (st. 8). Kilden til forurensningene disse årene ble fjernet.



**Figur 6.** Middelkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved i bekkene fra verkstedområdet (stasjon 7) og miljøtestanlegget (st.8) i Veltmannåa.

### 3.3.2 Tidstrend basert på vannanalyser

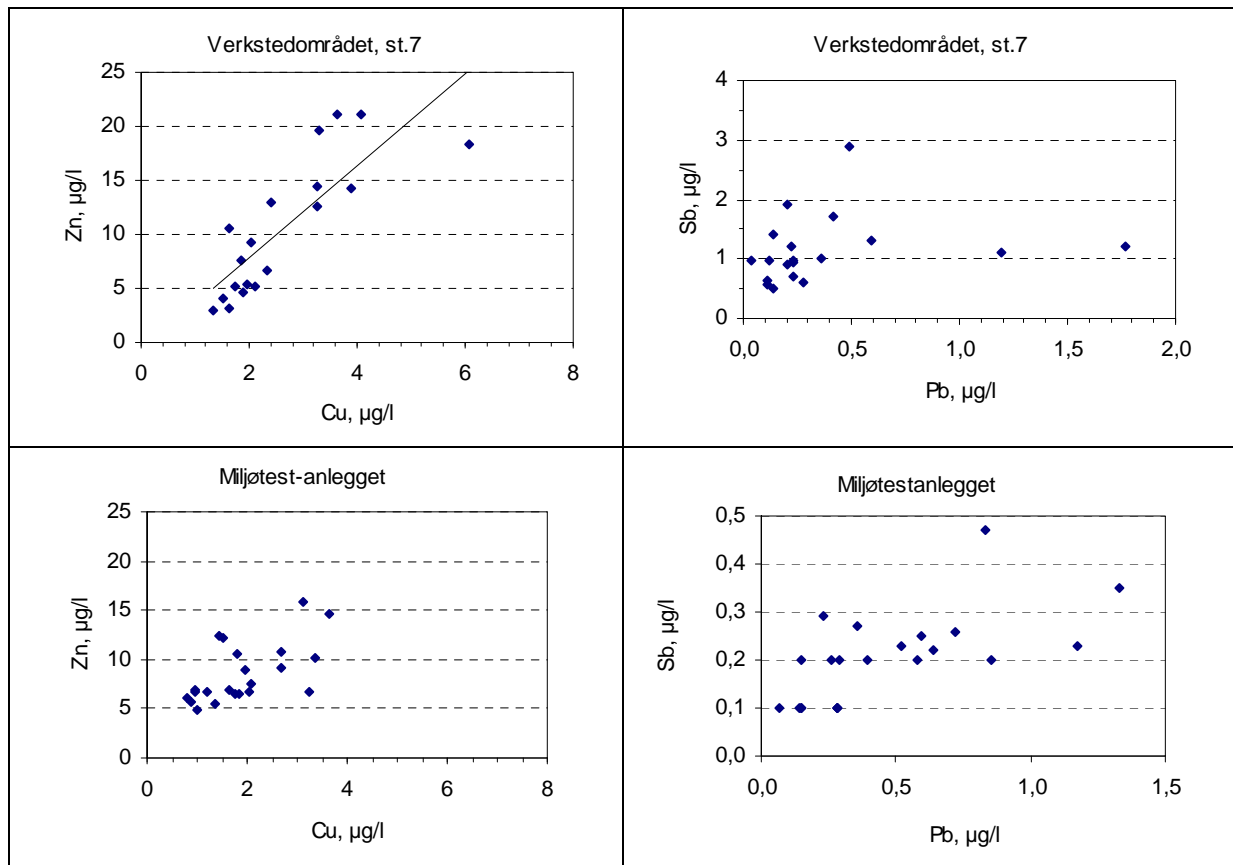
I bekken fra verkstedsområdet (Fig 7, øvre bilder) har konsentrasjonene av kobber og bly vært lave og på nivå med konsentrasjonene i Veltmannåa. Konsentrasjonene av antimon og sink har imidlertid vært klart høyere enn de en vanligvis finner i Veltmannåa. Det rimelig å anta at det er lokale kilder til dette inne på verkstedsområdet. Bekken har liten vannføring og går tørr i tørkeperioder. Det er i perioder med liten vannføring at konsentrasjonene er høyest. Det er rimelig å konkludere med at avrenningen fra verkstedsområdet ikke forurensrer områdene nedstrøms i nevneverdig grad. Bekken fra miljøtestanlegget har hatt relativt lave metallkonsentrasjoner (Fig.7 nedre bilder) og de er nære de vi har funnet i Veltmannåa. Det har ikke vært noen klar tidsutvikling. En regresjonsanalyse viser at variasjonene i konsentrasjoner av metallene ikke skyldes variasjoner i TOC eller pH (ikke vist her), men de kan skyldes variasjoner i vannføringen (ikke målt) fordi denne bekken har raske vannføringsendringer som følge av at mye av nedbørfeltet er asfaltert.



**Figur 7.** Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i bekken fra verkstedområdet (de øvre bildene) og fra miljøtestanlegget (nedre bilder)

### 3.3.3 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner

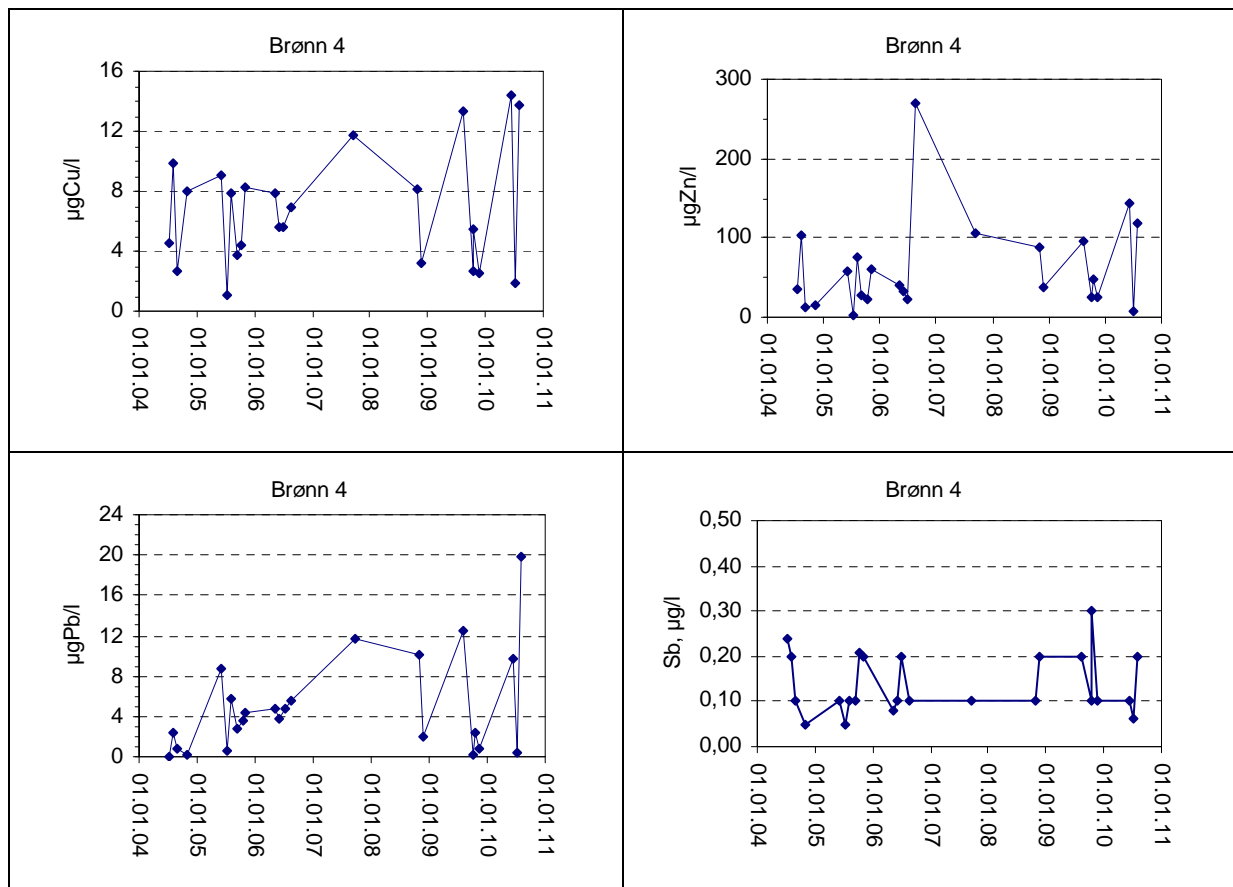
Ammunisjon (særlig geværammunisjon) består ofte av en kappe av kobber og sink og en kjerne av bly og antimon. Konsentrasjonene av disse metallene er derfor ofte nært korrelert i avrenning fra skytefelt (Rognerud 2005b). Det var en god sammenheng mellom konsentrasjonene av kobber og sink i bekken fra verkstedområdet, mens sammenhengen var dårligere i bekken fra miljøtestanlegget (Fig.8). Konsentrasjonene av sink var ca. 4 ganger høyere enn kobberkonsentrasjonene, mens i Veltmannåa var det nær dobbelt så høyt. Dette kan indikere at kildene er relativt like på miljøtestanlegget og verkstedområdet, mens Veltmannåa er mer preget av atmosfæriske avsetninger og geokjemiske kilder. Sammenhengen mellom bly og antimon var relativt dårlig i begge områdene antagelig fordi det er andre metallkilder fra disse enn deponerte kuler. Dette kan også skyldes at miljøet i disse områdene er alkaliske og at mobiliteten av bly fra punktkilder vil være betydelig lavere og mer variabel enn for antimon.



**Figur 8.** Sammenhengen mellom kobber (Cu) og sink (Zn), samt bly (Pb) og antimon (Sb) i bekkene som avvanner testsenteret

### 3.4 Grunnvannsbrønnen

Konsentrasjonene av metaller i Brønn 4 har variert betydelig særlig for kobber, bly og sink som forekommer som kationer i dette miljøet (Fig.9). Variasjonene i konsentrasjonene for antimon har vært langt mindre. Dette kan skyldes at antimon opptrer som et anion i miljøet og er langt mer mobilt enn de ovennevnte kationene. Det er rimelig å tro at de store svingningene i konsentrasjoner av kationene kan skyldes variasjoner i grunnvannstømmen, og at det tidvis var mer turbid vann. Turbid vann indikerer økte mengder partikler/kolloider som ofte binder metallkationer effektivt.



**Figur 9.** Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i grunnvannsig fra metalldeponiet. Målingene er fra brønn 4 som ligger nærmest Veltmannåa.

## 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 bidraget er så lavt at vi kan konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig. Konsentrasjonene av metaller i grunnvannet fra metalldeponiet er riktig nok høyere enn i Veltmannåa, men betydningen for konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa er svært liten. Dette skyldes antagelig at nedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa oppstrøms st.4. Vi kan derfor konkludere med at grunnvannet fra deponiet ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig. Testsenteret avvannes i all hovedsak av Veltmannåa og denne bekken er så vidt stor at vannkvaliteten kan ha betydning for brukere i områdene nedstrøms. Overvåkingen har imidlertid vist at aktiviteten ved testsenteret ikke har forringet vannkvaliteten i Veltmannåa med hensyn til de metaller vi har undersøkt.

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 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 nevneverdig og har ikke forringet vannkvaliteten for eventuelle brukere nedstrøms.

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsenteret ikke har bidratt til nevneverdig forurensning av metaller i bekkene som avvanner testsenteret. Overvåkingen gjennom 20 år, (hovedsakelig vann-moser 1991-2004, deretter vannprøver) er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen 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. 2005b. Overvåkning av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 14 års overvåkning. NIVA-rapport 4944-2005. 62 sider + vedlegg.
- Rognerud, S. og Rustadbakken, A. 2007. Tungmetallavrenning fra sivile skytebaner. Resultater fra undersøkelsene i 2006. NIVA-rapport Lnr. 5367-2007.
- Rognerud, S. 2007. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr. 5372-2007.
- Rognerud, S. 2009. Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i bekker som avvanner testsenteret, og i grunnvann fra et metalldeponi. NIVA-rapport Lnr. 5894-2009

## Vedlegg A.

**Tabell 2.** Primærdata for Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i vann, pH og TOC i bekker og en grunnvannsbrønn i perioden 2004 – 2010.

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	1	07.07.04			0,60	0,25	0,08	5,0
Bradalsmyra	1	04.08.04			0,63	0,31	0,06	5,1
Bradalsmyra	1	30.08.04			0,44	0,20	0,05	3,4
Bradalsmyra	1	04.11.04	5,56	7,9	0,32	0,14	0,05	2,0
Bradalsmyra	1	31.05.05	5,81	8,0	0,51	0,13	0,07	3,6
Bradalsmyra	1	07.07.05			1,87	0,65	0,06	9,3
Bradalsmyra	1	04.08.05			0,55	0,21	0,10	12,0
Bradalsmyra	1	08.09.05			0,36	0,15	0,06	3,4
Bradalsmyra	1	11.10.05			0,32	0,14	0,07	3,0
Bradalsmyra	1	03.11.05			0,41	0,15	0,09	4,5
Bradalsmyra	1	08.05.06			0,51	0,16	0,10	5,4
Bradalsmyra	1	02.06.06			0,51	0,24	0,20	4,1
Bradalsmyra	1	03.07.06			2,16	1,02	0,10	13,7
Bradalsmyra	1	21.08.06			2,40	0,39	0,10	7,9
Bradalsmyra	1	18.09.07	5,90	13,0	3,30	0,39	0,06	8,4
Bradalsmyra	1	27.10.08	6,18	9,4	0,33	0,14	0,05	3,6
Bradalsmyra	1	26.11.08	5,71	7,2	0,31	0,11	0,68	4,8
Bradalsmyra	1	07.08.09	5,84	13,8	2,75	0,60	0,10	7,0
Bradalsmyra	1	18.10.09	5,95	10,3	0,36	0,17	0,20	4,5
Bradalsmyra	1	09.10.09	6,13	9,1	0,37	0,15	0,06	3,8
Bradalsmyra	1	16.11.09	5,82	8,6	0,31	0,11	0,06	4,1
Bradalsmyra	1	09.06.10	5,91	10,7	0,42	0,14	0,06	4,18
Bradalsmyra	1	07.07.10	6,22	11,5	1,83	0,38	0,07	6,96
Bradalsmyra	1	04.08.10	5,99	14,9	0,12	0,27	0,06	5,38
Bradalsmyra	3	08.05.06			1,52	0,23	0,20	4,7
Bradalsmyra	3	02.06.06			1,70	0,30	0,23	4,0
Bradalsmyra	3	03.07.06			0,71	0,12	0,08	2,0
Bradalsmyra	3	21.08.06			1,40	0,50	0,11	2,6
Bradalsmyra	3	18.09.07	6,90	12,0	2,14	0,62	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	27.10.08	6,85	8,4	0,97	0,31	0,09	3,4
Bradalsmyra	3	26.11.08	6,52	5,8	0,91	0,30	0,48	5,9
Bradalsmyra	3	07.08.09	6,87	12,9	1,82	0,48	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	18.10.09	6,86	6,7	1,42	0,23	0,20	2,9
Bradalsmyra	3	09.10.09	6,91	8,5	1,35	0,33	0,10	4,0
Bradalsmyra	3	16.11.09	6,55	8,4	0,84	0,20	0,10	3,6
Bradalsmyra	3	09.06.10	6,93	8,3	1,23	0,25	0,10	3,93
Bradalsmyra	3	07.07.10	6,94	6,7	0,79	0,23	0,07	2,48

Bradalsmyra	3	04.08.10	6,92	14,8	0,66	0,41	0,09	3,57
Bradalsmyra	4	07.07.04			1,87	0,47	0,10	5,4
Bradalsmyra	4	04.08.04			1,17	0,33	0,20	3,0
Bradalsmyra	4	30.08.04			1,14	0,24	0,10	3,3
Bradalsmyra	4	04.11.04			1,36	0,24	0,09	2,9
Bradalsmyra	4	31.05.05			1,29	0,25	0,10	3,4
Bradalsmyra	4	07.07.05			1,12	0,18	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	04.08.05			1,23	0,32	0,10	9,6
Bradalsmyra	4	08.09.05			1,27	0,22	0,09	3,3
Bradalsmyra	4	11.10.05			1,35	0,26	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	03.11.05			1,88	0,39	0,20	5,1
Bradalsmyra	4	08.05.06			1,60	0,27	0,20	5,8
Bradalsmyra	4	02.06.06			1,31	0,21	0,20	3,3
Bradalsmyra	4	03.07.06			0,97	0,19	0,10	3,6
Bradalsmyra	4	21.08.06			1,50	0,52	0,10	6,6
Bradalsmyra	4	18.09.07	7,05	11,7	1,61	0,58	0,10	4,7
Bradalsmyra	4	27.10.08	7,03	8,2	1,02	0,28	0,08	3,7
Bradalsmyra	4	26.11.08	6,99	5,4	0,90	0,25	0,37	5,5
Bradalsmyra	4	07.08.09	7,09	12,4	1,77	0,44	0,10	5,2
Bradalsmyra	4	18.10.09	7,28	6,9	1,02	0,30	0,20	3,8
Bradalsmyra	4	09.10.09	7,12	8,8	1,28	0,34	0,10	4,3
Bradalsmyra	4	16.11.09	6,72	8,2	1,11	0,26	0,10	4,5
Bradalsmyra	4	09.06.10	7,18	8,0	0,99	0,24	0,10	2,94
Bradalsmyra	4	07.07.10	7,60	6,5	0,92	0,25	0,08	2,67
Bradalsmyra	4	04.08.10	7,17	14,8	0,88	0,52	0,10	4,52
Bradalsmyra	7	07.07.04			3,30	1,19	1,10	19,6
Bradalsmyra	7	04.08.04			1,74	0,23		
Bradalsmyra	7	31.05.05			1,95	0,14	1,40	5,4
Bradalsmyra	7	07.07.05			1,63	0,04	0,99	3,1
Bradalsmyra	7	04.08.05			2,40	0,23	0,96	13,0
Bradalsmyra	7	08.09.05			1,88	0,28	0,62	4,7
Bradalsmyra	7	11.10.05			1,33	0,11	0,58	3,0
Bradalsmyra	7	03.11.05			3,88	1,77	1,20	14,3
Bradalsmyra	7	08.05.06			6,08	0,49	2,90	18,3
Bradalsmyra	7	02.06.06			3,25	0,20	1,90	12,6
Bradalsmyra	7	03.07.06			2,32	0,36	1,00	6,7
Bradalsmyra	7	21.08.06			2,10	0,42	1,70	5,2
Bradalsmyra	7	18.09.07	7,70	8,5	3,26	0,23	0,94	14,4
Bradalsmyra	7	27.10.08	7,86	6,2	1,52	0,14	0,51	4,2
Bradalsmyra	7	26.11.08	7,86	5,6	2,03	0,20	0,92	9,2
Bradalsmyra	7	07.08.09	7,77	8,5	4,08	0,22	1,20	21,2
Bradalsmyra	7	18.10.09	7,81	8,3	1,63	0,11	0,65	10,5
Bradalsmyra	7	09.10.09	7,90	9,3	1,87	0,12	0,99	7,5
Bradalsmyra	7	16.11.09	7,41	5,9	3,64	0,59	1,30	21,1
Bradalsmyra	7	09.06.10	7,84	8,8	2,46	0,14	0,73	14,30
Bradalsmyra	7	07.07.10	7,88	8,0	1,36	0,17	1,20	7,90
Bradalsmyra	7	04.08.10	7,84	10,2	2,61	0,20	1,30	14,50
Bradalsmyra	8	07.07.04			2,67	0,85	0,20	10,8
Bradalsmyra	8	04.08.04			0,98	0,15		
Bradalsmyra	8	31.05.05			1,96	0,52	0,23	9,0
Bradalsmyra	8	07.07.05			1,37	0,15	0,10	5,6
Bradalsmyra	8	04.08.05			1,44	0,26	0,20	12,5

Bradalsmyra	8	08.09.05			1,75	0,28	0,10	6,5
Bradalsmyra	8	11.10.05			0,89	0,14	0,10	5,7
Bradalsmyra	8	03.11.05			3,11	1,33	0,35	15,8
Bradalsmyra	8	08.05.06			3,64	0,83	0,47	14,7
Bradalsmyra	8	02.06.06			3,36	0,356	0,27	10,2
Bradalsmyra	8	03.07.06			1,79	0,283	0,1	10,5
Bradalsmyra	8	21.08.06			1,2	0,28	0,1	6,7
Bradalsmyra	8	18.09.07			1,64	0,64	0,22	6,9
Bradalsmyra	8	27.10.08	7,61	16,6	2,07	0,39	0,2	7,5
Bradalsmyra	8	26.11.08	7,61	12,1	1,51	0,23	0,29	12,2
Bradalsmyra	8	07.08.09	7,66	21,4	3,25	0,597	0,25	6,7
Bradalsmyra	8	18.10.09	7,53	14,8	0,962	0,15	0,2	6,7
Bradalsmyra	8	09.10.09	7,61	15,8	1,84	1,17	0,23	6,5
Bradalsmyra	8	16.11.09	7,17	16,3	2,67	0,72	0,26	9,1
Bradalsmyra	8	09.06.10	7,63	15,8	2,03	0,29	0,20	6,63
Bradalsmyra	8	07.07.10	7,77	13,7	0,80	0,07	0,10	6,09
Bradalsmyra	8	04.08.10	7,72	20,7	1,00	0,58	0,20	4,92
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.04			4,54	0,04	0,24	36,1
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.04			9,83	2,36	0,20	103,0
Bradalsmyra	Brønn 4	30.08.04			2,66	0,71	0,10	12,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.11.04			7,99	0,22	0,05	14,7
Bradalsmyra	Brønn 4	31.05.05			9,05	8,72	0,10	58,6
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.05			1,06	0,61	0,05	3,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.05			7,84	5,83	0,10	76,2
Bradalsmyra	Brønn 4	08.09.05			3,74	2,80	0,10	27,4
Bradalsmyra	Brønn 4	11.10.05			4,35	3,57	0,21	23,1
Bradalsmyra	Brønn 4	03.11.05			8,21	4,39	0,20	61,6
Bradalsmyra	Brønn 4	08.05.06			7,82	4,68	0,08	39,4
Bradalsmyra	Brønn 4	02.06.06			5,60	3,80	0,10	32,7
Bradalsmyra	Brønn 4	03.07.06			5,60	4,67	0,20	22,4
Bradalsmyra	Brønn 4	21.08.06			7,00	5,50	0,10	270,0
Bradalsmyra	Brønn 4	18.09.07	6,60	23,0	11,70	11,70	0,10	105,0
Bradalsmyra	Brønn 4	27.10.08	6,28	20,7	8,15	10,20	0,10	89,0
Bradalsmyra	Brønn 4	26.11.08	6,54	10,1	3,26	1,92	0,20	37,2
Bradalsmyra	Brønn 4	07.08.09	6,59	24,4	13,40	12,50	0,20	94,9
Bradalsmyra	Brønn 4	18.10.09	6,64	18,4	5,45	2,33	0,30	48,7
Bradalsmyra	Brønn 4	09.10.09	6,87	13,6	2,61	0,26	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	16.11.09	6,54	10,6	2,55	0,80	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	09.06.10	6,57	35,3	14,40	9,74	0,10	144,0
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.10	6,84	12,3	1,89	0,367	0,06	6,5
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.10	6,57	22,0	13,7	19,8	0,2	118,0

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)