

# Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2019.





# RAPPORT

**Hovedkontor**

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

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Danmark**

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

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2019.	Løpenummer 7482-2020	Dato 24.03.2020
Forfatter(e) Asle Økelsrud	Fagområde Miljøgifter - ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oppland	Sider 18+vedlegg

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Trond Simen Aasmundstad
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 190120

<p>Sammendrag</p> <p>Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon, etablerte serieprodukter, rakettmotorer og andre fremdriftssystemer. Området avvannes av Veltmannåa, og to mindre bekker. Vi fortsetter her rapportering av overvåkingen av metaller, som har pågått siden 1991. Prøvetaking foregår månedlig i den isfrie perioden. For 2019 ble det ikke observert overskridelser av gjeldende miljøkvalitetsstandard (EQS) for prioriterte stoffer (kadmium, bly og nikkel). For sink ble det påvist en marginal overskridelse av EQS i en av bekkene som avvanner testsenteret. Dette skyldes sannsynlig utlekking fra kjent deponi med ammunisjonsrester oppstrøms. 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"> <li>1. Skytefelt</li> <li>2. Overvåkning</li> <li>3. Metallkonsentrasjoner</li> <li>4. Forurensningsgrad</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Shooting range</li> <li>2. Monitoring</li> <li>3. Metal concentration</li> <li>4. Degree of impact</li> </ol>
--	--

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

*Asle Økelsrud*  
Prosjektleder

*Øyvind Aaberg Garmo*  
Kvalitetssikrer

*Marianne Olsen*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7217-8  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

## **Bradalsmyra testsenter**

Overvåkning av metalkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2019

## Forord

Vi rapporterer her resultatene fra målinger av metall-konsentrasjoner og viktige forklaringsvariabler som pH og DOC i bekker, en dam og et grunnvannsig på Bradalsmyra testsenter i perioden 2004 til oktober 2019. De målte konsentrasjoner for 2019 i vannforekomstene vurderes i henhold til Veileder 02:2018, Miljødirektoratet 2018.

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 2019 og rapporteringen har vært gjennomført av Asle Økelsrud. Alle kjemiske analyser er utført ved Eurofins laboratorium i Moss. Rapporten følger i all hovedsak malen etter tidligere års rapportert, for slik å sikre oversikten over tidsserier på målte parametere.

Ottestad, 5. mars 2020

Asle Økelsrud

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Metoder</b> .....	<b>9</b>
2.1	Innsamling og vannanalyser .....	9
2.2	Grunnvannsbrønner.....	9
2.3	Klassifisering av tilstand.....	9
<b>3</b>	<b>Resultater</b> .....	<b>10</b>
3.1	Referansestasjon og mindre vannansamlinger på testsenteret.....	10
3.1.1	Referansestasjon .....	10
3.1.2	Rakettstandplass .....	12
3.1.3	Utlekking av metaller fra deponiet.....	13
3.2	Veltmannåa.....	14
3.2.1	Tidstrend basert på vannanalyser .....	14
3.3	Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og rakettstandplass.....	15
3.3.1	Tidstrend basert på vannanalyser .....	15
3.4	Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften i de nederste stasjonene i utgående bekker.....	17
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Vedlegg</b> .....	<b>20</b>

## Sammendrag

Bradalsmyra er Nammo Raufoss AS sitt testsenter for utprøving av ny ammunisjon, etablerte serieprodukter, rakettmotorer og andre fremdriftssystemer. 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 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. I september 2018 ble det utført en kildeproving av sink ved den østre delen av Bradalsmyra som tyder på at bidraget fra verkstedsområdet var lavere enn det antatt naturgitte bidraget av sink fra området utenfor testsenteret. Forurensningstilstanden i bekkene er vurdert i henhold til gjeldende miljøkvalitetsstandarder (EQS) og til Miljødirektoratets 5-delte klassifiseringssystem for forurensningstilstand som er beskrevet Veileder 02:2018 for Klassifisering av miljøtilstand i vann (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018).

Testsenteret har et deponi som inneholder metallavfall etter overflate-behandling ved tidligere Raufoss Våpenfabrikk. Dette er avsluttet og tildekket, men potensielt drenerer deponiet til Veltmannåa ved stasjon Bekk 4 (St.B4). I 2009 utførte Norges Geotekniske Institutt (NGI) en miljøteknisk undersøkelse av et område som er delvis utfyllt med ammunisjonsrester ved raketstandplassen (St.9). Miljødirektoratet (den gang Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)) vurderte i 2011, med bakgrunn i denne undersøkelsen, at det var akseptabelt at massene fikk ligge i ro.

Året 2019 var, i motsetning til 2018, nedbørsrikt med over normal nedbørsmengde enkelte måneder, og spesielt var mai en våt måned med påfølgende høy vannføring i utgående bekker på Bradalsmyra. Dette medførte trolig økt avrenning av organisk materiale til bekker som drenerer Bradalsmyra. Det er også sannsynlig at dette har påvirket vannkjemien i bekker som avvanner Bradalsmyra, med økte konsentrasjoner av målte metaller. Det ble målt konsentrasjoner av sink, arsen, bly, kadmium, kobber, krom og nikkel fra mai til og med oktober. I november var bekkene tilfrosset.

Ved raketstandplassen (St.9), overskred målte konsentrasjoner EQS for kadmium, kobber, nikkel og sink. Stasjon 8 nedstrøms raketstandplassen hadde allikevel god kjemisk tilstand. Påvirkning av kjemisk tilstand nedstrøms feltet vurderes derfor som liten. Ingen av metall-konsentrasjonene i 2019 overskred EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel i bekken ved det gamle metalldeponiet (St.B4). Denne bekken renner ut i Veltmannåa, men bidro 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. De målte konsentrasjonene ved de tre nederste stasjonene i utgående bekker (St. 4, 7 og 8) oppnår god kjemisk tilstand for de prioriterte stoffene (kadmium, bly og nikkel). I mai ved stasjon 8, bekk i sørgående retning, ble det påvist én overskridelse av EQS for sink. Dette har trolig sammenheng med de samtidig forhøyede konsentrasjonene oppstrøms ved St.9, da det denne dagen var høy vannføring. Overskridelsen ved denne episoden var marginal og vil ha hatt liten betydning for vannforekomsten lenger ned ([002-595-R.Sagvollelva/www.vannmiljo.no](mailto:002-595-R.Sagvollelva@www.vannmiljo.no)).

Resultatene sannsynliggjør at aktiviteten ved testsenteret ikke har bidratt til vesentlig forurensning av metaller i bekkene når de renner ut av skytefeltet. Overvåkingen som er utført over 29 år er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen har også den fordel at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre negative effekter på biota nedstrøms testsenteret.

## Summary

Title: Bradalsmyra Test Center. Monitoring of metal concentrations in streams and groundwater during the period 2004-2019

Year: 2020

Author(s): Asle Økelsrud

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7217

Nammo Raufoss Test Center at Bradalsmyra tests new ammunition, established series products, rocket engines and other propulsion systems. The area of the test center is mainly drained by the stream Veltmannåa, but also by a smaller stream from the workshop area, as well as a stream that starts in a pond at rocket station and runs past the environmental testing facility and out of the field in a south-easterly direction. In 2016, a new station (St.10) was established in a stream that drains parts of the hill west of Veltmannåa. The purpose was to get an indication of naturally occurring concentrations of metals. In September 2018, a source tracing of zinc was performed at the eastern part of Bradalsmyra, indicating that the contribution from the workshop area (verkstedområdet) was lower than the estimated natural contribution of zinc from the area outside the test center. The pollution status in the streams is assessed in accordance with the applicable Environmental Quality Standards (EQS) and the Norwegian Environment Agency (Miljødirektoratets) 5-part classification system for pollution status described in Guideline 02: 2018 for Classification of Environmental Condition in Water (Directorate Group for the implementation of the Water Directive, 2018).

The test center has a landfill containing metal waste after surface treatment at the former Raufoss Weapon Factory. This is closed and covered, but potentially drains the landfill to Veltmannåa at the Bekk 4 station (St.B4). In 2009, the Norwegian Geotechnical Institute (NGI) conducted an environmental technical survey of an area partially filled with ammunition residue at the rocket site (St.9). In 2011, the Norwegian Environment Agency (at the time the Climate and Pollution Directorate (Klif)) assessed, based on this study, that it was acceptable for the masses to remain covered.

The year 2019, in contrast to 2018, was rainy with above normal rainfall some months, in May in particular, with subsequent high flow in outgoing streams on Bradalsmyra. This probably led to increased drainage of organic material into streams draining Bradalsmyra. This is also likely to have affected the water chemistry of the streams that drains Bradalsmyra, with increased concentrations of measured metals. Concentrations of zinc, arsenic, lead, cadmium, copper, chromium and nickel were measured from May to October. In November, the streams were frozen

At the rocket firing point (Rakettstandplassen, St.9), measured concentrations exceeded EQS for cadmium, copper, nickel and zinc. However, Station 8 downstream of the rocket firing point had a good chemical status. Impact of chemical status downstream is therefore considered to be small. None of the metal concentrations in 2019 exceeded the EQS for the water region specific substances copper, zinc, arsenic and chromium or the priority substances cadmium, lead and nickel in the basin at the old metal deposit (St.B4). This stream flows into the stream Veltmannåa but did not contribute to measurable increases in the metal concentrations in the Veltmannåa stream. This is probably because the sub-catchment where the landfill is, constitutes a very small part of the Veltmannåa catchment upstream of the test center, and that metals associates with fine-grained particles in the soil below the landfill. Measured concentrations at the three lower stations in outgoing streams (St. 4, 7 and 8) achieve good chemical status for the priority substances (cadmium, lead and nickel). In May at Station 8, southbound stream, one exceedance of EQS for zinc was detected. This is probably related to the concomitant elevated concentrations upstream of St.9, as there was high water flow that day. The

exceedance of this episode was marginal and will have had little impact on the water body further down (002-595-R Sagvollelva / [www.vannmiljo.no](http://www.vannmiljo.no)).

The results show that the activity at the test center has not contributed to significant contamination of metals in the streams as they flow out of the firing range. The monitoring carried out over 29 years is an important strength for this conclusion. The annual monitoring also has the advantage that any episodic emissions can be stopped early and prevent adverse effects on the biota downstream of the test center.

## 1 Innledning

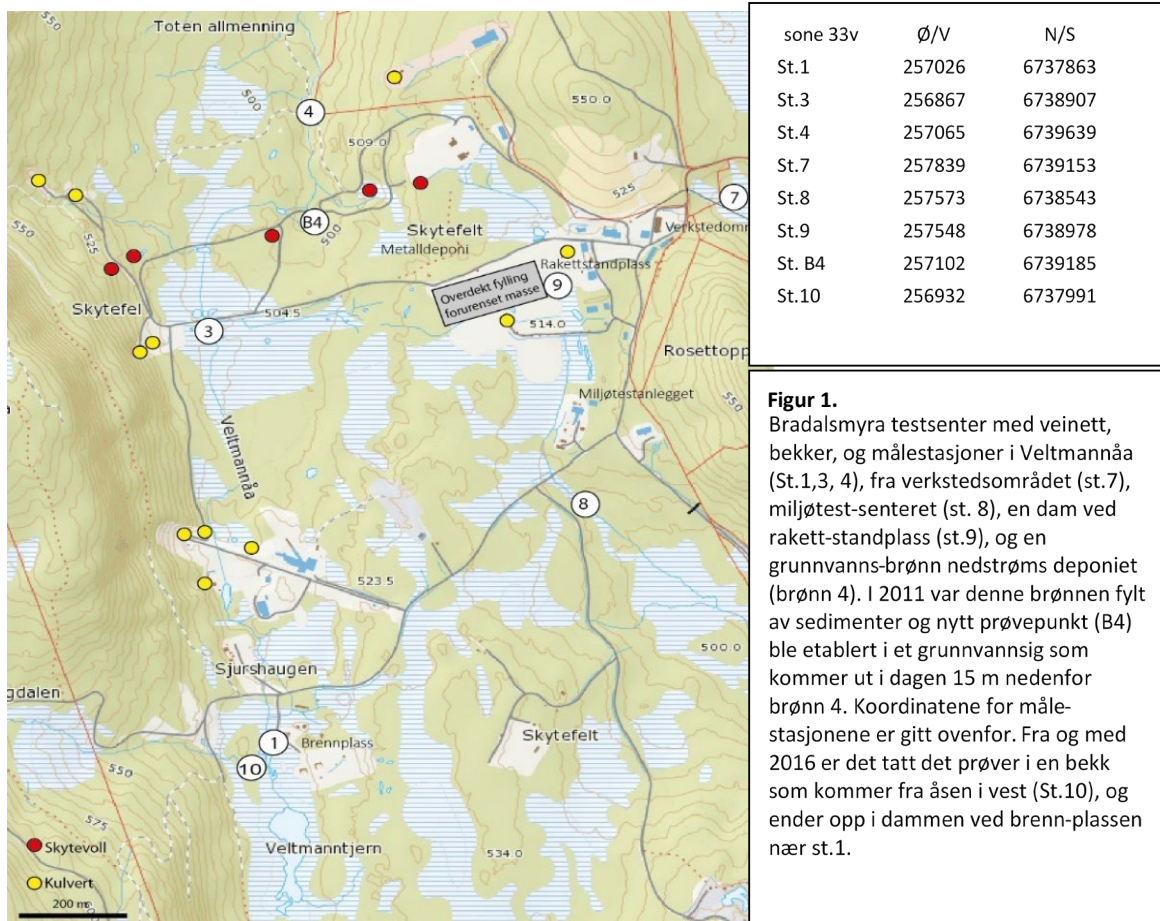
På Bradalsmyra, vest for Raufoss sentrum, tester Nammo Raufoss AS ut konvensjonell og ny ammunisjon. Området som ligger på ca. 500 til 700 moh. avannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av mindre bekker fra miljøtestanlegget, verkstedområdet og raketstandplass (Figur 1). Nord for kjøretraseen til det nordligste kulvertanlegget ligger et metalldeponi (Figur 1), hvor det i 2004 ble opprettet 5 grunnvannsbrønner for overvåking av metallavrenning fra dette depotet (Rognerud 2004). I dag er det kun en målestasjon her (St.B4), siden de tidligere etablerte grunnvannsbrønnene nå er fylt opp av finstoff (Rognerud 2018). Vannkvaliteten i Veltmannåa ble først undersøkt i 2004, og konklusjonen var at deponiet ikke forurenset Veltmannåa (Rognerud 2004). I tillegg ble det i 2006 etablert et nytt målepunkt (St.3) der man forventet at utlekking fra metalldeponiet kunne nå bekken (Rognerud 2011). Høsten 2011 ble det opprettet en stasjon (St.9) i en dam ved raketstandplassen, dette for å overvåke utlekking av metaller fra nedgravd ammunisjon (markert som overdekt fylling på kartet, Figur 1). Denne avannes sydover via St.8. I 2016 ble St.10 opprettet (Figur 1) for å måle bakgrunns-konsentrasjoner av metaller i området. Avrenning fra verkstedområdet blir overvåket ved St. 7 (Figur 1), hvor det tidligere er rapportert (Rognerud 2018) konsentrasjoner av sink som tilsvarer klasse III, moderat tilstand i veileder M-608 (Miljødirektoratet 2016). I 2018 indikerte kildesporing av sink ved verkstedområdet og omkringliggende område at bidraget fra verkstedområdet er lavere enn det naturlige bidraget fra omkringliggende områder (Økelsrud og Rognerud, 2019).

Selv om det har vært rapportert høye konsentrasjoner i vannforekomster lokalt innenfor testsenteret, gjennom de 29 årene overvåkingen har pågått (siden 1991), ser dette ikke ut til å ha påvirket vannkvaliteten i bekkene som renner ut av skytefeltet. I tillegg viste bunndyrundersøkelser ved tre stasjoner i bekker som inngår i den faste overvåkingen av Bradalsmyra testsenter (St.1, St.4 og St.8), at utlekking av tungmetaller fra testsenteret har hatt liten effekt på akvatiske organismer i Veltmannåa høsten 2017/vinteren 2018 (Økelsrud og Rognerud, 2019).

Hensikten med overvåkingen er primært 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 2019, 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 var å avdekke i hvilken utstrekning naturgitte metaller i løsavsetningene på Bradalsmyra kan ha betydning for vannkvaliteten i skytefeltet. Det ble da konkludert med at siden morenen i de sentrale deler av skytefeltet delvis består av kambro-silurisk materiale, kan deler av tungmetallinnholdet i vannet skyldes løsmassenes kjemiske sammensetning



(Rognerud 2018). Kildespringen av sink fra 2018 (Økelsrud og Rognerud, 2019), viste også at det kan forkomme metallkonsentrasjoner i bekker utenfor testsenteret som potensielt overskrider EQS, og at dette antageligvis skyldes det naturlige bidraget fra løsmasser i området.



**Figur 1.** Bradalsmyra testsenter med veinett, bekker, og målestasjoner i Veltmannåa (St.1,3, 4), fra verkstedsområdet (st.7), miljøtest-senteret (st. 8), en dam ved rakettestandplass (st.9), og en grunnvanns-brønn nedstrøms deponiet (brønn 4). I 2011 var denne brønnen fylt av sedimenter og nytt prøvepunkt (B4) ble etablert i et grunnvannsig som kommer ut i dagen 15 m nedenfor brønn 4. Koordinatene for målestasjonene er gitt ovenfor. Fra og med 2016 er det tatt det prøver i en bekk som kommer fra åsen i vest (St.10), og ender opp i dammen ved brenn-plassen nær st.1.

### Vanntype

#### Vanntypeinndeling

Vanntype elv  
 VanntypeID  
 Nasjonal vanntype  
 Vannkategori  
 Økoregion  
 Klimasoner  
 Nedbørfelt i km<sup>2</sup>  
 Kalsium og alkalinitet  
 Humus  
 Turbiditet

#### Verdi

Små, kalkfattig, humøs  
 REM1221  
 17  
 Elv  
 Østlandet  
 Middels(200-800moh.)  
 Små (< 10 km<sup>2</sup>)  
 Kalkfattig (Ca = 1 - 4 mg/l, Alk = 0.05-0.2 mekv/l)  
 Humøse (30-90 mg PVL, TOC 5-15 mg/L)  
 Klare (STS < 10 mg/L (uorganisk andel minst 80%))

### 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	

## 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, miljøtestsenderet og raketstandplassen i 2019. 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 (Bekk 4, St.B4). 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 DOC ble samlet inn i egne plastflasker. Metallene er analysert ved Eurofins` laboratorium i Moss.

### 2.2 Grunnvannsbrønner

I 2004 ble det etablert 5 stk. 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 (Rognerud, 2004). 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 (Figur 1).

### 2.3 Klassifisering av tilstand

Forhøyede konsentrasjoner av metaller kan ha en negativ effekt på biota i vann. Gjeldende 5 tilstandsklasser i Norge er gitt i Tabell 1 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018.). Av metallene i Tabell 1 inngår kadmium (Cd), bly (Pb) og nikkel (Ni) blant EUs 45 prioriterte stoffer, mens sink (Zn), kobber (Cu), arsen (As) og krom (Cr) er blant de nasjonalt definerte vannregionspesifikke stoffene. For alle de oppgitte metallene er det fastsatt grenseverdier, såkalte miljøkvalitetsstandarder (Environmental Quality Standards =EQS) i Vannforskriften (se Miljødirektoratets veileder 02:2018). Vurdering av de vannregionspesifikke stoffene i forhold til grenseverdi («god» eller «ikke god») blir benyttet til fastsettelse av økologisk tilstand. Siden biologiske kvalitetselementer ikke inngår i denne undersøkelsen er de vannregionspesifikke stoffene det eneste og dermed gjeldende grunnlaget for økologisk tilstandsklassifisering i denne undersøkelsen. Kjemisk tilstand i en vannforekomst bestemmes på bakgrunn av konsentrasjoner av prioriterte stoffer i vann, sediment eller biota, som sammenlignes med EQS-verdiene. Konsentrasjoner over EQS gir «Ikke god» kjemisk tilstand, mens konsentrasjoner under EQS gir «God» kjemisk tilstand.

Klassifisering av vannkvalitet (økologisk og kjemisk tilstand) ved mindre vannansamlinger inne på testsenteret vektlegges ikke på samme måte i rapporten som klassifisering av bekker som renner ut av området (utgående bekker). Stasjonene i de mindre vannansamlingene er først og fremst opprettet for referansetilstand og/eller kildesporing og utlekking fra kjente deponier (St.10, 1, 3, B4 og 9). De nederste stasjonene i de tre utgående bekkene (St.4, 7 og 8) er derimot klassifisert til tilstand etter vannforskriften (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018).

**Tabell 1.** Tilstandsklasser for metaller i ferskvann ( $\mu\text{g/l}$ ), sammenholdt med fastsatte grenseverdier etter Vannforskriften, såkalte miljøkvalitetsstandarder (Environmental Quality Standards =EQS), ihht Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018). For kadmium er klassegrensene 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)», der grenseverdien for antimon er satt til  $5,0 \mu\text{g/l}$ .  $\leq$  = mindre eller lik, mens  $>$  er større enn. AA-QS: årsmiddel av alle prøver tatt ved en stasjon skal ikke overstige denne verdien. MAC-QS: grense for maksimal årlig konsentrasjon som ikke skal overstiges i enkeltprøver.

Navn på substans		Bakgrunn	Ingen toksiske effekter. Øvre grense: AA-QS, PNEC	Kroniske effekter ved langtids-eksponering. Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Akutte toksiske effekter ved korttids-eksponering. Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> * sikkerhetsfaktor	Omfattende toksiske effekter
	Klasse	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Prioriterte stoffer	Grenseverdi (EQS)	GOD		IKKE GOD		
Cd	0,08	0-0,003	$\leq 0,08$	$\leq 0,45$	$\leq 4,5$	$\leq 4,5$
Pb	1,2	0-0,02	$\leq 1,2$	1,2-14	14-57	$> 57$
Ni	4	0-0,5	0,5-4	4-34	34-67	$> 67$
Vannregionspesifikke stoffer	Grenseverdi (EQS)	GOD		IKKE GOD		
Cu	7,8	0-0,3	7,8	7,8	7,8-15,6	$> 15,6$
Zn	11	0-1,5	11	11	11-60	$> 60$
As	0,5	0-0,15	0,15-0,5	0,5-8,5	8,5-85	$> 85$
Cr	3,4	0-0,1	3,4	3,4	3,4	$> 3,4$

## 3 Resultater

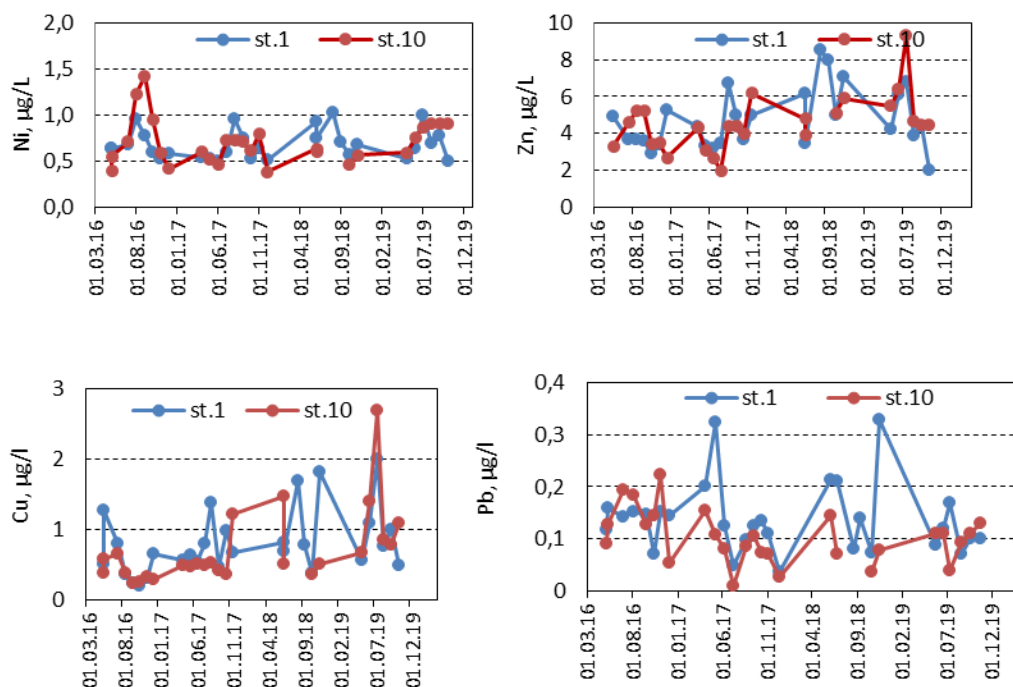
### 3.1 Referansestasjon og mindre vannansamlinger på testsenteret

#### 3.1.1 Referansestasjon

I 2016 ble det opprettet en ny stasjon (St.10) i en bekk som avvanner åssiden vest for brenn-plassen (Figur 1). Bekken renner inn i branddammen (Figur 1), som også mottar vann fra Veltmantjernet, og danner Veltmannåa (Figur 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 ble undersøkt i 2017 (Rognerud 2018), 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 metallutslig fra denne åssiden på vannkvaliteten i Veltmannåa (Rognerud 2018). I 2016 lå konsentrasjonene i bekken for viktige metaller i alunskiferer som nikkell, sink og bly høyere (St.10) enn i Veltmannåas utløp fra brenn-plassen sommerstid (St.1, Figur 2). Ingen forskjell ble funnet for kobber. Dette kan indikere at i tørke-perioder sommerstid, når vannet i bekken preges av grunnvann fra åssiden, vil metall utløst fra alunskiferholdige løsavsetninger kunne prege vannkvaliteten (Rognerud 2018). I 2019 var målte sinkkonsentrasjoner i gjennomsnitt høyere ved St.10, enn ved St.1, og den høyeste målte konsentrasjonen forekommer ved lav vannføring ved St. 10 i juli, noe som kan tyde på bidrag fra metallholdig grunnvann (Figur 2/Tabell 2).



**Figur 2.** 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).

**Tabell 2.** Analyser av metaller, pH og DOC i en innløpsbekk (St.10) til Veltmantjernet i 2019.

St.	Dato	pH	TOC/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	24.05.2019	5,50	11,00	0,073	0,20	0,11	330	0,021	1,2	0,67	0,21	29	0,59	5,5	N/A
10	19.06.2019	6,10	9,90	0,057	0,24	0,11	270	0,020	1,4	1,40	0,21	62	0,75	6,4	<0.00010
10	11.07.2019	5,80	4,80	0,034	0,16	0,039	73	0,021	1,7	2,7	0,13	44	0,86	9,3	<0.0001
10	20.08.2019	6,50	11,00	0,042	0,34	0,093	520	0,026	2,2	0,85	0,26	280	0,91	4,7	<0.0001
10	19.09.2019	6,50	8,40	0,036	0,30	0,11	590	0,028	1,7	0,79	0,22	730	0,9	4,5	<0.0001
10	24.10.2019	6,10	9,00	0,032	0,23	0,130	300	0,019	1,7	1,1	0,26	180	0,91	4,5	<0.0010
Gj. snitt		6,08	9,02	0,05	0,25	0,10	347	0,02	1,65	1,25	0,22	220,83	0,82	5,82	<0,002

Det var ingen overskridelser av gjeldende EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkell ved stasjon 10 (Tabell 2/Tabell 1).

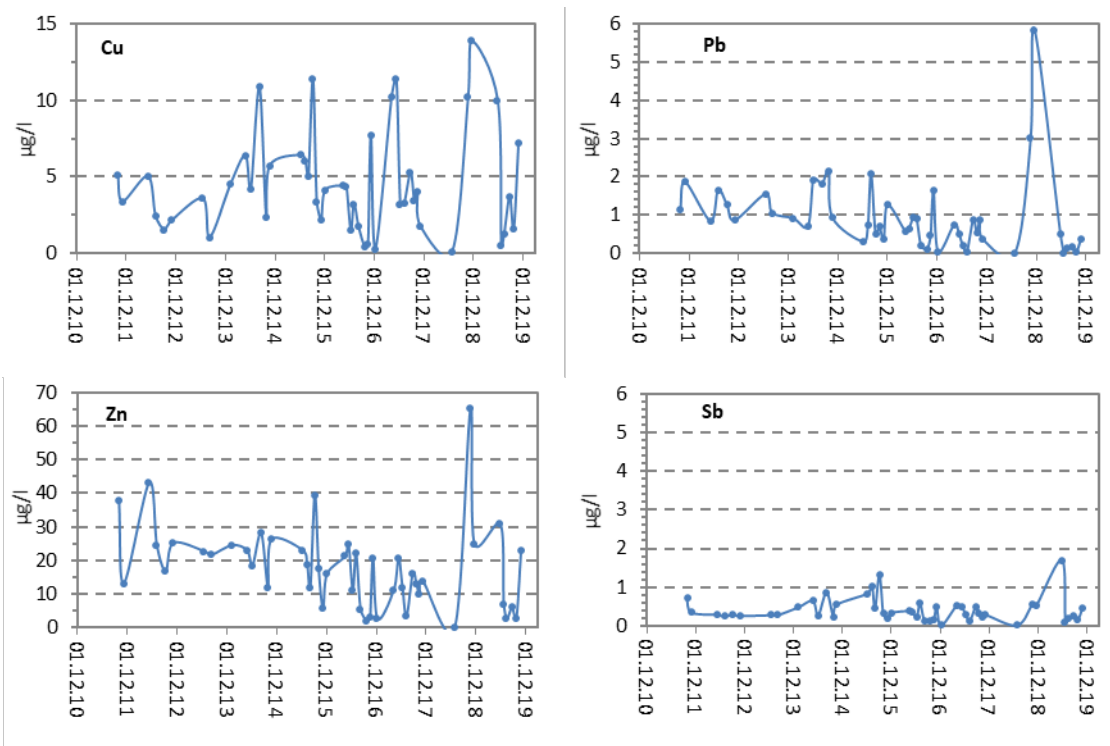


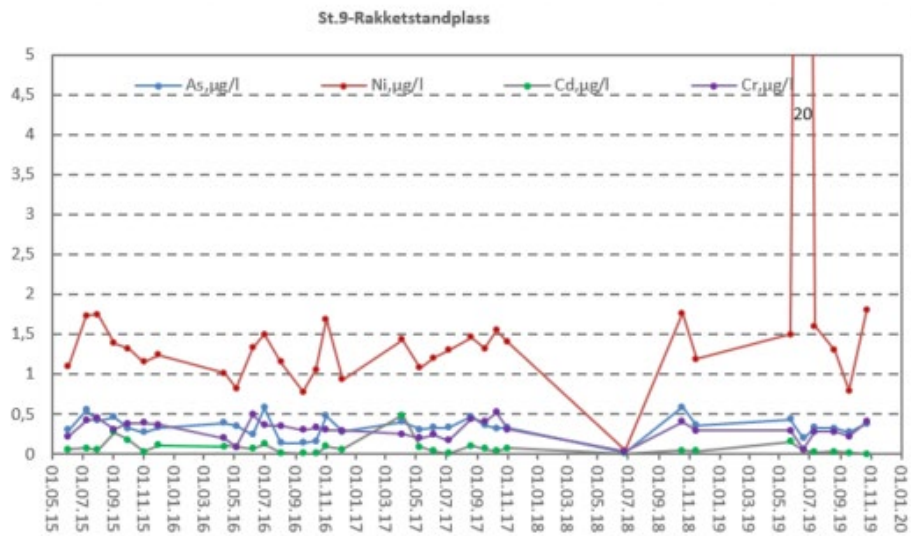
### 3.1.2 Raketstandplass

Dette målepunktet er en åpen vannansamling som ligger i et myr/sumpområde foran raketstandplass (St.9, Figur 1). Den dreneres av bekken som renner forbi miljøtestanlegget og videre syddover (Figur 1). Resultatet av målingene i 2019 er gitt i vedlegg 1, og tidstrenden er vist i Figur 3. Vannkvaliteten kan beskrives som alkalisk og betydelig humus-påvirket. Konsentrasjonene av metaller har generelt vært høyere her enn i Veltmannåa og i bekken nedstrøms miljøtestanlegget (St.8). Dette er ikke en vannforekomst etter vannforskriften og klassifiseres derfor ikke til tilstand, her benyttes kun det 5-delte systemet som en indikasjon på forurensingsgrad.

I 2019 var årsmidlene for kobber og sink omtrent som i tidligere år og lavere enn i 2018. Middelverdien for kobber og sink tilsvarer hhv. tilstandsklasse II og IV, hvorav en enkeltmåling for kobber tilsvarer klasse IV. Årsmiddel for nikkel tilsvarer tilstandsklasse III, noe som skyldes en enkeltmåling på 20 µg/l. For kadmium som det kun forekommer sporadisk målte konsentrasjoner som overskrider tilstandsklasse II, hadde en enkeltmåling tilsvarende tilstandsklasse III. Årsmiddel for bly var vesentlig lavere enn i 2018, og i 2019 tilsvarer årsmiddel tilstandsklasse II.

Til tross for episodiske økte konsentrasjoner av kadmium og nikkel er vannkvaliteten nedstrøms i bekken som drenerer området (St. 8), innenfor god kjemisk tilstand. Målte konsentrasjoner av kadmium, nikkel og sink ved stasjon 9 gjenspeiles trolig i resultatene fra St.8 nedstrøms, ved at de høyeste konsentrasjonene av disse metallene forekommer ved begge stasjonene på samme dato, 24. mai. Dette skyldes sannsynligvis økt utlekking av metaller ved den høye vannføringen i denne perioden. Allikevel forgår det en fortykning nedstrøms, slik at stasjon 8 fortsatt har god kjemisk tilstand. Metallforurensningen nedstrøms feltet vurderes derfor som liten.

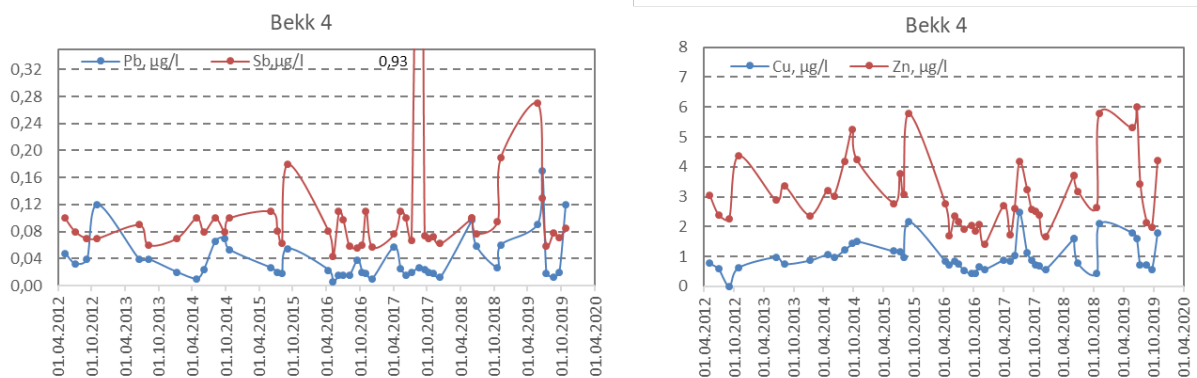




**Figur 3.** Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i perioden i 2011-2019 ved raketstandplass (St.9) (øvre paneler) der grenseverdi (EQS) god/ikke god (Tabell 1) er indikert med rød linje. Konsentrasjoner av arsen (As), nikkel (Ni), kadmium (Cd) og krom (Cr) i sig fra raketstandplassen (St.9) i perioden 2015-2019 er vist i nedre panel.

### 3.1.3 Utlekking av metaller fra deponiet

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 i Veltmannåa (Figur 1). Det antas 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 (Figur 4). Ingen av metall-konsentrasjonene i 2019 medførte overskridelser av gjeldende EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel (Tabell 1 og i vedlegg 1). De lave verdiene stemmer godt overens med at det er små endringer i konsentrasjonene i Veltmannåa fra St.3 til St.4 (Figur 1).



**Figur 4.** Konsentrasjoner av bly (Pb), antimon (Sb), kobber (Cu) og sink (Zn) i Bekk 4 som avvanner det gamle deponiet (2012-2019).

## 3.2 Veltmannåa

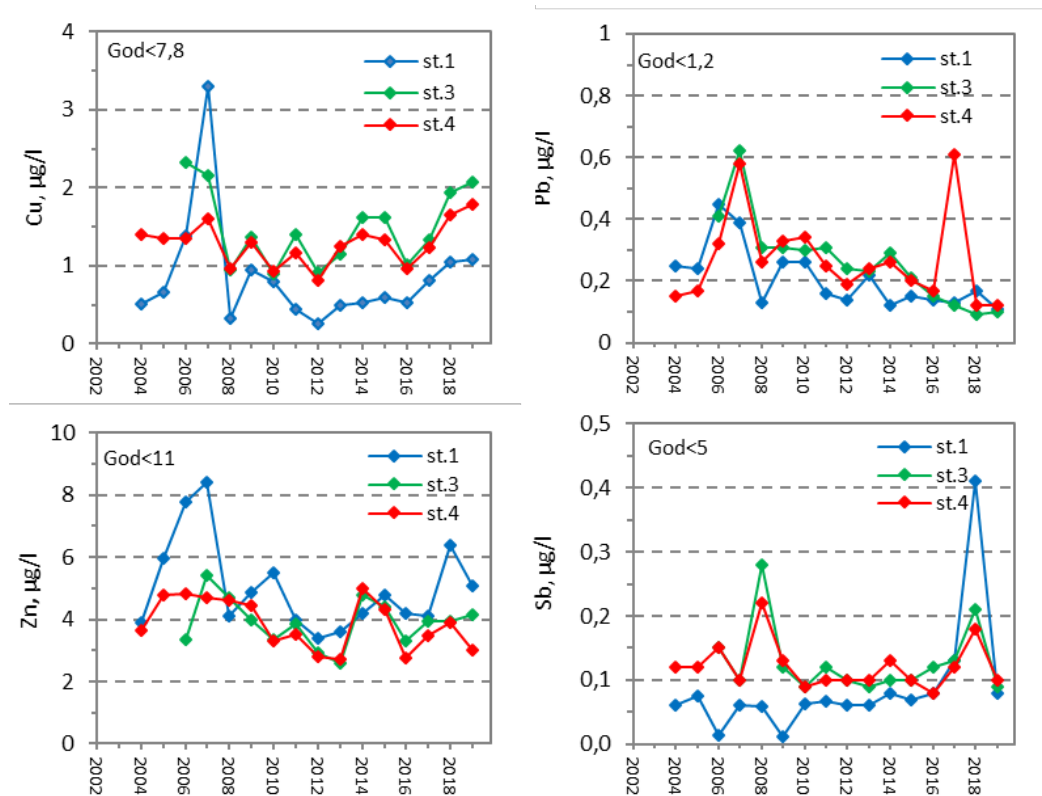
### 3.2.1 Tidstrend basert på vannanalyser

I 2019 var middelkonsentrasjonene av kobber marginalt høyere enn i 2018, mens antimon gikk betraktelig ned ved alle tre stasjonene i tilknytning til Veltmannåa. Sink gikk også betraktelig ned ved stasjon 1. og 4., og økte marginalt ved stasjon 3, mens konsentrasjonen av bly endret seg lite fra tidligere år (med unntak av 2017), og viser en fortsatt nedadgående trend (Figur 5). Disse små variasjonene i metallkonsentrasjoner fra år til år skyldes høyst sannsynlig variasjoner i vannføring og humusinnhold, mens trenden for bly nok skyldes en reell nedgang i tilførsel, enten som følge av mindre utlekking fra det gamle deponiet ved B4 eller nedgang i atmosfærisk tilført bly (Steinnes m.fl., 2015). Sistnevnte er nok trolig en medvirkende faktor, da konsentrasjonen av bly ved B4 ligger jevnt rundt 0,05 - 0,10 µg/l i perioden 2004-2019 (Figur 4). I motsetning til sommeren 2018 som var spesielt tørt (Økelsrud og Rognerud, 2019) var sommeren 2019 våtere, med tidvis høy vannføring (vedlegg 2), noe som kan forklare delvis lavere metalkonsentrasjoner sammenlignet med foregående år. Metalkonsentrasjonene i bekkene vil naturlig øke i begynnelsen av en periode med økt vannføring, mens konsentrasjonene etter hvert vil avta som følge av økende grad av fortynning i tilført sigevann.

Utlekking 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 (Figur 5). Etter at utslipp fra sink-kilden ved brenn-plassen ble stanset har det vært små forskjeller på sink-konsentrasjoner inn og ut av feltet. I 2019, som året før, var det vesentlig høyere konsentrasjoner av sink fra innløp (St.1) til utløp (St.4) i feltet. Dette kan tyde på naturlig høyere bidrag av sink fra åssiden ovenfor Veltmannstjernet, spesielt i tørre perioder, med en fortynning videre nedstrøms. Som nevnt tidligere, under 3.1.1, var høyeste målte konsentrasjon av sink i 2019 ved St.10 i bekken fra åssiden sammenfallende med lav vannstand (11.07.2019, vedlegg 2), hvilket også sammenfaller i tid med høyeste målte konsentrasjon av sink i dammen som mottar vann fra denne bekken.

Det var ingen overskridelser av gjeldende EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel ved noen av stasjonene i Veltmannåa i 2019.

Generelt har konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa vært relativt lave i hele overvåkningsperioden. 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 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 brenn-plassen oppstrøms feltet.



**Figur 5.** 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 (klasse II) er gitt i panelene for de ulike metallene.

### 3.3 Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og raketstandplass

#### 3.3.1 Tidstrend basert på vannanalyser

##### *Verkstedområdet*

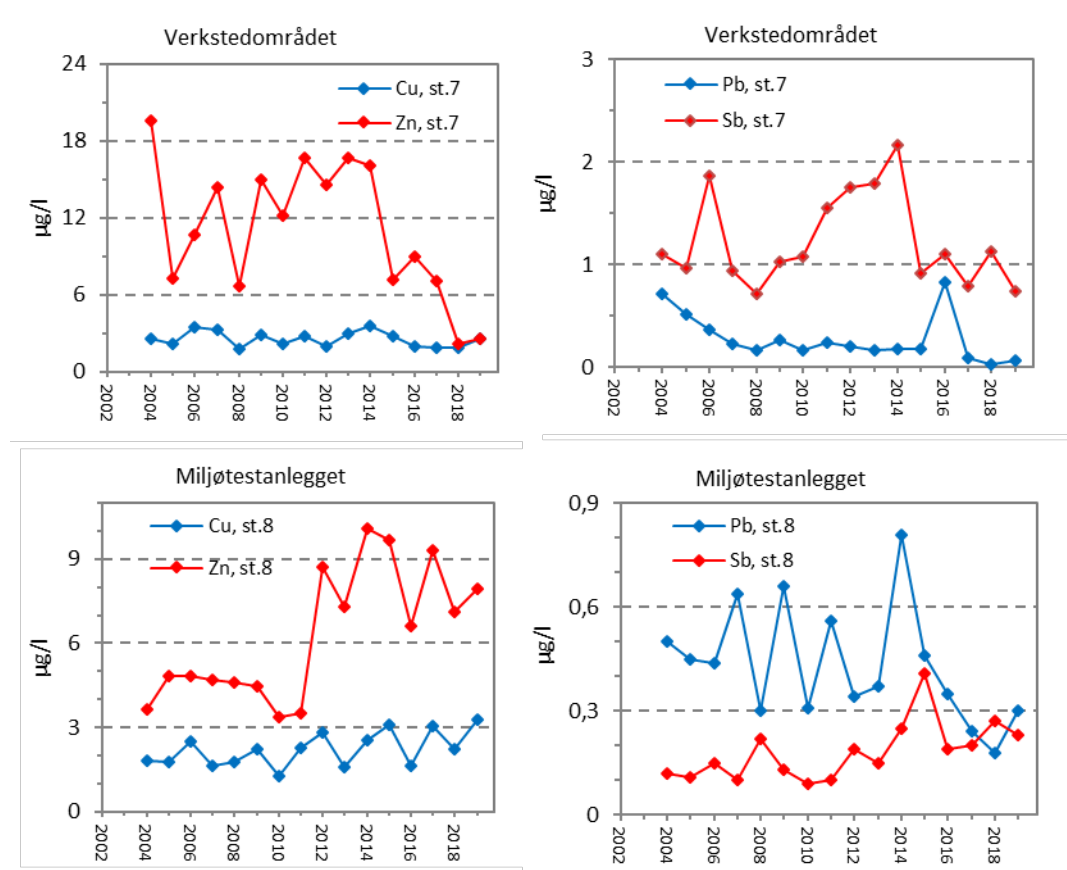
I bekken fra verkstedsområdet (Figur 6) var middelkonsentrasjonen av bly i 2019 noe høyere enn i 2018 men fortsatt langt under EQS. Trenden er at middelkonsentrasjonen av bly de siste tre år har ligget på et lavere nivå enn fra årene 2004 til 2016. Tidligere fantes det en antimonkilde på verkstedområdet, men betydningen av denne ser nå ut til å være liten. Konsentrasjonen av antimon var godt under grensen ( $5 \mu\text{g/l}$ ) gitt i Drikkevannsforskriften, og lavere enn i 2018. Konsentrasjonene av kobber har vært nær  $3 \mu\text{g/l}$  i hele perioden i fra 2004 til 2018, som tilsvarer tilstandsklasse II (God). Middelkonsentrasjonen av sink var tidligere ofte over øvre klassegrense for tilstandsklasse III ( $< 11 \mu\text{g/l}$ ), men de siste 5 årene har den vært klart lavere og tilstanden klassifiseres som god (Figur 4). På grunn av tidligere rapporterte overskridelser av MAC-EQS for sink (Rognerud 2018), ble det høsten 2018 fortatt en kildeproving av sink (Økelsrud og Rognerud, 2019). Denne undersøkelsen vist at det var lavere konsentrasjoner av sink i bekken som drenerer verkstedsområdet, enn i en bekk som drenerer et myrområde utenfor testsenteret i nord-øst. Dette indikerer at bidraget fra verkstedsområdet var lavere enn det antatt naturgitte bidraget av sink fra området utenfor testsenteret. Det var ingen overskridelser av gjeldende EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel ved stasjon 7 i 2019.



### Miljøtestanlegget

Bekken som avvanner miljøtestanlegget har, fram til og med 2011, hatt relativt lave metallkonsentrasjoner (Figur 6), og nær de vi har målt i Veltmannåa (Figur 5). Konsentrasjonene av sink var i perioden 2012-2019 betydelig høyere enn tidligere, men årlige middelv verdier var likevel innenfor tilstandsklasse II. Som beskrevet under 3.1.2, sammenfaller høyeste målte konsentrasjon av sink i 2019, med høyeste målte oppstrøms ved stasjon 9 samme dato. Det er trolig at dette skyldes tilsig fra et kjent deponi med ammunisjon ved stasjon 9. Konsentrasjonen av antimon var vesentlig høyere i 2015 i forhold til foregående år, men har siden nærmet seg nivåene fra årene før. Konsentrasjonen av bly har sunket jevnt de siste fire årene og var i 2018 på det laveste nivået siden målingen begynte i 2004, mens den i 2019 gikk marginalt opp fra 2018.

Det var ingen overskridelser av gjeldende EQS for de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom eller gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel ved stasjon 8 i 2019. Unntaket er sink, der det ved en anledning ble målt konsentrasjon (25 µg/l) som tilsvarer tilstandsklasse IV og dermed overskred MAC-EQS (se vedlegg 1).



**Figur 6.** Middelskonsentrasjon 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 Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften i de nederste stasjonene i utgående bekker

**Tabell 4.** Resultatet for gjennomsnittskonsentrasjoner av metaller ved målepunktene på utgående stasjoner på Bradalsmyra i 2019. Resultatene er klassifisert i henhold til Miljødirektoratets 5-delte klassifiseringssystem i Veileder 02:2018 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018). Fargekoder for tilstandsklasser: Blå: bakgrunn (klasse I), Grønn: god tilstand (klasse II), Gul: moderat tilstand (klasse III), Orange: dårlig tilstand (klasse IV).

Parameter	Enhet	Stasjon 4 Veltmannåa	Stasjon 7 Verkstedområdet	Stasjon 8 Miljøtestanlegget
Cd	µg/l	0,01	0,02	0,02
Pb	µg/l	0,12	0,07	0,30
Ni	µg/l	0,67	0,80	1,11
Cu	µg/l	1,78	2,58	3,30
Zn	µg/l	3,00	2,60	7,92*
As	µg/l	0,18	0,21	0,39
Cr	µg/l	0,19	0,18	0,64

\*Klasse IV betyr en overskridelse av EQS for et vannregionspesifikt stoff, som innebærer at økologisk tilstand ikke kan bli bedre enn moderat

Som det framgår av resultatene ligger alle målte parametere med unntak av sink (Zn) innenfor gjeldene grenseverdi (EQS), tilsvarende tilstandsklasse god, både for prioriterte og vannregionspesifikke stoffer (Tabell 1). For sink (Zn) ved stasjon 8, ble det ved en anledning målt konsentrasjon (25 µg/l) som tilsvarer tilstandsklasse IV og dermed overskridelse av MAC-QS (se vedlegg 1).

## 4 Konklusjon

I 2019 ble vannkvaliteten målt på 3 stasjoner (1,3,4) i Veltmannåa, en stasjon i bekken som renner ned i branndammen rett nord for Veltmanntjernet (St.10), en stasjon ved vanndammen 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, bly, antimon, og sink. Fra og med 2015 er antall metallanalyser utvidet med jern, kalsium, mangan, nikkel og vismut (Bi) og DOC (løst organisk karbon) erstatter tidligere analyser av TOC (totalt organisk karbon, se vedlegg 1). Parallell-analyser på TOC og DOC viser imidlertid små forskjeller i skytefeltets bekker. Fra og med 2018 ble derfor kun DOC rapportert.

I 2019 var konsentrasjonene av de undersøkte prioriterte stoffene (kadmium, bly og nikkel) innenfor gjeldende EQS for klassifisering til god kjemisk tilstand på de nederste stasjonene (St. 4, 7 og 8) som renner ut av testsenteret. De vannregionspesifikke stoffene (kobber, sink, arsen og krom) som inngår som kvalitetselementer for økologisk tilstand, var under gjeldende EQS for alle parametere, tilsvarende tilstandsklasse II (god), unntatt for sink ved stasjon 8 hvor det i mai ble målt konsentrasjon (25 µg/l) som er en overskridelse av EQS og tilsvarer tilstandsklasse IV. Dette medfører at målet om god økologisk tilstand ikke oppfylles. Det bør allikevel nevnes at dette kun gjelder en måling, og at årsmiddel for sink ligger innenfor klasse II (AA-EQS) som gir grunnlag for klassifisering til god økologisk tilstand. Bidraget av sink fra naturgitte metaller i løsavsetningene i og utenfor testsenteret kan også influere på episodiske høye bidrag av sink i vannforekomstene i området. Dette understøttes av kildeopprøringen av sink i september 2018 som tyder på at bidraget fra verkstedsområdet er lavere enn bidraget fra området utenfor testsenteret når det gjelder konsentrasjonen av sink i bekken nedstrøms.

Det er allikevel trolig at episodiske konsentrasjoner av sink over EQS ved stasjon 8 forekommer som følge av tilsig fra et ovenforliggende kjent deponi med ammunisjonsrester ved stasjon 9.

Bekken som slår ut i dagen nedstrøms grunnvanns-brønnen (St.B4) hadde lave konsentrasjoner av metaller, og ingen målinger oversteg gjeldende EQS for prioriterte stoffer eller for vannregionspesifikke stoffer. Vi kan derfor konkludere med at grunnvannsiget fra deponiet ikke har forurenset Veltmannåa nevneverdig. Konsentrasjonen av bly har holdt seg jevnt lav ved B4 i perioden 2004-2019, samtidig som konsentrasjoner av bly ved all tre stasjoner i Veltmannåa fra 2006 fram til i dag har vist en jevnt nedadgående trend. Dette sammenfaller med en nedgang i atmosfærisk langtransportert bly i Norge i samme periode.

I 2019 var årsmidlene for kobber og sink ved raketstandplass (st.9) omtrent som i tidligere år og lavere enn i 2018. Middelveien for kobber og sink tilsvarer hhv. tilstandsklasse II og IV, hvorav en enkeltmåling for kobber tilsvarer klasse IV. Årsmiddel for nikkel tilsvarer tilstandsklasse III, noe som skyldes en enkeltmåling på 20 µg/l. For kadmium som det kun forekommer sporadisk målte konsentrasjoner som overskrider tilstandsklasse II, hadde en enkeltmåling tilsvarende tilstandsklasse III. Årsmiddel for bly var vesentlig lavere enn i 2018, og i 2019 tilsvarer årsmiddel tilstandsklasse II. Lenger ned i bekken (St.8), etter miljøtestanlegget, var det allikevel god kjemisk tilstand for alle prioriterte stoffer. Påvirkning av kjemisk tilstand nedstrøms feltet vurderes derfor som liten.

Med unntak av ovennevnte episode ved miljøtestanlegget er det lite sannsynlig at testsenteret har forurenset bekkene nevneverdig, og følgelig ikke hatt negative konsekvenser for bunndyr i bekkene eller for brukere nedstrøms. Resultater fra bunndyrundersøkelsene i 2017 understøtter dette (Økelsrud og Rognerud, 2019).

Som en oppsummering kan vi si at aktiviteten ved testsentret ikke har bidratt til nevneverdig metallforurensning 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 27 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

Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann og elver. Veileder 02:2018.

Lutro, O., Nordgulen, Ø. 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.

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

Rognerud, S. 2011, Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden. NIVA-rapport Lnr.6103-2011

Rognerud, S. 2018, Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 1991-2017. NIVA-rapport Lnr.7243-2018

Steinnes, E., Thelle Uggerud, H., Aspmo Pfaffhuber K., Berg, T. 2015. Atmosfærisk nedfall av tungmetaller over Norge, Landsomfattende moseundersøkelse 2015. NILU – Norsk Institutt for Luftforskning M-no 594.

Økelsrud, A., Rognerud, S. 2019. Bradalsmyra Testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og i grunnvannsig i perioden 2004-2018. NIVA Rapport Lnr. 7352-2019



## 6.Vedlegg

### Vedlegg 1. Primærdata og klassifisering av tilstand i henhold til tabell 1.

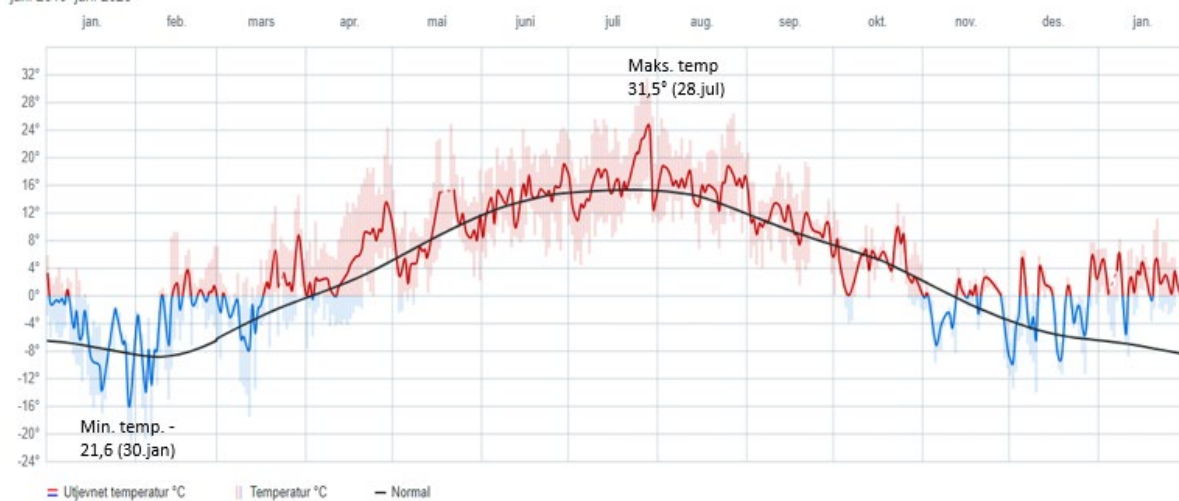
st.	dato	pH	DOC mgC/L	Sb µg/L	As µg/L	Pb µg/L	Fe µg/L	Cd µg/L	Ca mg/L	Cu µg/L	Cr µg/L	Mn µg/L	Ni µg/L	Zn µg/L	Bi µg/L
1	24.05.2019	5,80	10,00	0,150	0,19	0,089	240	0,022	1,40	0,57	0,22	35	0,52	4,2	N/A
1	19.06.2019	5,90	11,00	0,064	0,25	0,12	260	0,018	1,9	1,1	0,21	62	0,64	6,1	<0.2
1	11.07.2019	6,00	11,00	0,078	0,28	0,17	530	0,016	2,3	2	0,24	88	0,99	6,8	<0.0001
1	20.08.2019	6,00	10,00	0,065	0,28	0,072	450	0,012	2,8	0,77	0,19	260	0,69	3,9	<0.0001
1	19.09.2019	6,00	11,00	0,065	0,23	0,1	480	0,017	2,4	1	0,22	150	0,77	4,4	<0.0001
1	24.10.2019	5,80	10,00	<0.20	<0.20	<0.10	<3.0	<0.040	<0.5	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<2.0	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		5,92	10,50	0,08	0,25	0,11	392	0,02	2,16	1,09	0,22	119,00	0,72	5,08	< 0.04
MAC-EQS															
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
3	24.05.2019	6,50	10,00	0,200	0,19	0,18	170	0,012	3,7	2,1	0,18	4,5	0,76	4,4	N/A
3	19.06.2019	6,70	9,00	0,039	0,02	0,015	0,88	0,075	30	0,79	<0.05	490	3,8	6,8	<0.2
3	11.07.2019	6,50	6,40	0,067	0,20	0,037	180	<0.0040	10	3,6	0,11	3,3	1,5	2,5	<0.0001
3	20.08.2019	6,60	11,00	0,095	0,26	0,17	720	0,007	7,80	3,8	0,19	25	1,6	4	<0.0001
3	19.09.2019	6,70	8,80	0,076	0,20	0,12	540	0,009	7,1	1,2	0,16	82	0,8	2,9	<0.0001
3	24.10.2019	6,80	8,90	0,070	0,17	0,075	260	0,008	4,8	0,97	0,21	20	0,78	4,4	<0.00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,63	9,02	0,09	0,17	0,10	312	0,02	10,57	2,08	0,17	104,13	1,54	4,17	< 0.04
MAC-EQS															
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
4	24.05.2019	6,70	10,00	0,170	0,18	0,13	160	0,008	3,9	2,2	0,20	1,3	0,62	4,4	N/A
4	19.06.2019	7,10	9,30	<0.020	<0.02	<0.01	<0.30	<0.0040	<0.05	<0.05	<0.05	0,16	<0.05	<0.2	<0.2
4	11.07.2019	7,30	6,00	0,057	0,16	0,05	140	<0.0040	8,80	1,9	0,13	1,5	0,64	1,7	<0.0001
4	20.08.2019	7,10	10,00	0,091	0,23	0,180	610	0,005	8,20	2	0,19	6,3	0,78	2,6	<0.0001
4	19.09.2019	7,10	8,30	0,079	0,18	0,140	460	0,008	7,40	1,2	0,16	60	0,61	2,7	<0.0001
4	24.10.2019	6,90	8,90	0,120	0,15	0,110	280	0,009	5,10	1,60	0,25	13	0,71	3,6	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,03	8,75	0,10	0,18	0,12	330	0,01	6,68	1,78	0,19	13,71	0,67	3,00	< 0,04
MAC-EQS															
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
7	24.05.2019	7,50	5,40	1,400	0,17	0,24	58	0,012	19	3,8	0,23	0,39	0,76	5,2	N/A
7	19.06.2019	7,70	5,10	0,890	0,18	0,02	32	0,008	34	2,8	0,20	1,3	0,64	3,5	<0.2
7	11.07.2019	7,90	6,40	0,640	0,25	<0.01	11	0,005	60	2,1	0,16	0,32	0,86	1,6	<0.0001
7	20.08.2019	7,80	7,30	0,610	0,28	0,012	65	0,006	62	2,6	0,11	1,3	1,1	1,4	<0.0001
7	19.09.2019	7,80	6,20	0,390	0,22	0,025	58	0,069	45	2,3	0,12	13	0,83	1,8	<0.0001
7	24.10.2019	7,60	4,40	0,480	0,17	0,031	73	0,007	27	1,9	0,26	11	0,63	2,1	<0.0010
Gj.snitt		7,72	5,80	0,74	0,21	0,07	50	0,02	41,17	2,58	0,18	4,55	0,80	2,60	< 0,04
MAC-EQS															

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	24.05.2019	7,10	18,00	0,490	0,38	0,6	370	0,042	15	6,3	0,50	0,49	1,3	25	
8	19.06.2019	7,40	17,00	0,230	0,43	0,3	820	0,019	25	4,10	0,76	4,8	1,3	8,6	<0.2
8	11.07.2019	7,70	14,00	0,110	0,34	0,033	340	0,005	37	2,5	0,66	0,76	1,2	2,3	<0.0001
8	20.08.2019	7,60	18,00	0,130	0,40	0,240	1200	0,013	33	1,7	0,70	60	0,95	2,4	<0.0001
8	19.09.2019	7,40	15,00	0,150	0,36	0,12	820	0,014	29	1,7	0,63	110	0,9	3,4	<0.0001
8	24.10.2019	7,30	18,00	0,270	0,43	0,48	590	0,025	22	3,5	0,58	12	0,98	5,8	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,42	16,67	0,23	0,39	0,30	690	0,02	26,83	3,30	0,64	31,34	1,11	7,92	< 0,04
MAC-EQS														14,00	
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	24.05.2019	6,90	17,00	1,700	0,43	0,52	490	0,150	23	10,00	0,29	16	1,5	31	N/A
9	19.06.2019	7,00	15,00	0,098	0,20	0,016	0,49	0,052	130	0,5	0,06	54	20,00	7,1	<0.2
9	11.07.2019	7,10	15,00	0,190	0,33	0,13	2000	0,023	52	1,3	0,28	67	1,6	2,7	<0.0001
9	20.08.2019	7,00	14,00	0,260	0,32	0,17	1600	0,031	44	3,7	0,28	4	1,3	6,1	<0.0001
9	19.09.2019	6,90	13,00	0,160	0,27	0,039	370	0,014	40	1,6	0,22	2,5	0,79	2,7	<0.0001
9	24.10.2019	7,00	18,00	0,450	0,38	0,39	890	0,09*	23	7,2	0,40	15	1,8	23	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,98	15,33	0,48	0,32	0,21	892	0,05	52,00	4,05	0,25	26,42	4,50	12,10	< 0,04
MAC-EQS						5,85		0,15		10,00			20,00	31,00	
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	24.05.2019	7,40	9,90	0,270	0,16	0,091	76	0,007	17	1,8	1,60	0,89	0,65	3,5	N/A
B4	19.06.2019	7,10	8,80	0,130	0,17	0,17	240	0,060	18	1,6	1,30	7,30	0,72	4,4	<0.2
B4	11.07.2019	7,10	9,10	0,059	0,23	0,018	950	<0.0040	24	0,73	0,53	44	0,78	2,7	<0.0001
B4	20.08.2019	7,20	10,00	0,078	0,25	0,013	710	0,005	29	0,73	0,38	53	0,9	1,4	<0.0001
B4	19.09.2019	7,20	7,70	0,071	0,19	0,019	740	<0.004	23	0,57	0,42	54	0,58	1,4	<0.0001
B4	24.10.2019	7,20	8,20	0,085	0,16	0,12	240	<0.004	17	1,8	1,50	9,1	0,66	2,4	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,20	8,95	0,12	0,19	0,07	493	0,02	21,33	1,21	0,96	28,05	0,72	2,63	< 0,04
MAC-EQS															
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	24.05.2019	5,50	11,00	0,073	0,20	0,11	330	0,021	1,2	0,67	0,21	29	0,59	5,5	N/A
10	19.06.2019	6,10	9,90	0,057	0,24	0,11	270	0,020	1,4	1,40	0,21	62	0,75	6,4	<0.00010
10	11.07.2019	5,80	4,80	0,034	0,16	0,039	73	0,021	1,7	2,7	0,13	44	0,86	9,3	<0.0001
10	20.08.2019	6,50	11,00	0,042	0,34	0,093	520	0,026	2,2	0,85	0,26	280	0,91	4,7	<0.0001
10	19.09.2019	6,50	8,40	0,036	0,30	0,11	590	0,028	1,7	0,79	0,22	730	0,9	4,5	<0.0001
10	24.10.2019	6,10	9,00	0,032	0,23	0,130	300	0,019	1,7	1,1	0,26	180	0,91	4,5	<0.0010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,08	9,02	0,05	0,25	0,10	347	0,02	1,65	1,25	0,22	220,83	0,82	5,82	<0,002
MAC-EQS															

## Vedlegg 2. Værdata fra Kise, Ringsaker januar 2019-januar 2020

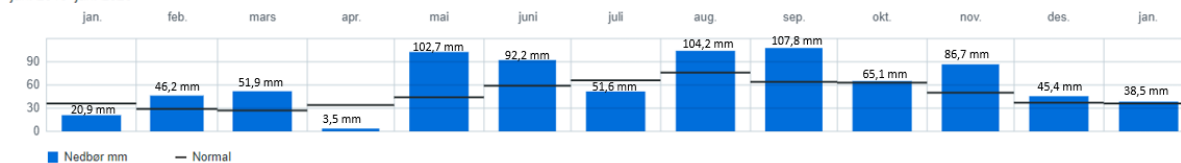
## Temperatur

jan. 2019-jan. 2020



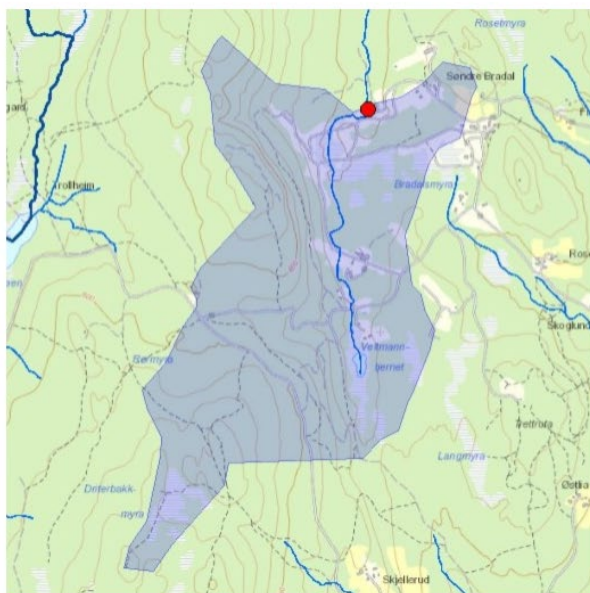
## Nedbør

jan. 2019-jan. 2020



[https://www.vr.no/sted/Norge/Hedmark/Ringsaker/Kise\\_m%c3%a5lestation/statistikk.html](https://www.vr.no/sted/Norge/Hedmark/Ringsaker/Kise_m%c3%a5lestation/statistikk.html)

## Vedlegg 3. Nedbørfeltdata for Veltmannåa ved stasjon 4b



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

## Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.DCC1  
Kommune: Vestre Toten  
Fylke: Oppland  
Vassdrag: Hunnselva

## Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	14,1 l/(s*km <sup>2</sup> )
Alminnelig lavvannføring	1 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (hele året)	1 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/5-30/9)	1 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/10-30/4)	1 l/(s*km <sup>2</sup> )
Base flow	0,01 l/(s*km <sup>2</sup> )

BFI

Klima

Klimaregion	Ost
Årsnedbør	701 mm
Sommernedbør	356 mm
Vinternedbør	345 mm
Årstemperatur	1,6 °C
Sommertemperatur	9,8 °C
Vintertemperatur	-4,2 °C
Temperatur Juli	12,5 °C
Temperatur August	12,0 °C

## Feltparametere

Areal (A)	2,8 km <sup>2</sup>
Effektivt sjø (S <sub>eff</sub> )	0,0 %
Elvelengde (E <sub>L</sub> )	1,8 km
Elvegradient (E <sub>G</sub> )	13,0 m/km
Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	17,4 m/km
Feltlengde (F <sub>L</sub> )	2,8 km
H <sub>min</sub>	495 moh.
H <sub>10</sub>	513 moh.
H <sub>20</sub>	518 moh.
H <sub>30</sub>	521 moh.
H <sub>40</sub>	531 moh.
H <sub>50</sub>	562 moh.
H <sub>60</sub>	587 moh.
H <sub>70</sub>	603 moh.
H <sub>80</sub>	622 moh.
H <sub>90</sub>	647 moh.
H <sub>max</sub>	687 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	0,4 %
Myr	7,3 %
Sjø	0,3 %
Skog	83,9 %
Snau fjell	0,0 %
Urban	0,0 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

## 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](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)