

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) 6318 -2012	Dato 29. februar 2012
	Prosjektnr. Undernr. 11151	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 ble i 1991-2005 undersøkt ved hjelp av målinger 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 et metalldeponi har vært betydelig høyere enn i Veltmannåa. Likevel har det ikke vært noen forskjell i metallkonsentrasjoner i Veltmannåa oppstrøms og nedstrøms der utsiget må forventes å nå Veltmannåa. Dette skyldes en kombinasjon av at nedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa, og at metallene bindes i de finkorna løsmassene før de når Veltmannåa. Dette sistnevnte støttes også av de lave konsentrasjonene som ble målt i 2011 i grunnvannsutsiget nedenfor brønn 4. Denne brønnen er nå fylt av finkorna partikler og må avvikles.

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



Thorjorn Larssen
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
forskningsdirektør

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 2011. Disse resultatene er satt i sammenheng med tidligere målinger av metallkonsentrasjoner i vannmoser (1991-2006) og i vann (2004-2011).

Prosjektet ble bekreftet 31. januar 2011, 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, 29. februar 2012



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 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	9
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	11
3.4 Grunnvannsbrønnen	12
4. Diskusjon	14
5. Referanser	15
Vedlegg A.	16

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 overvåkningsperioden (inklusive 2011) 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. I 2011 var det en klar nedgang i konsentrasjonene av metaller i grunnvannsiget. 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 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.

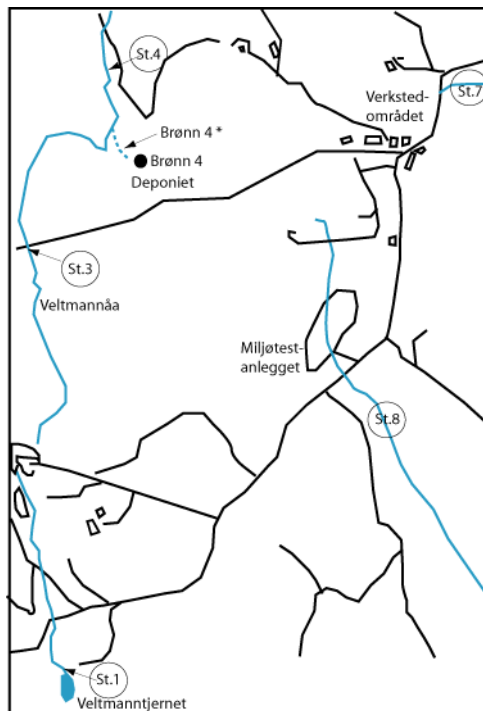
Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentert ikke bidrar til vannforurensning av betydning for brukere nedstrøms. Systematiske analyser gjennom 21 år i bekkene som avvanner feltet, gir styrke til denne konklusjonen.

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 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 målinger av metallkonsentrasjoner i grunnvannet nedstrøms deponiet, nærmest Veltmannåa (Brønn 4) inngått i den årlige overvåkingen siden 2005. I 2006 ble et nytt målepunkt (st.3) opprettet i Veltmannåa oppstrøms stedet der utsiget fra deponiet når bekkene. Derved kan en eventuell effekt av metallutlekking fra deponiet på metallkonsentrasjonene i Veltmannåa lettere skilles ut fra bidrag fra største delen av feltet som ligger mellom st.1 og 3 (Fig.1).

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 2011, men resultatene er satt i sammenheng med tidligere målinger av metaller i vann (fra og med 2004) og metaller i vannmose (1991-2005) (Rognerud 2011).



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. Den gikk tett i 2011 og nytt prøvepunkt (brønn 4*), som er et grunnvannsig som kommer ut i dagen 15 m nedenfor brønn4, ble brukt som alternativt målepunkt.

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. Fra og med 2011 er prøvene tatt 15 m nedenfor brønn 4, der hvor grunnvannet slår ut i dagen. Årsaken er at brønnen er fylt opp av finstoff og ikke fungerer lenger. 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 er middelkonsentrasjoner av bly og kobber i moser estimert på bakgrunn av regresjoner mellom metallkonsentrasjoner i mose og vann gitt i tidligere overvåknings-data fra Bradalsmyra (Rognerud 2005). Omregningen er gjort på bakgrunn av følgende ligninger:

St.1 og 4: Cu-mose = 9,4 Cu-vann + 5,8 (n = 37, r² = 0,41), Pb-mose = 21,6 Pb-vann + 7,9 (n = 40, r² = 0,42).
 St. 7: Cu-mose = 10,0 Cu-vann + 15,1 (n = 20, r² = 0,45), Pb-mose = 24,4 Pb-vann + 14,9 (n = 20, r² = 0,52)
 St. 8: Cu-mose = 11,1 Cu-vann + 9,0 (n = 20, r² = 0,48), Pb-mose = 21,6 Pb-vann + 7,9 (n = 20, r² = 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'. Denne er nå fylt opp av finstoff og prøvene tas i bekk 15 m nedenfor.

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).

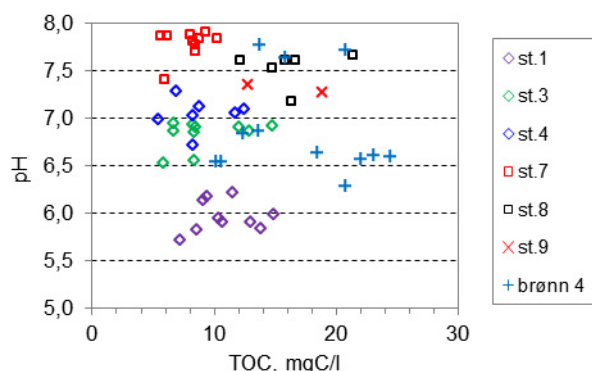
metall	Cu	Pb	Sb	Zn
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
LBRL	3	2,5	5	50

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 litt 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.

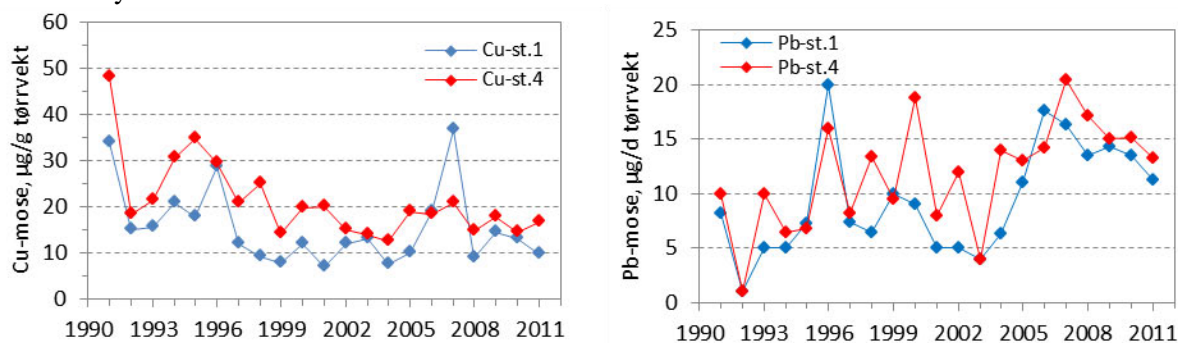


Figur 2. Sammenhengen mellom TOC og pH i Veltmannåa (st.1,3,4), bekkene fra verkstedområdet (St.7) og miljøtestanlegget (st.8), samt i grunnvannsiget fra metalldeponiet (brønn 4) for 2007-2011.

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. 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 bekken ut av feltet (st.4) enn inn i feltet (st.1). Konsentrasjonene av bly var nær de samme på st.1 og st.4 og det var en svak tendens til økning fra og med 2005. Det vil si at bidraget av bly fra testsenteret er lite og at økningen over tid skyldes andre faktorer.

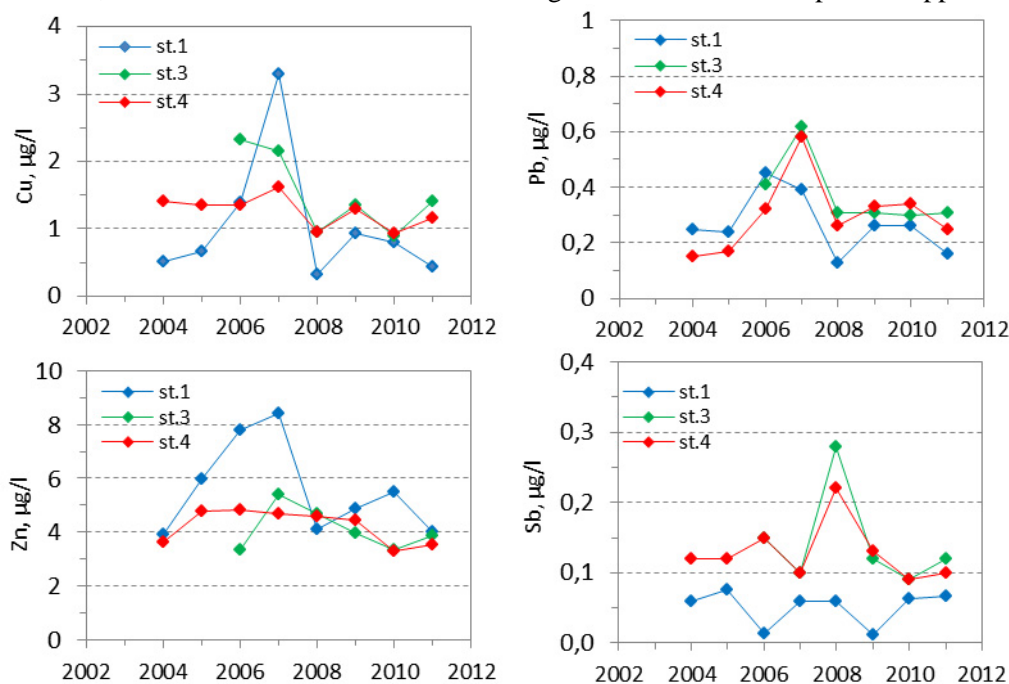


Figur 3. Middelskonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved stasjon 1 (inn i feltet) og 4 (ut av feltet) i Veltmannåa. Fra og med 2006 er konsentrasjonene estimert (se metodekapitlet).

3.2.2 Tidstrend basert på vannanalyser

Metallkonsentrasjonene i Veltmannåa i 2011 var på nivå med tidligere analyser (Fig.4). Vannanalysene etter 2004 viser at det i de fleste år har det vært en liten konsentrasjonsøkning av kobber i Veltmannåa på veien gjennom testsentert, untatt i 2007 da verdier var høyere inn i feltet (Fig.4). Konsentrasjonene av sink har variert mellom 3 og 14 µg/l. De høyeste konsentrasjonene skyldtes forhøyede verdier ved st.1, før bekken renner inn i feltet. Dette skjedde også i 2007 dvs. i samme tidsperioder som kobberkonsentrasjonene økte. Det ligger en brennplass nær st.1 og aktivitet ved denne kan være en mulig forklaring på episodene. 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 var det episodisk forhøyede konsentrasjoner av antimon på st.1 i 2008, som indikerte lokale utslipp (f.eks 26. november 2008, Tab.2 i vedlegget).

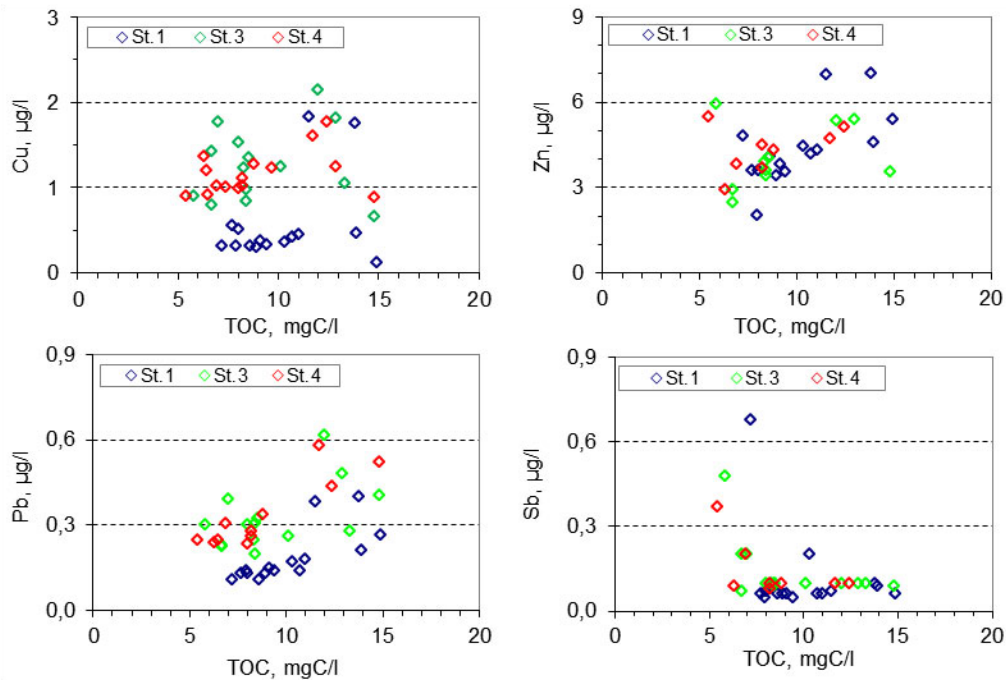
I Veltmannåa har det ikke vært noen økning i konsentrasjonene av sink på veien gjennom feltet. Generelt kan vi si at konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa har vært relativt lave i hele observasjonsperioden. De noe høyere konsentrasjoner som opptrer episodisk var ofte knyttet til lav vannføring og høye humuskonsentrasjoner (fig.5). Vi kan derfor konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig med metaller relatert til bruk av ammunisjon slik som kobber, bly, sink og antimon, men tidvis kan det være økt avrenning av metaller fra brennplassen oppstrøms feltet.



Figur 4. Middelkonsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i Veltmannåa ved innløpet til testsenteret (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 metallene bly, kobber og sink og TOC i Veltmannåa, mens for antimon var det ingen sammenheng (Fig.5). I Veltmannåa er TOC et mål på humuspåvirkningen. Det er godt kjent at bly oftest er sterkt bundet til humuskomplekser, men også kobber er ofte bundet til organiske forbindelser, mens denne assosiasjonen er svakere for sink og spesielt antimon som opptrer som et anion i vann. Det er derfor rimelig at konsentrasjonene av bly, kobber og oftest sink vil følge variasjonene i TOC over året i Veltmannåa, men ikke nødvendigvis ved episodiske utslipp.

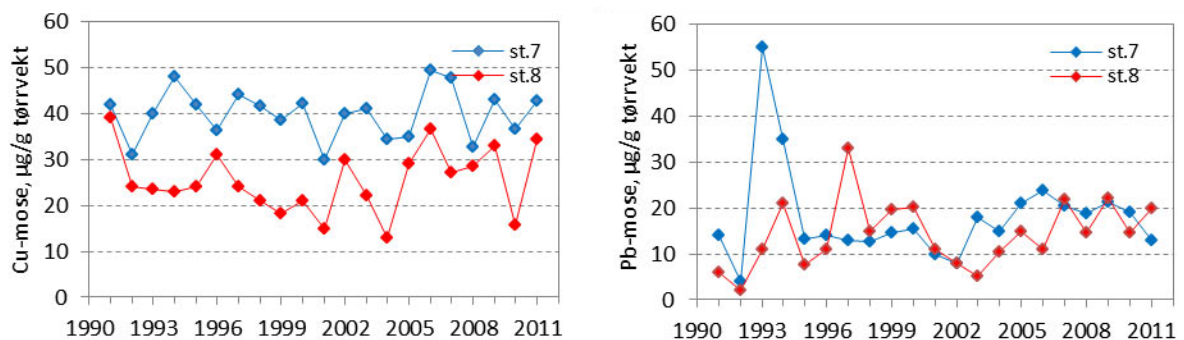


Figur 5. Sammenhengen mellom TOC (totalt organisk karbon) og konsentrasjoner av metaller på ulike stasjoner i Veltmannåa (2007-2011).

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.

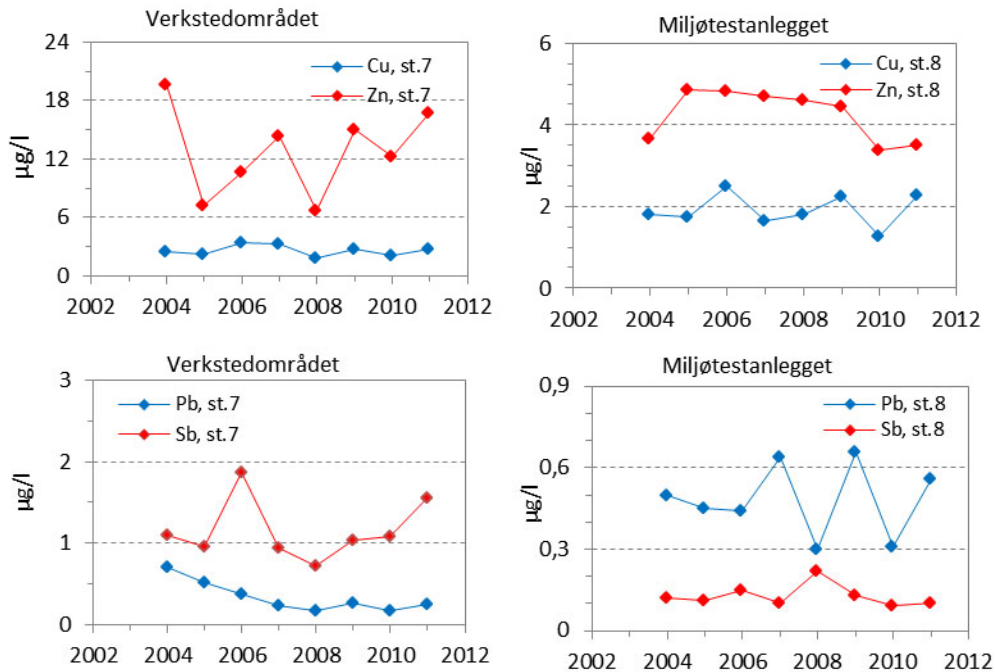


Figur 6. Middelkonsentrasjonene av kobber (Cu) og bly (Pb) i vannmoser ved i bekkene fra verkstedområdet (stasjon 7) og miljøtestanlegget (st.8) i Veltmannåa.

3.3.2 Tidstrend basert på vannanalyser

I bekken fra verkstedområdet (Fig 7) har konsentrasjonene av kobber og bly vært lave, og på nivå med konsentrasjonene i Veltmannåa. Konsentrasjonene av bly har vist en synkende tendens fra 2004 til 2007 og har siden vært nær 0,25 $\mu\text{g/l}$, mens kobber har vært nær ca. 3 $\mu\text{g/l}$ i hele perioden.

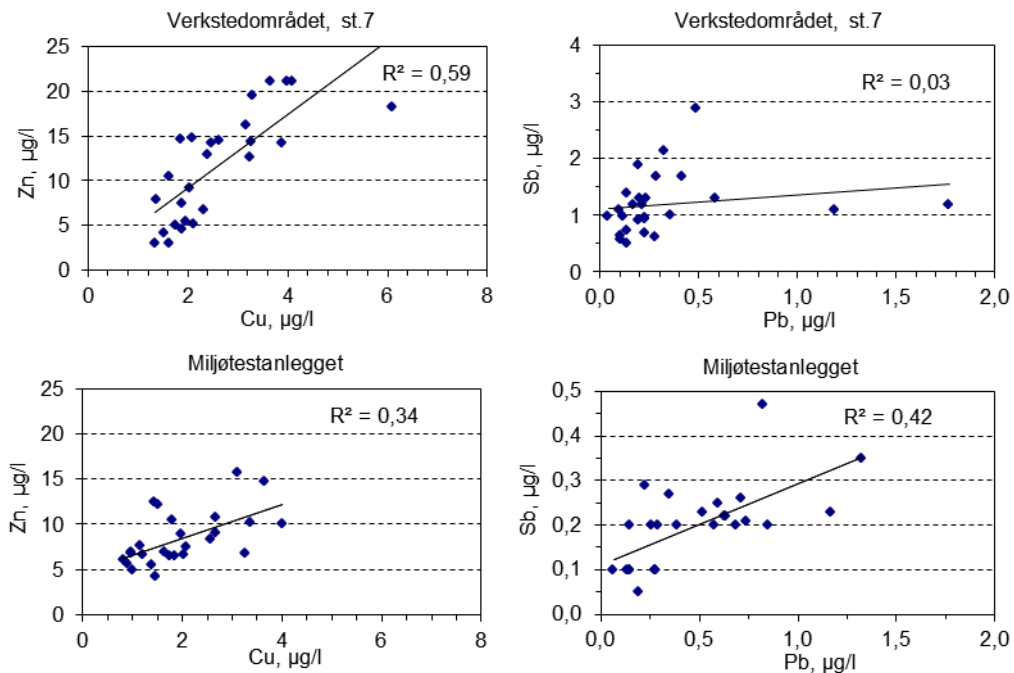
Konsentrasjonene av antimon og sink har imidlertid vært klart høyere enn de vi vanligvis finner i Veltmannåa, men det er ingen klar tidstrend. Det rimelig å anta at det er lokale kilder til dette inne på verkstedsområdet. Bekken starter i verkstedområdet og har følgelig liten vannføring på målestasjonen (av og til går den tørr). Det er særlig ved lav vannføring at konsentrasjonene har vært høyest. Selv om bekken går tørr ved målestasjonen så tilføres vann fra skogsområdene lenger ned. Vi regner derfor med at avrenningen fra verkstedsområdet ikke forurenses områdene lenger ned bekken i nevneverdig grad. Bekken fra miljøtestanlegget har hatt relativt lave metallkonsentrasjoner (Fig.7), og de er nære de vi har funnet i Veltmannåa. Det har ikke vært noen klar tidsutvikling, kanskje med unntak av sink der konsentrasjonene i 2010/11 var de lavest i måleperioden. En regresjonsanalyse viser at variasjonene i konsentrasjoner av metallene ikke skyldes variasjoner i TOC eller pH (ikke vist her). Det er mer sannsynlig at det kan skyldes variasjoner i vannføringen (ikke målt) fordi denne bekken kan ha 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 relativt god sammenheng mellom konsentrasjonene av kobber og sink i bekken fra verkstedområdet, mens sammenhengen var dårligere i bekken fra miljøtestanlegget (Fig.8).

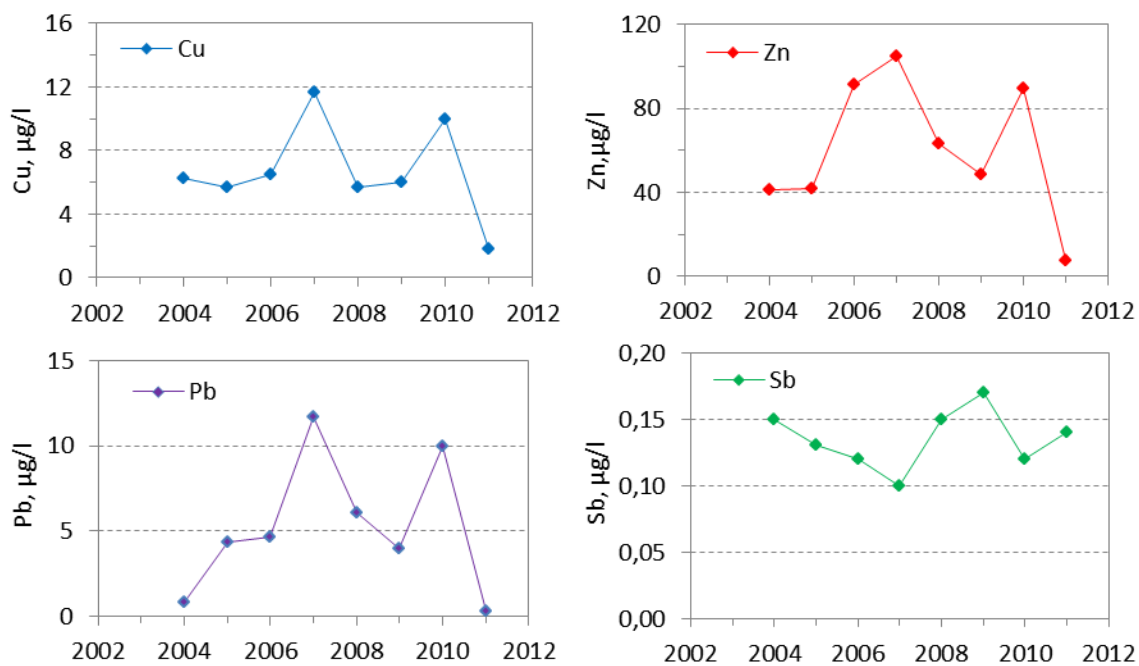


Figur 8. Sammenhengen mellom kobber (Cu) og sink (Zn), samt bly (Pb) og antimon (Sb) i bekkene

Konsentrasjonene av sink var 3- 4 ganger høyere enn kobberkonsentrasjonene både verkstedområdet og miljøtestanlegget, mens i Veltmannåa var det nær dobbelt så høyt. Dette indikerer at kildene er relativt like på miljøtestanlegget og verkstedområdet, mens Veltmannåa, med sitt mye større nedbørfelt, er mer preget av atmosfæriske avsetninger og geokjemiske kilder. Sammenhengen mellom bly og antimon ved miljøtestanlegget var ganske bra ($r^2 = 0,42$), men spredningen var stor. Ved verkstedområdet var det ingen sammenheng vesentlig på grunn av 2 målinger med betydelig høyere Pb/Sb forhold enn de andre. 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.

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 i dette alkaliske miljøet (Tab.2). 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. I 2011 var brønnen fylt opp av finkorna sedimenter og prøvestasjonen ble flyttet 15m nedstrøms, der grunnvann kommer ut og renner ned i Veltmannåa. Denne stasjonen kan motta vann fra andre deler enn det dalsøkket som deponiet ligger i, men dette er det eneste synlige utsiget som når Veltmannåa. Målepunktet følger terrenget fra deponiet som heller videre ned mot Veltmannåa. Reduksjonen i konsentrasjoner av bly, kobber og sink er svært stor. Dette kan bety at lite av metallene i deponiene har nådd ned til målepunktet. Dette stemmer bra med at konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa ikke øker mellom st.3 og st.4 (oppstrøms og nedstrøms siget fra deponiet).



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 grunnvannsiget fra metalldeponiet er riktig nok betydelig høyere enn i Veltmannåa. Likevel har det ikke vært noen forskjell i metallkonsentrasjoner i Veltmannåa oppstrøms og nedstrøms området der utsiget fra deponiet må forventes å nå Veltmannåa. Dette skyldes antagelig en kombinasjon av at delnedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa, og at metallene bindes i de finkorna løsmassene før de når Veltmannåa. Dette sistnevnte støttes også av de lave konsentrasjonene som ble målt i 2011 i grunnvannsutsiget nedenfor brønn 4, som nå er fylt av finkorna masser.

Vi kan derfor konkludere med at grunnvannsiget 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. Overvåkningen har imidlertid vist at aktiviteten ved testsenteret ikke har forringet vannkvaliteten i Veltmannåa nevneverdig 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 overvåkningen 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 testsentert ikke har bidratt til nevneverdig forurensning av metaller i bekkene som avvanner testsenteret. Overvåkningen gjennom 20 år, (hovedsakelig vann-moser 1991-2004, deretter vannprøver) er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige 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. 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
- Rognerud, S. 2011. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport Lnr. 6103-2011.

Vedlegg A.

Tabell 2. Primærdata for Bradalsmyra testsenter. Metallkonsentrasjoner i vann, pH og TOC i bekker og en grunnvannsbrønn (Brønn 4) i perioden 2004 – 2010. I 2011 var brønn 4 fylt opp av finkorna masser. Prøvene dette året er tatt 15 m nedenfor der et grunnvannsutsig kalt «brønn 4» kommer ut i dagen og renner videre ut i Veltmannåa.

Lokalitet	stasjon	Dato	pH	TOC mgC/l	Cu µg/l	Pb µg/l	Sb µg/l	Zn µg/l
Bradalsmyra	1	07.07.2004			0,60	0,25	0,08	5,0
Bradalsmyra	1	04.08.2004			0,63	0,31	0,06	5,1
Bradalsmyra	1	30.08.2004			0,44	0,20	0,05	3,4
Bradalsmyra	1	04.11.2004	5,56	7,9	0,32	0,14	0,05	2,0
Bradalsmyra	1	31.05.2005	5,81	8,0	0,51	0,13	0,07	3,6
Bradalsmyra	1	07.07.2005			1,87	0,65	0,06	9,3
Bradalsmyra	1	04.08.2005			0,55	0,21	0,10	12,0
Bradalsmyra	1	08.09.2005			0,36	0,15	0,06	3,4
Bradalsmyra	1	11.10.2005			0,32	0,14	0,07	3,0
Bradalsmyra	1	03.11.2005			0,41	0,15	0,09	4,5
Bradalsmyra	1	08.05.2006			0,51	0,16	0,10	5,4
Bradalsmyra	1	02.06.2006			0,51	0,24	0,20	4,1
Bradalsmyra	1	03.07.2006			2,16	1,02	0,10	13,7
Bradalsmyra	1	21.08.2006			2,40	0,39	0,10	7,9
Bradalsmyra	1	18.09.2007	5,90	13,0	3,30	0,39	0,06	8,4
Bradalsmyra	1	27.10.2008	6,18	9,4	0,33	0,14	0,05	3,6
Bradalsmyra	1	26.11.2008	5,71	7,2	0,31	0,11	0,68	4,8
Bradalsmyra	1	07.08.2009	5,84	13,8	2,75	0,60	0,10	7,0
Bradalsmyra	1	18.10.2009	5,95	10,3	0,36	0,17	0,20	4,5
Bradalsmyra	1	09.10.2009	6,13	9,1	0,37	0,15	0,06	3,8
Bradalsmyra	1	16.11.2009	5,82	8,6	0,31	0,11	0,06	4,1
Bradalsmyra	1	09.06.2010	5,91	10,7	0,42	0,14	0,06	4,18
Bradalsmyra	1	07.07.2010	6,22	11,5	1,83	0,38	0,07	6,96
Bradalsmyra	1	04.08.2010	5,99	14,9	0,12	0,27	0,06	5,38
Bradalsmyra	1	25.05.2011	6,09	7,7	0,56	0,13	0,06	3,58
Bradalsmyra	1	12.08.2011	5,96	13,9	0,46	0,21	0,09	4,57
Bradalsmyra	1	28.09.2011	5,95	11,0	0,45	0,18	0,06	4,35
Bradalsmyra	1	02.11.2011	6,19	8,9	0,30	0,13	0,06	3,44
Bradalsmyra	3	08.05.2006			1,52	0,23	0,20	4,7
Bradalsmyra	3	02.06.2006			1,70	0,30	0,23	4,0
Bradalsmyra	3	03.07.2006			0,71	0,12	0,08	2,0
Bradalsmyra	3	21.08.2006			1,40	0,50	0,11	2,6
Bradalsmyra	3	18.09.2007	6,90	12,0	2,14	0,62	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	27.10.2008	6,85	8,4	0,97	0,31	0,09	3,4
Bradalsmyra	3	26.11.2008	6,52	5,8	0,91	0,30	0,48	5,9
Bradalsmyra	3	07.08.2009	6,87	12,9	1,82	0,48	0,10	5,4
Bradalsmyra	3	18.10.2009	6,86	6,7	1,42	0,23	0,20	2,9
Bradalsmyra	3	09.10.2009	6,91	8,5	1,35	0,33	0,10	4,0
Bradalsmyra	3	16.11.2009	6,55	8,4	0,84	0,20	0,10	3,6
Bradalsmyra	3	09.06.2010	6,93	8,3	1,23	0,25	0,10	3,93
Bradalsmyra	3	07.07.2010	6,94	6,7	0,79	0,23	0,07	2,48
Bradalsmyra	3	04.08.2010	6,92	14,8	0,66	0,41	0,09	3,57

Bradalsmyra	3	25.05.2011	6,88	7,0	1,77	0,39	0,20	3,94
Bradalsmyra	3	12.08.2011	6,73	13,3	1,05	0,28	0,10	3,65
Bradalsmyra	3	28.09.2011	6,77	10,1	1,24	0,26	0,10	3,94
Bradalsmyra	3	02.11.2011	6,84	8,0	1,53	0,30	0,10	3,86
Bradalsmyra	4	07.07.2004			1,87	0,47	0,10	5,4
Bradalsmyra	4	04.08.2004			1,17	0,33	0,20	3,0
Bradalsmyra	4	30.08.2004			1,14	0,24	0,10	3,3
Bradalsmyra	4	04.11.2004			1,36	0,24	0,09	2,9
Bradalsmyra	4	31.05.2005			1,29	0,25	0,10	3,4
Bradalsmyra	4	07.07.2005			1,12	0,18	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	04.08.2005			1,23	0,32	0,10	9,6
Bradalsmyra	4	08.09.2005			1,27	0,22	0,09	3,3
Bradalsmyra	4	11.10.2005			1,35	0,26	0,10	3,7
Bradalsmyra	4	03.11.2005			1,88	0,39	0,20	5,1
Bradalsmyra	4	08.05.2006			1,60	0,27	0,20	5,8
Bradalsmyra	4	02.06.2006			1,31	0,21	0,20	3,3
Bradalsmyra	4	03.07.2006			0,97	0,19	0,10	3,6
Bradalsmyra	4	21.08.2006			1,50	0,52	0,10	6,6
Bradalsmyra	4	18.09.2007	7,05	11,7	1,61	0,58	0,10	4,7
Bradalsmyra	4	27.10.2008	7,03	8,2	1,02	0,28	0,08	3,7
Bradalsmyra	4	26.11.2008	6,99	5,4	0,90	0,25	0,37	5,5
Bradalsmyra	4	07.08.2009	7,09	12,4	1,77	0,44	0,10	5,2
Bradalsmyra	4	18.10.2009	7,28	6,9	1,02	0,30	0,20	3,8
Bradalsmyra	4	09.10.2009	7,12	8,8	1,28	0,34	0,10	4,3
Bradalsmyra	4	16.11.2009	6,72	8,2	1,11	0,26	0,10	4,5
Bradalsmyra	4	09.06.2010	7,18	8,0	0,99	0,24	0,10	2,94
Bradalsmyra	4	07.07.2010	7,60	6,5	0,92	0,25	0,08	2,67
Bradalsmyra	4	04.08.2010	7,17	14,8	0,88	0,52	0,10	4,52
Bradalsmyra	4	25.05.2011	7,21	6,4	1,20	0,21	0,10	2,47
Bradalsmyra	4	12.08.2011	6,88	12,9	1,24	0,31	0,10	4,18
Bradalsmyra	4	28.09.2011	6,96	9,7	1,23	0,21	0,10	3,97
Bradalsmyra	4	02.11.2011	7,08	7,4	1,01	0,27	0,10	3,48
Bradalsmyra	7	07.07.2004			3,30	1,19	1,10	19,6
Bradalsmyra	7	04.08.2004			1,74	0,23		
Bradalsmyra	7	31.05.2005			1,95	0,14	1,40	5,4
Bradalsmyra	7	07.07.2005			1,63	0,04	0,99	3,1
Bradalsmyra	7	04.08.2005			2,40	0,23	0,96	13,0
Bradalsmyra	7	08.09.2005			1,88	0,28	0,62	4,7
Bradalsmyra	7	11.10.2005			1,33	0,11	0,58	3,0
Bradalsmyra	7	03.11.2005			3,88	1,77	1,20	14,3
Bradalsmyra	7	08.05.2006			6,08	0,49	2,90	18,3
Bradalsmyra	7	02.06.2006			3,25	0,20	1,90	12,6
Bradalsmyra	7	03.07.2006			2,32	0,36	1,00	6,7
Bradalsmyra	7	21.08.2006			2,10	0,42	1,70	5,2
Bradalsmyra	7	18.09.2007	7,70	8,5	3,26	0,23	0,94	14,4
Bradalsmyra	7	27.10.2008	7,86	6,2	1,52	0,14	0,51	4,2
Bradalsmyra	7	26.11.2008	7,86	5,6	2,03	0,20	0,92	9,2
Bradalsmyra	7	07.08.2009	7,77	8,5	4,08	0,22	1,20	21,2
Bradalsmyra	7	18.10.2009	7,81	8,3	1,63	0,11	0,65	10,5
Bradalsmyra	7	09.10.2009	7,90	9,3	1,87	0,12	0,99	7,5
Bradalsmyra	7	16.11.2009	7,41	5,9	3,64	0,59	1,30	21,1
Bradalsmyra	7	09.06.2010	7,84	8,8	2,46	0,14	0,73	14,30

Bradalsmyra	7	07.07.2010	7,88	8,0	1,36	0,17	1,20	7,90
Bradalsmyra	7	04.08.2010	7,84	10,2	2,61	0,20	1,30	14,50
Bradalsmyra	7	25.05.2011	7,63	7,7	2,07	0,33	2,14	14,80
Bradalsmyra	7	12.08.2011	7,50	9,1	3,15	0,24	1,30	16,30
Bradalsmyra	7	28.09.2011	7,71	9,7	3,98	0,29	1,70	21,10
Bradalsmyra	7	02.11.2011	7,91	6,9	1,85	0,10	1,10	14,70
Bradalsmyra	8	07.07.2004			2,67	0,85	0,20	10,8
Bradalsmyra	8	04.08.2004			0,98	0,15		
Bradalsmyra	8	31.05.2005			1,96	0,52	0,23	9,0
Bradalsmyra	8	07.07.2005			1,37	0,15	0,10	5,6
Bradalsmyra	8	04.08.2005			1,44	0,26	0,20	12,5
Bradalsmyra	8	08.09.2005			1,75	0,28	0,10	6,5
Bradalsmyra	8	11.10.2005			0,89	0,14	0,10	5,7
Bradalsmyra	8	03.11.2005			3,11	1,33	0,35	15,8
Bradalsmyra	8	08.05.2006			3,64	0,83	0,47	14,7
Bradalsmyra	8	02.06.2006			3,36	0,356	0,27	10,2
Bradalsmyra	8	03.07.2006			1,79	0,283	0,1	10,5
Bradalsmyra	8	21.08.2006			1,2	0,28	0,1	6,7
Bradalsmyra	8	18.09.2007			1,64	0,64	0,22	6,9
Bradalsmyra	8	27.10.2008	7,61	16,6	2,07	0,39	0,2	7,5
Bradalsmyra	8	26.11.2008	7,61	12,1	1,51	0,23	0,29	12,2
Bradalsmyra	8	07.08.2009	7,66	21,4	3,25	0,597	0,25	6,7
Bradalsmyra	8	18.10.2009	7,53	14,8	0,962	0,15	0,2	6,7
Bradalsmyra	8	09.10.2009	7,61	15,8	1,84	1,17	0,23	6,5
Bradalsmyra	8	16.11.2009	7,17	16,3	2,67	0,72	0,26	9,1
Bradalsmyra	8	09.06.2010	7,63	15,8	2,03	0,29	0,20	6,63
Bradalsmyra	8	07.07.2010	7,77	13,7	0,80	0,07	0,10	6,09
Bradalsmyra	8	04.08.2010	7,72	20,7	1,00	0,58	0,20	4,92
Bradalsmyra	8	25.05.2011	6,31	5,0	1,14	0,20	0,05	7,61
Bradalsmyra	8	12.08.2011	7,38	21,6	1,45	0,69	0,20	4,27
Bradalsmyra	8	28.09.2011	7,42	20,0	2,55	0,74	0,21	8,36
Bradalsmyra	8	02.11.2011	7,60	15,6	4,00	0,63	0,22	10,00
Bradalsmyra	9	28.09.2011	7,35	12,8	5,14	1,16	0,72	37,70
Bradalsmyra	9	02.11.2011	7,27	18,8	3,39	1,87	0,35	13,20
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2004			4,54	0,04	0,24	36,1
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2004			9,83	2,36	0,20	103,0
Bradalsmyra	Brønn 4	30.08.2004			2,66	0,71	0,10	12,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.11.2004			7,99	0,22	0,05	14,7
Bradalsmyra	Brønn 4	31.05.2005			9,05	8,72	0,10	58,6
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2005			1,06	0,61	0,05	3,4
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2005			7,84	5,83	0,10	76,2
Bradalsmyra	Brønn 4	08.09.2005			3,74	2,80	0,10	27,4
Bradalsmyra	Brønn 4	11.10.2005			4,35	3,57	0,21	23,1
Bradalsmyra	Brønn 4	03.11.2005			8,21	4,39	0,20	61,6
Bradalsmyra	Brønn 4	08.05.2006			7,82	4,68	0,08	39,4
Bradalsmyra	Brønn 4	02.06.2006			5,60	3,80	0,10	32,7
Bradalsmyra	Brønn 4	03.07.2006			5,60	4,67	0,20	22,4
Bradalsmyra	Brønn 4	21.08.2006			7,00	5,50	0,10	270,0
Bradalsmyra	Brønn 4	18.09.2007	6,60	23,0	11,70	11,70	0,10	105,0
Bradalsmyra	Brønn 4	27.10.2008	6,28	20,7	8,15	10,20	0,10	89,0
Bradalsmyra	Brønn 4	26.11.2008	6,54	10,1	3,26	1,92	0,20	37,2
Bradalsmyra	Brønn 4	07.08.2009	6,59	24,4	13,40	12,50	0,20	94,9

Bradalsmyra	Brønn 4	18.10.2009	6,64	18,4	5,45	2,33	0,30	48,7
Bradalsmyra	Brønn 4	09.10.2009	6,87	13,6	2,61	0,26	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	16.11.2009	6,54	10,6	2,55	0,80	0,10	25,8
Bradalsmyra	Brønn 4	09.06.2010	6,57	35,3	14,40	9,74	0,10	144,0
Bradalsmyra	Brønn 4	07.07.2010	6,84	12,3	1,89	0,367	0,06	6,5
Bradalsmyra	Brønn 4	04.08.2010	6,57	22,0	13,7	19,8	0,2	118,0
Bradalsmyra	«Brønn 4»	25.05.2011	7,57	14,1	1,98	0,202	0,2	6,8
Bradalsmyra	«Brønn 4»	12.08.2011	6,72	19,1	1,2	0,31	0,1	3,9
Bradalsmyra	«Brønn 4»	28.09.2011	7,42	20,0	2,55	0,737	0,21	8,4
Bradalsmyra	«Brønn 4»	02.11.2011	6,96	11,0	1,52	0,097	0,06	11,6

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 • post@niva.no