

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2016



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

Tittel Bradalsmyra testsenter Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2016.	Løpenr. (for bestilling) 7135-2017	Dato 21.03. 2017
Forfatter(e) Sigurd Rognerud	Fagområde Miljøgifter Ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oppland	Trykket NIVA

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

<p>Sammen drag</p> <p>I 2016 var konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn, As, og Cr) på alle tre stasjonene i Veltmannåa lavere enn gjeldende grenseverdier. Verdiene for vismut (Bi) var også lave, men for Bi er grenseverdier ikke gitt. I overvåkningsperioden har det vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men konsentrasjonene overstiger ikke tilstandsklasse 2 (god). Bekken som slår ut i dagen nedstrøms grunnvanns-brønnen har lave konsentrasjoner av metaller, og de overstiger ikke tilstandsklasse 2. I bekken fra verksteds-området var alle metall-konsentrasjonene lavere enn gjeldende grenseverdier, med unntak av sink hvor verdiene var over gjeldende grenseverdier ved 4 av 7 prøvetaknings-tidspunkt. Dette bør følges opp med kildensporing og fjerning. Ved raketstandplass (st.9) var konsentrasjonene av bly over gjeldende grenseverdier i november, mens sink hadde høyere konsentrasjoner i nesten hele måleperioden, untatt august-oktober. Lenger ned i bekken etter miljøtest-senteret (st.8) var konsentrasjonen lavere enn grenseverdiene for bly på grunn av fortynning, mens sink-konsentrasjonen fortsatt var høyere enn grenseverdien i juni og september. Det er antagelig vannkvaliteten i dammen ved raketstandplass som er hovedårsaken dette.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Skytefelt 2. Overvåkning 3. Metallkonsentrasjoner 4. Forurensningsgrad 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Shooting range 2. Monitoring 3. Metal concentrations 4. Degree of impact
---	---



Sigurd Rognerud
Prosjektleder



Elisabeth Lie
Forskningsleder

Sissel Ranneklev
Kvalitetssikrer

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2016

Forord

Vi rapporterer her resultatene fra undersøkelsene av metall-konsentrasjoner og viktige forklaringsvariable som pH og DOC i bekker, en dam, og et grunnvannsig på Bradalsmyra testsenter i perioden 2004 til desember 2016. I perioden før dette (1991-2004) ble vannmoser nytted til å måle midlere metallkonsentrasjoner i vann over tid (ca.4 uker). Resultatene av konsentrasjonsmålingene vurderes i henhold til Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016.

Nammo Raufoss AS er oppdragsgiver. Kontaktperson ved testsenteret har vært Trond Simen Aasmundstad, som sammen med andre gode hjelpere på testsenteret takkes for godt samarbeid.

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

Ottestad, 20. mars 2017



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	8
3. Resultater	8
3.1 Humuspåvirkning og pH	8
3.2 Screening av metaller	9
3.3 Stasjon 10. Referansestasjon i åssiden vest for brennplassen	9
3.4 Veltmannåa	10
3.4.1 Tidstrend basert på vannanalyser	10
3.5 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass	11
3.5.1 Tidstrend basert på vannanalyser	11
3.5.2 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner ved st.7 og 8	13
3.5.3 Raketstandplass	13
3.6 Utlekking av metaller fra deponiet	15
3.6.1 Bekk 4	15
3.7 Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften	16
4. Sammenfatning	17
5. Vedlegg	18
6. Referanser	20

Sammendrag

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av en mindre bekk fra verkstedområdet, samt en bekk som starter i en dam ved raketstandplass, som renner forbi miljøtestanlegget og videre ut av feltet i sydøstlig retning. I 2016 ble det også etablert i en ny stasjon (st.10) i en bekk som drenerer deler av åsen vest for Veltmannåa. Hensikten var å få en indikasjon på naturgitte konsentrasjoner av metaller. Testsenteret har også et deponi som inneholder metallavfall etter overflate-behandling ved tidligere Raufoss Våpenfabrikk. Dette er avsluttet og tildekket, men potensielt drenerer deponiet til Veltmannåa. Tilstanden i bekkene er gitt i henhold til de 5 klassene som er beskrevet i Miljødirektoratets «Veileder M-608, 2016».

Det ble målt konsentrasjoner av sink, arsen, bly, kadmium, kobber, krom og nikkel en gang i måneden i perioden april til desember. Ut fra beregninger av gjennomsnitts-konsentrasjoner, kan tilstanden i Veltmannåa i 2016 beskrives som god (tilstandsklasse II) på alle tre stasjoner for de metallene som er klassifisert i denne veilederen, men det ble også analysert på antimon, vismut, mangan og jern. Konsentrasjonene av de to førstnevnte var lave. Jern og mangan er tatt med da de ofte forekommer i høyere konsentrasjoner enn de andre undersøkte metallene, og kan sammen med DOC være viktige transportører av metaller i bekkene.

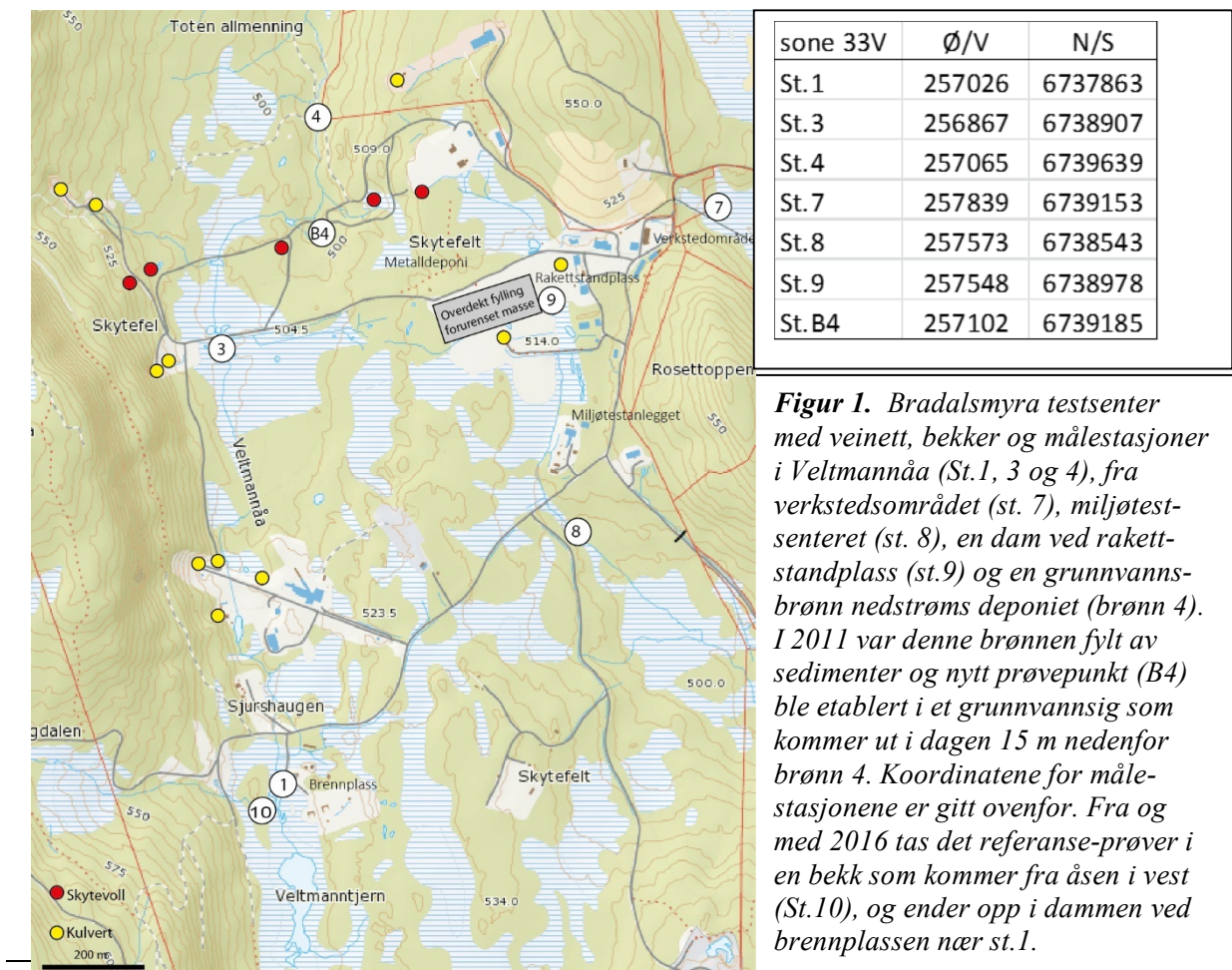
Dammen ved raketstandplassen (st.9) har inngått i overvåkning fra og med høsten 2011. I 2016 var vannkvaliteten i denne dammen dårlig (kl.4) mht. sink (6 av 9 målinger over kl.III), men god for de andre metallene. Fra denne dammen renner bekken videre forbi miljøtestanlegget og videre sydøstover. Målestasjonen (st.8) ligger nedenfor miljøtestanlegget. I 2016 var vannkvaliteten god, men i april og mai var 2 av 9 målinger for sink over kl.III.

Bekken fra verkstedsområdet (st.7), har lave vannføringer. Eventuelle utslipp av metaller vil derfor raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I 2016 var konsentrasjonene av metaller lave (kl.2, god, bortsett fra Zn hvor 4 av 9 målinger var over kl.3). Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil fortynne metallkonsentrasjonene.

Tilstanden i en liten bekk (B4) som kommer ut i dagen nedenfor et gammelt metalldeponi klassifiseres som bakgrunnsverdier (kl.1) for bly og sink, og god (kl.2) for As, Cd, Cu, Cr, og Zn. Det var ingen observasjoner over kl.III. Denne bekken renner ut i Veltmannåa, men bidrar ikke til målbare økninger av metall-konsentrasjonene i Veltmannåa. Dette skyldes antagelig at delnedbørfeltet der deponiet ligger utgjør en svært liten del av nedbørfeltet til Veltmannåa oppstrøms utløpet fra testsenteret, og at metaller bindes til finkorna partikler i jorda nedenfor deponiet.

1. Innledning

På Bradalsmyra testes konvensjonell ammunisjon, og det prøves ut ny ammunisjon. Området avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av mindre bekker fra miljøtestanlegget, verkstedområdet og rakettestandplass (Fig.1). Et metalldeponi ligger nord for kjøretraseen til det nordligste kulvertanlegget (Fig.1). Der er det deponert metaller som var avfall etter overflate-behandling 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 i Veltmannåa ble undersøkt i 2004, og konklusjonen var at deponiet ikke forurenset Veltmannåa (Rognerud 2004). I 2004 ble det etablert flere grunnvannsbrønner nedstrøms deponiet for å følge utviklingen i forurensningsgraden av grunnvannet ned mot Veltmannåa. En av disse, Brønn 4 (Fig.1), ble undersøkt årlige, men høsten 2010 ble den fylt av finkorna sedimenter. Etter dette har prøvene blitt tatt i en bekk som kommer ut i dagen nærmere Veltmannåa (Bekk 4, Fig.1). Deponiet er en potensiell kilde til forurensning, og i 2006 ble det etablert en ny stasjon i Veltmannåa for å vurdere betydningen av utsiget fra deponiet (st.3, Fig.1). Høsten 2011 ble det opprettet en stasjon (st.9) i en dam ved rakettestandplassen som avvannes sydover via st.8. I 2016 ble st.10 opprettet (Fig.1) for å måle bakgrunnskonsentrasjoner av metaller i dette området som er preget av metallrik alunskifer. Hensikten med overvåkingen er å avklare om vannkvaliteten i bekkene, med hensyn til metaller, er tilfredsstillende når de renner ut av testsenterets avgrensede område. Vi rapporterer her resultatene fra undersøkelsene i 2016, sammen med tidligere data over vannkvalitet. Den videre overvåkingen omfatter månedlige undersøkelser i den isfrie delen av året. Dette gjør det mulig å følge tidsutvikling i vannkvaliteten. Dersom det skjer episodiske utslipp eller en negativ utvikling over tid, kan tiltak settes inn. I 2016 ble det også undersøkt betydningen av naturgitte metaller for vannkvaliteten i Veltmannåa.



Hydrologisk og administrativ informasjon			
Vannforekomstnavn	Veltmannåa	Vannregionmyndighet	Østfold
VannforekomstID	002-2670-R	Vannregion	Glomma
Vannkategori	Elv	Vannområde	Mjøsa
Vanntype	Små, kalkfattig, humøs	Fylker	Oppland
Lengde (km)	14,21	Kommuner	Gjøvik, Vestre Toten
Areal av vannforekomstens nedbørfelt	0.00	Vassdragsområde	002
Nedbørfelt	Veltmannåa	Lengdegrad	
		Breddegrad	

Vanntype	
Vanntypeinndeling	Verdi
Vanntype elv	Små, kalkfattig, humøs
VanntypeID	REM1221
Nasjonal vanntype	17
Vannkategori	Elv
Økoregion	Østlandet
Klimasone	Middels(200-800moh.)
Nedbørfelt i km ²	Små (< 10 km ²)
Kalsium og alkalinitet	Kalkfattig (Ca = 1 - 4 mg/l, Alk = 0.05-0.2 mekv/l)
Humus	Humøse (30-90 mg Pt/L, TOC 5-15 mg/L)
Turbiditet	Klare (STS < 10 mg/L (uorganisk andel minst 80%))

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, miljøtestsentret og rakettestandplassen. I 2006 ble det opprettet en ny stasjon i Veltmannåa (st.3) oppstrøms et sig som kan være påvirket av et eldre 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 ble fylt opp av finstoff. Vannprøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker, mens vann for analyse av pH og TOC/DOC ble samlet inn på andre rengjorte plastflasker. Metallene er analysert ved NIVAs laboratorium. Bruk av moser som biomonitor av metaller måtte opphøre i 2006 på grunn av økende problemer med nedslamming.

2.2 Grunnvannsbrønner

I 2004 ble det etablert 5stk. 63 mm overvåkningsbrønner. 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, men fra og med 2006 ble kun Brønn 4 undersøkt som var det siste målepunkt for grunnvannsiget fra deponiet når Veltmannåa. Den er nå fylt med finstoff og prøvene tas nå i en bekk (Bekk 4) som slår ut i dagen ca.30 m nedenfor deponiet (fig.1).

2.3 Klassifisering av tilstand

Forhøyede konsentrasjoner av metaller har ofte en negativ effekt på biota i vann, som i de fleste tilfeller har lavere tålegrenser enn mennesker. Gjeldende grenser i Norge er gitt i Tab.1.

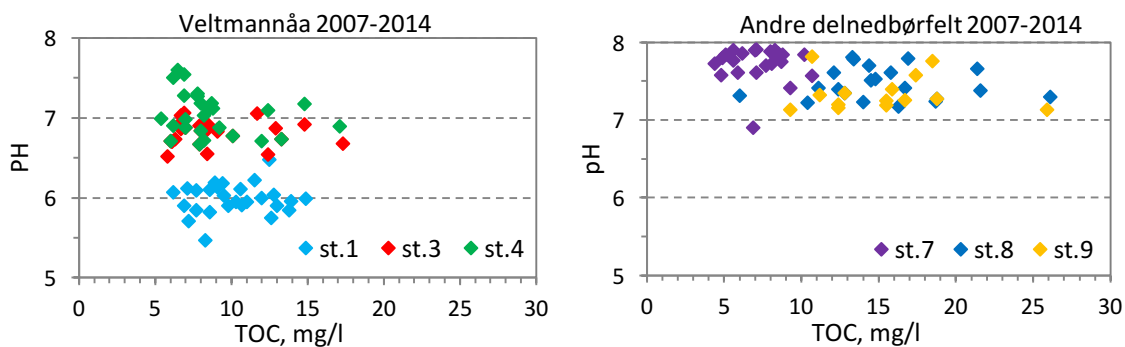
Tabell 1. Tilstandsklasser for metaller i ferskvann ($\mu\text{g/l}$) i henhold til vannforskriften. Referanse; Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota (Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016). For kadmium er grenseverdiene avhengig av kalkinnholdet i bekkene, som det er tatt hensyn til i denne rapporten. For antimon brukes «Forskriften om vannforsyning og drikkevann (FOR-2016-12-22-1868)». \leq = mindre eller lik, mens $>$ er større enn. AA-EQS årsmiddel av alle prøver tatt ved en stasjon skal ikke overstige denne verdien. MAC-EQS grense for maksimal årlig konsentrasjon som ikke skal overstiges i enkeltprøver.

element	Kl. I	Kl. II	Kl. III	Kl. IV	Kl. V
	bakgrunn	god	moderat	dårlig	svært dårlig
	AA-EQS		MAC-EQS		
Cd	$\leq 0,003$	$\leq 0,08$	$\leq 0,45$	$\leq 4,5$	$> 4,5$
Pb	$\leq 0,02$	$\leq 1,2$	≤ 14	≤ 57	> 57
Ni	$\leq 0,5$	≤ 4	≤ 34	≤ 67	> 67
Cu	$\leq 0,03$	$\leq 7,8$	$\leq 7,8$	$\leq 15,6$	$> 15,6$
Zn	$\leq 1,5$	≤ 11	≤ 11	≤ 60	> 60
As	$\leq 0,15$	$\leq 0,5$	$\leq 8,5$	≤ 85	> 85
Cr	$\leq 0,1$	$\leq 3,4$	$\leq 3,4$	$\leq 3,4$	$> 3,4$

3. Resultater

3.1 Humuspåvirkning og pH

Det var til dels stor variasjon i pH og TOC mellom de ulike målepunktene (Fig.2). Veltmannåa er humuspåvirket og pH øker gjennom feltet (fra st.1 til 3 og 4). Bekkene fra verkstedområdet (st.7), miljøtestanlegget (st.8) og raketstandplass (st.9) har alkalisk vann (området ved st.9 er kalket), og er moderat (st.7) til betydelig humuspåvirket (st.8, 9). Dette er naturlig da mye av verkstedsområdet er asfaltert, mens det er myr-lendt ved de andre stasjonene. Grunnvannet nedstrøms deponiet (brønn 4) har hatt stor variasjon i pH og DOC fordi utsiget fra det kalkede metalldeponiet har større betydning til enkelte tider. Bekken som slår ut i dagen nedenfor Brønn 4 (bekk 4) har alkalisk og lite humuspåvirket vann (Tab.4 i vedlegget).



Figur 2. TOC og pH i Veltmannåa ved st.1,3 og 4, i bekkene fra verkstedområdet (st.7), miljøtestanlegget (st.8), raketstandplass(st.9) i perioden 2007-2014.

3.2 Screening av metaller

I 1999, 2004 og 2014 ble det undersøkt et utvalg metaller for å sikre at vi fikk med de viktigste i den årlige overvåkningen (Tab. 2). Metaller som ble valgt i den rutinemessige overvåking frem til 2015 er uthevet. Siden 2015 er alle metallene gitt i Tab.2 (untatt Be) inkludert i den årlige overvåkningen.

Tabell 2. Konsentrasjoner av et utvalg metaller ($\mu\text{g/l}$) i 3 ulike år, tidspunkt og på 4 stasjoner (fig.1).

Bradalsmyra	st.	Be	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Sb	Pb
27.07.1999	7	0,02	0,78	69	348	0,15	0,34	2,1	7,7	0,36	0,01	1,1	0,07
01.10.1999	7	0,03	0,81	89	317	0,14	0,30	2,9	9,5	0,34	0,02	1,7	0,09
27.07.1999	8	0,03	1,40	73	1015	0,28	0,61	1,9	14	0,43	0,06	0,31	0,72
01.10.1999	8	0,02	2,01	106	1196	0,32	0,78	1,3	9,0	0,44	0,05	0,15	0,24
07.07.2004	1		0,88				0,71	0,6	5,0		0,03	0,08	0,25
07.07.2004	4		0,18				0,77	1,87	5,4		0,01	0,10	0,47
04.08.2004	1		0,62				0,95	0,63	3,0		0,03	0,06	0,31
04.08.2004	4		0,46				0,50	1,17	3,0		0,02	0,20	0,33
30.08.2004	1		0,76	11	200		0,61	0,43	3,38		0,01	0,1	0,21
30.08.2004	4		0,82	32	215		0,50	1,14	3,28		0,01	0,1	0,24
04.11.2004	1		0,20	24	260		0,45	0,32	2,01		0,01	0,05	0,14
04.11.2004	4		0,10	23	290		0,42	1,36	2,93		0,01	0,09	0,24
20.08.2014	1		0,20	77	560		0,60	0,48	5,01		0,02	0,01	0,14
20.08.2014	4		1,30	32	456		1,10	1,61	8,37		0,01	0,21	0,21

Bradalsmyra er et skytefelt og det var derfor naturlig å fokusere på Cu, Zn, Sb, og Pb da disse er viktig bestandeler i ammunisjon. Det var også generelt en økning i Veltmannåa gjennom feltet (st.1 til 4) for disse metallene, og de hadde også ofte høyere konsentrasjoner i feltene fra verkstedsområdet og miljøtestanlegget (st.7 og 8) enn i Veltmannåa. Fra og med 2015 er antall metallanalyser utvidet med jern (Fe), kalsium (Ca), mangan (Mn), nikkel (Ni) og vismut (Bi) og DOC (løst organisk karbon) erstatter tidligere analyser av TOC (totalt organisk karbon, se vedlegg A). Parallell-analyser på TOC og DOC viser imidlertid små forskjeller i skytefeltets bekker.

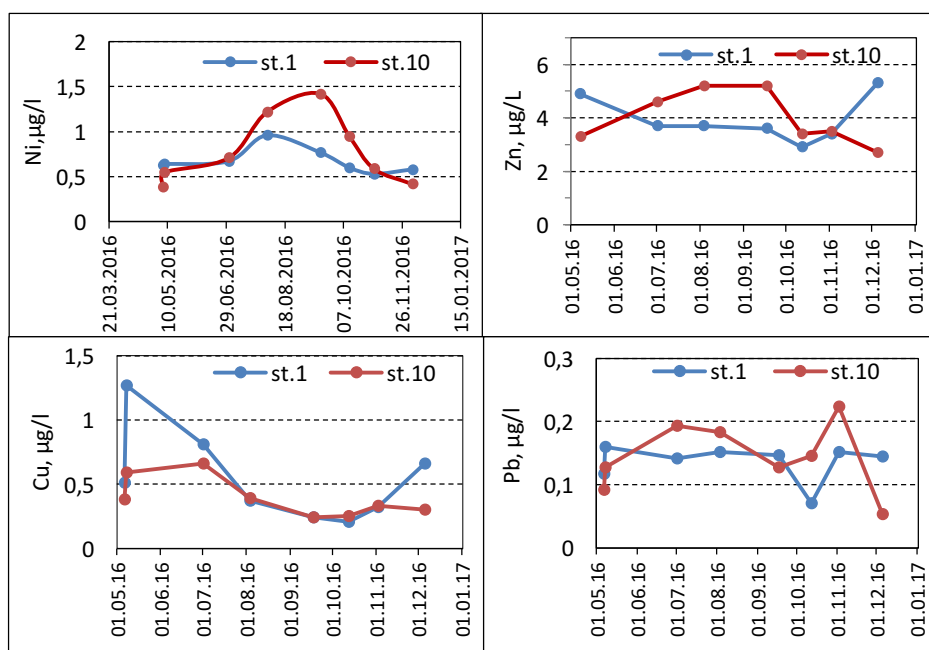
3.3 Stasjon 10. Referansestasjon i åssiden vest for brennplassen

I 2016 ble det opprettet en ny stasjon (st.10) i en bekk som avvanner åssiden vest for brennplassen (fig.1). Bekken renner inn i brenndammen (fig.1), som også mottar vann fra Veltmannåa, og danner Veltmannåa (Fig.1). I områdene like nordvest for åsen er det betydelige forekomster av metallholdig alunskifer (Lutro, O., og Nordgulen, Ø. 2004). Nedsmeltning av innlandsisen under siste istid, og den sydøstlige bevegelsen av denne, kan ha ført med seg alunskifer til løsmassene på Bradalsmyra testsenter. Dette bør undersøkes nærmere slik at det er mulig å skille naturlige metallkilder fra antropogene kilder.

Alunskifer inneholder betydelige mengder metaller. I så fall vil dette kunne påvirke konsentrasjoner av metaller i Veltmannåa, særlig i tørre perioder når grunnvannet preger vannkvaliteten. Hensikten med den nye stasjonen var å få en indikasjon på betydningen av naturgitte metallutsig fra denne åssiden på Veltmannåa's vannkvalitet. Det viste seg da også at viktige metaller i alunskifer som nikkel, sink og bly hadde høyere konsentrasjoner sommerstid i bekken fra åssiden (st.10) enn i Veltmannåa's utløp fra brennplassen (st.1, fig.3), men ingen forskjell ble funnet for kobber. Dette kan indikere at i tørkeperioder sommerstid, når vannet i bekken preges av grunnvann fra åssiden, vil metall utløst fra alunskifer-holdige løsavsetninger kunne prege vannkvaliteten. Dette bør undersøkes nærmere. Vannkvaliteten i Bekk 10 kan klassifiseres til klasse 2 som er god tilstand (Tab.1)

Tabell 3. Analyser av metaller, pH, DOC i en innløpsbekk (st.10) til Veltmanntjernet. Prøvene fra denne nye stasjonen er klassifisert sammen med de andre målepunktene i tabell.4

st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
10	06.05.16	5,84	7,3	0,04	0,05	0,092	421	0,015	0,96	0,38	0,07	105	0,39	3,0	<0,07
10	07.06.16	6,43	6,3	0,04	0,25	0,127	622	0,016	1,40	0,59	0,16	252	0,55	3,3	<0,07
10	01.07.16	6,53	10,9	0,06	0,38	0,193	859	0,020	1,62	0,66	0,29	260	0,71	4,6	<0,07
10	03.08.16	6,61	12,1	0,03	0,57	0,183	2290	0,030	2,27	0,39	0,36	894	1,22	5,2	<0,07
10	17.09.16	6,70	10,3	0,03	0,57	0,127	2110	0,031	2,38	0,24	0,23	1440	1,42	5,2	<0,07
10	12.10.16	6,84	7,2	0,04	0,31	0,046	640	0,018	2,00	0,25	0,14	1550	0,95	3,4	<0,07
10	02.11.16	6,10	9,5	0,05	0,25	0,224	701	0,015	1,47	0,33	0,21	281	0,59	3,5	<0,07
10	05.12.16	6,31	5,7	0,01	0,15	0,053	323	0,015	1,18	0,30	0,16	208	0,42	2,7	<0,07



Figur3. Konsentrasjoner av metaller i Veltmannåa ved utløpet av branndammen ved Brennplassen (st.1), og i en bekk som avvanner deler av høydedraget vest for Veltmanntjernet (st.10).

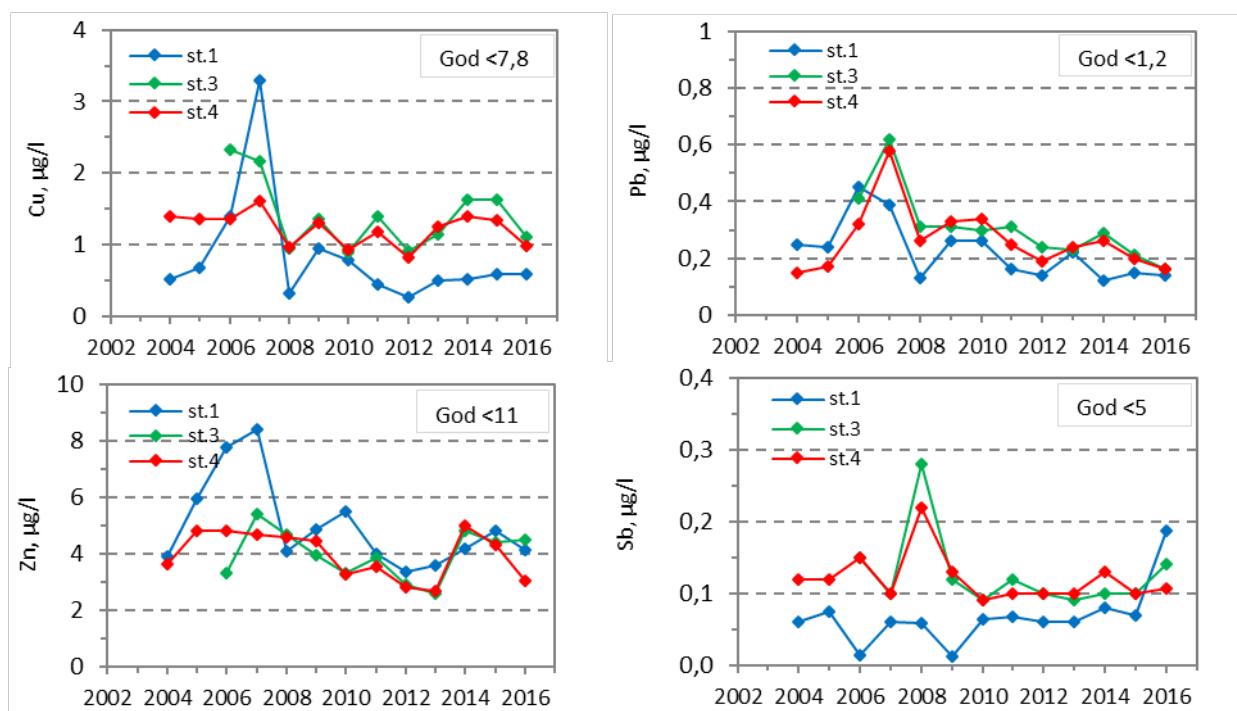
3.4 Veltmannåa

3.4.1 Tidstrend basert på vannanalyser

I 2016 var middelkonsentrasjonene av Pb og Sb i Veltmannåa på nivå med, eller litt lavere enn, de 6 foregående årene, mens for Cu og Zn var det en svak økning fra 2012 til 2014, etterfulgt av en reduksjon de siste 2 årene (Fig.4). I 2007 ble det kun tatt en stikkprøve i september. Målingene dette året kan derfor ikke sies å være representative for sesongen på de ulike stasjonene, og de vil ikke bli vektlagt i vurderingen av tidstrender. Det ligger en brennplass nær der Veltmannåa renner inn i feltet (st.1). Avrenning av metaller knyttet til virksomhet ved denne høsten 2006 og i 2007 kan være en mulig forklaring på hvorfor konsentrasjonene av kobber og sink var betydelig høyere ved st.1 i denne perioden enn etter 2007 (Fig.4 og Tab.2 i vedlegget). Etter at sink-kilden ved brennplassen forsvant har det vært små forskjeller på sink-konsentrasjoner inn og ut av feltet.

Siden 2010 har konsentrasjonene av bly vist en synkende trend, og i 2016 var det i praksis ingen forskjell på middelkonsentrasjonen av bly ved innløp og utløp av feltet. I perioden juni til august 2016

var sink-konsentrasjonen høyere i bekken som drenerer deler av åsen vest for tjernet (st.10) enn konsentrasjonen i Veltmannåas utløpet ved brennplassen (st.1). En befaring av området kunne ikke dokumentere antropogene kilder, men vi vet at nord-øst for området er det forekomster av metallholdig alunskifer. Under siste istid kan deler av denne være erodert, fraktet syd-østover med isens transport-retning, og avsatt i denne regionen. Slike masser inneholder ofte høye metall konsentrasjoner som kan løses ut i grunnvannet og sette sitt preg på vannkvaliteten særlig i tørkeperioder sommerstid. Generelt har konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa vært relativt lave i hele overvåkningsperioden. De noe høyere konsentrasjoner som opptrer episodisk var ofte knyttet til lav vannføring og høye humuskonsentrasjoner gitt som DOC (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. Middelskonsentrasjoner 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). Grensen for god vannkvalitet (kl.II) er gitt i panelene for de ulike metallene.

3.5 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass

3.5.1 Tidstrend basert på vannanalyser

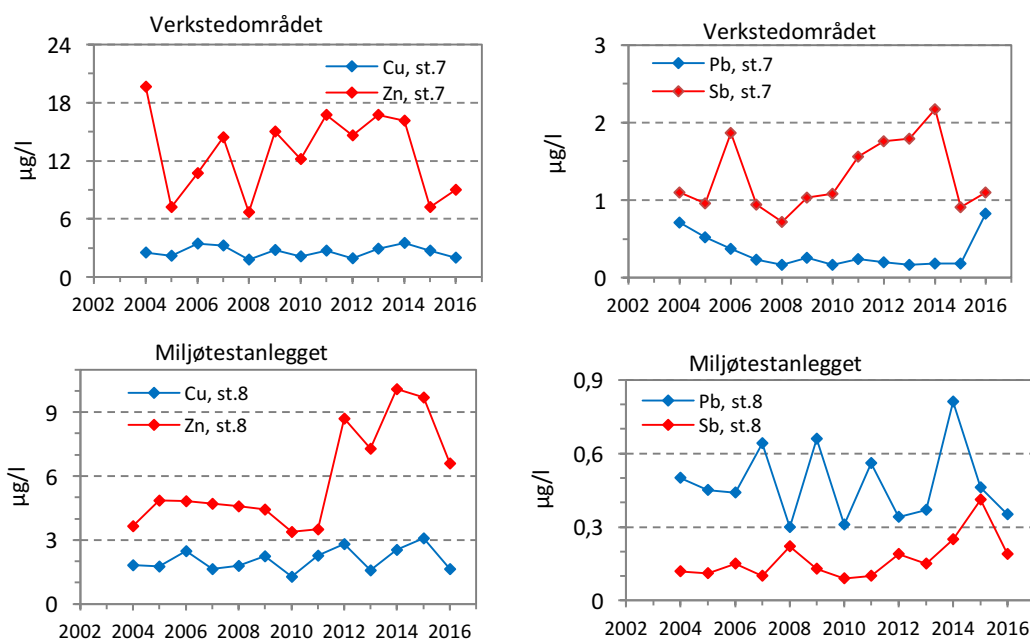
Verkstedområdet

I bekken fra verkstedsområdet (Fig.7) var middelskonsentrasjonene av bly noe høyere i 2016 enn 2015, men likevel innenfor tilstandsklasse II («god»). Konsentrasjonen av antimon var godt under grensen på 5 $\mu\text{g/l}$ i Vannforskriften. Tidligere fantes det en antimonkilde på verkstedområdet, men betydningen av denne ser nå ut til å være liten. Konsentrasjonene av kobber har vært nær 3 $\mu\text{g/l}$ i hele perioden i 2016, som tilsvarer tilstandsklasse II. Middelskonsentrasjonen av sink var tidligere ofte over grenseverdien for god tilstand (11 $\mu\text{g/l}$), men de siste 2 årene har den vært lavere (Fig.7). Det forekommer fortsatt enkeltprøver med konsentrasjoner over denne grenseverdien.

Bekken har liten vannføring ved målestasjonen, men tilføres vann fra skogsområdene lenger ned. Dette vil bidra til å senke metall-konsentrasjonene. Med unntak av ett episodisk utslipp av sink anser vi at avrenningen fra verkstedsområdet ikke forurensrer bekken lenger ned i nevneverdig grad.

Miljøtestanlegget

Bekken som avvanner miljøtestanlegget har, fram til og med 2011, hatt relativt lave metall-konsentrasjoner (Fig.7), og nær de vi har målt i Veltmannåa (Fig.4). I perioden 2011-2014 økte konsentrasjonene av metaller, men har siden sunket til et lavere nivå. Konsentrasjonene av sink var i perioden 2012-2016 betydelig høyere enn tidligere, men årlige middelverdier var likevel innenfor tilstandsklasse II. Konsentrasjonene av bly, kobber, sink, antimon, kadmium, arsen og krom var alle lavere enn gjeldende grenseverdier (se vedlegg).

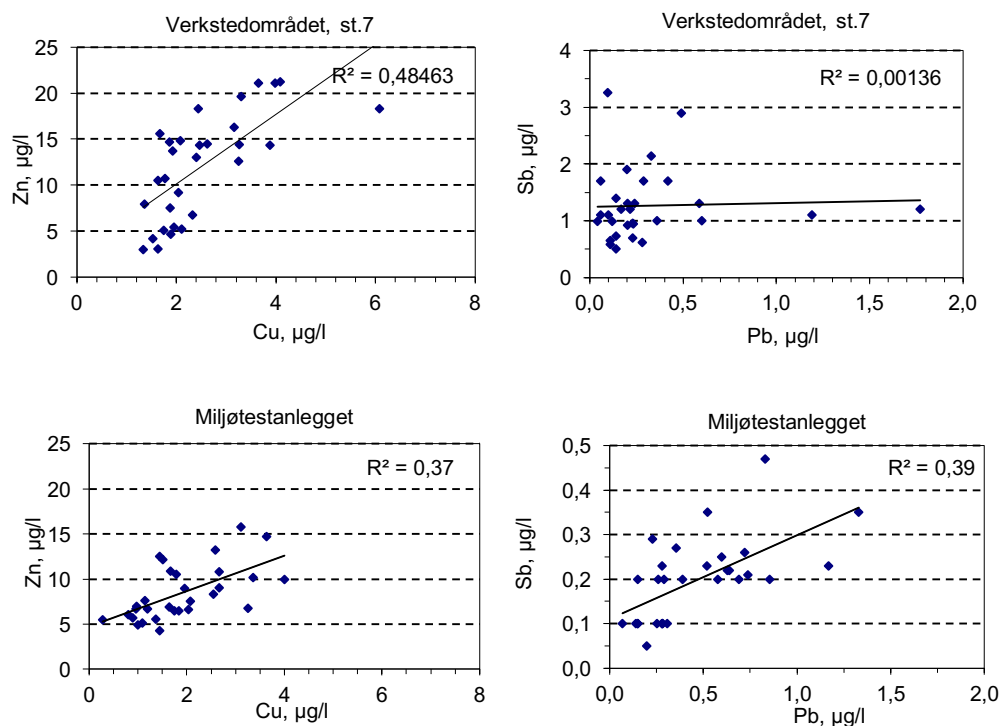


Figur 5. Middelkonsentrasjoner (april/mai–desember) av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i bekken fra verkstedområdet og fra miljøtestanlegget

3.5.2 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner ved st.7 og 8

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 som avanner rakettestandplass og miljøtest-anlegget (Fig.6).

I bekken fra verksted-området var konsentrasjonene av sink og antimon i 2015 og 2016 betydelig lavere i forhold til de 4 foregående årene. Dette indikerer at kilden var en punktkilde i verksted-området, og at denne nå er fjernet, slik det også har skjedd for bly, der konsentrasjonene gradvis har avtatt fram til 2015. I 2016 var konsentrasjonen av bly imidlertid betydelig høyere enn foregående år. Konsentrasjonen er fortsatt innenfor tilstandsklasse I, men utviklingen bør følges nøye for å avdekke eventuelt nye kilder.

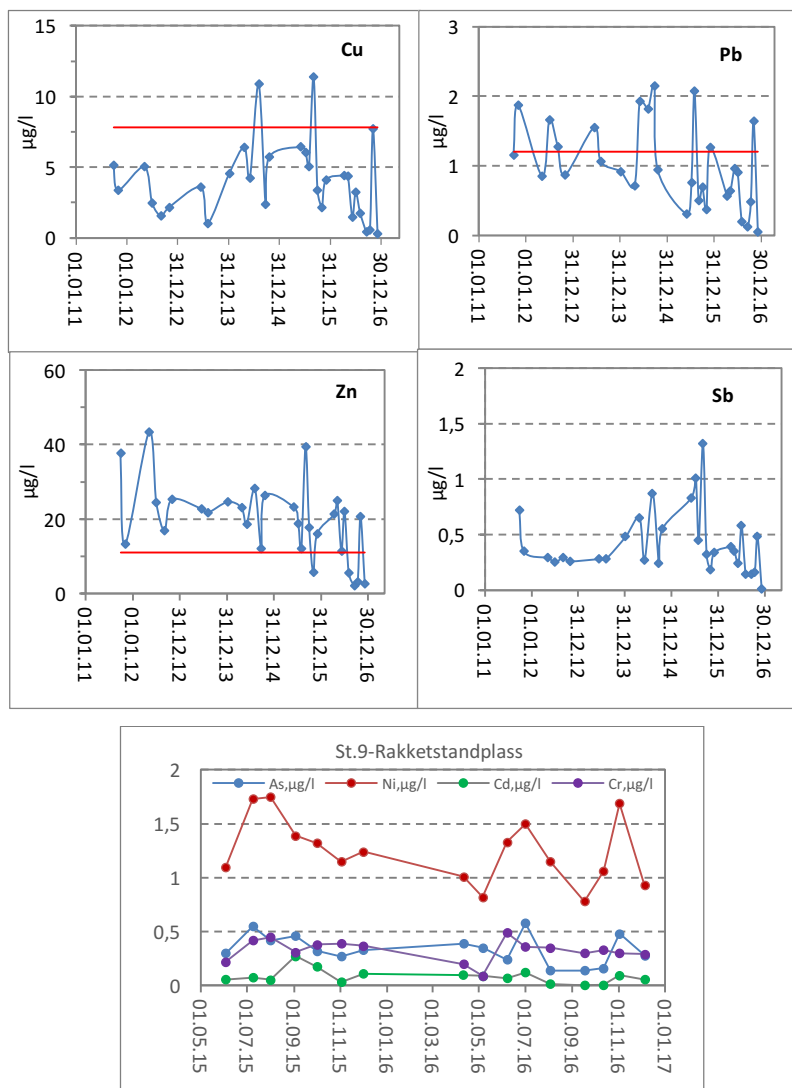


Figur 6. Sammenhengen mellom kobber (Cu) og sink (Zn), samt bly (Pb) og antimon (Sb) i bekkene som avanner rakettestandplass og miljøtestanlegget.

3.5.3 Rakettestandplass

Dette målepunktet er en åpen vannansamlig som ligger i et myr/sumpområde foran rakettestandplass (Fig.1). Den dreneres av bekken som renner forbi miljøtestanlegget og videre sydover (fig.1). Resultatet av målingene i 2016 er gitt i vedlegget, og tidstrenden er vist i figur 7. Vannkvaliteten kan beskrives som alkalisk og betydelig humus-påvirket. Det alkaliske miljøet skyldes at deler av området er betydelig kalket, derav de høye kalsium verdiene 13-57 mg/l (se vedlegget). Konsentrasjonene av metaller har generelt vært høyere enn i Veltmannåa og i bekken nedstrøms miljøtestanlegget (st.8). I 2016 var kobber-konsentrasjon lavere enn grenseverdien for tilstandsklasse II (7,8 µg/l), mens for sink var de høyere enn grenseverdien for tilstandsklasse II (11 µg/l) i hele perioden, untatt i perioden august-oktober. Blyverdiene var innenfor tilstandsklasse 2 (1,2 µg/l) untatt i november, mens

konsentrasjonene av antimon var lavere enn grenseverdien (5 µg/l) i hele perioden (Tab.1). DOC konsentrasjonen var relativt høy, og dette kan være med på å redusere faren for negative effekter av positivt ladde metaller (kobber, sink, bly, kadmium) i biota. Vannføringen var generelt lav og området er relativt flatt. Økt tilførsel av vann fra områder utenfor testsenterets grenser gjør at betydningen av metall-forurensningen nedstrøms feltet vurderes som liten.

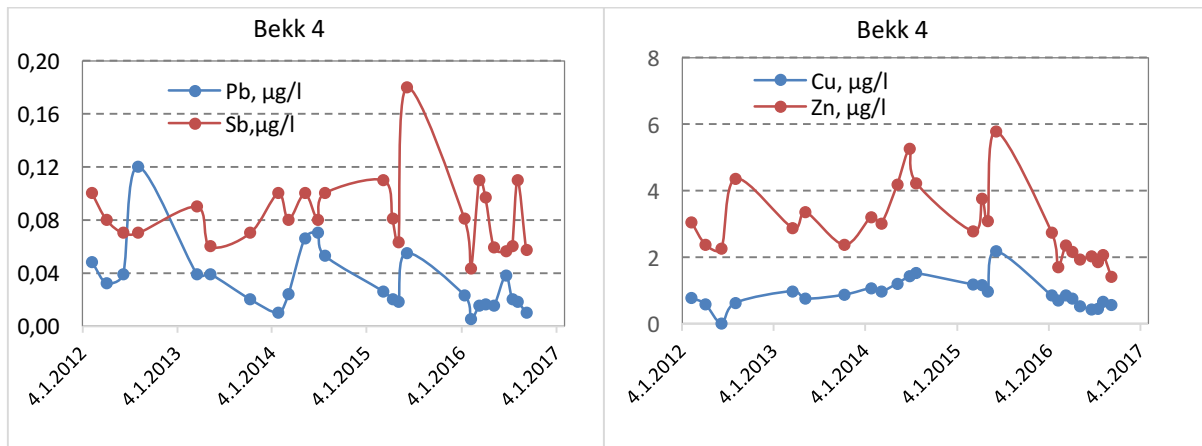


Figur 7. Konsentrasjoner av kobber, bly, sink og antimon i perioden i 2011-2016 raketstandplass(st.9) (øvre paneler) med grenseverdier (god/moderat, Tabell 1) indikert med rød linje. Arsen, nikkel, kadmium og krom (nedre panel) i sig fra raketstandplassen (st.9) i perioden 2015-2016

3.6 Utlekking av metaller fra deponiet

3.6.1 Bekk 4

Denne stasjonen ligger 15 m nedstrøms den gjennfylte grunnvannsbrønnen. Der kommer grunnvannet ut i dagen, og danner en liten bekk (Bekk 4) som renner videre ut Veltmannåa (Fig.1). Vi antar at bekken ved målepunktet også tilføres vann fra andre deler av dalsøkket der deponiet befinner seg. Dette er det eneste synlige utsiget i området. Vannkvaliteten kan beskrives som svakt alkalisk, med lave til moderate metall-konsentrasjoner (Fig.8 og Vedlegget). Ingen av metall-konsentrasjonene i 2016 var høyere enn tilstandsklasse II (Tab.1 og i vedlegget). De lave verdiene stemmer godt overens med at konsentrasjonene ikke øker i Veltmannåa fra st.3 til st.4 (Fig.1).



Figur 8. Konsentrasjoner av bly (Pb), antimon(Sb), kobber (Cu) og sink (Zn) i Bekk 4 som avvanner det gamle deponiet.

3.7 Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften

Resultatet for gjennomsnittskonsentrasjoner av metaller som er analysene ved alle målepunktene på Bradalsmyra i 2016, og klassifiseringen av tilstanden (Tab.1) ved de ulike stasjonene er gitt i Tab.4. Alle metallene som er klassifisert (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn) havner i klasse II (god), med unntak av sink ved st.9 som klassifiseres som dårlig (kl. IV). Bakgrunnsverdier var det for nikkel ved st.4, samt bly og sink ved st. B4.

Ved følgende stasjoner overskred prøvene grensen for kl III:

stasjon 7: 4 av 9 prøver,

stasjon 8: 2 av 9 prøver

stasjon 9: 6 av 9 prøver

Tabell 4. Klassifikasjon av gjennomsnittlig konsentrasjon på alle målestasjonene for de metallene som er klassifisert (Tab.1). AA-EQS årsmiddel av alle prøver tatt ved en stasjon skal ikke overstige verdiene gitt i tab.1 for de enkelte metallene. Fargekoder: Blå: bakgrunn (kl.1), Grønn: god tilstand (kl.2), Orange: dårlig tilstand.

st.	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L
Gj.snitt st 1	0,19	0,26	0,14	769	0,015	1,88	0,53	0,18	237	0,65	4,2
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt st 3	0,13	0,19	0,16	561	0,014	5,87	1,23	0,17	131	0,59	4,4
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt st 4	0,11	0,17	0,16	500	0,009	6,19	0,98	0,16	65	0,47	3,0
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt st 7	1,10	0,36	0,08	349	0,025	51,38	1,99	0,63	301	1,07	9,0
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	4/9
Gj.snitt st 8	0,19	0,32	0,22	605	0,021	25,10	1,63	0,55	56	0,87	6,6
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	2/9
Gj.snitt st 9	0,31	0,32	0,67	1141	0,062	31,21	2,93	0,30	175	1,14	13,8
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	6/9
Gj.snitt st B4	0,07	0,18	0,02	460	0,005	18,62	0,65	0,51	69	0,57	1,4
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt st 10	0,04	0,32	0,13	996	0,020	1,66	0,39	0,20	624	0,78	3,9
Ant. over kl III	0/8	0/8	0/8		0/8		0/8	0/8		0/8	0/8

4. Sammenfatning

I 2016 ble vannkvaliteten målt på 3 stasjoner (1,3,4) i Veltmannåa, en stasjon ved vanddammen foran raketstandplass (st. 9), en stasjon som avvanner både raketstandplass og miljøtestsenteret (st.8), samt en stasjon i bekken fra verkstedsområdet (st.7). I perioden 2004-2014 ble det analysert på pH, TOC, og metallene kobber (Cu), bly (Pb), antimon (Sb), og sink (Zn). Fra og med 2015 er antall metallanalyser utvidet med jern (Fe), kalsium (Ca), mangan (Mn), nikkel (Ni) og vismut (Bi) og DOC (løst organisk karbon) erstatter tidligere analyser av TOC (totalt organisk karbon, se vedlegg A). Parallell-analyser på TOC og DOC viser imidlertid små forskjeller i skytefeltets bekker.

I 2016 var konsentrasjonene av de undersøkte metallene (Pb, Cu, Zn, Sb, Cd, As, Ni, Cr og Bi) på alle tre stasjonene i Veltmannåa lavere enn gjeldende grenseverdier for tilstandsklasse II (god). I overvåkingsperioden har det generelt vært et lite bidrag av kobber og bly fra feltet, men dette bidraget har vært så lite at vi kan konkludere med at testsenteret ikke forurenses Veltmannåa nevneverdig med ovennevnte metaller.

Bekken som slår ut i dagen nedstrøms grunnvanns-brønnen (st. B4) hadde lave konsentrasjoner av metaller, og ingen målinger oversteg gjeldende grenseverdier for tilstandsklasse II. Vi kan derfor konkludere med at grunnvannsiget fra deponiet ikke har forurenset Veltmannåa nevneverdig.

I bekken fra verkstedsområdet (st.7) var alle metallkonsentrasjonene lavere enn gjeldende grenseverdier for tilstandsklasse II (god) med unntak for sink i perioden april-juli der verdiene indikerer dårlig tilstand. Dette bør følges opp med kildeopsporing.

Ved raketstandplass (st.9) var tilstanden mht. sink dårlig (kl.4) i 2016 med 6 av 9 målinger over kl.III, men god for de andre klassifiserte metallene. Lenger ned i bekken etter miljøtestsenteret (st.8) var tilstanden god for de undersøkte metallene på grunn av fortytning fra nye tilsig, selv om det på en kort tid om vårparten var dårlige forhold på grunn sink antagelig på grunn av utsig fra dammen st.9.

Bidrag av vann fra skogsområdene nedstrøms testsenteret vil føre til en fortytning av metallkonsentrasjonene i bekkene. Med unntak av de to ovennevnte episodene ved verkstedsanlegget og miljøtestanlegget er det lite sannsynlig at testsenteret har forurenset bekkene nevneverdig, og følgelig ikke hatt negative konsekvenser for bunndyr i bekkene eller for andre brukere nedstrøms.

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentert ikke har bidratt til nevneverdig forurensning av metaller i bekkene når de renner ut av skytefeltet. Likevel kan det lokalt være høye konsentrasjoner av metaller i vannforekomster inne i feltet i forbindelse med ulike forsøk eller annen aktivitet. Overvåkningen gjennom 24 år er også en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkningen har også den store fordelen at eventuelle episodiske utslipp i feltet kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsenteret.

5. Vedlegg

Primærdata, gjennomsnittsverdier og antall over kl.III. Fargekoding av gjennomsnittsverdier i henhold til Tab.1 blå: bakgrunn, grønn: god, gul: moderat, orange: dårlig.

		pH	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.	dato		mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
1	11.04.16	6,45	8,2	0,11	0,18	0,137	483	0,019	1,50	0,51	0,19	92,4	0,49	4,7	<0,07
1	06.05.16	6,13	6,8	0,03	0,09	0,117	345	0,015	1,33	1,27	0,03	71,5	0,63	5,3	<0,07
1	07.06.16	6,17	8,7	0,40	0,30	0,160	578	0,018	1,68	0,81	0,18	123	0,64	4,9	<0,07
1	01.07.16	6,59	10,0	0,31	0,37	0,142	1080	0,015	2,01	0,38	0,22	347	0,67	3,7	<0,07
1	03.08.16	6,26	10,0	0,05	0,37	0,152	1650	0,014	2,39	0,37	0,32	493	0,96	3,7	<0,07
1	17.09.16	6,19	9,5	0,09	0,33	0,147	1200	0,011	2,29	0,24	0,2	465	0,77	3,6	0,09
1	12.10.16	6,37	7,4	0,25	0,28	0,071	478	0,012	2,16	0,21	0,15	309	0,60	2,9	0,15
1	02.11.16	6,26	9,3	0,39	0,25	0,152	625	0,011	2,05	0,32	0,2	115	0,53	3,4	0,16
1	05.12.16	5,86	7,2	0,06	0,15	0,145	485	0,023	1,54	0,66	0,17	113	0,58	5,3	<0,07
Gj.snitt		6,25	8,5	0,19	0,26	0,14	769	0,015	1,88	0,53	0,18	237	0,65	4,2	
Ant.Over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

		pH	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.	dato		mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
3	11.04.16	6,76	8,3	0,14	0,20	0,192	550	0,014	3,75	1,28	0,19	196	0,57	4,5	<0,07
3	06.05.16	6,68	6,4	0,05	0,12	0,098	366	0,010	2,90	0,78	0,04	91,3	0,37	2,9	<0,07
3	07.06.16	6,97	6,9	0,19	0,21	0,200	530	0,017	7,49	1,89	0,19	150	0,89	4,5	<0,07
3	01.07.16	7,08	9,6	0,16	0,24	0,299	1110	0,011	5,97	1,54	0,22	126	0,77	4,6	<0,07
3	03.08.16	6,95	8,9	0,07	0,25	0,136	754	0,012	7,58	0,85	0,26	209	0,72	2,5	<0,07
3	17.09.16	6,90	7,0	0,09	0,22	0,121	866	0,009	8,91	0,60	0,13	201	0,61	2,3	<0,07
3	12.10.16	7,04	5,4	0,12	0,12	0,072	319	0,007	7,96	1,10	0,1	103	0,07	4,1	0,11
3	02.11.16	6,75	9,8	0,19	0,22	0,093	309	0,010	3,89	1,01	0,17	73,5	0,59	3,3	0,11
3	05.12.16	6,62	7,4	0,13	0,14	0,209	242	0,033	4,34	2,05	0,21	29,1	0,69	10,6	<0,07
Gj.snitt		7,29	7,7	0,13	0,19	0,16	561	0,014	5,87	1,23	0,17	131	0,59	4,4	
Ant.Over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

		pH	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.	dato		mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
4	11.04.16	6,93	8,1	0,13	0,18	0,257	530	0,016	4,00	1,27	0,18	144	0,50	5,2	<0,07
4	06.05.16	6,77	6,4	0,05	0,07	0,118	325	0,010	3,04	1,02	0,03	50,5	0,38	3,3	<0,07
4	07.06.16	7,35	6,3	0,15	0,18	0,152	458	0,007	7,12	1,09	0,16	39	0,46	2,6	<0,07
4	01.07.16	7,23	9,8	0,14	0,23	0,331	820	0,013	6,42	1,72	0,23	76,7	0,68	4,0	<0,07
4	03.08.16	7,41	8,6	0,07	0,22	0,140	633	0,007	8,18	0,85	0,21	48,9	0,51	1,9	<0,07
4	17.09.16	7,39	6,8	0,08	0,18	0,074	329	0,003	9,19	0,61	0,13	3,58	0,50	1,9	<0,07
4	12.10.16	7,34	5,2	0,10	0,14	0,099	568	0,007	8,83	0,48	0,15	120	0,40	2,0	0,08
4	02.11.16	6,91	9,7	0,16	0,19	0,188	528	0,011	4,36	0,99	0,18	64,6	0,49	3,3	0,09
4	05.12.16	6,85	6,0	0,09	0,13	0,121	313	0,011	4,59	0,75	0,16	35,1	0,34	3,2	<0,07
Gj.snitt		7,13	7,4	0,11	0,17	0,16	500	0,009	6,19	0,98	0,16	65	0,47	3,0	
Ant.Over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

		pH	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.	dato		mgC/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
7	11.04.16	7,75	6,0	1,63	0,29	0,124	469	0,033	34,00	3,69	1,54	61	0,91	15,7	<0,07
7	06.05.16	7,82	4,8	1,71	0,26	0,300	633	0,032	29,80	3,69	2,43	46	0,82	20,4	<0,07
7	07.06.16	7,95	5,1	1,37	0,32	0,018	293	0,033	54,10	1,90	0,29	222	1,09	12,8	<0,07
7	01.07.16	7,85	6,4	1,08	0,41	0,030	361	0,035	50,80	2,11	0,18	149	1,04	12,0	<0,07
7	03.08.16	8,03	6,5	0,71	0,43	0,078	235	0,027	66,40	1,33	0,17	389	1,44	4,6	<0,07
7	17.09.16	7,84	7,0	0,57	0,44	0,005	109	0,014	72,60	0,77	0,09	693	1,28	1,7	<0,07
7	12.10.16	8,04	7,4	0,47	0,39	0,005	26,1	0,009	76,10	0,62	0,09	772	1,50	1,0	0,08
7	02.11.16	7,90	17,1	1,56	0,38	0,135	517	0,025	51,20	2,16	0,55	203	0,92	6,1	<0,07
7	05.12.16	7,81	5,6	0,78	0,29	0,054	502	0,018	27,40	1,65	0,30	177	0,65	6,8	<0,07
Gj.snitt		7,89	7,3	1,10	0,36	0,08	349	0,025	51,38	1,99	0,63	301	1,07	9,0	
Ant.Over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	4/9	

st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
8	11.04.16	7,31	11,0	0,26	0,31	0,430	476	0,045	12,90	2,80	0,28	58,5	0,79	14,8	<0,07
8	06.05.16	7,26	10,8	0,23	0,23	0,448	558	0,036	10,90	2,78	0,17	16,9	0,67	11,7	<0,07
8	07.06.16	7,74	12,6	0,16	0,34	0,122	685	0,034	31,20	2,13	0,91	99,4	1,23	8,3	<0,07
8	01.07.16	7,70	16,7	0,19	0,41	0,177	774	0,010	23,00	1,44	0,53	5,65	1,10	3,8	<0,07
8	03.08.16	7,83	12,3	0,10	0,33	0,073	682	0,016	32,80	0,75	1,41	26,9	0,90	2,4	<0,07
8	17.09.16	7,56	13,0	0,10	0,39	0,035	488	0,003	41,70	0,55	0,53	7,31	0,96	1,8	<0,07
8	12.10.16	7,72	9,6	0,09	0,29	0,025	536	0,004	33,30	0,41	0,40	132	0,61	1,5	<0,07
8	02.11.16	7,53	7,0	0,34	0,35	0,519	843	0,025	19,80	2,34	0,36	63,5	0,81	7,2	<0,07
8	05.12.16	7,48	5,7	0,24	0,23	0,122	405	0,019	20,30	1,50	0,4	93,4	0,73	8,0	<0,07
Gj.snitt		7,57	11,0	0,19	0,32	0,22	605	0,021	25,10	1,63	0,55	56	0,87	6,6	
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	2/9	

st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
9	11.04.16	7,27	9,6	0,39	0,25	0,569	736	0,099	14,60	4,43	0,20	61,3	1,01	21,3	<0,07
9	06.05.16	7,27	10,0	0,35	0,26	0,637	719	0,090	13,50	4,40	0,09	33,5	0,82	25,0	<0,07
9	07.06.16	7,35	11,2	0,24	0,35	0,958	1460	0,068	40,50	1,50	0,49	349	1,33	11,4	<0,07
9	01.07.16	7,49	13,8	0,58	0,44	0,913	1240	0,123	28,80	3,23	0,36	120	1,50	22,1	<0,07
9	03.08.16	7,13	12,8	0,14	0,33	0,199	1170	0,015	34,30	1,74	0,35	25	1,15	5,6	<0,07
9	17.09.16	7,30	17,3	0,14	0,33	0,123	865	0,004	52,80	0,42	0,3	19,2	0,78	2,1	<0,07
9	12.10.16	7,28	10,1	0,16	0,27	0,479	2150	0,007	57,70	0,58	0,33	750	1,06	3,1	<0,07
9	02.11.16	7,24	17,3	0,48	0,42	1,640	1470	0,096	19,50	7,73	0,3	156	1,69	20,7	<0,07
9	05.12.16	7,30	10,6	0,28	0,23	0,519	461	0,058	19,20	2,31	0,29	62,9	0,93	12,7	<0,07
Gj.snitt		7,29	12,5	0,31	0,32	0,67	1141	0,062	31,21	2,93	0,30	175	1,14	13,8	
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	6/9	

st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
B4	11.04.16	7,33	5,6	0,08	0,15	0,023	112	0,005	13,10	0,85	0,49	74,1	0,56	1,9	<0,07
B4	06.05.16	7,45	5,7	0,04	0,07	0,005	101	0,003	12,60	0,71	0,61	7,45	0,35	1,0	<0,07
B4	07.06.16	7,49	7,4	0,11	0,20	0,015	168	0,005	18,10	0,86	0,67	23,2	0,67	1,5	<0,07
B4	01.07.16	7,68	9,2	0,10	0,19	0,016	221	0,003	19,20	0,76	0,58	14,6	0,72	1,4	<0,07
B4	03.08.16	7,54	8,7	0,06	0,21	0,015	589	0,008	25,90	0,53	0,43	90,9	0,82	1,4	<0,07
B4	17.09.16	7,34	8,6	0,06	0,28	0,038	1770	0,006	23,60	0,43	0,38	224	0,76	1,6	<0,07
B4	12.10.16	7,32	5,9	0,06	0,20	0,020	842	0,005	19,60	0,45	0,19	160	0,53	1,4	0,07
B4	02.11.16	7,61	5,9	0,11	0,17	0,018	195	0,003	20,70	0,66	0,38	12,5	0,42	1,4	0,08
B4	05.12.16	7,49	5,6	0,06	0,12	0,010	140	0,003	14,80	0,57	0,83	15,2	0,30	0,8	<0,07
Gj.snitt		7,47	7,0	0,07	0,18	0,02	460	0,005	18,62	0,65	0,51	69	0,57	1,4	
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
10	06.05.16	5,84	7,3	0,01	0,09	0,059	421	0,015	0,96	0,38	0,07	105	0,39	3,0	<0,07
10	07.06.16	6,43	6,3	0,04	0,25	0,127	622	0,016	1,40	0,59	0,16	252	0,55	3,3	<0,07
10	01.07.16	6,53	10,9	0,06	0,38	0,193	859	0,020	1,62	0,66	0,29	260	0,71	4,6	<0,07
10	03.08.16	6,61	12,1	0,03	0,57	0,183	2290	0,030	2,27	0,39	0,36	894	1,22	5,2	<0,07
10	17.09.16	6,70	10,3	0,03	0,57	0,127	2110	0,031	2,38	0,24	0,23	1440	1,42	5,2	<0,07
10	12.10.16	6,84	7,2	0,04	0,31	0,046	640	0,018	2,00	0,25	0,14	1550	0,95	3,4	<0,07
10	02.11.16	6,10	9,5	0,05	0,25	0,224	701	0,015	1,47	0,33	0,21	281	0,59	3,5	<0,07
10	05.12.16	6,31	5,7	0,01	0,15	0,053	323	0,015	1,18	0,30	0,16	208	0,42	2,7	<0,07
Gj.snitt		6,42	8,7	0,04	0,32	0,13	996	0,020	1,66	0,39	0,20	624	0,78	3,9	
Ant.over kl III				0/8	0/8	0/8		0/8		0/8	0/8		0/8	0/8	

6. 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.
- Lutro.O, og Nordgulen, Ø. 2004. Oslofeltets berggrunnskart M 1:250.000, NGU.
- 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.
- Miljødirektoratet, 2016. Veileder M-608. 26 pp
- 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.
- Rognerud, S. 2012a. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport Lnr. 6318-2012.
- Rognerud, S. 2012b. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport. Lnr. 6455-2012
- Rognerud, S. 2014. Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig. NIVA-rapport. Lnr. 6746-2014

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no