

Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2017.



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Tittel Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2017.	Løpenummer 7243-2018	Dato 22.02.2018
Forfatter(e) Sigurd Rognerud Ole Nashoug	Fagområde Miljøgifter - ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oppland	Sider 24

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Trond Simen Aasmundstad
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 17135

<p>Sammendrag</p> <p>I 2017 var midlere metallnivåer lavere enn klasse II, og det ble ikke observert overskridelser av tilstandsklasse III i bekkene som renner ut av testsenteret. Aktiviteten ved testsenteret har derfor ikke forurenset Veltmannåa i nevneverdig grad. Likevel kan det lokalt forekomme høye konsentrasjoner av metaller i overflatevann innenfor feltets grenser i forbindelse med forsøk, testing eller annen aktivitet. Morenen i de sentrale deler av skytefeltet består av kambro-silurisk materiale. Dette gjør at en ikke kan utelukke at det også er et naturgitt bidrag av metaller til vannforekomstene i skytefeltet. Gjennomsnittsnivåene av (As, Pb, Cd, Cu, Cr, Ni og Zn) ved alle målepunktene på Bradalsmyra i 2017, viser at disse metallene havner i klasse II (god), med unntak av sink ved st.9 som klassifiseres som dårlig (kl. IV). Det var bakgrunns-verdier for nikkel ved st.4, samt for bly og sink ved st. B4. Den årlige overvåkingen har den fordel at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt, og hindre negative effekter på biota nedstrøms testsenteret.</p>

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Skytefelt Overvåkning Metallkonsentrasjoner Forurensningsgrad 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Shooting range Monitoring Metal concentration Degree of impact
--	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Sigurd Rognerud
Prosjektleder

Thorjørn Larssen
Forskningsdirektør

ISBN 978-82-577-6978-9
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2017

Forord

Vi rapporterer her resultatene fra målinger av metall-konsentrasjoner, viktige forklaringsvariabler som pH og DOC i bekker, en dam, og et grunnvannsig på Bradalsmyra testsenter i perioden 2004 til desember 2017. I perioden før dette (1991-2004) ble vannmose nytted til å måle midlere metallkonsentrasjoner i vann over tid (ca. 4 uker). De målte konsentrasjoner i vannforekomstene vurderes i henhold til Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016. Ole Nashoug deltok ved prøvetakningen den 17. september 2017. Hensikten var å få en vurdering av i hvilken grad naturgitte tungmetaller i løsavsetningene på Bradalsmyra testsenter kan påvirke vannkvaliteten i bekkene.

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 i 2017 og rapporteringen har vært gjennomført av Sigurd Rognerud. Alle kjemiske analyser er utført ved NIVAs laboratorium i Oslo.

Ottestad, 22. februar 2018



Sigurd Rognerud

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	6
2	Metoder	8
2.1	Innsamling og vannanalyser	8
2.2	Grunnvannsbrønner	8
2.3	Klassifisering av tilstand	8
3	Resultater	9
3.1	Humuspåvirkning og pH	9
3.2	Stasjon 10. Referansestasjon i åssiden vest for brenn-plassen	9
3.3	Veltmannåa	10
3.3.1	Tidstrend basert på vannanalyser	10
3.4	Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og rakettstandplass	12
3.4.1	Tidstrend basert på vannanalyser	12
3.4.2	Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner ved st.7 og st.8	13
3.5	Rakettstandplass	14
3.6	Utlekking av metaller fra deponiet	15
3.6.1	Bekk 4	15
3.7	Geologi	16
3.7.1	Naturgitte tungmetaller i vann	16
3.7.2	Bradalsmyra – vest for Raufoss	16
3.8	Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften	18
4	Konklusjon	19
5	Referanser	20
6	Vedlegg	21

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 og renner videre forbi miljøtestanlegget og ut av feltet i sydøstlig retning. I 2016 ble det 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».

I 2017 ble det målt konsentrasjoner av sink, arsen, bly, kadmium, kobber, krom og nikkel en gang i måneden i fra april til og med desember. Ut fra beregninger av gjennomsnitts-konsentrasjoner, kan tilstanden i Veltmannåa i 2017 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 2017 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 i sydøstlig retning. Målestasjonen (st.8) ligger nedenfor miljøtestanlegget. I 2017 var vannkvaliteten god, men i april og mai var 2 av 9 målinger for sink over kl. III (moderat).

Bekken fra verkstedsområdet (st.7), har lave vannføringer. Eventuelle utslipp av metaller vil derfor raskt kunne spores i form av økte konsentrasjoner. I 2017 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, og redusere effekten av eventuelle utslipp.

Tilstanden i en liten bekk (B4) som kommer ut i dagen nedenfor et gammelt metalldeponi klassifiseres som bakgrunns-verdier (kl.1) for bly og sink, og god (kl.2) for As, Cd, Cu, Cr, og Ni. 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.

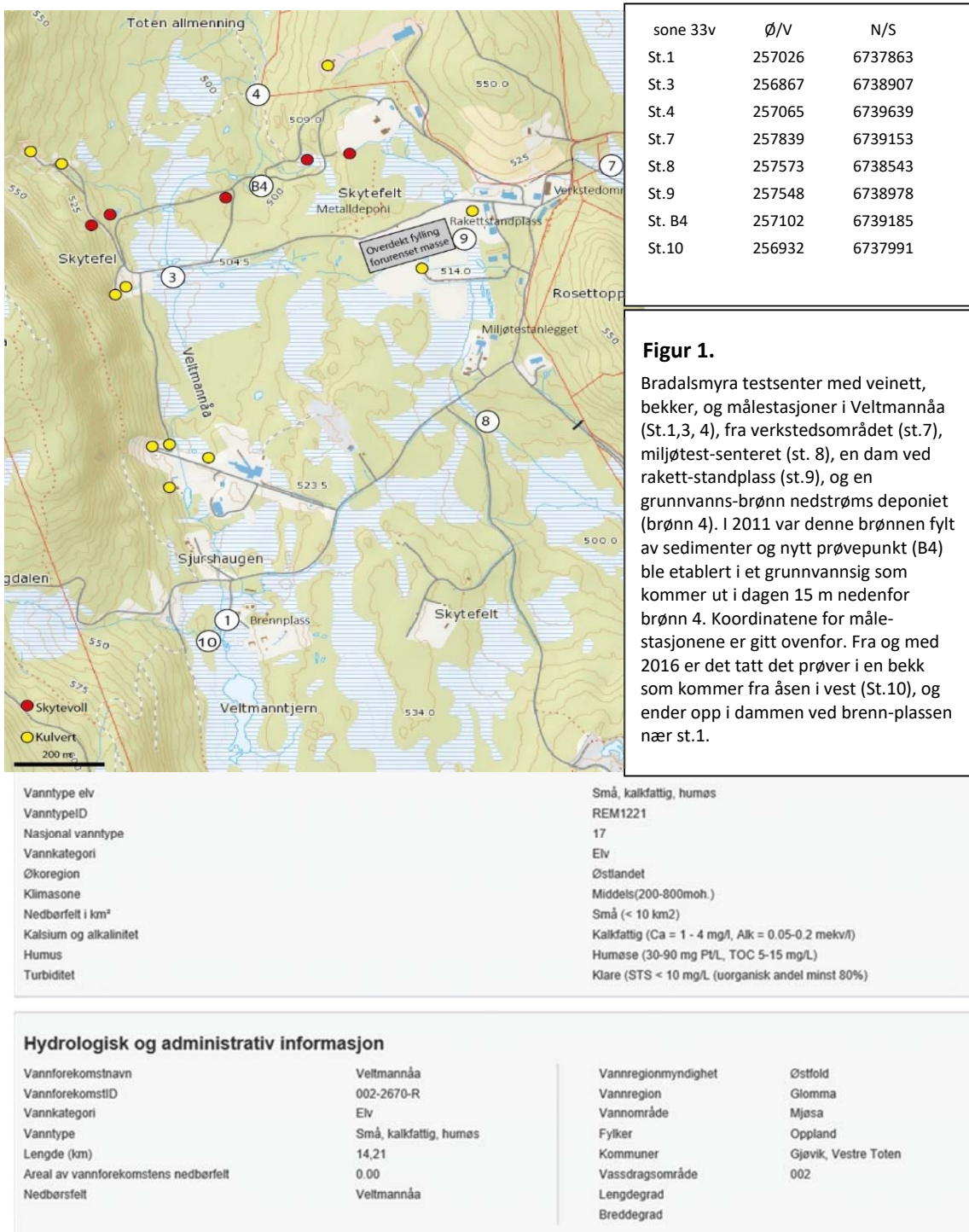
Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsenteret ikke har bidratt til vesentlig forurensning av metaller i bekkene når de renner ut av skytefeltet. Likevel kan det lokalt være høye konsentrasjoner av metaller i vannforekomster innenfor feltets grenser i forbindelse med forsøk, testing eller annen aktivitet. Overvåkingen som er utført over 24 år er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen har også den fordelen at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre negative effekter på biota nedstrøms testsenteret.

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 rakettstandplass (Fig.1). Det ligger et metalldeponi nord for kjøretraseen til det nordligste kulvertanlegget (Fig.1). Der er det deponert 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 bidra til å felle ut metallene, slik at de ikke forurenset Veltmannåa.

Vannkvaliteten i Veltmannåa ble først 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, ble undersøkt årlig, men høsten 2010 var den fylt av finkorna sedimenter. Etter dette har prøvene blitt tatt i en bekk som kommer ut i dagen nærmere Veltmannåa (B4, 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 dette deponiet (st.3, Fig.1). Høsten 2011 ble det opprettet en stasjon (st.9) i en dam ved rakettstandplassen. Denne avvannes sydover via st. 8. I 2016 ble st.10 opprettet (Fig.1) for å måle bakgrunns-konsentrasjoner av metaller i området.

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 2017, sammen med tidligere data over vannkvalitet. Overvåkingen omfatter månedlige undersøkelser i den isfrie delen av året. Dette gjør det mulig å følge tidsutvikling i vannkvaliteten over tid. Dersom det skjer episodiske utslipp, eller en negativ utvikling over tid, kan tiltak settes inn relativt raskt. I 2017 ble området befart av Ole Nashoug, som er godt kjent med geologien i Mjøs-regionen. Hensikten er å avdekke i hvilken utstrekning naturgitte metaller i løsavsetningene på Bradalsmyra kan ha betydning for vannkvaliteten i skytefeltet (kap.3.7)



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, miljøtestsenteret og rakettestandplassen. I 2006 ble det opprettet en ny stasjon i Veltmannåa (st.3) oppstrøms et sig som kan være påvirket av et eldre metalldeponi. 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. Fra og med 2011 er prøvene tatt 15 m nedenfor brønn 4, der hvor grunnvannet slår ut i dagen. Årsaken til dette var at brønnen ble fylt opp av finstoff. Vann-prøvene for metallanalyser ble samlet inn på syrevaskede plastflasker, mens vann for analyse av pH og TOC/DOC ble samlet inn i egne 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 fylling rundt brønnen. Lengden på rørene er ca. 2 m. Brønn 0 (referansen) ligger ovenfor deponiet, Brønn 1 var i selve deponiet, mens Brønn 2, 3 og 4 lå i økende avstand fra deponiet. I 2005 ble bare Brønn 0 og 4 undersøkt, men fra og med 2006 ble kun Brønn 4 undersøkt som var det siste målepunkt før 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 kan ha en negativ effekt på biota i vann, og har i de fleste tilfeller lavere tålegrenser enn mennesker. Gjeldende grenser i Norge er gitt i Tab.1.

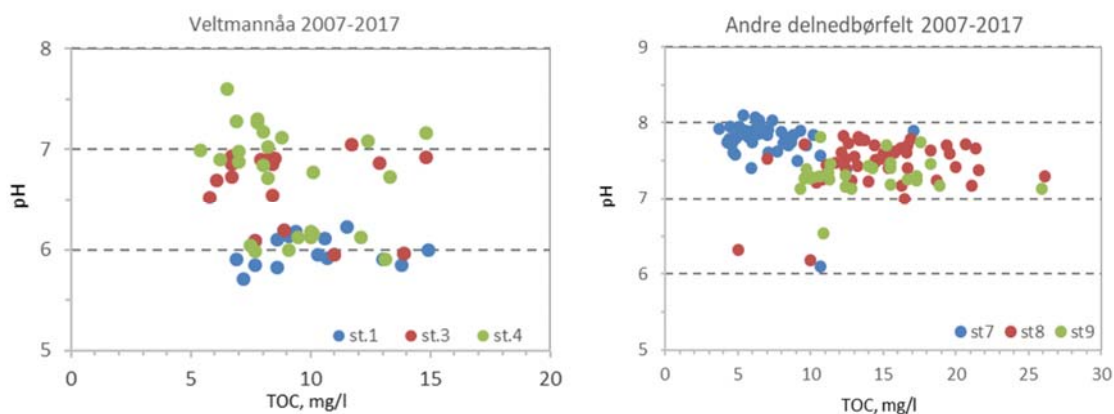
Tabell 1. Tilstandsklasser for metaller i ferskvann ($\mu\text{g/l}$) i henhold til vannforskriften. Referanse; Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota (Veileder M-608, Miljødirektoratet 2016). For kadmium er grenseverdiene avhengig av kalkinnholdet i bekkene, som det er tatt hensyn 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	$\leq 0,003$	$0,08 \leq$	$0,45 \leq$	$\leq 4,5$	$> 4,5$
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 noe gjennom feltet (fra st.1 til 3 og 4). Bekkene fra verkstedområdet (st.7), miljøtestanlegget (st.8) og rakettestandplass (st.9) har alkalisk vann (området ved st.9 er kalket), og er moderat til betydelig humuspåvirket (st.8, 9). Dette er naturlig da mye av verkstedsområdet er asfaltert, mens det er myrlendt ved de andre stasjonene. Grunnvannet nedstrøms deponiet (brønn 4) har hatt stor variasjon i pH og DOC. Dette skyldes antagelig at utsiget fra det kalkede metalldeponiet kan ha 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, samt i bekkene fra verkstedområdet (st.7), miljøtestanlegget (st.8), rakettestandplass(st.9) i perioden 2007-2017.

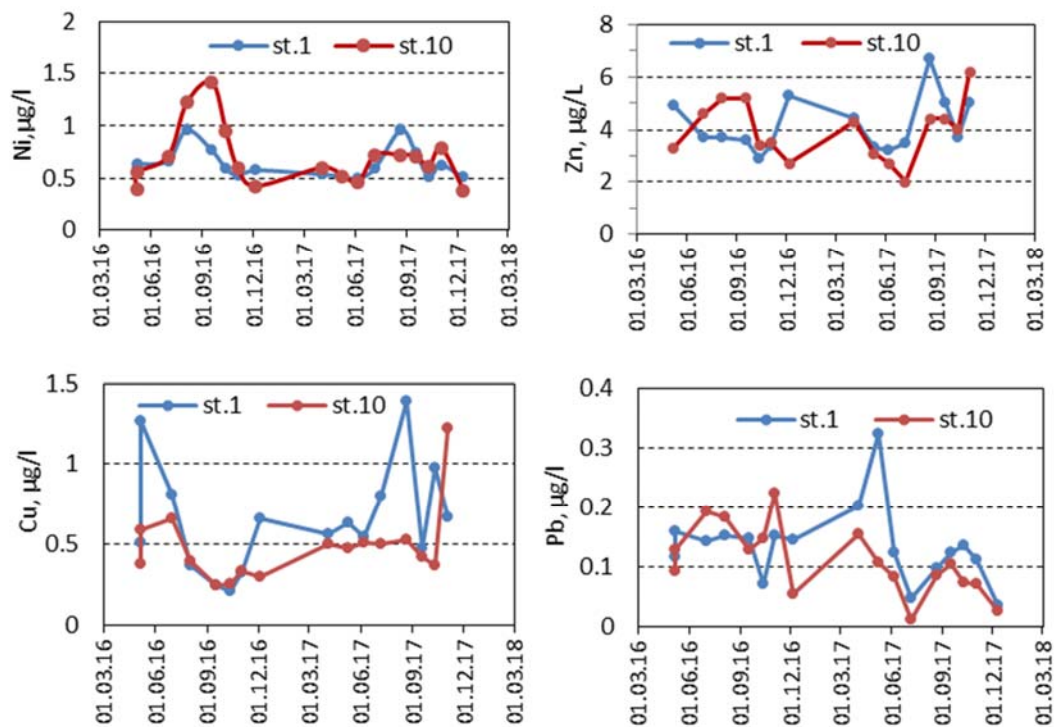
3.2 Stasjon 10. Referansestasjon i åssiden vest for brenn-plassen

I 2016 ble det opprettet en ny stasjon (st.10) i en bekk som avvanner åssiden vest for brenn-plassen (fig.1). Bekken renner inn i branndammen (fig.1), som også mottar vann fra Veltmannntjernet, og danner Veltmannåa (Fig.1). I områdene like nordvest for åsen er det betydelige forekomster av metallholdig alunskifer (Lutro, O., og Nordgulen, Ø. 2004). Nedsmeltingen av innlandsisen under siste istid, og den sydøstlige bevegelsen av denne, har ført med seg alunskifer til løs-massene på Bradalsmyra testsenter. Dette er nå undersøkt nærmere i Kap.3.7, slik at det er mulig å vurdere bidraget fra naturlige metall-kilder og fra antropogene kilder.

Alunskifer inneholder betydelige mengder metaller og kan 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 vannkvaliteten i Veltmannåa. Det viste seg da også at viktige metaller i alunskifer som nikkell, sink og bly hadde høyere konsentrasjoner sommerstid i bekken fra åssiden (st.10) enn i Veltmannåa's utløp fra brenn-plassen (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. Vannkvaliteten i Bekk 10 kan klassifiseres til klasse 2 som er god tilstand (Tab.2)

Tabell 2. Analyser av metaller, pH og DOC i en innløpsbekk (st.10) til Veltmantjernet i 2017. Prøvene fra denne nye stasjonen er klassifisert sammen med de andre målepunktene i tabell.4

	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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
10	03.04.2017	5.89	10.60	0.048	0.24	0.155	697	0.024	1.23	0.50	0.21	234	0.60	4.3	<0,07
10	09.05.2017	6.09	8.10	0.049	0.18	0.107	310	0.020	1.06	0.47	0.19	124	0.52	3.1	<0,07
10	06.06.2017	7.39	9.70	0.050	0.18	0.082	291	0.014	1.28	0.51	0.23	72.9	0.46	2.7	<0,07
10	06.07.2017	6.35	4.40	0.034	0.15	0.011	69	0.003	1.29	0.50	0.50	2.34	0.72	2.0	<0,07
10	21.08.2017	7.87	13.40	0.050	0.29	0.086	430	0.018	1.57	0.53	0.27	91.4	0.72	4.4	<0,07
10	17.09.2017	6.18	14.90	0.039	0.28	0.105	514	0.019	1.49	0.42	0.26	215	0.71	4.4	<0,07
10	10.10.2017	6.34	8.40	0.036	0.22	0.074	445	0.018	1.37	0.37	0.21	263	0.61	4.0	<0,07
10	01.11.2017	6.13	8.50	0.040	0.20	0.070	250	0.018	1.21	1.22	0.23	138	0.79	6.2	<0,07
10	11.12.2017	6.16	6.40	0.018	0.14	0.026	165	0.008	1.12	0.28	0.17	110	0.38	2.1	<0,07



Figur 3. Konsentrasjoner av metaller i Veltmannåa ved utløpet av branndammen (st.1), og i en bekk som avvanner deler av høydedraget vest for Veltmantjernet (st.10).

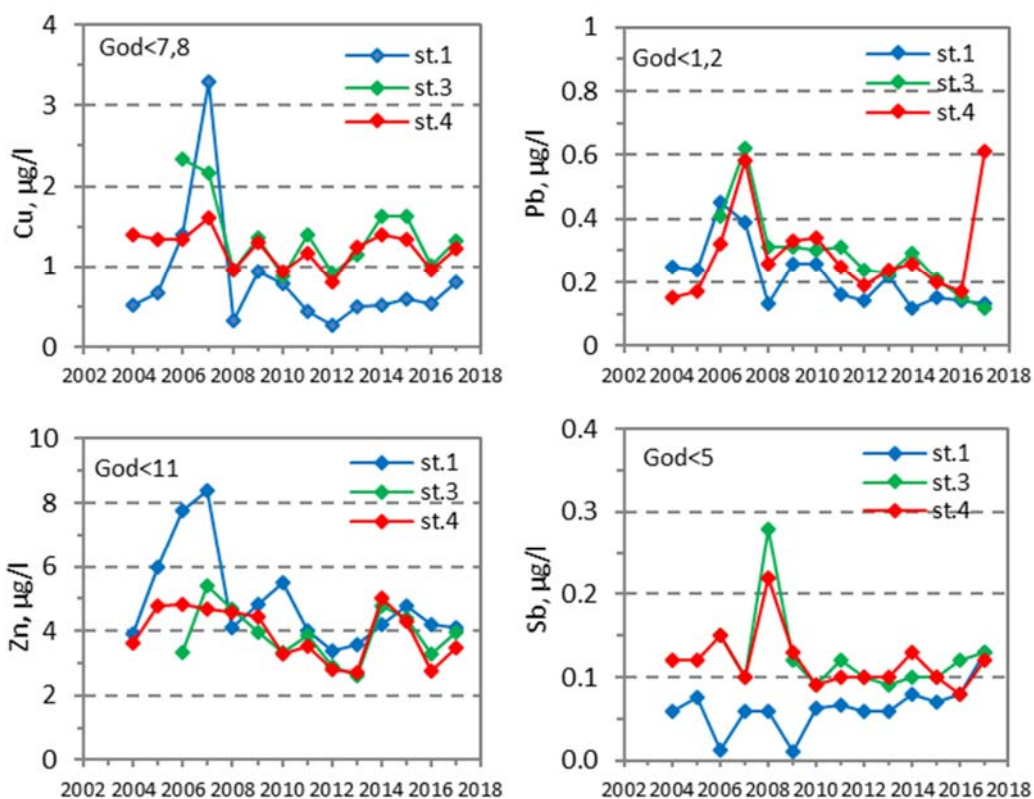
3.3 Veltmannåa

3.3.1 Tidstrend basert på vannanalyser

I 2017 var middelkonsentrasjonene av Pb høyere enn de foregående årene ved st.4, mens for Sb var de på nivå med de 7 foregående årene (Fig.4). Når det gjelder Cu og Zn så var verdiene på nivå med de 3 foregående 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 brenn-plass nær der Veltmannåa renner inn i feltet (st.1). Avrenning av metaller knyttet til virksomhet 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 brenn-plassen forsvant har det vært små forskjeller på sink-konsentrasjoner inn og ut av feltet.

Siden 2010 har konsentrasjonene av bly vist en synkende trend, men i 2017 var det en økning ved st.4. Med unntak dette har det i praksis ikke vært noen forskjell på middelkonsentrasjonen av bly ved innløp og utløp av feltet. I 2017 var det ingen vesentlig endring i sink-konsentrasjonen fra innløp (st.1) til utløp(st.4) i feltet. Generelt har konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa vært relativt lave i hele overvåknings-perioden. De noe høyere konsentrasjoner som opptrer episodisk har ofte vært knyttet til lav vannføring, og høye humuskonsentrasjoner. Vi kan derfor konkludere med at testsenteret ikke forurensrer 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 brenn-plassen oppstrøms feltet. Økningen av blykonsentrasjonen i 2017 er klar, men verdiene var lave (klasse II, dvs. god).



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). Grensen for god vannkvalitet (kl. II) er gitt i panelene for de ulike metallene.

3.4 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass

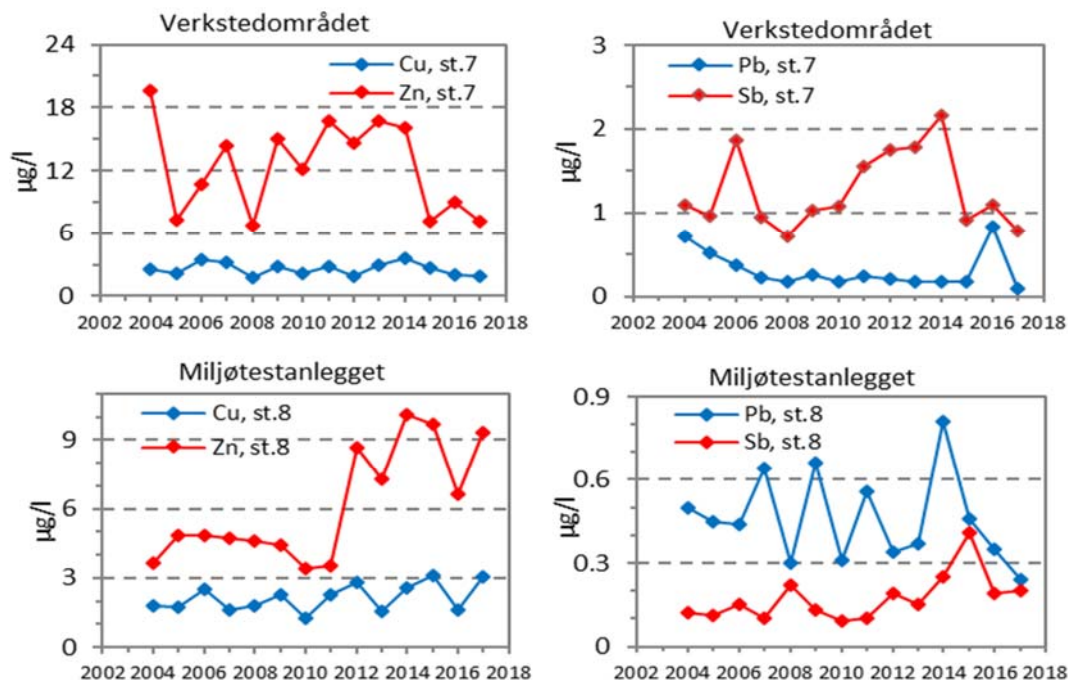
3.4.1 Tidstrend basert på vannanalyser

Verkstedområdet

I bekken fra verkstedsområdet (Fig.5) var middelkonsentrasjonene av bly i 2017 svært lave; tilstandsklasse I («bakgrunn»). Konsentrasjonen av antimon var godt under grensen (5 µg/l) gitt i Drikkevannsforskriften. 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 µg/l i hele perioden i fra 2004 til 2017, som tilsvarer tilstandsklasse I. Middelkonsentrasjonen av sink var tidligere ofte over grenseverdien for tilstandsklasse III (< 11 µg/l), men de siste 3 årene har den vært klart lavere og klassifiseres som god (Fig.5). 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.5), 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 2012-2017 betydelig høyere enn tidligere, men årlige middeler verdier var likevel innenfor tilstandsklasse II. Konsentrasjonene av bly, kobber, sink, antimon, kadmium, arsen og krom var alle lavere enn gjeldende grenseverdier (se vedlegg).

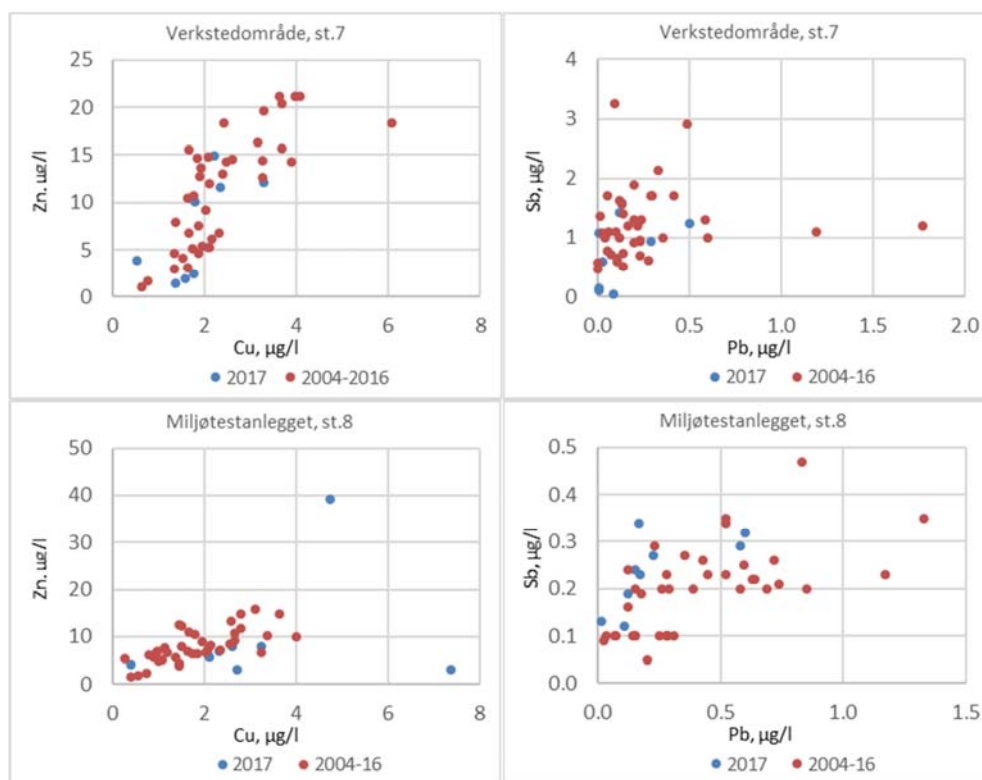


Figur 5. Middelkonsentrasjon av metaller i perioden (april/mai - desember) av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon(Sb) i bekken fra verkstedområdet og fra miljøtestanlegget.

3.4.2 Sammenheng mellom metallkonsentrasjoner ved st.7 og st.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, og i bekken som avvanner miljøtest-anlegget (Fig.6).

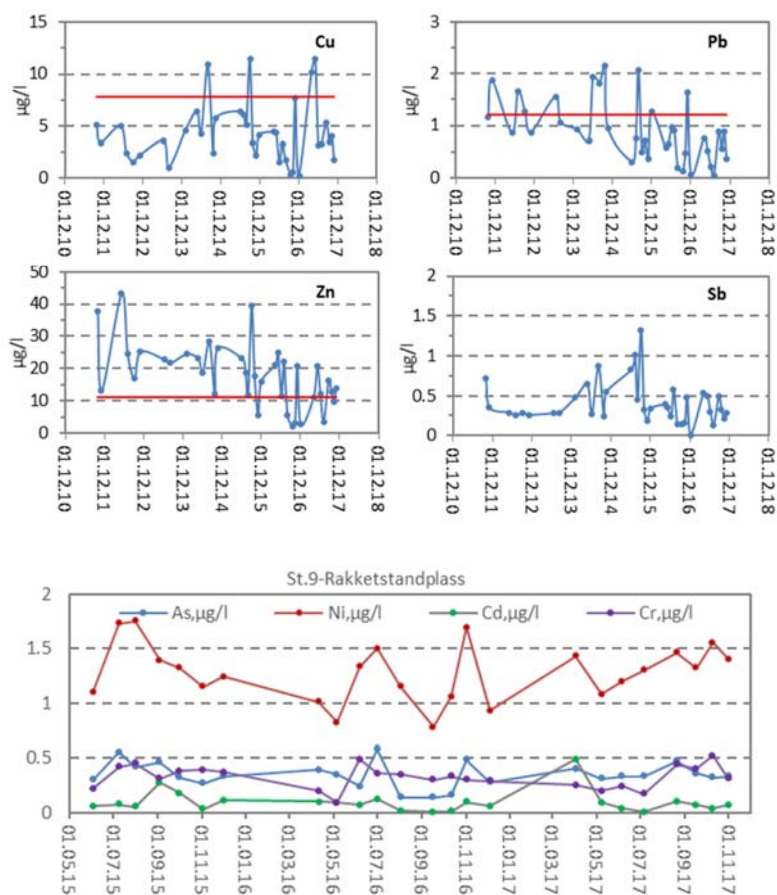
I bekken fra verksted-området var konsentrasjonene av sink og antimon i 2017 noe lavere enn de foregående årene (Fig.6). Dette indikerer at kilden var verksted-området, og at den nå er fjernet, slik det også har skjedd for bly, der konsentrasjonene gradvis har avtatt. I 2017 var konsentrasjonen av bly på nivå med de foregående årene. Konsentrasjonen er fortsatt innenfor tilstandsklasse I.



Figur 6. Sammenhengen mellom kobber (Cu) og sink (Zn), samt bly (Pb) og antimon (Sb) i bekkene som av-vanner verkstedområdet og miljøtestanlegget.

3.5 Raketstandplass

Dette målepunktet er en åpen vannansamling som ligger i et myr/sumpområde foran raketstandplass (st.7, Fig.1). Den dreneres av bekken som renner forbi miljøtestanlegget og videre sydover (fig.1). Resultatet av målingene i 2017 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 her enn i Veltmannåa og i bekken nedstrøms miljøtestanlegget (st.8). I 2017 var kobber-konsentrasjon betydelig lavere enn grenseverdien for tilstandsklasse II (7,8 µg/l), mens for sink var de nær grenseverdien for tilstandsklasse II (11 µg/l) i nesten hele periode. Bly-verdiene var innenfor tilstandsklasse 2 (1,2 µg/l) i hele 2017, 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.

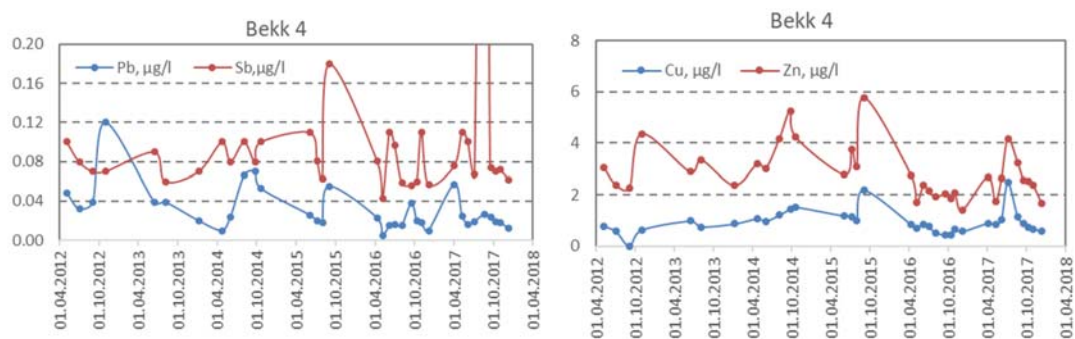


Figur 7. Konsentrasjoner av kobber, bly, sink og antimon i perioden i 2011-2017 ved raketstandplass(st.9) (øvre paneler) der grenseverdier (god/moderat, Tabell 1) er indikert med rød linje. Konsentrasjoner av arsen, nikkel, kadmium og krom i sig fra raketstandplassen (st.9) i perioden 2015-2017 er vist i nedre panel.

3.6 Utlekking av metaller fra deponiet

3.6.1 Bekk 4

Denne stasjonen ligger 15 m nedstrøms den gjenfylte 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). Ingen av metall-konsentrasjonene i 2017 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 avanner det gamle deponiet (2012-2017).

3.7 Geologi

3.7.1 Naturgitte tungmetaller i vann

Mjøs-området er rikt geologisk område med mange ulike bergarter. Hver av disse har ulike kjemiske sammensetninger. Dette påvirker jordsmonn og vannkvalitet inne de ulike geologiske enhetene. Kambro-siluriske bergarter gir et mineralrikt vann – gjerne med innslag av tungmetaller, mens grunnfjells- og sandsteins-bergarter gir et «bløtere» og mer mineralfattig vann. Dette kjenner vi godt til fra forsuringsproblematikken i våre vassdrag.

Løsmassene (morenen) som ligger oppå berggrunnen stammer ofte fra den lokale berggrunn, men der innlandsisen har fått tak kan den også ha skjøvet løs-masser fra ett område til et annet, slik at løsmassene kan ha en annen kjemisk sammensetning enn den lokale berggrunn. I Mjøs-området hadde innlandsisen under siste istid en bevegelse i sydøstlig retning.

3.7.2 Bradalsmyra – vest for Raufoss

Hele dette skytefeltet ligger i grunnfjellsområde med gneis-/granittiske bergarter. I de lavereliggende områdene (sentralt i skytefeltet) består berggrunnen av biotittgneis og glimmerskifer. Ved graving av brønner innen dette område er det påvist rester av alunskifer. Høydedraget i vest består av granittisk gneis med innslag av hornblende. I øst (for Hunnselva) grenser området til kambro-siluriske bergarter, og i nord mot Skonhovdhøgda med kvartsitt- og alunskifer- bergarter.

Løsmassene som dekker berggrunnen i de sentrale del av skytefeltet består av morene. Denne danner et hauglandskap med varierende mektighet. Deler av løsmassene her består av kalkstein og skifer. Disse må være skjøvet inn i området (av innlandsisen) fra kambro-silurområdene i øst eller nord. Høydedraget i vest dekkes også av morene i vekslende mektighet. Det foreligger berggrunnkart i målestokk 1:250.000 over området, og kvartærgeologisk kart i målestokk 1:125.000, men det foreligger ingen beskrivelse av kartbladene, heller ikke kjemiske analyser.

Kartblad Tangen, syd for Stange, er beskrevet og kartlagt av NGU (i målestokk 1:50.000). Beskrivelsen omtaler løs-massenes kjemiske sammensetning hva gjelder næringsstoffer og tungmetaller. Da dette kartbladet omfatter tilnærmet de samme bergartene som i skytefeltet, kan det være aktuelt å trekke fram analyser av tungmetaller fra dette området (Tab.3).

Tabell 3. Tungmetaller i løsavsetninger (kartblad Tangen) på kambro-silurjord og grunnfjell med gneis-/granittiske bergarter i Stange.

Gneis-/granittisk morene:

Ref. nr.	Pb – bly, ppm	Cu – kobber, ppm	Zn – sink, ppm	Co – kobolt, ppm
1 (89)	6	9	17	5
2 (75)	8	9	58	7
3 (81)	9	20	39	11
4 (20)	6	9	17	5
5 (31)	12	10	39	5
6 (36)	7	9	34	8
Middelverdier	8	11	34	7

Tab.3 Kambro-silurmorene

Ref. nr.	Pb – bly, ppm	Cu – kobber, ppm	Zn – sink, ppm	Co – kobolt, ppm
1 (16)	56	74	104	70
2 (26)	25	27	188	24
3 (46)	33	65	208	22
4 (18)	15	43	173	11
5 (6)	46	119	730	47
6 (34)	25	90	231	26
Middelverdier	33	70	272	33

Som det fremgår av analyseresultatene av metaller i jord, så har kambro-silurjord jevnt over et høyere innhold av metaller enn jorda (morenedekket) i grunnfjellsområdet med gneis-/granittiske bergarter. Det er spesielt store forskjeller når det gjelder innholdet av kobber og sink.

Da morenen i de sentrale deler av skytefeltet delvis består av kambro-silurisk materiale, kan en ikke utelukke at deler av tungmetallinnholdet i vannet skyldes løs-massenes kjemiske sammensetning. Jordanalyser innen og utenfor skytefeltet bør kunne avklare dette nærmere.

Geokjemisk Atlas utgitt av NGU og NVE i år 2000 viser også høye sinkverdier i de sentrale deler av Mjøs-området. Denne rapporten bygger på kjemiske analyser av flomsedimenter.



Biotittgneis og glimmerskifer



Granittisk gneis med innslag av hornblende



Biter av kalkstein og skifer fra morenen

3.8 Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften

Resultatet for gjennomsnittskonsentrasjoner av metaller som er analysene ved alle målepunktene på Bradalsmyra i 2017, 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) og bly som får klasse I (bakgrunn) ved st. B4.

Ved følgende stasjoner overskred prøvene grensen for kl. III:

stasjon 7: 3/9 prøver på Zn,

stasjon 8: 1/9 prøver på Zn, 1/9 på As

stasjon 9: 3/9 prøver på Zn, 1/9 på Cd, 1/9 på Cu

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.

	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn
st.	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
Gj.snitt 1	0.13	0.24	0.13	379	0.020	5.66	0.81	0.19	77	0.61	4.1
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt3	0.13	0.18	0.12	263	0.009	5.15	1.33	0.21	38	0.66	3.96
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt 4	0.12	0.18	0.61	271	0.008	5.54	1.23	0.25	29.9	0.51	3.47
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt 7	0.79	0.24	0.09	171	0.017	31.5	1.88	0.35	76	0.63	7.08
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	3/9
Gj.snitt 8	0.20	0.38	0.24	419	0.039	19.20	3.04	0.39	28	0.92	9.30
Ant. over kl III	0/9	1/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	1/9
Gj.snitt 9	0.32	0.29	0.47	651	0.087	25.4	3.61	0.41	37	1.02	19.6
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		1/9		1/9	0/9		0/9	3/9
Gj.snitt B4	0.18	0.18	0.02	220	0.008	14.9	1.09	0.83	15.8	0.52	1.6
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9
Gj.snitt 10	0.04	0.21	0.08	352	0.016	1.29	0.53	0.25	138	0.61	3.69
Ant. over kl III	0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9

4 Konklusjon

I 2017 ble vannkvaliteten målt på 3 stasjoner (1,3,4) i Veltmannåa, en stasjon ved vanddammen foran raketstandplass (st. 9), en stasjon som avanner 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 2017 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 kildesporing.

Ved raketstandplass (st.9) var tilstanden mht. sink dårlig (kl.4) i 2017 med 3 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 fortykning 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 fortykning 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 testsentret 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. Overvåkingen gjennom 24 år er også en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen har også den store fordel at eventuelle episodiske utslipp i feltet kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsenteret.

5. Referanser

Lutro and Nordgulen, 2004. Bedrock geology map of the Oslo area featuring the NNE-SSW Oslo Rift with its associated igneous rock assemblage, flanked on both sides by largely crystalline basement rocks (simplified from).

Rognerud, S. 2004, Bradalsmyra testsenter. Vannkvalitet i grunnvann i tilknytting til et deponi og i Veltmannåa som avvanner størstedelen av testsenteret. NIVA-rapport Lnr.4919-2004

6.Vedlegg

Primærdata og klassifisering av tilstand i henhold til tab.1.

		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	03.04.17	6.12	10.00	0.100	0.26	0.202	766	0.020	2.03	0.56	0.18	188	0.54	4.4	<0,07
1	09.05.17	6.04	7.50	0.190	0.21	0.325	201	0.018	1.22	0.63	0.15	182	0.52	3.3	0.14
1	06.06.17	6.00	9.10	0.093	0.23	0.124	457	0.011	1.57	0.54	0.19	73.7	0.50	3.2	0.1
1	06.07.17	6.16	10.10	0.130	0.33	0.048	322	0.005	1.97	0.80	0.15	37.8	0.60	3.5	<0,07
1	21.08.17	5.90	13.10	0.110	0.25	0.097	279	0.019	2.23	1.39	0.23	48.7	0.96	6.7	0.07
1	17.09.17	6.12	12.10	0.072	0.23	0.124	518	0.018	2.11	0.47	0.25	60	0.74	5.0	<0,07
1	10.10.17	6.18	10.00	0.110	0.18	0.135	381	0.008	5.93	0.98	0.20	26.7	0.52	3.7	0.08
1	01.11.17	6.12	9.50	0.130	0.20	0.111	394	0.013	1.71	0.67	0.24	44.3	0.63	5.0	0.16
1	11.12.17	5.98	7.70	0.400	0.23	0.036	96	0.008	32.2	1.29	0.10	28.4	0.51	2.5	<0,07
Gj.snitt		6.07	9.90	0.15	0.24	0.13	379	0.013	5.66	0.81	0.19	77	0.61	4.1	0.08
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	
	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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	03.04.17	6.58	9.90	0.160	0.21	0.297	596	0.017	3.73	1.39	0.18	146	0.54	5.7	<0,07
3	09.05.17	6.04	7.50	0.170	0.18	0.130	190	0.008	3.37	1.06	0.14	27.9	0.48	2.7	0.1
3	06.06.17	6.91	8.80	0.140	0.19	0.125	200	0.007	5.08	1.55	0.17	12	0.46	3.6	<0,07
3	06.07.17	5.50	5.50	0.097	0.18	0.023	170	0.007	8.55	1.15	0.50	80	0.55	3.5	<0,07
3	21.08.17	6.85	13.00	0.110	0.23	0.079	254	0.009	4.85	1.13	0.22	12	0.66	3.3	<0,07
3	17.09.17	7.03	10.60	0.100	0.19	0.113	289	0.007	5.50	1.18	0.21	20.1	0.63	3.4	<0,07
3	10.10.17	7.10	8.20	0.100	0.17	0.054	152	0.007	5.78	1.48	0.17	17.1	0.75	4.9	<0,07
3	01.11.17	6.90	8.90	0.100	0.17	0.225	351	0.012	4.17	2.20	0.21	17.5	0.92	5.4	0.08
3	11.12.17	6.81	6.30	0.110	0.14	0.062	168	0.009	4.94	0.82	0.16	14.3	0.41	3.2	<0,07
Gj.snitt		6.64	8.74	0.12	0.18	0.12	263	0.009	5.11	1.33	0.22	39	0.60	3.97	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	
	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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	03.04.17	6.64	9.70	0.150	0.21	0.382	638	0.020	3.88	1.55	0.17	142	0.53	6.4	<0,07
4	09.05.17	7.49	7.00	0.150	0.16	0.076	161	0.005	3.64	1.11	0.17	5.84	0.41	2.4	0.08
4	06.06.17	6.98	8.50	0.130	0.18	0.188	342	0.007	5.57	1.38	0.20	28	0.46	2.9	<0,07
4	06.07.17	7.36	5.50	0.110	0.18	0.038	101	0.003	8.28	1.50	0.64	1.61	0.55	1.6	<0,07
4	21.08.17	7.03	12.80	0.140	0.21	0.101	212	0.008	5.10	1.61	0.25	8.03	0.61	4	<0,07
4	17.09.17	7.15	10.40	0.098	0.19	0.090	216	0.009	7.73	1.16	0.23	19.9	0.62	3.3	<0,07
4	10.10.17	6.18	7.80	0.110	0.18	0.135	381	0.008	5.93	0.98	0.20	26.7	0.52	3.7	<0,07
4	01.11.17	6.12	9.50	0.120	0.18	0.071	148	0.008	4.60	1.00	0.19	13.7	0.49	3.7	0.08
4	11.12.17	7.01	6.20	0.092	0.15	0.079	240	0.008	5.20	0.82	0.16	23.1	0.41	3.3	<0,07
Gj.snitt		6.88	8.60	0.12	0.18	0.13	271	0.008	5.55	1.23	0.25	29.9	0.51	3.48	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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	03.04.17	7.61	4.70	1.250	0.27	0.50	541	0.032	34.3	2.33	0.41	86.4	0.61	11.6	<0,07
7	09.05.17	7.95	4.50	1.590	0.31	0.133	277	0.024	39.7	1.8	0.93	53.6	0.66	10.1	<0,07
7	06.06.17	7.79	4.40	1.430	0.23	0.122	68.7	0.021	34.7	2.09	0.11	41.7	0.54	5.3	<0,07
7	06.07.17	7.93	6.20	1.070	0.34	0.007	15.5	0.017	54.5	2.21	0.31	318	0.5	14.9	<0,07
7	21.08.17	7.87	6.80	0.930	0.38	0.291	367	0.024	34.2	3.29	0.96	44.2	0.9	12.1	<0,07
7	17.09.17	7.73	4.60	0.140	0.17	0.007	14.8	0.008	27.7	1.58	0.09	24.1	0.74	1.9	<0,07
7	10.10.17	6.10	10.70	0.096	0.16	0.007	13.2	0.003	31.2	1.38	0.07	9.04	0.66	1.5	<0,07
7	01.11.17	7.75	4.30	0.590	0.18	0.032	62.9	0.008	25.1	1.77	0.09	46.7	0.58	2.5	<0,07
7	11.12.17	7.92	3.70	0.045	0.15	0.087	183	0.015	1.79	0.52	0.19	60.4	0.51	3.9	<0,07
Gj.snitt		7.63	5.54	0.79	0.24	0.13	171	0.017	31.5	1.89	0.35	76	0.63	7.09	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	3/9	
	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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
8	03.04.17	7.24	12.80	0.320	0.35	0.60	907	0.143	16.4	4.73	0.30	123	0.92	39.3	<0,07
8	09.05.17	7.53	12.40	0.340	0.32	0.168	262	0.021	14.7	2.35	0.33	0.54	0.70	7.0	<0,07
8	06.06.17	7.00	16.50	0.230	0.33	0.173	335	0.018	21.2	2.07	0.43	2.05	0.92	6.1	<0,07
8	06.07.17	7.49	14.50	0.130	0.30	0.014	293	0.012	35	2.50	0.38	0.21	1.03	3.1	<0,07
8	21.08.17	7.60	19.60	0.270	0.45	0.225	452	0.029	19.6	3.25	0.47	10.9	1.14	8.0	<0,07
8	17.09.17	7.64	18.30	0.190	0.39	0.12	386	0.020	22.4	2.12	0.44	8.58	1.00	5.7	<0,07
8	10.10.17	6.18	10.00	0.120	0.23	0.109	597	0.012	1.83	0.39	0.21	45.6	0.6	4.0	<0,07
8	01.11.17	7.60	15.00	0.240	0.31	0.152	262	0.022	19	2.61	0.38	7.78	0.92	7.9	0.08
8	11.12.17	7.44	13.20	0.290	0.80	0.581	281	0.038	22.6	7.36	0.59	56	1.02	3.0	<0,07
Gj.snitt		7.30	14.70	0.24	0.39	0.24	419	0.035	19.19	3.04	0.39	28	0.92	9.34	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	1/9	
	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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
9	03.04.17	7.25	11.30	0.540	0.40	0.75	937	0.487	18.7	10.2	0.25	167	1.43	112	<0,07
9	09.05.17	7.46	11.40	0.490	0.31	0.505	393	0.087	17.7	4.43	0.20	26.6	1.08	20.7	<0,07
9	06.06.17	7.39	9.70	0.097	0.17	0.016	40.7	0.004	14.1	1.02	0.80	0.57	0.57	1.6	<0,07
9	06.07.17	7.17	18.90	0.140	0.14	0.042	413	0.005	21.7	3.18	0.38	0.21	0.8	1.4	<0,07
9	21.08.17	7.46	18.30	0.490	0.47	0.88	1310	0.100	23.7	5.34	0.44	40.6	1.46	16.3	<0,07
9	17.09.17	7.30	17.30	0.140	0.33	0.123	865	0.004	52.8	0.42	0.30	19.2	0.78	2.1	<0,07
9	10.10.17	7.41	15.50	0.210	0.32	0.878	1190	0.038	28.6	4.03	0.52	1.45	1.55	9.9	<0,07
9	01.11.17	7.40	14.30	0.590	0.18	0.032	62.9	0.008	25.1	1.77	0.09	46.7	0.58	2.5	<0,07
9	11.12.17	7.31	12.40	0.180	0.25	1.02	651	0.058	26.7	2.12	0.36	28	0.94	10	<0,07
Gj.snitt		7.35	14.34	0.32	0.29	0.47	651	0.088	25.5	3.61	0.37	37	1.02	19.6	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		1/9		1/9	0/9		0/9	3/9	

	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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
B4	03.04.17	7.35	6.10	0.076	0.14	0.057	154	0.009	12.3	0.89	0.31	66.6	0.45	1.8	<0,07
B4	09.05.17	7.49	6.40	0.110	0.20	0.025	35.2	0.004	12.1	0.84	0.70	0.73	0.44	0.91	<0,07
B4	06.06.17	7.39	9.70	0.100	0.17	0.016	40.7	0.037	14.1	1.02	0.80	0.57	0.57	1.6	<0,07
B4	06.07.17	7.35	7.80	0.067	0.21	0.019	415	0.004	18.4	2.47	0.42	0.90	0.50	1.7	<0,07
B4	21.08.17	7.50	10.70	0.930	0.22	0.027	166	0.008	15.7	1.14	1.64	24.9	0.65	2.1	<0,07
B4	17.09.17	7.46	9.00	0.074	0.19	0.024	315	0.006	16.1	0.88	1.22	6.08	0.65	1.7	<0,07
B4	10.10.17	7.54	6.80	0.070	0.17	0.019	293	0.003	15.7	0.72	0.85	15.7	0.54	1.8	<0,07
B4	01.11.17	7.53	7.10	0.072	0.17	0.018	254	0.005	15.2	0.68	0.91	15.3	0.46	1.7	<0,07
B4	11.12.17	7.40	6.30	0.062	0.13	0.012	307	0.004	14.9	0.57	0.58	11.9	0.40	1.1	<0,07
Gj.snitt		7.45	7.77	0.17	0.18	0.02	220	0.009	14.9	1.02	0.83	15.9	0.52	1.6	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	
	Dato	Ph	DOC	Sb	As	Pb	Fe	Cd	Ca	Cu	Cr	Mn	Ni	Zn	Bi
st.			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
10	03.04.17	5.89	10.60	0.048	0.24	0.155	697	0.024	1.23	0.50	0.21	234	0.60	4.3	<0,07
10	09.05.17	6.09	8.10	0.049	0.18	0.107	310	0.020	1.06	0.47	0.19	124	0.52	3.1	<0,07
10	06.06.17	7.39	9.70	0.050	0.18	0.082	291	0.014	1.28	0.51	0.23	72.9	0.46	2.7	<0,07
10	06.07.17	6.35	4.40	0.034	0.15	0.011	69	0.003	1.29	0.50	0.50	2.34	0.72	2.0	<0,07
10	21.08.17	7.87	13.40	0.050	0.29	0.086	430	0.018	1.57	0.53	0.27	91.4	0.72	4.4	<0,07
10	17.09.17	6.18	14.90	0.039	0.28	0.105	514	0.019	1.49	0.42	0.26	215	0.71	4.4	<0,07
10	10.10.17	6.34	8.40	0.036	0.22	0.074	445	0.018	1.37	0.37	0.21	263	0.61	4.0	<0,07
10	01.11.17	6.13	8.50	0.040	0.20	0.070	250	0.018	1.21	1.22	0.23	138	0.79	6.2	<0,07
10	11.12.17	6.16	6.40	0.018	0.14	0.026	165	0.008	1.12	0.28	0.17	110	0.38	2.1	<0,07
Gj.snitt		6.49	9.38	0.040	0.21	0.08	352	0.016	1.29	0.53	0.25	139	0.61	3.7	<0,07
Ant.over kl III				0/9	0/9	0/9		0/9		0/9	0/9		0/9	0/9	

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