

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2020.



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

Tittel Bradalsmyra testsenter. Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2020.	Løpenummer 7587-2021	Dato 15.02.2021
Forfatter(e) Asle Økelsrud	Fagområde Miljøgifter - ferskvann	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Innlandet	Sider 21 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Nammo Raufoss AS	Oppdragsreferanse Lars Krogstie
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200161

Sammendrag

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 2020 ble det ikke observert overskridelser av gjeldende miljøkvalitetsstandard (EQS) for prioriterte stoffer (kadmium, bly og nikkel). For kobber og sink ble det påvist enkeltmålinger som tilsvarende overskridelse av MAC-EQS (maksimal verdi) i en av bekkene som avvanner testsenteret, samt i en vannansamling inne på testsenteret. Det ble ikke observert overskridelser av EQS for de vannregionspesifikke stoffene i de utgående bekkene. For arsen forekom enkelte konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse III i en av bekkene som avvanner testsenteret, nedstrøms i en mindre bekk som renner ut av testsenteret, samt i en av bekkene som renner inn i testsenteret. Disse overskridelsene kan derfor skyldes andre kilder enn testsenteret. Den månedlige overvåkingen har den fordel at eventuelle episodiske utslipp kan stanses på et tidlig tidspunkt, og hindre negative effekter på biota nedstrøms testsenteret.

Fire emneord	Four keywords
<ol style="list-style-type: none"> 1. Skytefelt 2. Overvåkning 3. Metallkonsentrasjoner 4. Forurensningsgrad 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Shooting range 2. Monitoring 3. Metal concentration 4. Degree of impact

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

Asle Økelsrud
Prosjektleder

Øyvind Aaberg Garmo
Kvalitetssikrer

Marianne Olsen
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7323-6
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

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

Bradalsmyra testsenter

Overvåkning av metallkonsentrasjoner i bekker og grunnvannsig i perioden 2004-2020

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 2020. Samtidig fortsetter vi tidsserier tilbake til 2004. De målte konsentrasjoner for 2020 i vannforekomstene vurderes i henhold til Veileder 02:2018, Miljødirektoratet 2018.

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

Feltarbeidet i 2020 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 rapporter, for slik å sikre oversikten over tidsserier på målte parametere.

Ottestad, 15.02.2021

Asle Økelsrud

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	8
2	Metoder	10
2.1	Innsamling og vannanalyser	10
2.2	Grunnvannsbrønner	10
2.3	Klassifisering av tilstand.....	10
3	Resultater	12
3.1	Referansestasjon og mindre vannansamlinger på testsenteret	12
3.1.1	Referansestasjon	12
3.1.2	Rakettstandplass	13
3.1.3	Utlekking av metaller fra deponiet.....	14
3.2	Veltmannåa.....	15
3.2.1	Tidstrend basert på vannanalyser	15
3.3	Bekkene fra verkstedområdet, miljøtestanlegget og rakettstandplass	16
3.3.1	Tidstrend basert på vannanalyser	16
3.4	Kjemisk og økologisk tilstand i henhold til vannforskriften i de nederste stasjonene i utgående bekker	18
3.5	Nyopprettet stasjon 8B Sagvollelva, nedstrøms st.8	19
4	Konklusjon	20
5	Referanser	21
6	Vedlegg	22

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. 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. 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 kildesporing 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. I 2020 ble det opprettet en ekstra målestasjon (St.8B) nedstrøms nåværende stasjon 8 i vannforekomst 002-595-R, Sagvollelva, for å synliggjøre at potensiell utlekking av metaller fortynnes nedstrøms og ikke medfører en reduksjon av økologisk tilstand i denne vannforekomsten.

Forurensningstilstanden i bekkene er vurdert i henhold til gjeldende miljøkvalitetsstandarder (EQS) i veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann, oppdatert 2020 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018), og til Miljødirektoratets 5-delte klassifiseringssystem for forurensningstilstand, veileder M-608, 2016 - revidert 31.10.2020 (Miljødirektoratet, 2016). Vi viderefører bruken av det 5-delte klassifiseringssystemet på grunn av den rapporteringsvariasjonen som dette graderte systemet gir, og for å opprettholde kontinuitet med tidligere års rapporter

Året 2020 hadde nærmere normal nedbørsmengde sammenlignet med 2018, som var tørt, og 2019 som hadde delvis høy nedbørsmengde med påfølgende høy vannføring i utgående bekker på Bradalsmyra. Dette medførte trolig at utlekkingen av organisk materiale til bekker som drenerer Bradalsmyra i 2020 var lavere enn året før, noe også de lavere konsentrasjonene av oppløst organisk karbon (DOC) i 2020 viser. Det er også sannsynlig at dette har påvirket vannkjemien i bekker som avvanner Bradalsmyra. Det var noe lavere metallkonsentrasjoner i 2020, enn i 2019 som hadde større grad av høy vannføring og i 2018 som hadde gjennomgående lav vannføring. Det ble målt konsentrasjoner av sink, arsen, bly, kadmium, kobber, krom og nikkel fra mai til og med november.

Ved raketstandplassen (St.9), tilsvarer målte konsentrasjoner av kadmium og sink hhv. tilstandsklasse III og IV. Stasjon 8 nedstrøms raketstandplassen hadde allikevel god kjemisk tilstand. Påvirkning av kjemisk tilstand nedstrøms feltet vurderes derfor som liten. Ingen av metall-konsentrasjonene i 2020 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. De målte tre nederste stasjonene i utgående bekker (St. 4, 7 og 8) oppnår «god» kjemisk tilstand for de prioriterte stoffene (kadmium, bly og nikkel) og «god» økologisk tilstand for de vannregionspesifikke stoffene (kobber, sink, arsen og krom). I august ved stasjon 8, bekk i sørgående retning, ble det påvist to målinger av arsen som tilsvarer klasse III i det 5-delte klassifiseringssystemet. Samtidig målte konsentrasjoner tilsvarende klasse III ved stasjon 10 (bakgrunns-stasjon) og nyopprettet nedstrøms stasjon 8B i Sagvollelva, antyder at dette kan skyldes utlekking av arsen fra naturlige løsmasser eller luftbåren forurensning avsatt i nedbørfeltet.

Resultatene sannsynliggjør at aktiviteten ved testsenteret ikke har bidratt til vesentlig forurensning av metaller i bekkene når de renner ut av skytefeltet. Overvåkningen som er utført over 30 år er en viktig styrke for denne konklusjonen. Den månedlige overvåkningen 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 2004-2020

Year: 2021

Author(s): Asle Økelsrud

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7323-6

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. 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. 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 contamination status in the streams has been assessed in accordance with current environmental quality standards (EQS) in guide 02: 2018 Classification of environmental condition in water, updated 2020 (Directorate Group for the implementation of the Water Framework Directive, 2018), and the Norwegian Environment Agency's 5-part classification system for contamination condition, guide M-60 , 2016 - revised 31.10.2020 (Norwegian Environment Agency, 2016). We continue to use the 5-part classification system due to the reporting variation provided by this graded system, and to maintain continuity with previous years' reports.

The year 2020 had more normal rainfall compared to 2018, which was dry, and 2019 which had partly high rainfall with consequent high water flow in outflowing streams at Bradalsmyra. This probably meant that the run-off of organic material to streams that drain Bradalsmyra in 2020 was lower than the year before, which is also shown by the lower concentrations of dissolved organic carbon (DOC) in 2020. It is also likely that this has affected the water chemistry in streams that drain Bradalsmyra. There were somewhat lower metal concentrations in 2020 than in 2019, which had a greater degree of high water flow and in 2018, which had a generally low water flow. Concentrations of zinc, arsenic, lead, cadmium, copper, chromium and nickel were measured from May to November. In December, the streams were frozen.

At the firing point (St.9), measured concentrations of cadmium and zinc correspond to class III and IV. Station 8 downstream of the rocket stand still had good chemical condition. The impact on the chemical status downstream of the field is therefore considered to be small. None of the metal concentrations in 2020 exceeded the EQS for the water region-specific substances copper, zinc, arsenic and chromium or the priority substances cadmium, lead and nickel in the stream at the old metal landfill (St. B4). This stream flows into the Veltmannåa, but did not contribute to measurable increases in the metal concentrations in the Veltmannåa. The measured three lower stations in outgoing streams (St. 4, 7 and 8) achieve "good" chemical status for the priority substances (cadmium, lead and nickel) and "good" ecological status for the water region-specific substances (copper, zinc, arsenic and chromium). In August at station 8, a brook in a southerly direction, two measurements of arsenic corresponding to class III in the 5-divided classification system were detected. At the same time, measured concentrations corresponding to class III at station 10 (background station) and newly established downstream station 8B in Sagvollelva, suggest that this may be due to leaching of arsenic from natural loose materials or deposited airborne pollution deposited in the precipitation field.

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 30 years is an important strength for this conclusion. The monthly 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.

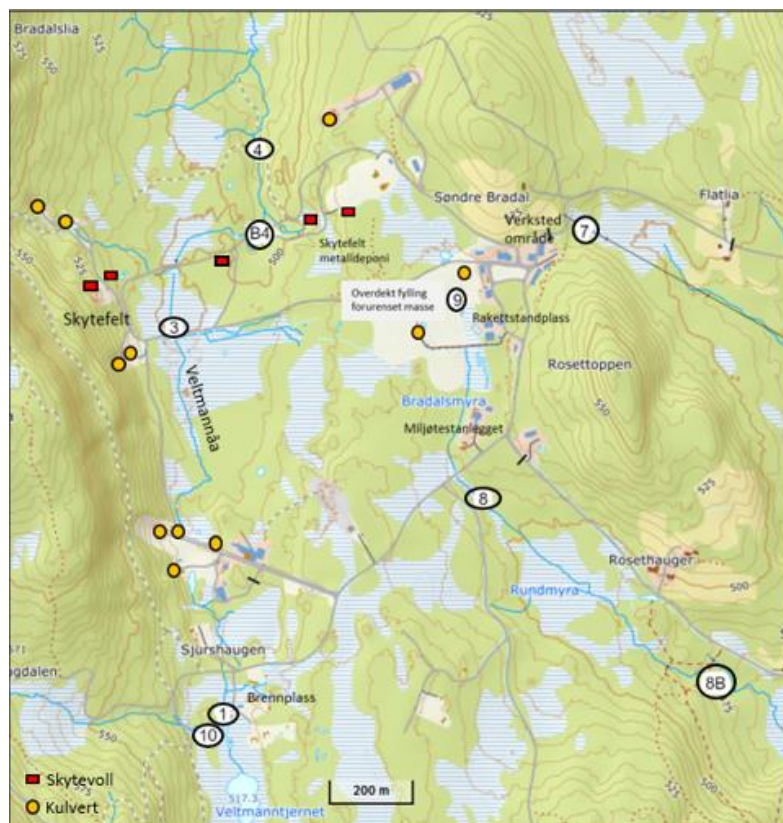
1 Innledning

På Bradalsmyra, vest for Raufoss sentrum, tester Nammo Raufoss AS ut konvensjonell og ny ammunisjon. Området som ligger på ca. 500 til 700 moh. avvannes hovedsakelig av Veltmannåa, men også av mindre bekker fra miljøtestanlegget, verkstedområdet og raketstandplass (Figur 1, vedlegg 3). 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 bekkene (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 avvannes syddover 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).

I 2020 ble det opprettet en ekstra målestasjon (St.8B) nedstrøms nåværende stasjon 8 i vannforekomst 002-595-R, Sagvollelva. Formålet med dette er en ytterligere styrking av tidligere rapporters konklusjon om at potensiell utlekking av metaller, spesielt sink, fortynnes nedstrøms og dermed ikke medfører en reduksjon av økologisk tilstand i denne vannforekomsten (Se figur 1.).

Selv om det har vært rapportert høye konsentrasjoner i vannforekomster lokalt innenfor testsenteret, gjennom de 29 årene overvåkingen har pågått (siden 1991), ser ikke dette 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 2020, 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). Kildesporingen av sink fra 2018 (Økelsrud og Rognerud, 2019), viste også at det kan forekomme metallkonsentrasjoner i bekker utenfor testsenteret som potensielt overskrider EQS, og at dette antageligvis skyldes det naturlige bidraget fra løsmasser i området.



Utm 33	Ø/V	N/S
St.1	257026	6737863
St.3	256867	6738907
St.4	257065	6739639
St.7	257839	6739153
St.8	257573	6738543
St.9	257548	6738978
St. B4	257102	6739185
St.10	256932	6737991
St. 8B	258162	6738086

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 grunnvannsbrønn 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 måle-stasjonene 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. Fra og med 2020 er det tatt prøver fra en stasjon (st.8B) nedstrøms st.8, i bekk som renner ut av testsentret i sørlig retning.

Vanntype

Vanntypeinndeling

Vanntype elv
 VanntypeID
 Nasjonal vanntype
 Vannkategori
 Økoregion
 Klimasone
 Nedberfelt i km²
 Kalsium og alkalinitet
 Humus
 Turbiditet

Verdi

Små, kalkfattig, humøs
 REM1221
 17
 Elv
 Østlandet
 Middels(200-800moh.)
 Små (< 10 km²)
 Kalkfattig (Ca = 1 - 4 mg/l, Alk = 0.05-0.2 mekv/l)
 Humøse (30-90 mg P/L, 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 nedberfelt	0.00	Vassdragsområde	002
Nedberfsfelt	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, miljøtestsentret og raketstandplassen i 2020. 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. I 2020 ble det opprettet en ekstra målestasjon (St.8B) nedstrøms nåværende stasjon 8 i vannforekomst 002-595-R, Sagvollelva. Denne ble opprettet for å styrke tidligere konklusjoner om fortykning nedstrøms st. 8. 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. I tabell 1 vises både gjeldende miljøkvalitetsstandarder (EQS) i veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann, oppdatert 2020 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanndirektivet, 2018), og Miljødirektoratets 5-delte klassifiseringssystem for forurensningstilstand, veileder M-608, 2016 - revidert 31.10.2020 (Miljødirektoratet, 2016). De 5 tilstandsklasser i Norge (Miljødirektoratet, 2016) har fargekoder etter tilstandsklasse, tilstandsklasse I (bakgrunn) markert blått, etc. 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 testsentret 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, 8 og 8B) 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), og Miljødirektoratets 5-delte klassifiseringssystem for forurensningstilstand ihht. veileder M-608, 2016 - revidert 31.10.2020 (Miljødirektoratet, 2016). 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-EQS: 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-EQS, PNEC _{akutt}	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering. Øvre grense: PNEC _{akutt} * 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	$> 3,4$

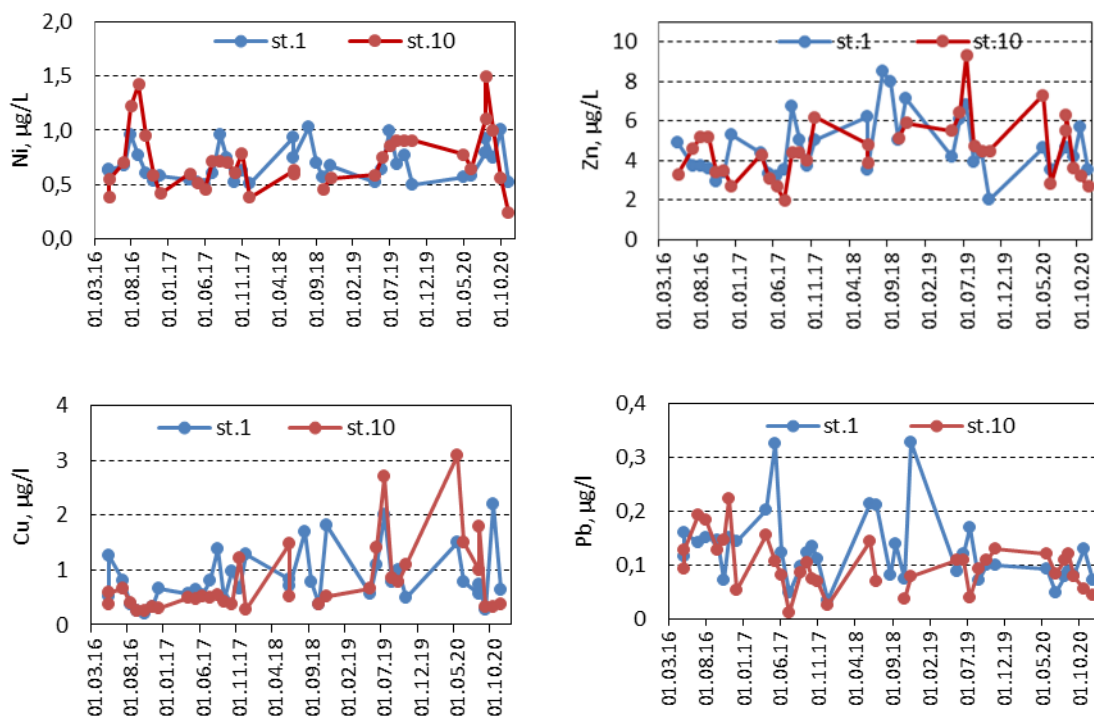
3 Resultater

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 metallutsig fra denne åssiden på vannkvaliteten i Veltmannåa (Rognerud 2018). I 2020 lå konsentrasjonene i bekken for viktige metaller i alunskifer som nikkell og sink, høyere (St.10) enn i Veltmannåas utløp fra brenn-plassen sommerstid (St.1, Figur 2). Dette kan indikere at i tørke-perioder sommerstid, når vannet i bekken preges av grunnvann fra åssiden, vil metall utløst fra alunskifer-holdige løsavsetninger kunne prege vannkvaliteten (Rognerud 2018). De høyeste målte konsentrasjonene forekommer ved lav vannføring ved St. 10 i mai og august, noe som kan tyde på bidrag fra metallholdig grunnvann (Figur 2/Tabell 2). Derimot er forskjellen for bly marginale, mens kobber viser samme tendens som for nikkell og sink, med de høyere konsentrasjoner ved st.10, og sammenfallende med lav vannstand.



Figur 2. Konsentrasjoner av metaller i Veltmannåa ved utløpet av branddammen (St.1), og i en bekk som avvanner deler av høydedraget vest for Veltmanntjernet (St.10). En måling for arsen, markert gult, tilsvarer tilstandsklasse III i det 5-delte klassifiseringssystemet.

Tabell 2. Analyser av metaller, pH og DOC i en innløpsbekk (St.10) til Veltmanntjernet i 2020.

	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	20.05.2020	6,9	7,5	0,05	0,20	0,12	190	0,015	1,3	3,10	0,25	52	0,78	7,30	< 0,00010
10	26.06.2020	6,4	9,2	0,04	0,30	0,08	420	< 0,004	2,0	1,50	0,17	3,8	0,65	2,80	< 0,00010
10	03.08.2020	6,1	14,0	0,07	0,53	0,11	540	0,024	2,5	0,99	0,32	320	1,10	5,50	< 0,00010
10	18.08.2020	6,5	7,3	0,05	0,44	0,12	1200	0,043	2,5	1,80	0,15	1200	1,50	6,30	< 0,00010
10	10.09.2020	6,5	5,4	0,02	0,30	0,08	1000	0,030	2,0	0,33	0,10	1200	1,00	3,60	< 0,00010
10	19.10.2020	6,4	7,6	< 0,020	0,24	0,06	280	0,017	1,7	0,32	0,15	350	0,56	3,20	< 0,00010
10	26.11.2020	6,1	7,8	< 0,020	0,20	0,05	250	0,013	1,4	0,38	0,18	110	0,24	2,70	< 0,00010
	Gj.snitt	6,4	8,4	0,04	0,32	0,09	554	0,024	1,9	1,20	0,19	462	0,83	4,49	< 0,00010

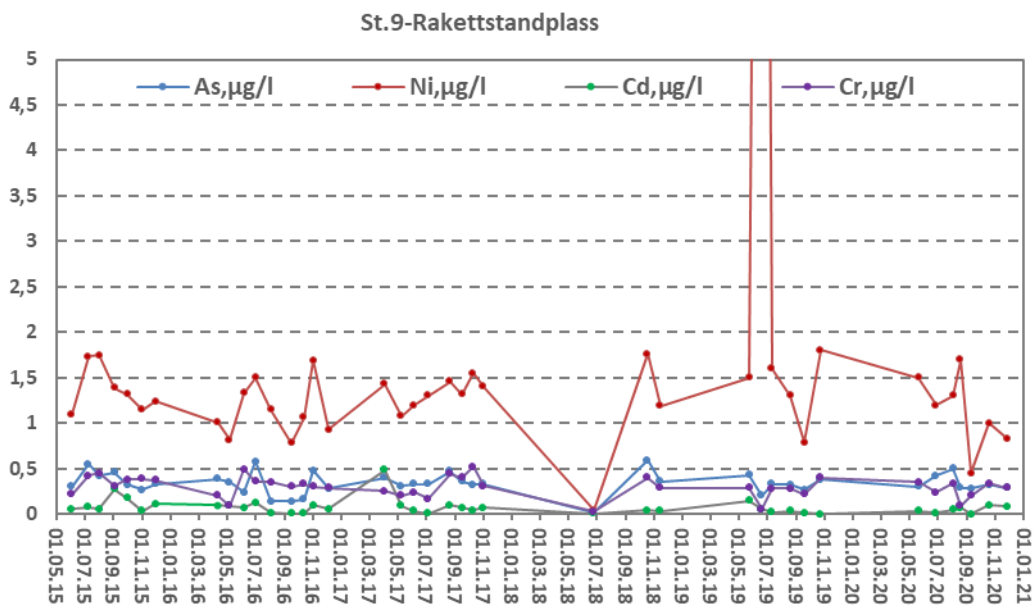
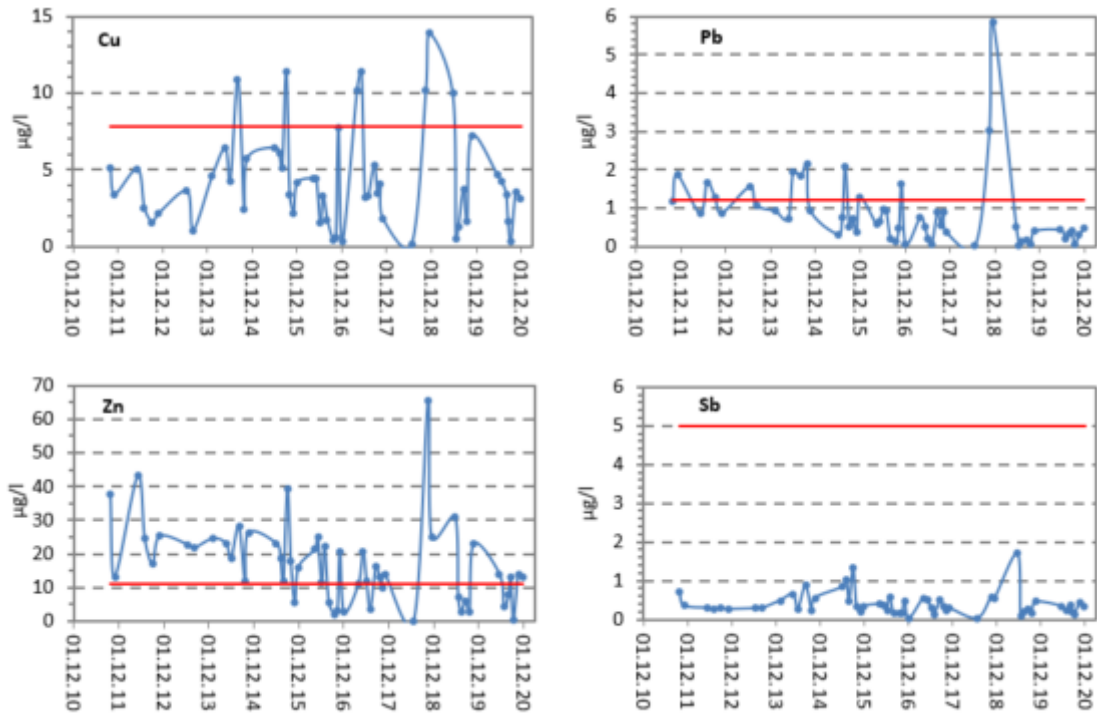
Det var ingen overskridelser av gjeldende EQS ved St.10 for blant de vannregionspesifikke stoffene kobber, sink, arsen og krom. Det var heller ingen overskridelser av gjeldende EQS for de prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel ved stasjonen (Tabell 2/Tabell 1).

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 sydover (Figur 1). Resultatet av målingene i 2020 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 2020 var årsmidlene for kobber og sink omtrent som i tidligere år og lavere enn i 2018 og 2019. I 2020 var årsmidlene for både sink, kobber, bly innenfor tilstandsklasse II. For kadmium forekom en måling marginalt over tilstandsklasse II, tilsvarende tilstandsklasse III gitt kalsiumkonsentrasjonen på måletidspunktet. For sink forekom enkeltmålinger tilsvarende tilstandsklasse IV. Bortsett fra et par høye målinger i 2018, ser det ut til at målte konsentrasjoner av bly har stabilisert seg på et noe lavere nivå etter 2016 enn i årene før (figur 3, øvre panel). Den samme trenden ser ut også ut til og gjelde for sink. Dette kan tyde på utlekking av metaller fra nedgravd ammunisjon er lavere enn tidligere.

Til tross for episodiske økte konsentrasjoner av sink er vannkvaliteten nedstrøms i bekken som drenerer området (St. 8), innenfor god kjemisk tilstand. Metall-forurensningen nedstrøms feltet vurderes derfor som liten.

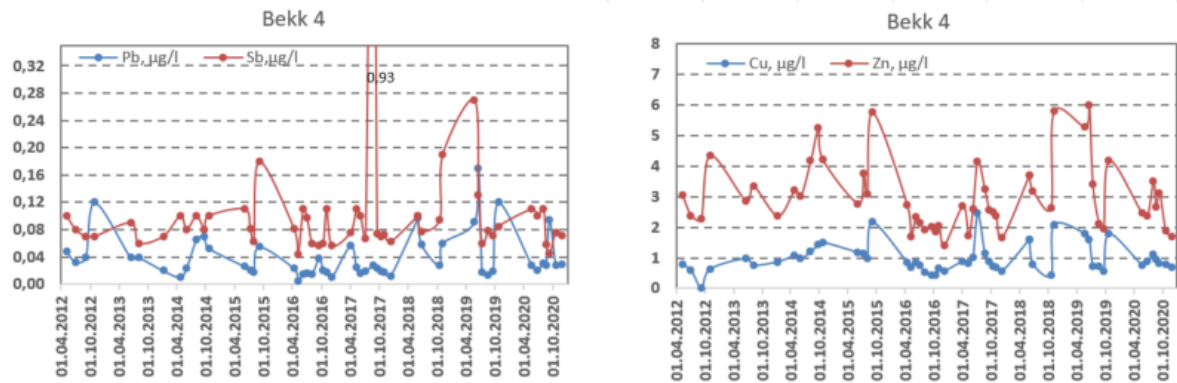


Figur 3. Konsentrasjoner av kobber (Cu), bly (Pb), sink (Zn) og antimon (Sb) i perioden i 2011-2020 ved rakettestandplass (St.9) (øvre paneler) der grenseverdi (EQS) god/ikke god (Tabell 1) er indikert med rød linje. Konsentrasjoner av arsen (As), nikkel (Ni), kadmium (Cd) og krom (Cr) i sig fra rakettestandplassen (St.9) i perioden 2015-2020 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, B4) 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 2020 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). I motsetning til tidligere konklusjoner, ser det ut til at B4 er lite påvirket av vann fra Veltmannåa, da det i 2020 var lite samsvar mellom konsentrasjoner av flere av de målte metallene ved st.3 og st.4 (Figur 1).



Figur 4. Konsentrasjoner av bly (Pb), antimon (Sb), kobber (Cu) og sink (Zn) i Bekk 4 som avanner det gamle deponiet (2012-2020).

3.2 Veltmannåa

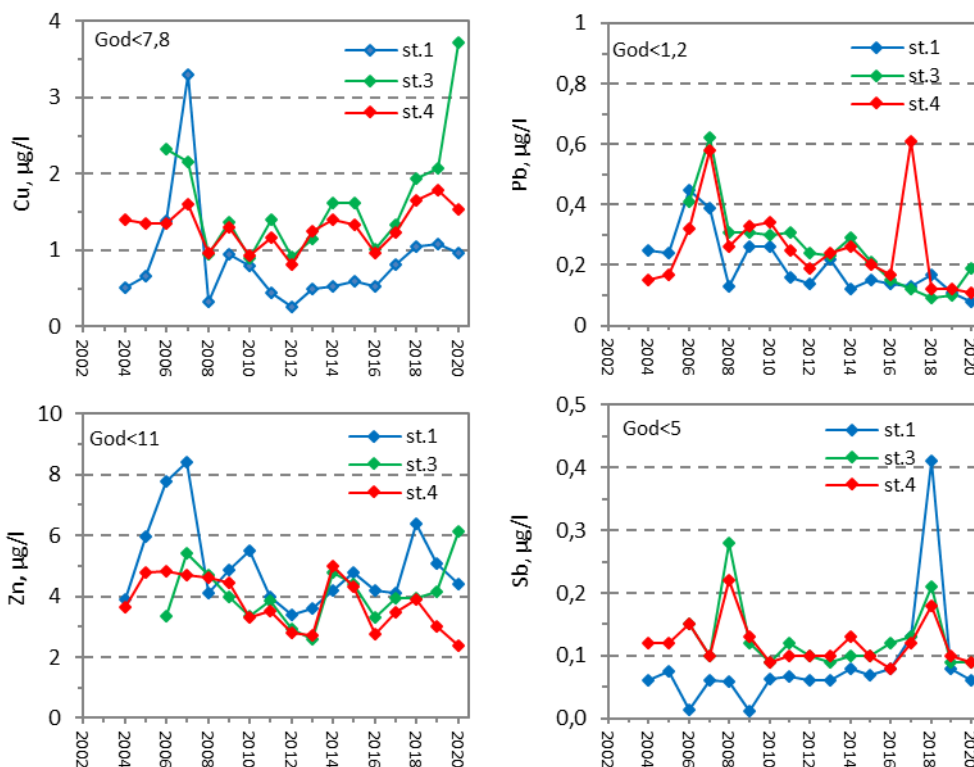
3.2.1 Tidstrend basert på vannanalyser

I 2020 var middelkonsentrasjonene av kobber lavere enn i 2019 for stasjon 1 og 4, mens det for stasjon 3 var en atypisk høy middelkonsentrasjon som i stor grad skyldes en enkeltmåling (9,3 µg/l) som tilsvarer tilstandsklasse IV. Det samme ser ut til å være tilfelle med sink, hvor det også er en enkeltmåling (19 µg/l) tilsvarende tilstandsklasse IV. Hvorvidt dette skyldes tilførsel fra metalldeponi (Figur 1.) er uavklart, men forhøyede konsentrasjoner samme dato, ved bl.a. st.10 tyder på at dette kan skyldes naturlig tilførsel fra jordsmonn. Uansett, de målte konsentrasjoner påvirker ikke kobberkonsentrasjoner ved nedstrøms stasjon 4. Konsentrasjoner av antimon er fortsatt lave ved alle tre stasjonene i tilknytning til Veltmannåa. 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 2004-2020 (Figur 4). I 2020 var vannføringen i all hovedsak normal, noe som skyldes at nedbøren i den isfrie periode var nær normal for alle måneder med unntak av august som var forholdsvis tørt og oktober som var forholdsvis våt (vedlegg 2). 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 fortykning i tilført sigevann. Likeså ses også en økning i perioder med tørke da metallholdig grunnvann kan medføre en økning i målte konsentrasjoner.

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 sinkkonsentrasjoner inn og ut av feltet. I 2020, 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 fortykning videre nedstrøms. Generelt har konsentrasjonene av metaller i Veltmannåa vært relativt lave i hele overvåkings-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 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

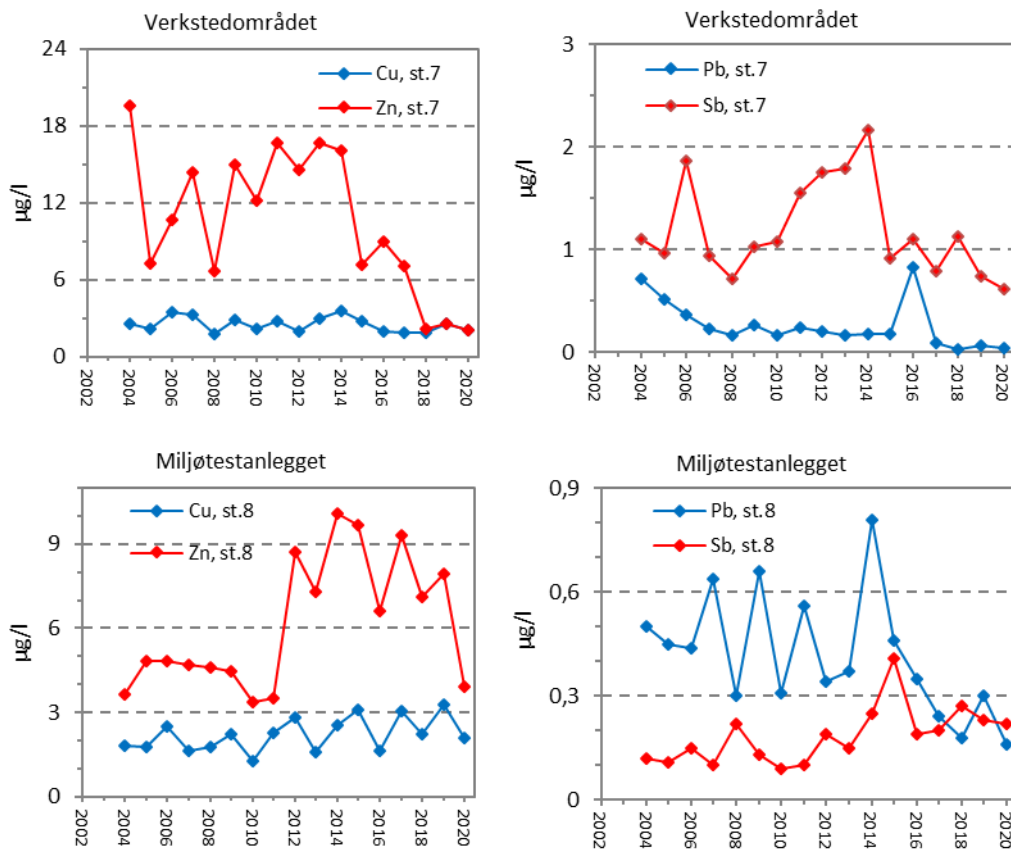
I bekken fra verkstedsområdet (Figur 6) var middelkonsentrasjonen av bly i 2020 omtrent på samme lave nivå som de tre foregående årene, og fortsatt langt under EQS. Trenden er at middelkonsentrasjonen av bly de siste årene (fra 2017) har ligget på et lavere nivå enn fra årene 2004 til 2016. Tidligere 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 foregående år. Konsentrasjonene av kobber har vært nær 3 µg/l i hele perioden i fra 2004 til 2020, som tilsvarer tilstandsklasse II (God). Middelkonsentrasjonen av sink var tidligere ofte over øvre klassegrense for tilstandsklasse III (< 11 µg/l), men de siste 6 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 kildeopsporing 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 2020.

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 middelveidier var likevel innenfor tilstandsklasse II. I 2020 forekom, i motsetning til i de to foregående år, ingen enkeltmålinger av sink høyere enn tilstandsklasse II. 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 seks årene, med unntak av 2019, og var i 2020 på det laveste nivået siden målingen begynte i 2004.

Det var det 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 2020.



Figur 6. 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 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 2020. Resultatene er klassifisert i henhold til gjeldende miljøkvalitetsstandarder (EQS) i veileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann, oppdatert 2020 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet, 2018)

Parameter	Enhet	Stasjon 4 Veltmannåa	Stasjon 7 Verkstedområdet	Stasjon 8 Miljøtestanlegget
Cd	µg/l	0,01	0,01	0,02
Pb	µg/l	0,11	0,04	0,16
Ni	µg/l	0,66	0,85	0,98
Cu	µg/l	1,54	2,10	2,10
Zn	µg/l	2,36	2,09	3,91
As	µg/l	0,20	0,20	0,37
Cr	µg/l	0,16	0,11	0,47

Alle målte metaller lå innenfor gjeldene grenseverdi (AA-EQS) på de tre stasjonene. Det var heller ingen overskridelser av MAC-EQS. Dette betyr at alle tre stasjoner har «god» kjemisk tilstand og «god» økologisk tilstand.

3.5 Nyopprettet stasjon 8B Sagvollelva, nedstrøms st.8

Som beskrevet i innledningen ble det opprettet en ekstra målestasjon nedstrøms nåværende stasjon 8 (figur 1, St. 8B) i vannforekomst 002-595-R, Sagvollelva. Formålet med dette var en ytterligere styrking av tidligere rapporters konklusjon om at potensiell utlekking av metaller, spesielt sink, fortynnes nedstrøms og dermed ikke medfører en reduksjon av økologisk tilstand i denne vannforekomsten.

Tabell. 3 Analyser av metaller, pH og DOC i Sagvollelva (St.8B) i 2020.

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
8B	20.05.2020	6,8	8,1	0,17	0,25	0,17	180	0,006	3,3	2,90	0,26	79	0,62	7,00	< 0,00010
8B	26.06.2020	6,7	14,0	0,21	0,41	0,12	440	0,007	4,9	0,50	0,26	43	0,53	2,20	< 0,00010
8B	03.08.2020	6,4	21,0	0,38	0,68	0,20	470	0,008	6,0	0,89	0,39	160	0,81	5,20	< 0,00010
8B	18.08.2020	7,0	6,3	0,09	0,25	0,06	420	0,011	5,3	0,20	0,10	910	0,50	2,00	< 0,00010
8B	10.09.2020	6,6	6,6	0,08	0,31	0,11	1200	0,017	5,6	0,54	0,09	4200	0,70	3,30	< 0,00010
8B	19.10.2020	6,4	13,0	0,31	0,34	0,12	310	0,007	4,5	0,81	0,22	230	0,48	3,90	< 0,00010
8B	26.11.2020	6,4	11,0	0,20	0,28	0,13	300	0,008	4,1	0,57	0,22	98	0,43	3,20	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,6	11,4	0,21	0,36	0,13	474	0,009	4,8	0,92	0,22	817,1	0,58	3,83	< 0,00010
MAC-EQS															

Som resultatene viser, skifter vannet karakter på en del vesentlige parametere, i forhold til oppstrøms stasjon 8, spesielt ses dette på konsentrasjonen av kalsium, som er vesentlig lavere ved denne stasjonen (middel, 4,8 mg/l) sammenlignet med st.8 (middel, 43,7 mg/l). Dette tyder på at det mellomliggende myrområdet «bufrer» mot avrenning av metaller oppstrøms, hvilket også vises i jevnt over lavere konsentrasjoner for de fleste av de målte metallene, også når det gjelder de tre prioriterte stoffene kadmium, bly og nikkel. En enkeltmåling av arsen tilsvarende tilstandsklasse III (se vedlegg 1). Den høyeste målte konsentrasjonen av arsen (0,68 µg/l) i august ved lav vannstand, sammenfaller tidsmessig med de høyeste målte konsentrasjoner av arsen på st.10. Dette antyder at enkeltmålinger av arsen over tilstandsklasse II, skyldes utlekking av arsen fra naturlige løsmasser eller avsatt luftbåren forurensning avsatt i nedbørfeltet.

4 Konklusjon

I 2020 ble vannkvaliteten målt på 3 stasjoner (1,3,4) i Veltmannåa, en stasjon i bekken som renner ned i branddammen rett nord for Veltmantjernet (St.10), en stasjon ved vanddammen foran raketstandplass (St.9), en stasjon som avvanner både raketstandplass og miljøtestsentret (St.8), samt en stasjon i bekken fra verkstedsområdet (St.7). I tillegg ble det i 2020 opprettet en stasjon, st.8B i Sagvollelva, nedstrøms st.8 for å undersøke om oppstrøms målte metall konsentrasjoner fortynnes nedstrøms og dermed ikke medfører en reduksjon av økologisk tilstand i denne vannforekomsten. 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 2020 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 testsentret. Til tross for et par enkeltmålinger ved st. 3 for kobber og sink som tilsvarer tilstandsklasse IV, er det ingen overskridelser nedstrøms ved st.4 og utav feltet. De vannregionspesifikke stoffene (kobber, sink, arsen og krom) som inngår som kvalitetselementer for økologisk tilstand, var under gjeldende EQS for alle parametere, tilsvarende «god» økologisk tilstand.

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 2004-2020, 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 2020 var årsmidlene for kobber og sink ved raketstandplass (st.9) omtrent som i tidligere år, men lavere enn i 2018 og 2019. Middelerdien for kobber og sink tilsvarer hhv. tilstandsklasse II og IV. For kadmium forekommer sporadisk målte konsentrasjoner som overskrider tilstandsklasse II, med to målinger tilsvarende tilstandsklasse III. Årsmiddel for nikkel tilsvarer tilstandsklasse II, og det var heller ingen enkeltmålinger over tilstandsklasse II. Årsmiddel for bly 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.

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 28 år er også en viktig styrke for denne konklusjonen. Den årlige overvåkingen har også den store fordelen at eventuelle episodiske utslipp i feltet kan stanses på et tidlig tidspunkt og hindre at negative biologiske effekter skjer i bekkene nedstrøms testsentret.

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.

Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020. M-608 | 2016

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 Testcenter. 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	20.05.2020	6,7	7,2	0,05	0,18	0,09	180	0,010	1,8	1,50	0,20	39,0	0,57	4,60	< 0,00010
1	26.06.2020	6,0	10,0	0,07	0,27	0,05	300	0,008	2,8	0,79	0,17	11,0	0,58	3,50	< 0,00010
1	03.08.2020	6,0	13,0	0,06	0,35	0,08	440	0,017	3,8	0,57	0,25	140,0	0,79	4,60	< 0,00010
1	18.08.2020	6,1	11,0	0,05	0,34	0,09	760	0,018	2,8	0,73	0,20	200,0	0,92	4,60	< 0,00010
1	10.09.2020	6,1	8,9	0,05	0,29	0,08	840	0,007	3,1	0,28	0,14	460,0	0,74	4,20	< 0,00010
1	19.10.2020	5,9	10,0	0,09	0,20	0,13	260	0,015	2,5	2,20	0,19	140,0	1,00	5,70	< 0,00010
1	26.11.2020	5,9	8,7	0,07	0,18	0,07	240	0,015	1,8	0,64	0,20	62,0	0,52	3,50	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,1	9,8	0,06	0,26	0,08	431	0,013	2,7	0,96	0,19	150,3	0,73	4,39	< 0,00010
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	20.05.2020	6,9	6,2	0,14	0,16	0,21	190	0,010	4,9	9,30	0,30	2,3	1,90	19,00	< 0,00010
3	26.06.2020	6,8	9,9	0,07	0,27	0,13	560	< 0,0040	7,7	4,60	0,15	3,5	0,94	4,70	< 0,00010
3	03.08.2020	6,9	13,0	0,09	0,34	0,16	590	0,006	7,4	2,70	0,24	7,1	1,00	4,30	< 0,00010
3	18.08.2020	6,8	7,1	0,07	0,24	0,07	610	0,006	11,0	2,60	0,08	130,0	1,60	2,80	< 0,00010
3	10.09.2020	6,8	5,6	0,09	0,18	0,61	560	< 0,0040	12,0	4,70	0,10	6,1	1,20	6,80	< 0,00010
3	19.10.2020	6,7	8,9	0,12	0,18	0,09	310	0,007	6,2	1,40	0,17	11,0	0,81	3,00	< 0,00010
3	26.11.2020	6,8	7,8	0,07	0,16	0,07	220	0,005	4,9	0,77	0,17	6	0,57	2,40	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,8	8,4	0,09	0,22	0,19	434	0,007	7,7	3,72	0,17	23,7	1,15	6,14	< 0,00010
MAC-EQS										9,30				19,00	
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
4	20.05.2020	7,3	5,7	0,08	0,14	0,08	180	< 0,0040	5,0	1,20	0,16	2,6	0,44	2,20	< 0,00010
4	26.06.2020	7,3	9,3	0,09	0,22	0,15	500	0,006	8,4	2,60	0,18	4,0	0,71	2,60	< 0,00010
4	03.08.2020	7,3	12,0	0,13	0,33	0,21	610	0,008	8,5	1,90	0,24	8,1	0,94	3,80	< 0,00010
4	18.08.2020	7,4	7,5	0,09	0,23	0,09	500	< 0,0040	12,0	2,70	0,11	5,1	0,96	1,90	< 0,00010
4	10.09.2020	7,4	5,8	0,05	0,16	0,05	310	0,005	12,0	0,57	0,07	110,0	0,55	1,30	< 0,00010
4	19.10.2020	6,9	8,3	0,09	0,17	0,10	320	0,005	6,9	0,94	0,16	5,8	0,51	2,40	< 0,00010
4	26.11.2020	6,9	7,5	0,09	0,15	0,09	210	0,005	5,3	0,89	0,17	7,8	0,50	2,30	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,2	8,0	0,09	0,20	0,11	376	0,006	8,3	1,54	0,16	20,49	0,66	2,36	< 0,00010
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	20.05.2020	7,9	4,0	1,40	0,15	0,03	25	0,004	39,0	3,60	0,15	5,1	1,40	4,80	< 0,00010
7	26.06.2020	7,9	5,7	0,71	0,22	< 0,01	15	0,004	48,0	2,10	0,11	0,053	0,76	1,30	< 0,00010
7	03.08.2020	7,9	5,8	0,58	0,22	0,01	59	0,006	45,0	2,00	0,11	14,0	0,85	2,00	< 0,00010
7	18.08.2020	7,8	6,5	0,38	0,27	< 0,01	36	0,006	65,0	1,80	0,11	0,8	0,93	1,30	< 0,00010
7	10.09.2020	7,7	7,0	0,34	0,23	0,13	70	0,018	65,0	2,20	0,09	48,0	1,10	2,70	< 0,00010
7	19.10.2020	7,5	5,0	0,43	0,19	0,01	34	0,004	42,0	1,50	0,12	16,0	0,63	1,20	< 0,00010
7	26.11.2020	7,6	4,7	0,44	0,15	0,01	35	0,004	31,0	1,50	0,11	4,6	0,31	1,30	< 0,00010
Gj.snitt		7,8	5,5	0,61	0,20	0,04	39	0,007	47,9	2,10	0,11	12,7	0,85	2,09	< 0,00010
MAC-EQS															

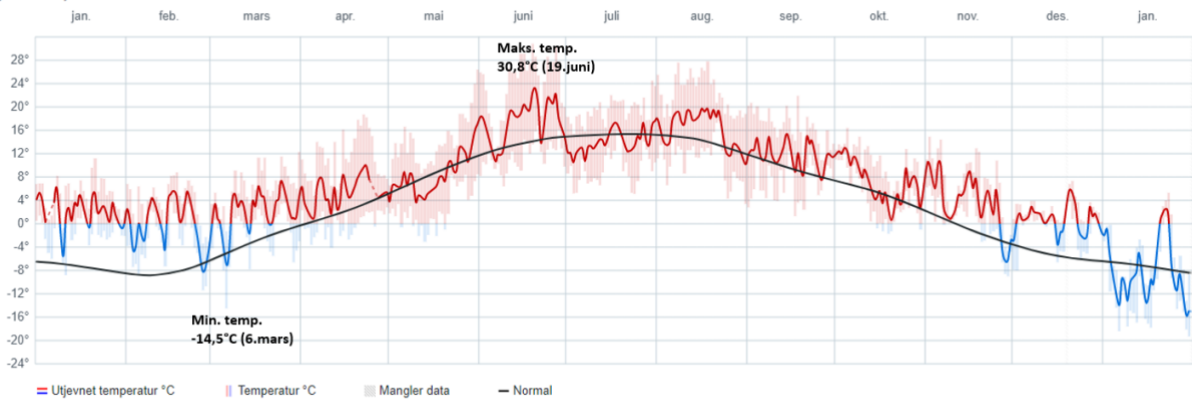
NIVA 7587-2021

		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	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
8	20.05.2020	7,6	8,4	0,30	0,25	0,08	270	0,017	51,0	2,20	0,45	6,9	0,83	6,20	< 0,00010
8	26.06.2020	7,6	13,0	0,17	0,32	0,03	210	0,010	55,0	2,30	0,46	0,69	1,00	2,00	< 0,00010
8	03.08.2020	7,6	19,0	0,26	0,56	0,48	2000	0,022	41,0	3,20	0,53	65,0	1,30	4,20	< 0,00010
8	18.08.2020	7,8	15,0	0,12	0,53	0,14	3400	0,026	51,0	2,40	0,56	100,0	1,40	3,30	< 0,00010
8	10.09.2020	7,7	9,8	0,12	0,34	0,03	600	0,008	48,0	0,67	0,45	220,0	0,70	0,67	0,0005
8	19.10.2020	7,4	12,0	0,29	0,31	0,13	570	0,008	36,0	1,70	0,43	1,4	0,80	3,60	< 0,00010
8	26.11.2020	7,5	13,0	0,29	0,28	0,27	620	0,022	24,0	2,20	0,44	2	0,85	7,40	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,6	12,9	0,22	0,37	0,16	1096	0,016	43,7	2,10	0,47	56,6	0,98	3,91	≤0,0001
MAC-EQS															
		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	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
9	20.05.2020	7,0	11,0	0,34	0,30	0,42	1100	0,033	28,0	4,70	0,35	2,3	1,50	14,00	< 0,00010
9	26.06.2020	7,0	15,0	0,23	0,42	0,19	4200	0,012	50,0	4,20	0,24	1,4	1,20	4,30	< 0,00010
9	03.08.2020	7,1	18,0	0,35	0,50	0,33	2200	0,045	36,0	3,40	0,34	9,7	1,30	8,00	< 0,00010
9	18.08.2020	7,1	11,0	0,18	0,29	0,41	1700	0,071	77,0	1,60	0,09	1100	1,70	13,00	< 0,00010
9	10.09.2020	6,8	8,3	0,13	0,28	0,07	2200	<0,0040	62,0	0,31	0,20	87	0,45	0,48	< 0,00010
9	19.10.2020	6,9	13,0	0,43	0,32	0,29	930	0,095	37,0	3,50	0,34	1,3	1,00	14,00	< 0,00010
9	26.11.2020	7,0	11,0	0,34	0,29	0,48	1000	0,083	27,0	3,10	0,29	1,5	0,83	13,00	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,0	12,5	0,29	0,34	0,31	1904	0,057	45,3	2,97	0,26	171,9	1,14	9,54	< 0,00010
MAC-EQS														14,00	
		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	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
B4	20.05.2020	7,4	5,5	0,11	0,14	0,03	100	< 0,0040	20,0	0,77	0,56	4,7	0,40	1,70	< 0,00010
B4	26.06.2020	7,4	9,9	0,10	0,25	0,02	640	0,006	27,0	0,89	0,44	0,43	0,74	1,50	< 0,00010
B4	03.08.2020	7,5	13,0	0,11	0,33	0,03	610	0,006	28,0	1,10	0,85	27	0,97	2,40	< 0,00010
B4	18.08.2020	7,3	12,0	0,06	0,35	0,03	2600	0,007	36,0	0,96	0,48	71	1,20	1,70	< 0,00010
B4	10.09.2020	7,0	9,0	0,05	0,37	0,09	5500	0,006	29,0	0,83	0,41	410	1,10	2,30	< 0,00010
B4	19.10.2020	7,1	6,3	0,08	0,15	0,03	460	< 0,0040	24,0	0,78	0,38	9,9	0,44	1,10	< 0,00010
B4	26.11.2020	7,3	7,2	0,07	0,15	0,03	240	< 0,0040	20,0	0,70	0,62	3,7	0,23	1,00	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		7,3	9,0	0,08	0,25	0,04	1450	0,006	26,3	0,86	0,53	75,2	0,73	1,67	< 0,00010
MAC-EQS															
		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	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
10	20.05.2020	6,9	7,5	0,05	0,20	0,12	190	0,015	1,3	3,10	0,25	52	0,78	7,30	< 0,00010
10	26.06.2020	6,4	9,2	0,04	0,30	0,08	420	< 0,0040	2,0	1,50	0,17	3,8	0,65	2,80	< 0,00010
10	03.08.2020	6,1	14,0	0,07	0,53	0,11	540	0,024	2,5	0,99	0,32	320	1,10	5,50	< 0,00010
10	18.08.2020	6,5	7,3	0,05	0,44	0,12	1200	0,043	2,5	1,80	0,15	1200	1,50	6,30	< 0,00010
10	10.09.2020	6,5	5,4	0,02	0,30	0,08	1000	0,030	2,0	0,33	0,10	1200	1,00	3,60	< 0,00010
10	19.10.2020	6,4	7,6	< 0,020	0,24	0,06	280	0,017	1,7	0,32	0,15	350	0,56	3,20	< 0,00010
10	26.11.2020	6,1	7,8	< 0,020	0,20	0,05	250	0,013	1,4	0,38	0,18	110	0,24	2,70	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,4	8,4	0,04	0,32	0,09	554	0,024	1,9	1,20	0,19	462,3	0,83	4,49	< 0,00010
MAC-EQS															
		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	µg/L	mg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L	µg/L
8B	20.05.2020	6,8	8,1	0,17	0,25	0,17	180	0,006	3,3	2,90	0,26	79	0,62	7,00	< 0,00010
8B	26.06.2020	6,7	14,0	0,21	0,41	0,12	440	0,007	4,9	0,50	0,26	43	0,53	2,20	< 0,00010
8B	03.08.2020	6,4	21,0	0,38	0,68	0,20	470	0,008	6,0	0,89	0,39	160	0,81	5,20	< 0,00010
8B	18.08.2020	7,0	6,3	0,09	0,25	0,06	420	0,011	5,3	0,20	0,10	910	0,50	2,00	< 0,00010
8B	10.09.2020	6,6	6,6	0,08	0,31	0,11	1200	0,017	5,6	0,54	0,09	4200	0,70	3,30	< 0,00010
8B	19.10.2020	6,4	13,0	0,31	0,34	0,12	310	0,007	4,5	0,81	0,22	230	0,48	3,90	< 0,00010
8B	26.11.2020	6,4	11,0	0,20	0,28	0,13	300	0,008	4,1	0,57	0,22	98	0,43	3,20	< 0,00010
Gj.snitt (AA-EQS)		6,6	11,4	0,21	0,36	0,13	474	0,009	4,8	0,92	0,22	817,1	0,58	3,83	< 0,00010
MAC-EQS															

Vedlegg 2. Værdata fra Kise, Ringsaker januar 2020-januar 2021

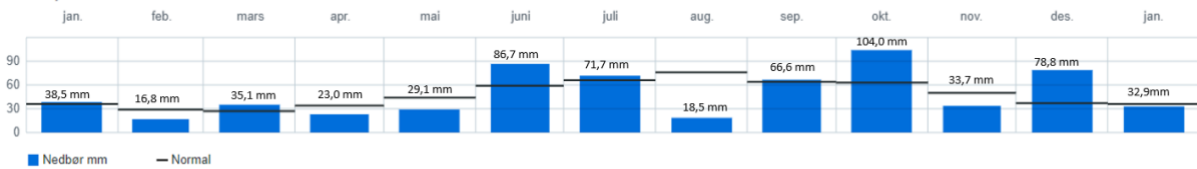
Temperatur

jan. 2020–jan. 2021



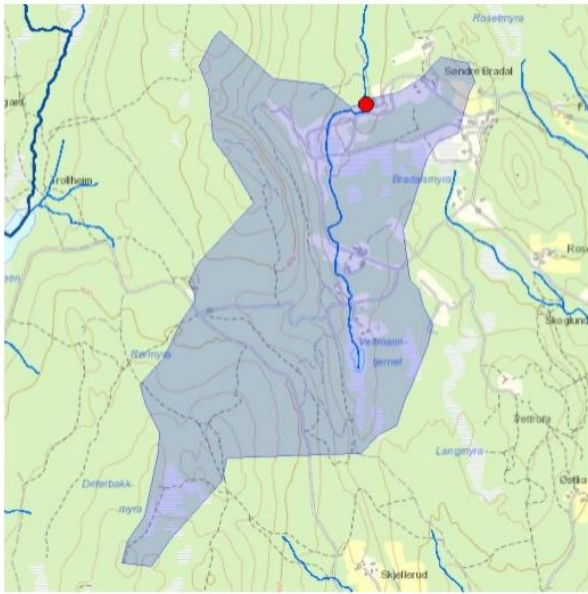
Nedbør

jan. 2020–jan. 2021



https://www.vr.no/sted/Norge/Hedmark/Ringsaker/Kise_m%c3%a5lestasjon/statistikk.html

Vedlegg 3. Nedbørfeltdata for Veltmannåa ved stasjon 4B



Lavvannskart

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

Feltparametere

Areal (A)	2,8 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	0,0 %
Elvelengde (E _L)	1,8 km
Elvegradient (E _G)	13,0 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	17,4 m/km
Feltlengde (F _L)	2,8 km
H _{min}	495 moh.
H ₁₀	513 moh.
H ₂₀	518 moh.
H ₃₀	521 moh.
H ₄₀	531 moh.
H ₅₀	562 moh.
H ₆₀	587 moh.
H ₇₀	603 moh.
H ₈₀	622 moh.
H ₉₀	647 moh.
H _{max}	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 %

Vannføringsindeks, se merknader

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

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



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N

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

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.

1) Verdien er editert

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

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



Norsk institutt for vannforskning

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