



FFI-RAPPORT

20/02616

Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune

— resultater for 2019

Ida Vaa Johnsen

**Overvåking av tungmetallforurensning ved
Forsvarets destruksjonsanlegg for
ammunisjon i Lærdal kommune
– resultater for 2019**

Ida Vaa Johnsen

Emneord

Tungmetaller
Ammunisjon
Destruksjon
Forurensning

FFI-rapport

20/02616

Prosjektnummer

5493

Elektronisk ISBN

978-82-464-3305-9

Engelsk tittel

Monitoring of heavy metal contamination at the Norwegian Defence's ammunition demolition facility in Lærdal municipal – results from 2019

Godkjenner

Øyvind Albert Voie, *forskningsleder*
Janet Blatny, *forskningsdirektør*

Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.

Opphavsrett

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

Sammenheng

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger Forsvarets demoleringsfelt for ammunisjon. Dette området ble etablert i 1976 og har siden blitt benyttet av Forsvaret. For å overvåke konsentrasjonen av tungmetaller i dette området ble det i 1991 startet et program for prøvetaking og analyse av tungmetaller i jord. I 2008 foretok Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) en gjennomgang av dataene fra denne overvåkingen og anbefalte noen justeringer av programmet. I tillegg til demoleringsfeltet i Øyradalen er det et anlegg for destruksjon av krutt og småkaliberammunisjon i Tønjudalen. Destruksjon av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet renseanlegg. I dette området har det vært tatt prøver enkelte år for å overvåke forurensning av tungmetaller. I 2008 anbefalte FFI at også dette området ble inkludert i en årlig prøvetaking tilsvarende den som foretas i Øyradalen. Denne rapporten presenterer resultater fra prøver tatt i 2019 fra både Øyradalen og Tønjudalen.

Konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen var forhøyet i forhold til kobberkonsentrasjonen til referanseområdet innerst i dalen. Den gjennomsnittlige kobberkonsentrasjonen i jorden i demoleringsfeltet var i 2019 på 516 mg/kg. Denne konsentrasjonen var lavere enn det som ble målt i 2018 (909 mg/kg). Det var også et noe forhøyet nivå av bly og sink, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene var på bakgrunnsnivå (konsentrasjoner som anses som naturlig for området). Konsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet har de siste årene (siden 2016) vist en liten antydning til økning. Konsentrasjonen av andre metaller i demoleringsfeltet har ikke endret seg vesentlig i løpet av de siste årene og ligger innenfor de krav som myndighetene har satt til friluftsområder. Selv om det er usannsynlig at demoleringsfeltet kan utgjøre en risiko for beitende dyr, kan det ikke helt utelukkes på grunn av stedvis høye kobberkonsentrasjoner. Elven Nivla renner gjennom demoleringsfeltet, og her var konsentrasjonen i noen av prøvepunktene over grenseverdiene satt for ferskvann på 7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L. På bakgrunn av målte metallkonsentrasjoner i Nivla i 2018 kan ikke effekt på vannlevende organismer utelukkes.

I Tønjudalen ble det registrert et noe forhøyet nivå av bly i nærområdet til destruksjonsanlegget, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene var tilsvarende det som naturlig kan forventes i området. Blykonsentrasjonen lå på omtrent samme nivå som tidligere år. Forurensningsnivået av ammunisjonsrelaterte metaller i grunnen rundt destruksjonsanlegget utgjør ikke noen helserelatert risiko, og det vurderes at forurensningsnivået heller ikke utgjør noen risiko for beitedyr. Elven Kuvella renner rett ved destruksjonsanlegget i Tønjudalen. Nivået av metaller var her under det en forventer skal gi effekter på vannlevende organismer eller utgjøre en helseisiko.

Summary

In Øyradalen southeast of Lærdal center, the Norwegian Armed Forces has a demolition facility, where munitions are demolished by open air detonation. This area was established in 1976, and has since been used for demolition of munitions. From 1991 until today, soil samples from Øyradalen have been analyzed to monitor the concentration of heavy metals. In 2008, an evaluation of the results from this monitoring was carried out by the Norwegian Defence Research Establishment (FFI), and some adjustments of the monitoring program were recommended. In addition to the facility in Øyradalen, a destruction facility for small arms munitions and propellant is localized in Tønjumdalen. The destruction of such munitions takes place in an incinerator connected to a treatment plant. The contamination in this area has not been regularly monitored. In 2008 FFI recommended that this area should be included in the monitoring program. This report present results from the monitoring of the munitions-related contamination in Øyradalen and Tønjumdalen in 2019.

The concentrations of copper in the demolition area in Øyradalen were higher than at the reference station in the valley. The mean concentration of copper in the demolition area was 516 mg/kg in 2019. These concentrations were lower than the concentration measured in 2018 (909 mg/kg). Zinc and lead levels were also above background levels, while the concentrations of other heavy metals were equivalent to background levels. The lead concentrations have shown a small increase during the last years (since 2016). The concentrations of the other metals in the demolition area have not changed significantly during the last years, and the contamination levels in Øyradalen are within the national limits for recreation areas. It is unlikely that the animals grazing on the demolition area is at risk for poisoning, but due to locally high copper concentrations it cannot be completely excluded. In the river Nivla, which runs through the demolition area, the concentration of copper and lead exceeded the limit value in some of the sampling points (7.8 µg Cu/L and 1.2 µg Pb/L). Based on metal values measured in Nivla in 2018, effects on aquatic organisms cannot be ruled out.

The concentrations of lead in soil near the destruction facility in Tønjumdalen were above background levels, while the concentrations of other heavy metals were comparable with the background levels. The lead concentration in the soil in this area was on the same level in 2019 as previous years. Still, the contamination level in Tønjumdalen was within the national limits for recreational areas, and no risk for grazing animals is expected. The content of munitions-related metals in the river Kuvella in Tønjumdalen were below effect levels for aquatic organisms, and below drinking water standards.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Tilstandsklasser og grenseverdier	9
2 Materialer og metoder	12
2.1 Analyse	14
3 Resultater og diskusjon	14
3.1 Øyradalen	15
3.1.1 Kobber i jord	15
3.1.2 Bly i jord	16
3.1.3 Andre metaller	18
3.1.4 Metaller i vann	19
3.2 Tønjumdalen	22
3.2.1 Metaller i jord	22
3.2.2 Metaller i vann	23
4 Vurdering av risiko	24
4.1 Øyradalen	24
4.2 Tønjumdalen	25
5 Konklusjon	25
5.1 Øyradalen	25
5.2 Tønjumdalen	26
Vedlegg	27
A Prøvepunktets posisjon	27
B Analyserapport Jord	29
C Analyserapport vann	33
Referanser	35

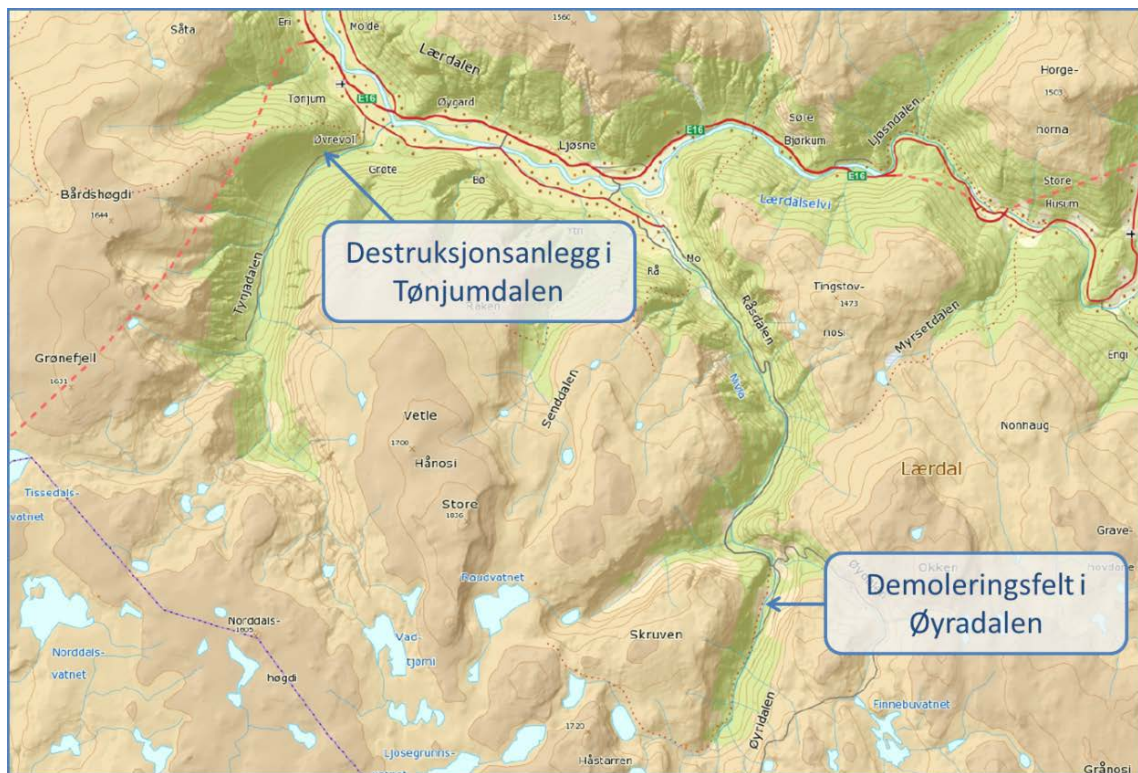
Forord

Oppfølgingen av metallforurensingen av jord og vann ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal utføres årlig av Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på oppdrag fra Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO). Prøvetaking utføres av Einar Trulssen og hans medarbeidere ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal.

Kjeller, 20.10.2020
Ida Vaa Johnsen

1 Innledning

I Øyradalen sørøst for Lærdal sentrum ligger Forsvarets demoleringsfelt for ammunisjon. I dette området sprenges og tilintetgjøres ammunisjon av større kaliber enn håndvåpenammunisjon. Et kartutsnitt som viser plasseringen av demoleringsfeltet er vist i Figur 1.1. Området ble etablert i 1976 og har siden blitt benyttet av Forsvaret til destruksjon av ammunisjon. I dag er det lokalisert fem groper etter hverandre langsmed dalen. Fire av disse benyttes til sprengning og en er reserve. Avstanden mellom groperne er 30-40 meter (Figur 1.2).



Figur 1.1 Oversikt over lokaliseringen av Forsvarets demoleringsfelt i Øyradalen og destruksjonsanlegget i Tønjumdalen i Lærdal kommune. Kartgrunnlag: Statens kartverk.



Figur 1.2 Demoleringsgropene på destruksjonsanlegget i Øyradalen.

For å overvåke konsentrasjonen av tungmetaller i dette området, ble det i 1991 startet et program for prøvetaking og analyse av tungmetaller i jord. Det ble tatt prøver før demoleringen startet om våren og etter demoleringen ble avsluttet om høsten. Dette programmet ble videreført frem til 2007. I 2008 foretok Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) en gjennomgang av dataene fra overvåkningsprogrammet. Som følge av dette arbeidet ble noen prøvestasjoner utelatt fra overvåkningsprogrammet og enkelte måleparametere ble fjernet (Johnsen, 2009a). Siden høsten 2008 har det blitt foretatt årlige prøvetakinger i henhold til dette regimet, med unntak av i 2015 da det ikke var aktivitet i feltet. Resultatene ble presentert i 9 FFI-rapporter (Johnsen, 2010, Johnsen, 2011, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen, 2015, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2009b).

I tillegg til demoleringsfeltet i Øyradalen, har Forsvaret et anlegg for destruksjon av krutt og håndvåpenammunisjon i Tønjumdalen (Figur 1.1). Dette anlegget ble tatt i bruk i 1988. Destruksjonen av denne typen ammunisjon foregår i en forbrenningsovn med tilknyttet rensenanlegg. Ved dette anlegget ble det frem til 2008 ikke gjennomført tilsvarende årlig overvåkning som i Øyradalen. Fra 1991 ble det sporadisk innhentet prøver for å undersøke forurensning av tungmetaller i dette området. Etter en gjennomgang av resultatene fra disse undersøkelsene, anbefalte FFI at Tønjumdalen skulle bli inkludert i overvåkningsprogrammet. Det har blitt foretatt årlige prøvetakinger i henhold til anbefalt overvåkningsprogram i Tønjumdalen siden høsten 2008 med unntak av 2010 og 2015. I 2010 og 2015 ble det av ulike grunner ikke foretatt prøvetaking i dette området (Johnsen, 2010, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2015, Johnsen, 2009b).

I denne rapporten blir resultatene fra overvåkingen av tungmetallforurensning i 2019 presentert.

1.1 Tilstandsklasser og grenseverdier

For å kunne si noe om et område er forurenset, og hvor forurenset dette området eventuelt er, benyttes såkalte helsebaserte tilstandsklasser. Disse tilstandsklassene er utviklet av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2009). Oppbyggingen av tilstandsklassene er basert på risikovurderinger av menneskelig helse på individnivå. Tilstandsklassene sier også noe om hva slags arealbruk som kan aksepteres på et område gitt forurensningsgrad (Tabell 1.1).

I ferskvannvann benyttes et eget klassifiseringssystem (Tabell 1.2) for å angi forurensningsgraden (Miljødirektoratet, 2016). Klassene er basert på toksikologiske data for vannlevende organismer, både for akutte og kroniske effekter. Øvre grense for klasse 2 tilsvarer AA-EQS¹. Dette er en grenseverdi for kronisk eksponering, der det med bakgrunn i toksikologiske data ikke forventes noen kroniske effekter på vannlevende organismer under denne grensen (Predicted No Effect Concentration, PNEC). Øvre grense for klasse 3 tilsvarer MAC-EQS², som er en grenseverdi for akutt eksponering (korttidseksponering). Denne grensen, er som for AA-EQS², basert på PNEC for akutt eksponering. Drikkevannsforskriften spesifiserer egne grenseverdier (Tabell 1.3) for bruk av vann til drikkevann (Helse- og Omsorgsdepartementet, 2001). Grenseverdiene for bly og kobber sammenfaller med AA-EQS og er gjennomsnittverdi over ett år. Konsentrasjonen skal aldri overstige MAC-EQS, selv under korte tidsrom (Klima- og miljødepartementet, 2006). Grenseverdien for bly gjelder for biotilgjengelig bly i vannet.

¹ Annual Average - Environmental Quality Standard - årlig gjennomsnitt miljøkvalitetsstandard. Satt for å beskytte mot negative effekter etter langtids (kronisk) eksponering. Verdi i vann ($\mu\text{g/L}$) eller sediment ($\mu\text{g/kg TS}$) er brukt som Tilstandsklasse II. Dette er tilsvarende verdi som $\text{PNEC}_{\text{kronisk}}$.

² Maximum Admissible (or allowable) Concentration - Environmental Quality Standard - maksimalverdi miljøkvalitetsstandard. Satt for å beskytte mot negative effekter av korttids (akutt) periodevise eksponeringer. Verdi i vann ($\mu\text{g/L}$) eller sediment ($\mu\text{g/kg TS}$) er brukt som tilstandsklasse III. Dette er tilsvarende verdi som $\text{PNEC}_{\text{akutt}}$.

Tabell 1.1 Oversikt over helsebaserte tilstandsklasser for metaller i jord. Tabellen viser grenseverdiene for tilstandsklassene, samt hvilket arealbruk som kan benyttes ved den gitte tilstandsklassen (Miljødirektoratet, 2009).

Tilstandsklasse	1	2	3	4	5
Beskrivelse av tilstand	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Øvre grense styres av	Normverdi	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Helsebaserte akseptkriterier	Nivå som anses å være farlig avfall
Arealbruk (tilstandsklasse i toppjord)	Boligområder, barnehage, dyrket mark osv.	Boligområder, barnehage, dyrket mark osv.	Sentrums-områder, kontorer, forretninger ol.	Industri og trafikkarealer	
Kobber (mg/kg)	< 100	100 - 200	200 - 1000	1000 - 8500	8500 - 25000
Bly (mg/kg)	< 60	60 - 100	100 - 300	300 - 700	700 - 2500
Sink (mg/kg)	< 200	200 - 500	500 - 1000	1000 - 5000	5000 - 25000
Kadmium (mg/kg)	< 1,5	1,5 - 10	10 - 15	15 - 30	30 - 1000
Nikkel (mg/kg)	< 60	60 - 135	135 - 200	200 - 1200	1200 - 2500
Krom III (mg/kg)	< 50	50 - 200	200 - 500	500 - 2800	2800 - 25000

Tabell 1.2 Grenseverdier og tilstandsklasser for metaller i ferskvann (Miljødirektoratet, 2016).

	1 Bakgrunn	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært dårlig
	Ingen toksiske effekter	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense	Bakgrunn	AA-EQS, PNEC _{kronisk}	MAC-EQS, PNEC _{akutt}	PNEC _{akutt} *A ³	
Kadmium (µg/L) ⁴	< 0,003	≤ 0,08 (1) 0,08 (2) 0,09 (3) 0,15 (4) 0,25 (5)	≤ 0,45 (1) 0,45 (2) 0,6 (3) 0,9 (4) 1,5 (5)	≤ 4,5 (1) 4,5 (2) 6,0 (3) 9,0 (4) 15 (5)	> 15
Kobber (µg/L)	< 0,3	0,3 - 7,8	7,8	7,8 - 15,6	>15,6
Bly (µg/L)	< 0,02	0,02 - 1,2	1,2 - 14	14 - 57	> 57
Sink (µg/L)	< 1,5	1,5 - 11	11	11 - 60	> 60
Nikkel (µg/L)	< 0,5	0,5 - 4	4 - 34	34 - 67	> 67
Krom (µg/L)	< 0,1	0,1 - 3,4	3,4	3,4	> 3,4

Tabell 1.3 Grenseverdier for drikkevann (Helse- og Omsorgsdepartementet, 2001).

	Drikkevannsforskrift
Kadmium (µg/L)	5
Kobber (µg/L)	2000
Bly (µg/L)	10
Nikkel (µg/L)	20
Krom (µg/L)	50

³ Sikkerhetsfaktor

⁴ For kadmium og kadmiumforbindelser er miljøkvalitetsstandardene avhengig av vannets hardhet.

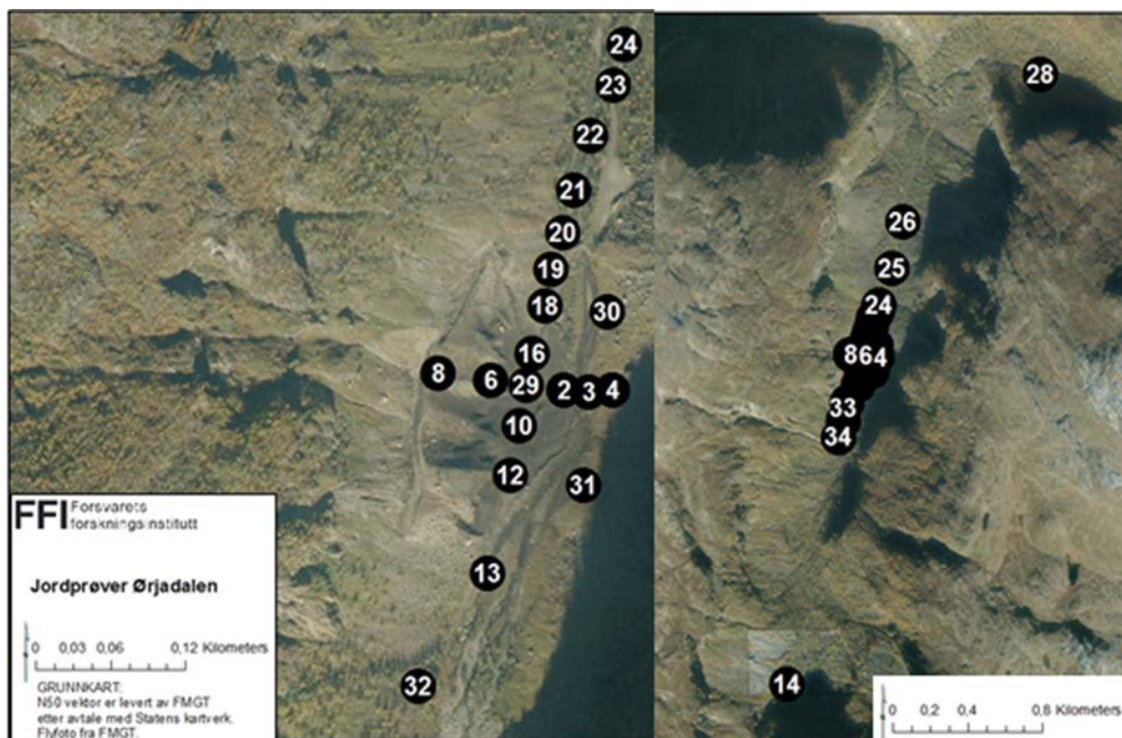
Miljøkvalitetsstandardene er derfor delt inn i fem klasser (klasse 1: < 40 mg CaCO₃/L, klasse 2: 40 til < 50 mg CaCO₃/L, klasse 3: 50 til < 100 mg CaCO₃/L, klasse 4: 100 til < 200 mg CaCO₃/L og klasse 5: ≥ 200 mg CaCO₃/L).

2 Materialer og metoder

Prøvetakingen i 2019 ble foretatt av Einar Trulssen og hans medarbeidere ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal. Det ble tatt prøver av jord fra de samme prøvepunktene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2018 (Johnsen, 2019). Prøvepunkt 5 som tidligere år har blitt prøvetatt ble skyldt bort av flom i 2014. Prøvepunktet finnes dermed ikke lenger. Det ble tatt vannprøver ved de samme stasjonene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2018 (Johnsen, 2019).

Noen av prøvepunktene i Øyradalen, og de fleste i Tønjumdalen er merket med merkepinne. Dette gjør det enklere å få tatt prøve på samme sted hvert år. De prøvepunktene der det ikke er satt ned merkepinne i Øyradalen ble lokalisert ved bruk av laseravstandsmåler fra et kjent utgangspunkt i demoleringsområdet i retning mot nord, øst, sør og vest. GPS ble benyttet både i Øyradalen og Tønjumdalen for å lokalisere prøvepunkter, og posisjoner for alle prøvepunktene er vist i Vedlegg A. Jordboret som også har vært brukt tidligere år, ble benyttet for å ta jordprøver (Johnsen, 2009a). Hvert prøvepunkt utgjorde en flate på omkring 1 m², og herfra ble det tatt noen stikk fra overflaten og ned til 3-5 cm dyp med jordboret. Prøvene ble samlet i poser av polyetylen og sendt til FFI for kjemisk analyse.

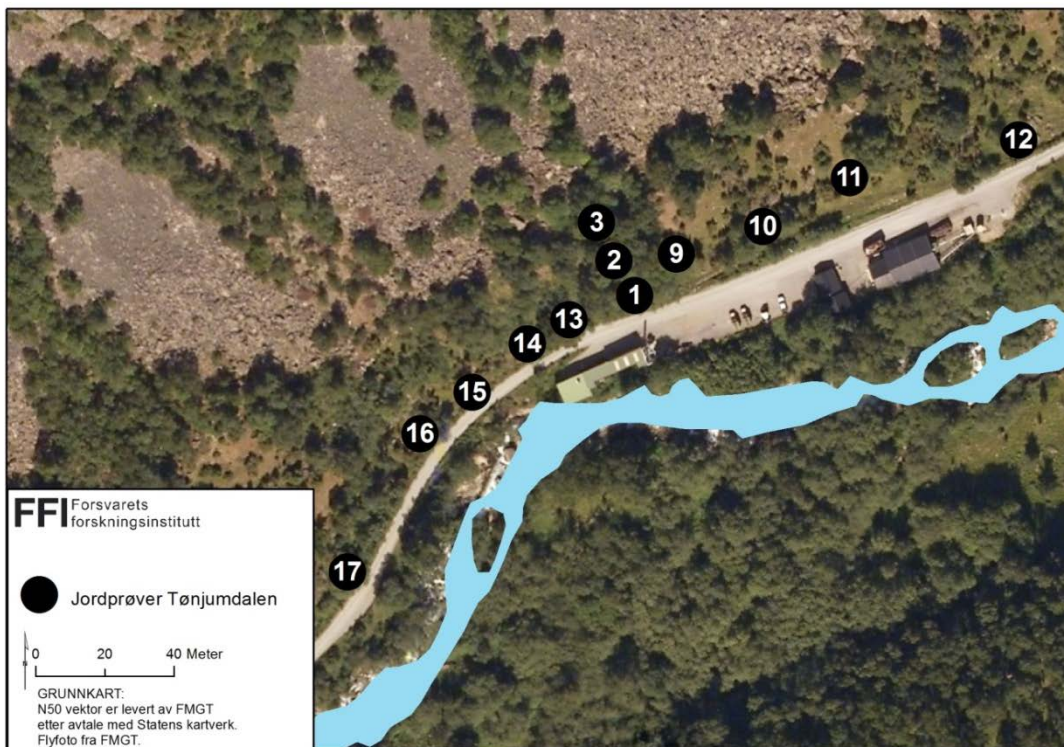
En oversikt over lokaliseringen til jordprøvene i Øyradalen er vist i Figur 2.1, mens det er gitt en oversikt over lokaliseringen til vannprøvene i Figur 2.2. Lokaliseringen til jordprøvene i Tønjumdalen er vist i Figur 2.3, mens lokaliseringen av vannprøvene er vist i Figur 2.4.



Figur 2.1 Oversikt over lokaliseringen til jordprøvene tatt i Øyradalen 2019.



Figur 2.2 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Øyradalen i 2019.



Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til jordprøver tatt i Tønjumdalen i 2019.



Figur 2.4 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Kuvella i 2019.

2.1 Analyse

Jord- og vannprøver ble oppbevart i kjøleskap hos FFI frem til kjemisk analyse. Vannprøvene ble ved ankomst til FFI konserverert ved å tilsette HNO_3 (65 % ultra pure) til en konsentrasjon i prøven lik 1 %. Jordprøvene ble tørket i varmeskap ved $105\text{ }^\circ\text{C}$ i ca. et døgn (til stabil vekt), før de ble oppsluttet ved hjelp av en Ultrawave (Milestone). 0,3-0,5 g prøve ble veid opp i teflonrør og kongevann (9 ml 30 % ultra pure HCl og 3 ml 65 % ultra pure HNO_3) ble tilsatt. Prøvene ble så varmet opp til $260\text{ }^\circ\text{C}$ under trykk og holdt på denne temperaturen i 10 minutter. Sammen med hver tolvte prøve, ble det også oppsluttet 2 blanke prøver, samt et sertifisert referansemateriale (GBW07407, Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang China). Analyse av vann og jordprøver ble utført med en ICP-MS (Thermo iCAP TQ).

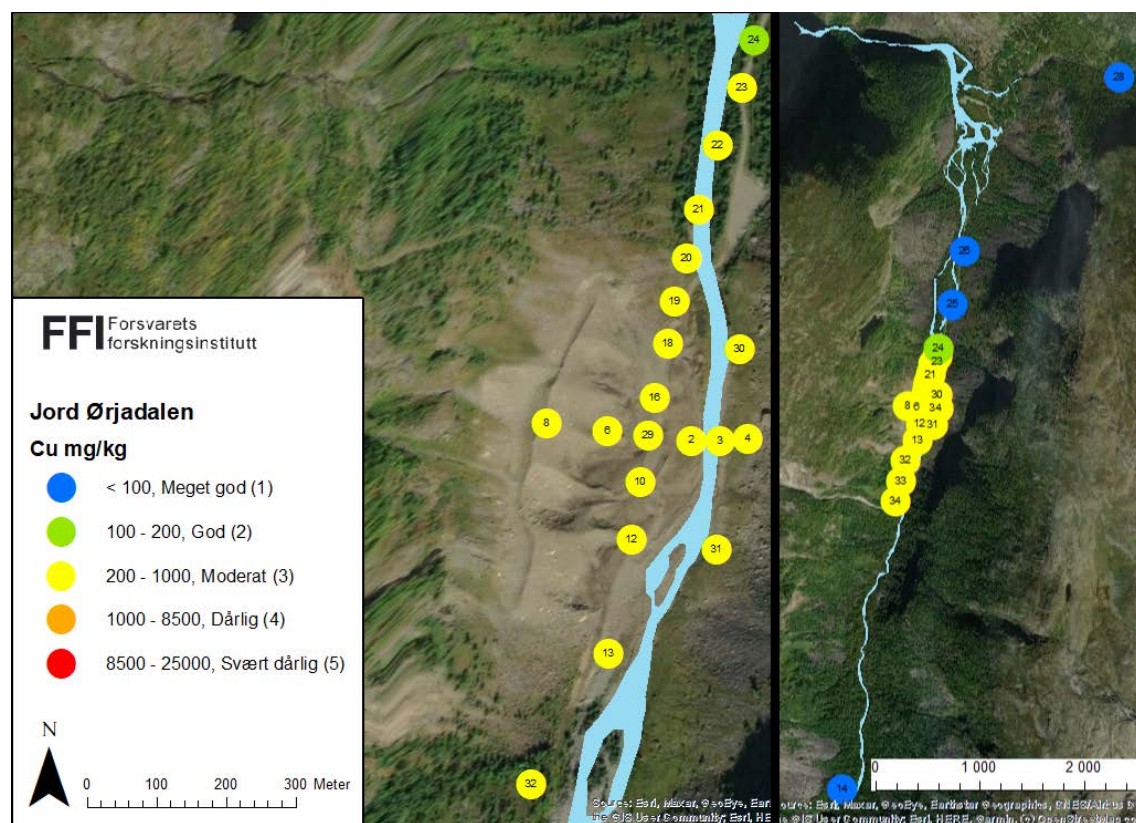
3 Resultater og diskusjon

Analyserapporter fra analyse av metaller i jord og vann er vist i Vedlegg B.

3.1 Øyradalen

3.1.1 Kobber i jord

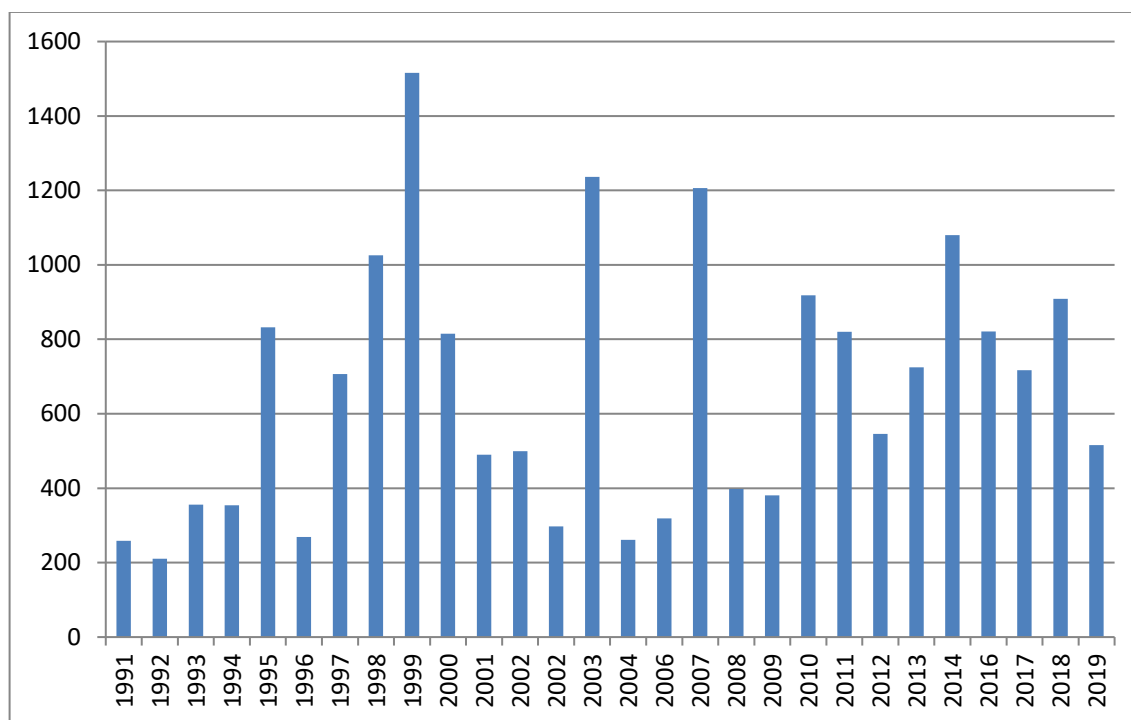
Figur 3.1 viser konsentrasjonsnivåer av kobber (Cu) i alle prøvene som ble analysert i Øyradalen i 2019. Alle prøvene i destruksjonsområdet fra 2019 hadde kobberkonsentrasjonen i jorda som tilsvarte tilstandsklasse «Moderat» (Miljødirektoratet, 2009) eller bedre. Dette er en nedgang fra 2018 da fire av prøvene hadde kobberkonsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse «Dårlig». De høyeste konsentrasjonene av kobber ble målt i prøvepunkt 2, 23, 30, 32 og 33. I 2019 var den maksimale målte kobberkonsentrasjonen på 959 mg/kg, målt i prøvepunkt 32. Til sammenlikning var de høyeste konsentrasjonen i 2017 og 2018 1100 mg/kg (prøvepunkt 32) og 2000 mg/kg (prøvepunkt 12) respektivt. Innover i dalen fra prøvepunkt 32 minket kobberkonsentrasjonen og ved prøvepunkt 14 var konsentrasjonen på bakgrunnsnivå. På samme måte minket konsentrasjonen nordover, ut fra demoleringsfeltet, og var i punkt 25 på bakgrunnsnivå.



Figur 3.1 Konsentrasjonsnivåer av kobber i jordprøver tatt fra Øyradalen i 2019. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).

Konsentrasjonen av kobber i jordprøver tatt høsten 2019 var stort sett på samme nivå eller noe lavere enn prøvene tatt høsten 2018. Analysene viste at demoleringsområdet hadde en forhøyet konsentrasjon (maks 959 mg/kg i prøvepunkt 32) av kobber sammenlignet med referanseprøven lengst sør og nord i dalen (prøvepunkt 14 og 28, henholdsvis 61 og 76 mg/kg), og 52 mg/kg som ifølge Ottesen et al. (2000) kan regnes som naturlig for dette området.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) var ved prøvetaking høsten 2019 på 516 mg/kg. Dette klassifiserte jorden i tilstandsklasse "Moderat" (Miljødirektoratet, 2009). Til sammenlikning var gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i 2018 909 mg/kg. Endringen i kobberkonsentrasjon i demoleringsfeltet i Øyradalen de siste årene er illustrert i Figur 3.2. Som figuren viser var konsentrasjonen av kobber i Øyradalen i 2019 noe lavere enn det som er blitt målt de siste årene.



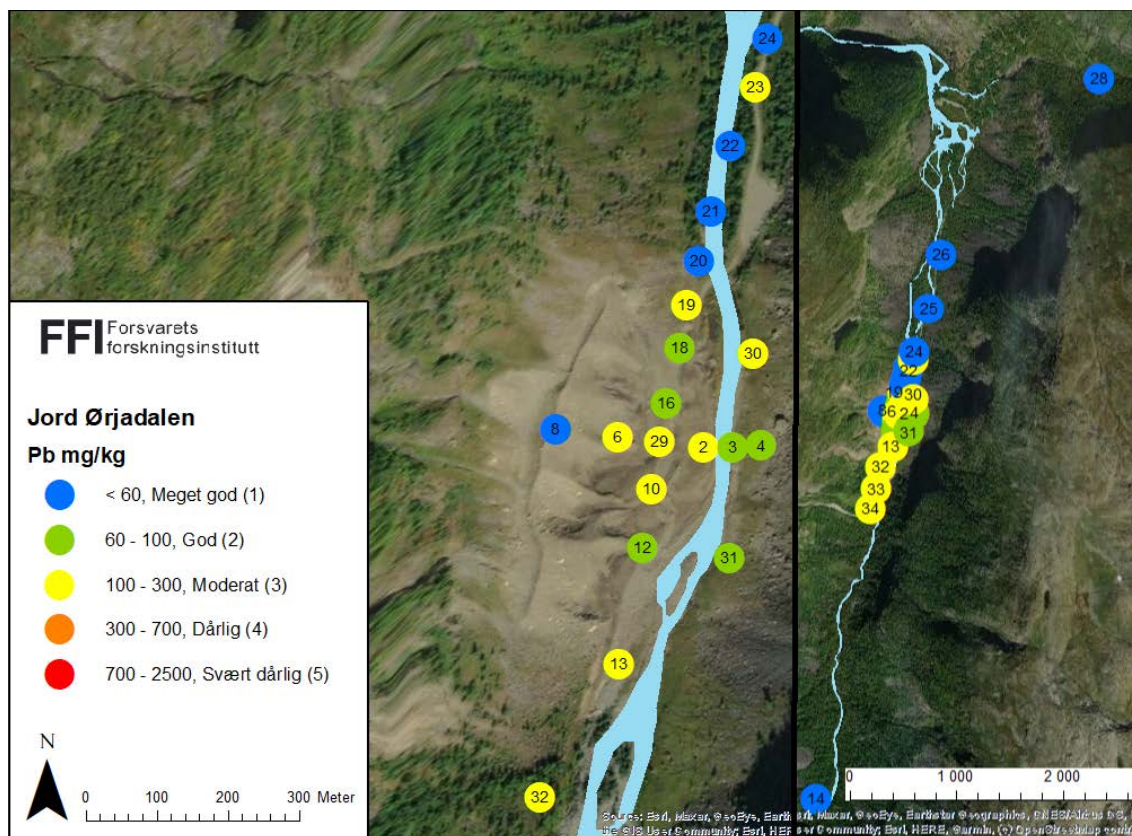
Figur 3.2 Gjennomsnittskonsentrasjon av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 prøvepunkter) fra 1991 til 2019.

3.1.2 Bly i jord

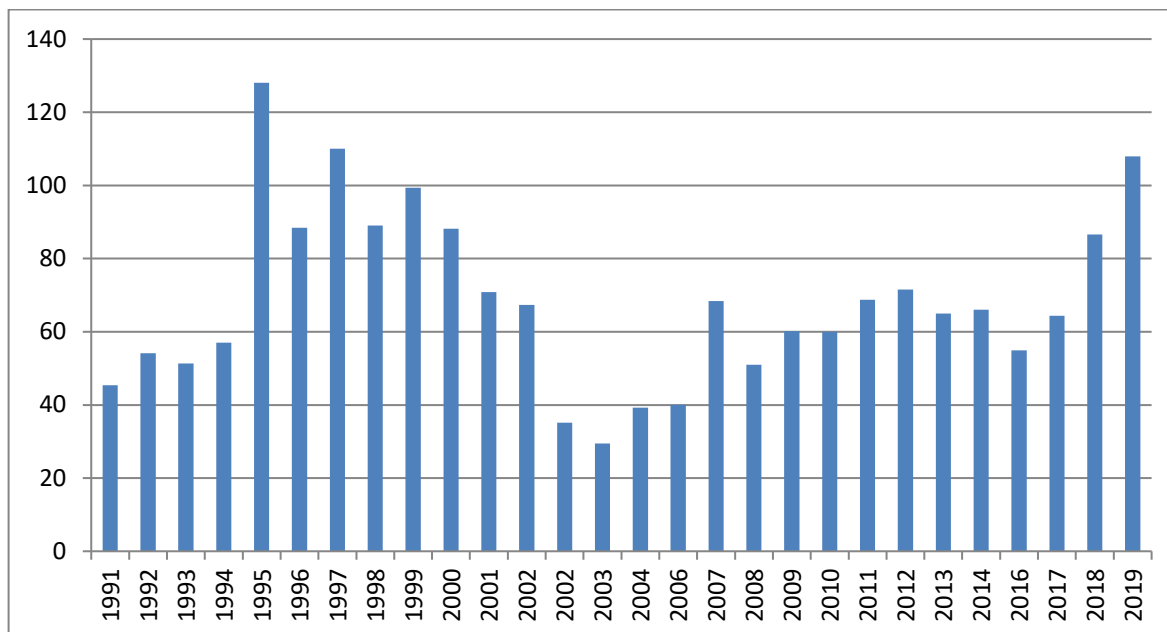
Figur 3.3 viser konsentrasjonsnivåer av bly (Pb) i alle prøvene som ble tatt i Øyradalen i 2019. Blykonsentrasjonen i alle jordprøvene kunne klassifiseres i tilstandsklasse "Moderat" eller bedre. De høyeste blykonsentrasjonene ble funnet i prøvepunkt 2, 19, 23, 32 og 33, dette samsvarer i stor grad med prøvepunktene der det ble funnet høyest kobberkonsentrasjon. Den maksimale blykonsentrasjonen som ble funnet i 2019 var på 187 mg/kg i prøvepunkt 32. Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen i 2017 og 2018 henholdsvis 200 mg/kg og 170

mg/kg, begge i prøvepunkt 32. Innover i dalen fra prøvepunkt 32 reduseres blykonsentrasjonen og ved prøvepunkt 14 var konsentrasjonen på bakgrunnsnivå. Blykonsentrasjonen reduseres også nordover ut av demoleringsfeltet fra prøvepunkt 19, og var i punkt 20 på bakgrunnsnivå. Punkt 23 har hele tiden hatt et forhøyet nivå av bly av ukjent årsak.

Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) var 108 mg/kg i 2019. Denne konsentrasjonen av bly klassifiserer området i tilstandsklasse «Moderat» i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Konsentrasjonen av bly målt fra 1991-2019 er illustrert i Figur 3.4. Konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet disse årene har stort sett ligget mellom 40-80 mg/kg, men med noen årlige variasjoner. Årets konsentrasjon er noe høyere enn fjorårets konsentrasjon (87 mg/kg), og det kan se ut som om det har vært en svakt økende trend siden 2016. Det vil alltid være årlige variasjoner, samt usikkerhet i analyser. Konsentrasjonen av bly er bare så vidt over tilstandsklasse «God» og FFI vurderer derfor at det ikke er nødvendig å utføre noen ytterligere tiltak annet enn videreføring av den årlige overvåkingen.



Figur 3.3 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Ørjadalen i 2019. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).



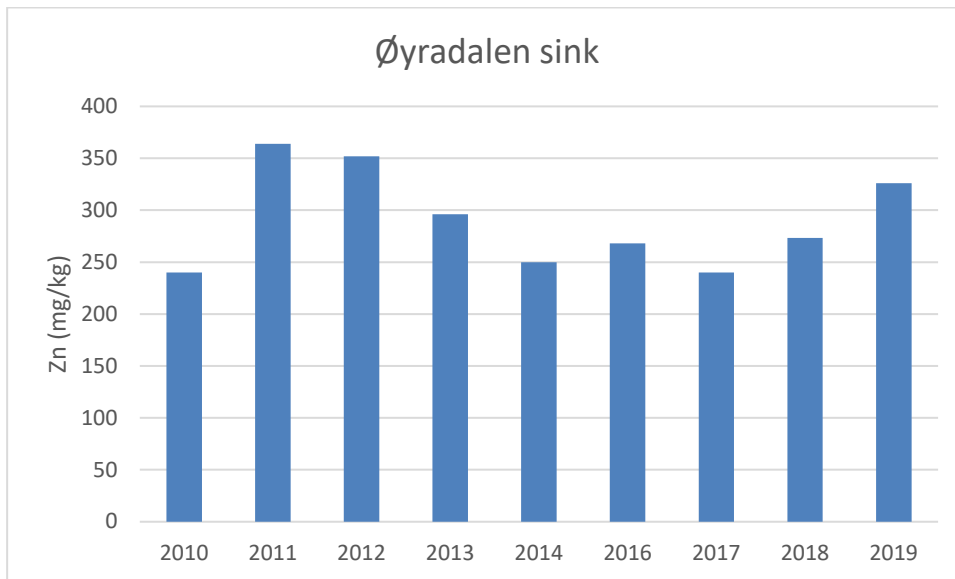
Figur 3.4 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 punkter) fra 1991 til 2019.

3.1.3 Andre metaller

Kobber er ofte i legering med sink (Zn) i ammunisjon. Det ble derfor målt en noe forhøyet konsentrasjon av sink i demoleringsfeltet sammenliknet med bakgrunnsverdier for området som er på 167 mg/kg (Ottesen et al., 2000). Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av sink i demoleringsfeltet var på 273 mg/kg (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sink i demoleringsfeltet lå i tilstandsklasse "God" i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Den høyeste sinkkonsentrasjonen ble målt i prøvepunkt 33 og var på 680 mg/kg, til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen i 2018 funnet i prøvepunkt 32, og var på 520 mg/kg. Jorda der disse prøvene ble hentet kan karakteriseres som moderat forurenset med sink (Miljødirektoratet, 2009). Den gjennomsnittlige konsentrasjon av sink i demoleringsfeltet fra 2010-2018 er vist i Figur 3.5. Konsentrasjonen av sink målt i 2019 var på nivå med det som har blitt funnet tidligere år.

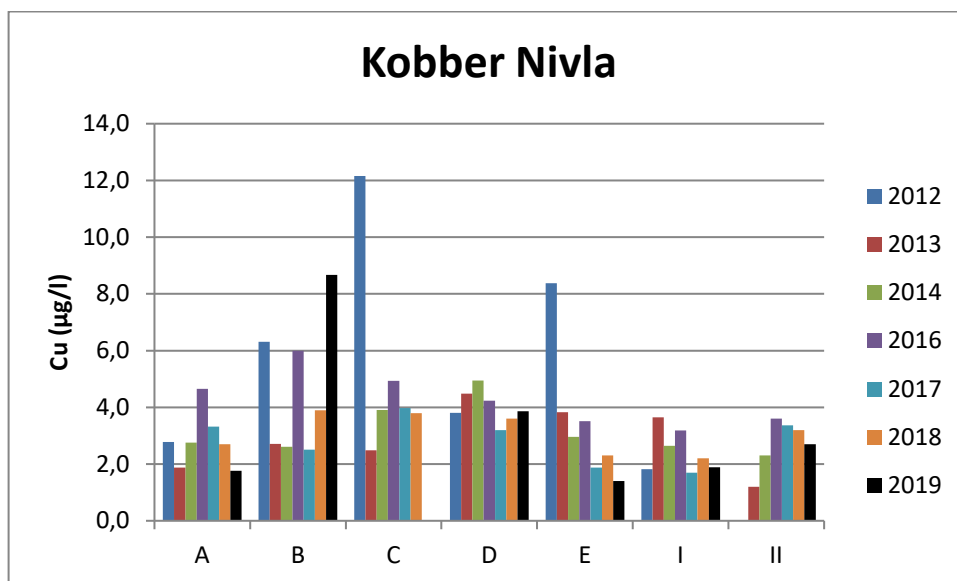
Av de andre metallene som ble målt i jordprøvene fra Øyradalen (krom og kadmium) var det normale konsentrasjoner, og nivåene lå i tilstandsklasse "Meget god" eller "God" (Tabell 1.1), bortsett fra kadmiumkonsentrasjonen i prøvepunkt 4. Denne var merkbart høyere enn de andre og lå i tilstandsklasse «Moderat». Analyseresultatene med oversikt over de målte konsentrasjonene av disse metallene er vist i Vedlegg B.



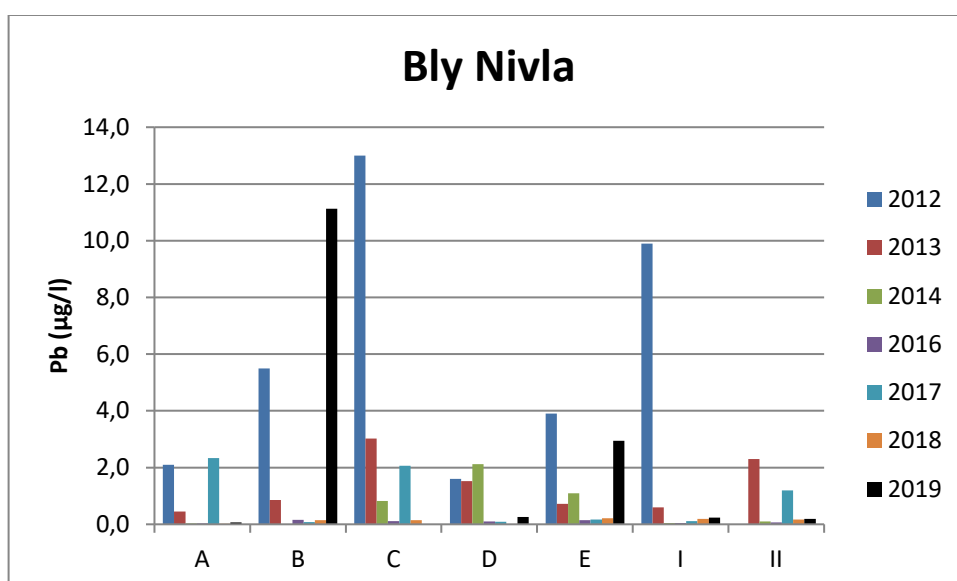
Figur 3.5 Gjennomsnittskonsentrasjon av sink i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 punkter) fra 2010 til 2019.

3.1.4 Metaller i vann

I 2019 ble det tatt vannprøver i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen. I Figur 3.6 vises en oversikt over konsentrasjonen av kobber ved de ulike prøvestasjonene, mens Figur 3.7 viser samme oversikt for bly. Av uvisse grunner ble det i 2019 ikke innhentet prøver fra prøvepunkt C nedstrøms prøvepunkt D. Resultatene fra målingen i 2013-2018 er tatt med for sammenligningens skyld. Konsentrasjonen av kobber og bly i vannprøven tatt høsten 2019 i prøvepunkt B, er markant høyere enn tidligere år. Dette viser en viss avrenning av begge disse metallene fra demoleringsområdet. Konsentrasjon av metaller (kobber og bly) i vannprøver kan variere mye avhengig av når prøven tas. Konsentrasjonen vil typisk være høyere etter episoder som snøsmelting eller mye regn (Strømseng et al., 2009). I de andre prøvepunktene var kobber- og blykonsentrasjonen relativt lik som tidligere år. Det ser derfor ut til at nivået av kobber og bly fortynnes raskt ned til samme nivå som tidligere målt nedstrøms demoleringsfeltet. Etter samtale med de som tok prøver, antas det at årsaken til et høyere nivå av kobber og bly i prøvepunkt B, skyldes høyere vannføring i Nivla med større transport av forurensede partikler fra demoleringsområdet. Vannprøvene er ikke filtrert før de er tilsatt syre, noe som vil føre til et økt nivå av metaller om det finnes et økt nivå av forurensede partikler i vannet.



Figur 3.6 Konsentrasjon av kobber i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen fra 2012 til 2019. Se Figur 2.2 for lokalisering av vannprøver.



Figur 3.7 Konsentrasjon av bly i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) fra 2012 til 2019. Se Figur 2.2 for lokalisering av vannprøver.

I Tabell 3.1 vises konsentrasjonen av metaller i de forskjellige prøvepunktene oppsummert med fargekoder som viser hvilke tilstandsklasser de hører under (Miljødirektoratet, 2016). Alle kobberkonsentrasjonene bortsett fra i prøvepunkt B målt i 2019 var i tilstandsklasse “God”, og konsentrasjonene var derfor også under AA-EQS (7,8 µg/L). Kobberkonsentrasjonen i prøvepunkt B oversteg AA-EQS, som er grenseverdien for årlig gjennomsnitt og for maksimal tillat verdi. Den forhøyde konsentrasjonen av kobber i Øydalselvi (prøvepunkt I og II) som ikke er påvirket av kobberforurensning fra demoleringsfeltet, skyldtes sannsynligvis høye naturlige

kobberkonsentrasjoner i grunnen i Lærdal (Ottesen et al., 2000). Konsentrasjonen av kobber var langt under de krav som stilles til drikkevann i Drikkevannsforskriften (Helse- og Omsorgsdepartementet, 2001), noe som tilsier at kobberkonsentrasjonen i vannet ikke er til skade for mennesker. Effekt av kobber på mennesker kan derfor utelukkes og en vil forvente at det vil være lite eller ingen effekt på vannlevende organismer.

Konsentrasjonen av bly var høyere nedstrøms demoleringsfeltet (prøvepunkt B) enn rett oppstrøms demoleringsfeltet (prøvepunkt A) i 2019. Dette indikerer avrenning av bly fra demoleringsfeltet og ut i Nivla. Til sammenlikning var det ingen signifikant økning i blykonsentrasjonen i vann gjennom demoleringsfeltet i 2018. Konsentrasjonen av bly var i tilstandsklasse «God» eller «Bakgrunn» i alle prøvepunktene bortsett fra prøvepunkt B og E. I prøvepunkt B og E oversteg blykonsentrasjonen AA-EQS (1,2 µg/L) som tilsvarer grenseverdi for årlig gjennomsnitt i ferskvann. Denne grenseverdien gjelder for øvrig for den biotilgjengelige andelen av bly. Det er ikke mulig å si med denne typen analyse hvor mye av blyet som er målt som er i den biotilgjengelige fraksjonen, men det kan fastslås at det vil være mindre enn den totale målte konsentrasjonen. Ingen av de målte blykonsentrasjonene oversteg den maksimalt tillate verdien i ferskvann (14 µg/L). Konsentrasjonen av bly var i alle prøvene, bortsett fra i prøvepunkt B, lavere enn grenseverdien for drikkevann på 10 µg/L (Helse- og Omsorgsdepartementet, 2001). Med hensyn til at prøvetakingen ikke representerer et årlig gjennomsnitt, men heller et økt nivå som følge av stor vannføring, anser det som svært lite sannsynlig at nivået kan medføre effekter på mennesker og vannlevende organismer.

Konsentrasjonen av de andre metallene (krom, kadmium og sink) var i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God” (Tabell 1.1, Tabell 3.1).

Tabell 3.1 Konsentrasjon av metaller i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) i prøver fra 2019. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklassene vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn, grønn = God, gul = Moderat, oransje = Dårlig.

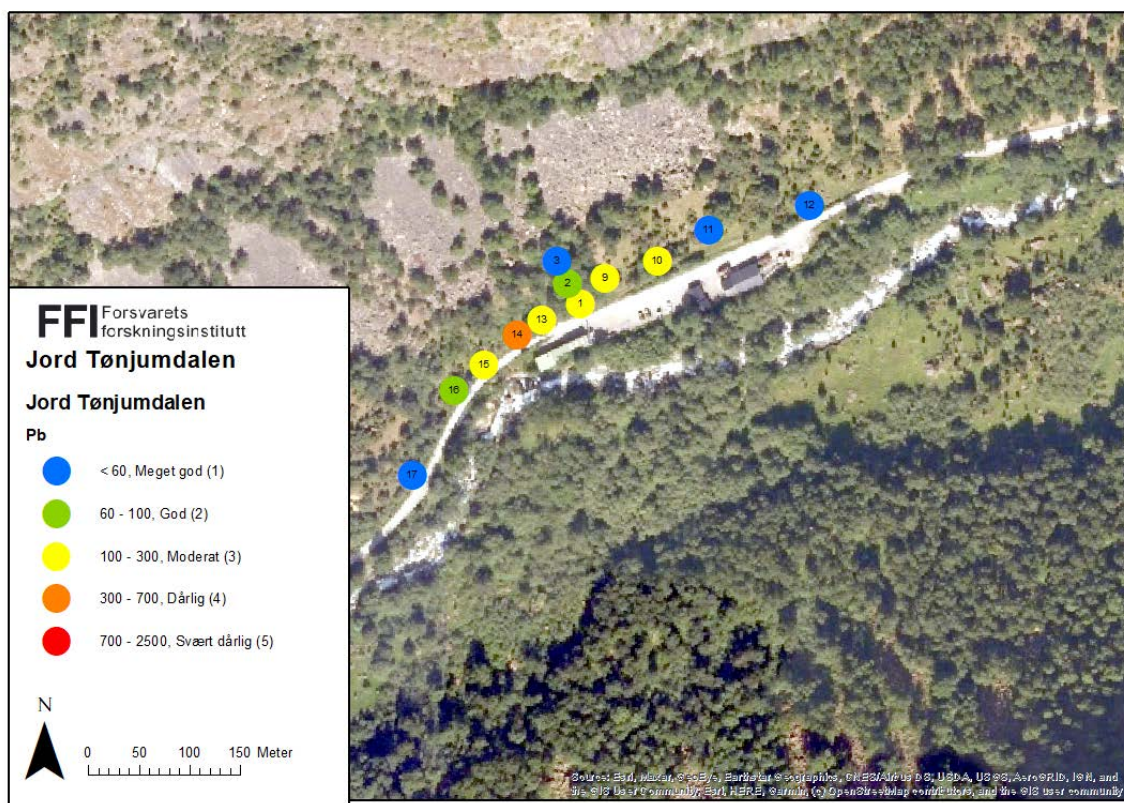
Prøvepunkt	Cr µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l
A	0,03	1,8	0,8	0,01	0,1
B	0,21	8,7	9,3	0,05	11
D	0,19	3,9	1,6	0,01	0,3
E	0,06	1,4	0,9	0,005	2,9
I	0,05	1,9	2,6	0,01	0,2
II	0,11	2,7	1,1	0,01	0,2

3.2 Tønjumdalen

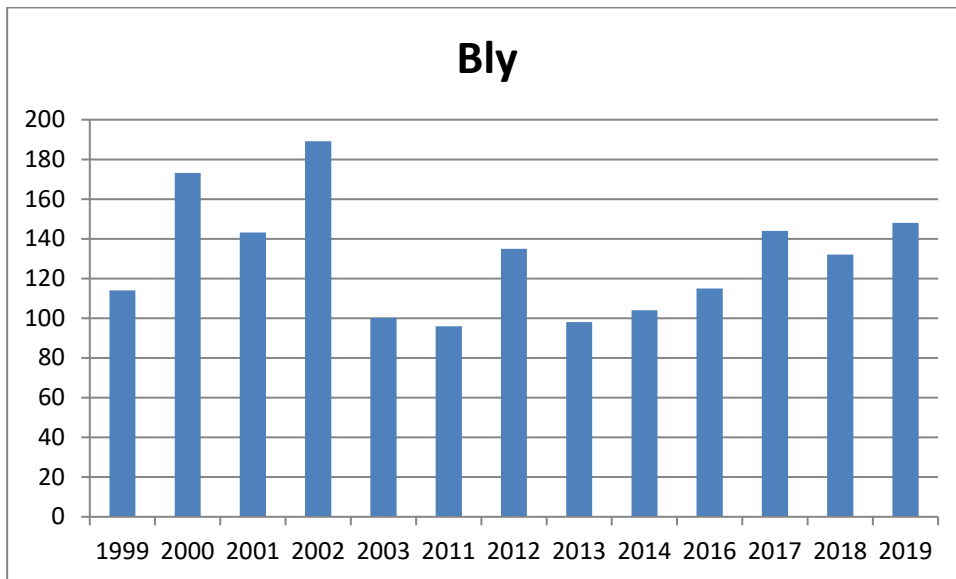
3.2.1 Metaller i jord

Figur 3.8 viser en oversikt over konsentrasjonsnivåer av bly i jord ved destruksjonsanlegget for ammunisjon i Tønjumdalen. I nærområdet til destruksjonsanlegget var konsentrasjonen av bly noe forhøyet, noe som viser at aktiviteten i destruksjonsanlegget har ført til nedfall av bly i nærheten av anlegget. Den høyeste konsentrasjonen av bly ble registrert i prøvepunkt 14 med 322 mg/kg, til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen i 2018 målt i prøvepunkt 14 og var på 280 mg/kg. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i prøvene tatt langs veien ved destruksjonsanlegget (prøvepunkt 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16) ble beregnet til 148 mg/kg. Til sammenlikning var tilsvarende tall for 2018 132 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i Tønjumdalen de siste årene er illustrert i Figur 3.9 og var i 2019 i tilstandsklasse ”Moderat forurenset” i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009).

For de andre metallene som ble målt (kobber, sink, kadmium og krom) var nivået på bakgrunnsnivå i henhold til Ottesen et al. (2000).



Figur 3.8 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Tønjumdalen i 2019. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).



Figur 3.9 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i overflatejord ved destruksjonsanlegget i Tønjumdalen fra 1999 til 2019.

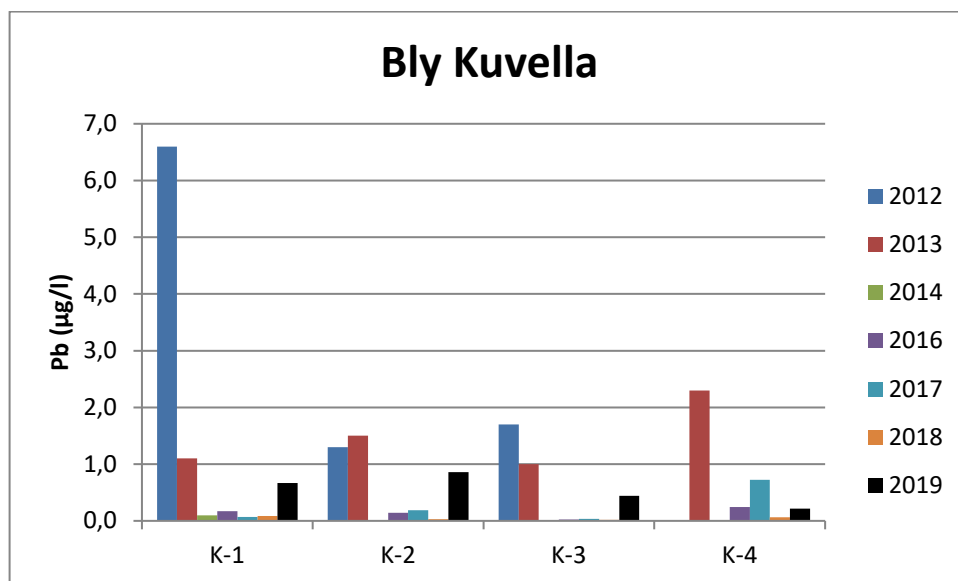
3.2.2 Metaller i vann

Det ble tatt vannprøver fra Kuvella som renner gjennom dalen, og resultatene etter analyser av metaller i disse prøvene er vist i Tabell 3.2. Konsentrasjonen av alle de analyserte metallene i vannet i Kuvella var i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God” (Miljødirektoratet, 2016). Nivået av både bly, kobber og sink er høyest i prøven tatt rett ved demoleringsanlegget, noe som kan tyde på en viss utlekking. Konsentrasjonen av bly i alle prøvene var under grenseverdien på 1,2 µg/L (Klima- og miljødepartementet, 2006) og drikkevannsnormen på 10 µg/L. Det er lavt nivå av metaller i Kuvella og det kan derfor utelukkes at innholdet av metaller kan være skadelig for mennesker eller vannlevende organismer.

Tabell 3.2 Konsentrasjon av metaller i vannprøver tatt i Kuvella (Tønjumdalen) i 2019. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklasser vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn, grønn = God.

Prøvepunkt	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
K-1	0,22	2,69	2,42	0,01	0,67
K-2	0,11	3,53	3,34	0,01	0,86
K-3	0,093	1,49	1,83	0,005	0,44
K-4	0,070	1,39	0,81	0,002	0,22

Konsentrasjonen av bly i Kuvella de siste årene er illustrert i Figur 3.10. Blykonsentrasjonen målt i Kuvella var stort sett på nivå med eller noe høyere enn det som ble målt i 2018. Det er antydning til at nivået av bly i Kuvella har økt nedstrøms destruksjonsanlegget, men konsentrasjonen er lav, noe som gjør målingene mer usikre. Det er normalt stor vannføring i Kuvella, men det kan ha vært ekstra stor vannføring som nevnt for Nivla i Øyradalen. Avrenning av bly fra det forurensede området rundt destruksjonsanlegget vil raskt bli fortynnet, og det vil derfor være vanskelig å måle en økning av blykonsentrasjonen nedstrøms anlegget.



Figur 3.10 Konsentrasjon av bly i Kuvella (Tønjumdalen) fra 2012 til 2019.

4 Vurdering av risiko

4.1 Øyradalen

Det ser ut til at det er en økende trend i blykonsentrasjon fra 2016 til 2019 i jord i Øyradalen. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen var i 2019 i tilstandsklasse «Moderat». Forurensningen av metaller som er påvist i Øyradalen vil ikke utgjøre en risiko for folk som bruker området som turområde, men en kan ikke utelukke en viss risiko for beitedyr som følge av kobberforurensningen i området. I følge en beregning basert på tidligere FFI-arbeid (Johnsen og Aaneby, 2019, Johnsen og Mariussen, 2017) antas det at grenseverdier for inntak av kobber hos lam kan nås om konsentrasjonen er over 283 mg/kg. På samme måte kan kalvers grenseverdi nås ved blykonsentrasjoner over 700 mg/kg i jorden. Det forurensede området i Øyradalen vil sannsynligvis bare utgjøre en liten andel av det totale beiteområdet til beitedyr. Sannsynligheten

for at beitedyr vil få i seg skadelige mengder kobber er derfor veldig liten. Studier utført av FFI har vist at beitende dyr får i seg lite jord på beite i Norge (< 2 % av totalt inntatt tørrstoff) og at kobberkonsentrasjonen i planter ikke korrelerer med kobberkonsentrasjonen i jorda (Johnsen og Mariussen, 2017, Johnsen et al., 2018, Johnsen og Aaneby, 2019). Det vil derfor, selv med stedvis relativt høye kobberkonsentrasjoner i jorden, være liten risiko knyttet til forgiftning eller akkumulering hos beitende dyr på området, men dette kan likevel ikke helt utelukkes. Det anbefales derfor å fortsette overvåkingen av området.

De målte konsentrasjonene av kobber i Nivla var over grenseverdien for kobber (7,8 µg/L) i ett av prøvepunktene (B). Konsentrasjonen av bly i Nivla var ved to av prøvepunktene høyere enn grenseverdien for bly på 1,2 µg/L (B og E). Ingen av de andre målte metallkonsentrasjonene oversteg sine respektive grenseverdier for konsentrasjon i vann. Negative effekter på vannlevende organismer som følge av metallkonsentrasjon fra aktiviteten i Øyradalen kan ikke helt utelukkes. Nivået av bly og andre metaller i Nivla er i gjennomsnitt under grenseverdien for drikkevann. Det vil dermed ikke være knyttet noen helserisiko for bruk av vannet som drikkevann.

4.2 Tønjumdalen

I Tønjumdalen ser blykonsentrasjonen i jorda ut til å holde seg relativt stabil, og konsentrasjonen målt i 2019 var på nivå med det som ble funnet i 2018. Området forurenset av bly er lite og vil sannsynligvis ikke utgjøre noen risiko for hverken mennesker eller dyr. De risikovurderinger som ble gjort i 2018 med bakgrunn i resultater fra 2017, vil fortsatt gjelde. Forurensningsnivået er da vurdert til ikke å utgjøre noen helserisiko for mennesker eller risiko for beitedyr.

Konsentrasjonen av alle de analyserte metallene i vannet i Kuvella som renner gjennom Tønjumdalen var i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God”. Det kan derfor utelukkes at konsentrasjonen av metaller i Kuvella kan være skadelig for mennesker eller vannlevende organismer.

5 Konklusjon

5.1 Øyradalen

Det ble på samme måte som tidligere år registrert et forhøyet nivå av kobber i og rundt demoleringsfeltet som følge av destruksjon av ammunisjon. Den målte gjennomsnitts-

konsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet var høsten 2019, 516 mg/kg, og jorda kunne klassifiseres som “Moderat” forurenset. Konsentrasjonen av kobber i 2019 var lavere enn i 2018 (909 mg/kg).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet ble beregnet til 108 mg/kg i 2019 og klassifiseres som “Moderat” i de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn. Konsentrasjonen av bly var noe høyere enn i 2018 (87 mg/kg).

Konsentrasjonen av sink var noe forhøyet i demoleringsfeltet (tilstandsklasse “God”) i forhold til referansestasjonen, men var på nivå med det som ble målt i 2018. Det ble ikke registrert konsentrasjoner av andre ammunisjonsrelaterte metaller over det som anses som bakgrunnskonsentrasjon for området.

Konsentrasjonen av kobber målt i Nivla i 2019 var jevnt over på nivå med det som har blitt målt tidligere bortsett fra i prøvepunkt B, der konsentrasjonen var noe høyere (8,7 µg/L) enn tidligere. I 2019 var konsentrasjonen av bly i alle prøvepunkter på nivå med det som har blitt målt tidligere bortsett fra i prøvepunkt B, der blykonsentrasjonen var noe høyere (11 µg/L) enn tidligere. To av prøvepunktene (B og E) hadde blykonsentrasjoner som oversteg grenseverdien for bly i ferskvann (1,2 µg/L).

Forurensningsnivået i grunnen ved demoleringsanlegget var innenfor de helsebaserte krav som er satt til friluftsområder. På grunn av et forhøyet nivå av kobber, egner ikke området seg for beitedyr. Både bly- og kobberkonsentrasjoner i Nivla oversteg respektive grenseverdier og effekter på vannlevende organismer rett nedstrøms demoleringsområdet kan derfor ikke utelukkes. Det er lite sannsynlig at konsentrasjonen av de målte metallene i Nivla utgjør noen helserisiko.

5.2 Tønjumdalen

Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget, mens konsentrasjoner av andre metaller var på bakgrunnsnivå. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i jorden rundt destruksjonsanlegget var på 148 mg/kg, noe som er en liten økning fra 2018. Nivået klassifiseres i tilstandsklasse “Moderat” i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn. Forurensningsnivået av ammunisjonsrelaterte metaller i grunnen rundt destruksjonsanlegget vil ikke utgjøre noen helserelatert risiko, og det vurderes at forurensningsnivået heller ikke utgjør noen risiko for beitedyr.

Konsentrasjonen av metaller i Kuvella var ved alle prøvepunkter i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God”. Nivået av metaller som ble registrert i Kuvella vil ikke utgjøre noen helserisiko eller ha effekt på vannlevende organismer i elven.

Vedlegg

A Prøvepunkters posisjon

Tabell A.1 Lokalisering av prøvepunkter i Øyradalen. Koordinatene er oppgitt i UTM sone 32 (WGS84).

Prøvepunkt Øyradalen	Nord	Øst
2	6759969	429143
3	6759968	429163
4	6759969	429182
6	6759977	429084
8	6759983	429042
10	6759941	429107
12	6759901	429100
13	6759822	429082
14	6758221	428702
16	6759999	429118
18	6760037	429128
19	6760066	429133
20	6760096	429142
21	6760130	429151
22	6760174	429165
23	6760214	429183
24	6760247	429192
25	6760446	429262
26	6760693	429322
29	6759973	429113
30	6760032	429178
31	6759893	429159
32	6759732	429026
33	6759632	429005
34	6759542	428976
A	6759543	429007
B	6760130	429151
C	6761519	429264
D	6761435	429431
E	6763445	429176
I	6758215	428759
II	6761481	430060

Tabell A.2 Lokalisering av prøvepunkter i Tønjumdalen. Koordinater oppgitt i UTM sone 32 (WGS84).

<i>Prøvepunkt Tønjumdalen</i>	<i>Nord</i>	<i>Øst</i>
1	6768761	420068
2	6768771	420062
3	6768782	420057
5	6768719	420086
9	6768773	420080
10	6768781	420105
11	6768795	420130
12	6768806	420179
13	6768754	420049
14	6768747	420037
15	6768733	420021
16	6768721	420006
17	6768681	419985
K-1	6768782	420234
K-2	6768733	420145
K-3	6768694	420019
K-4	6768628	419968

B Analyserapport Jord



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 14.07.20

Analyserapport

Side 1 av 4

Analyserapport

Oppdragsgiver:

Antall prøver: 38

Anmerkninger: Analyse jord

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Måleområde mg/kg
Krom, Cr	0,1-1000
Kobber, Cu	0,1-1000
Sink, Zn	0,1-1000
Kadmium, Cd	0,1-1000
Bly, Pb	0,1-1000

Denne analyserapporten består av i alt 4 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 14.07.20

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Innvalg : 63 80 78 04
Sentralbord : 63 80 70 00

Telefax : 63 80 75 09
Mil retn nr: 0505

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA
Bankgiro: 7101.05.00030
Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo iCap TQ

Operator: Ida Vaa Johnsen

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	
19-192	Ørjadalen-øst	2
19-193	Ørjadalen-øst	3
19-194	Ørjadalen-øst	4
19-195	Ørjadalen-vest	6
19-196	Ørjadalen-vest	8
19-197	Ørjadalen-sør	10
19-198	Ørjadalen-sør	12
19-199	Ørjadalen-sør	13
19-200	Ørjadalen-sør (vakthytte)	14
19-201	Ørjadalen-nord	16
19-202	Ørjadalen-nord	18
19-203	Ørjadalen-nord	19
19-204	Ørjadalen-nord	20
19-205	Ørjadalen-nord	21
19-206	Ørjadalen-nord	22
19-207	Ørjadalen-nord	23
19-208	Ørjadalen-nord	24
19-209	Ørjadalen-nord	25
19-210	Ørjadalen-nord	26
19-211	Ørjadalen-nord	28
19-212	Ørjadalen-nullpunkt	29
19-213	Ørjadalen-NØ	30
19-214	Ørjadalen-SØ	31
19-215	Ørjadalen-sør	32
19-216	Ørjadalen-sør	33
19-217	Ørjadalen-sør	34
19-218	Tønjumdalen	1
19-219	Tønjumdalen	2
19-220	Tønjumdalen	3
19-221	Tønjumdalen	9
19-222	Tønjumdalen	10
19-223	Tønjumdalen	11
19-224	Tønjumdalen	12
19-225	Tønjumdalen	13

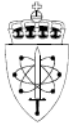
Analyse av metaller



19-226	Tønjumdalen	14
19-227	Tønjumdalen	15
19-228	Tønjumdalen	16
19-229	Tønjumdalen	17

FFI-nr.	Cr µg/g	Cu µg/g	Zn µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
19-192	67	884	331	1,7	156
19-193	60	516	401	2,1	91
19-194	57	472	420	16,2	74
19-195	54	541	444	2,4	103
19-196	45	256	191	1,2	34
19-197	56	462	354	3,4	106
19-198	49	407	305	2,7	86
19-199	62	426	262	1,5	118
19-200	6	61	54	0,6	23
19-201	46	450	313	1,9	100
19-202	39	410	231	1,9	93
19-203	61	545	440	2,1	178
19-204	49	299	270	1,5	46
19-205	48	230	191	0,7	41
19-206	54	229	206	0,7	32
19-207	73	876	545	5,1	177
19-208	35	159	150	1,3	40
19-209	49	83	104	0,3	24
19-210	29	66	223	0,6	41
19-211	43	76	103	0,3	10
19-212	57	685	324	2,8	116
19-213	50	707	314	2,9	105
19-214	-	490	364	2,8	74
19-215	-	959	676	4,4	187
19-216	69	799	680	3,8	177
19-217	51	475	465	2,4	111
19-218	24	31	83	0,1	232
19-219	17	15	86	0,1	68
19-220	17	12	77	0,1	53
19-221	22	27	85	0,1	136
19-222	19	19	147	0,2	170
19-223	15	12	104	0,1	56
19-224	17	15	106	0,1	48

Analyse av metaller



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 14.07.20

Analysereport

Side 4 av 4

19-225	17	25	102	0,2	149
19-226	18	53	109	0,2	322
19-227	27	33	115	0,2	145
19-228	21	15	87	0,1	72
19-229	22	20	87	0,1	33

Analyse av metaller

C Analyserapport vann



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 14.07.20

Analyserapport

Side 1 av 2

Analyserapport

Oppdragsgiver:
Anmerkninger: Analyse vann

Antall prøver:

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Måleområde µg/l
Krom, Cr	0,01-100
Kobber, Cu	0,01-100
Sink, Zn	0,01-100
Kadmium, Cd	0,01-100
Bly, Pb	0,01-100

Denne analyserapporten består av i alt 2 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 14.07.20

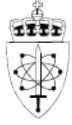
Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Innvalg : 63 80 78 04
Sentralbord : 63 80 70 00

Telefax : 63 80 75 09
Mil retn nr: 0505

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA
Bankgiro: 7101.05.00030
Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo iCap TQ

Operator: Ida Vaa Johnsen

Prøve	Cr µg/g	Cu µg/g	Zn µg/g	Cd µg/g	Pb µg/g
Ørjadalen I	0,03	1,8	0,8	0,01	0,1
Ørjadalen II	0,21	8,7	9,3	0,05	11
Ørjadalen B	0,19	3,9	1,6	0,01	0,3
Ørjadalen C	0,06	1,4	0,9	0,005	2,9
Ørjadalen D	0,05	1,9	2,6	0,01	0,2
Ørjadalen E	0,11	2,7	1,1	0,01	0,2
Tønjumdalen k1	0,22	2,69	2,42	0,01	0,67
Tønjumdalen k2	0,11	3,53	3,34	0,01	0,86
Tønjumdalen k3	0,093	1,49	1,83	0,005	0,44
Tønjumdalen k4	0,070	1,39	0,81	0,002	0,22

Referanser

!!! INVALID CITATION !!! .

- HELSE- & OMSORGSDEPARTEMENTET 2001. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).
- JOHNSEN, A. 2009a. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune FFI rapport 2008/02017: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, A. 2009b. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2008. FFI-rapport 2009/01147: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, A. 2010. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2009. FFI-rapport 2010/01494: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, A. 2011. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2010. FFI-rapport 2011/01306: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, A. & VOIE, Ø. 2012. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2011. FFI-rapport 2012/01308: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. 2013. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2012. FFI-rapport 2013/02362: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. 2015. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2014. FFI-rapport 2015/01659: Forsvarets Forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. 2019. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2018. FFI-rapport 19/01251: Forsvarets Forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. & AANEBY, J. 2019. Risikovurdering av beitedyr i Melbu skyte- og øvingsfelt - jordspising, beiteadferd og metalloptak.
- JOHNSEN, I. V. & JOHNSEN, A. 2014. Overvåkning av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - resultater for 2013. FFI-rapport 2014/01519: Forsvarets forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. & JOHNSEN, A. 2017. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune - Resultater for 2016 og 2017. FFI-Rapport 17/17038: Forsvarets Forskningsinstitutt.
- JOHNSEN, I. V. & MARIUSSEN, E. 2017. Overvåking av sauer på Leksdal skyte- og øvingsfelt.
- JOHNSEN, I. V., MARIUSSEN, E. & VOIE, Ø. 2018. Assessment of intake of copper and lead by sheep grazing on a shooting range for small arms: a case study. *Environmental Science and Pollution Research*.
- KLIMA- & MILJØDEPARTEMENTET 2006. Forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften).
- MILJØDIREKTORATET 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn.
- MILJØDIREKTORATET 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota. M-608/2016.

-
- OTTESEN, R. T., BORGEN, J., BOLVIKEN, B., T., V. & HAUGLUND, T. 2000. *Geokjemisk atlas for Norge, del 1:Kjemisk sammensetning av flomsedimenter*, Norges geologiske undersøkelse.
- STRØMSENG, A. E., LJØNES, M., BAKKA, L. & MARIUSSEN, E. 2009. Episodic discharge of lead, copper and antimony from a Norwegian small arm shooting range. *Journal of Environ Monitoring*, 11, 1259-67.

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFIs FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

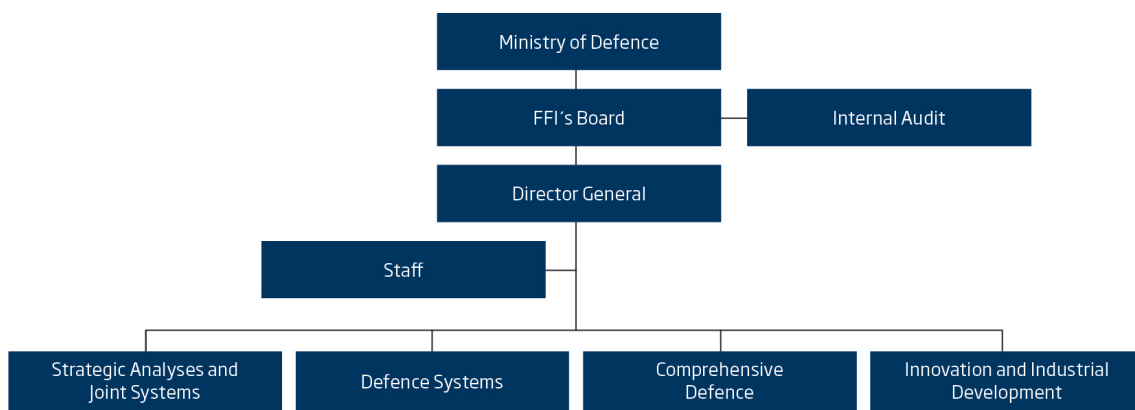
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no