



FFI Forsvarets
forskningsinstitutt

21/01815

FFI-RAPPORT

Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune

– resultater for 2020

Ida Vaa Johnsen

Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2020

Ida Vaa Johnsen

Emneord

Tungmetaller
Ammunisjon
Destruksjon
Forurensning

FFI-rapport

21/01815

Prosjektnummer

5493

Elektronisk ISBN

978-82-464-3371-4

Engelsk tittel

Monitoring of heavy metal contamination at the Norwegian Armed Forces munitions demolition facility in Lærdal municipality – results from 2020

Godkjenner

Øyvind 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.

Sammendrag

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 Tønjumdalen. 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 2020 fra både Øyradalen og Tønjumdalen.

Resultatene viser at 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 2020 på 461 mg/kg. Denne konsentrasjonen var på nivå med det som ble målt i 2019 (516 mg/kg). Det var også et noe forhøyet nivå av bly og sink, mens konsentrasjonen av de andre målte metallene var på bakgrunnsnivå. Konsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet har de siste årene (siden 2016) vist en liten antydning til økning, men det var ingen økning fra 2019 (108 mg/kg) til 2020 (104 mg/kg). 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 alle prøvepunktene under grenseverdiene satt for ferskvann på 7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L. På bakgrunn av dette kan effekt på vannlevende organismer i Nivla utelukkes.

I Tønjumdalen 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 Tønjumdalen. Nivået av metaller var her under det en forventer skal gi effekter på vannlevende organismer eller utgjøre en helserisiko.

Konsentrasjonen av metaller i jord og vann i destruksjonsområdene i Tønjumdalen og Øyradalen utgjør en lav risiko for mennesker og lokal fauna. Imidlertid er det usikkert om dette risikobildet kan endre seg fremover, da det fortsatt er demoleringsaktivitet i området. FFI anbefaler derfor videre overvåking.

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, the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) carried out an evaluation of the results from this monitoring, 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 2020.

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 461 mg/kg in 2020. This concentration was similar to the concentration measured in 2019 (516 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), but there was no increase from 2019 (108 mg/kg) to 2020 (104 mg/kg). 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 totally excluded. In the river Nivla, which runs through the demolition area, the concentration of copper and lead did not exceed the limit value in any 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 is negligible.

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 2020 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.

The concentration of metals in soil and water at the demolition areas in Tønjumdalen and Øyradalen pose a low risk to humans and local fauna. However, it is uncertain whether the risk will change in the future, as these areas are still in use. FFI therefore recommends further monitoring.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	7
1 Innledning	9
1.1 Tilstandsklasser og grenseverdier	11
2 Materialer og metoder	14
2.1 Analyse	16
3 Resultater og diskusjon	17
3.1 Øyradalen	17
3.1.1 Kobber i jord	17
3.1.2 Bly i jord	18
3.1.3 Andre metaller	20
3.1.4 Metaller i vann	21
3.2 Tønjumdalen	23
3.2.1 Metaller i jord	23
3.2.2 Metaller i vann	25
4 Vurdering av risiko	26
4.1 Øyradalen	26
4.2 Tønjumdalen	26
5 Konklusjon	28
5.1 Øyradalen	28
5.2 Tønjumdalen	28
5.3 Samlet konklusjon	29
Vedlegg	30
A Prøvepunktets posisjon	30

B Analyserapport	32
B.1 Jord	32
B.2 Vann	35
Referanser	37

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.

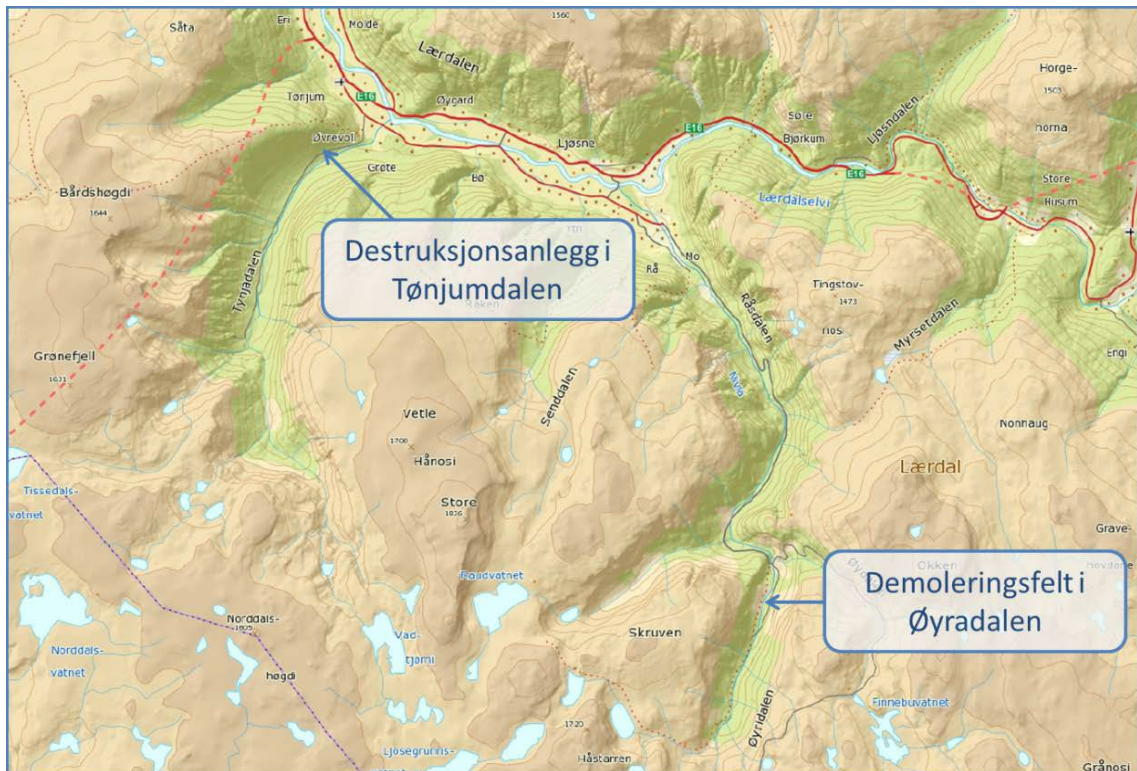
Kjeller, 20.oktober 2021

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 Tønjudalen i Lærdal kommune. Kartgrunnlag: Statens kartverk.



Figur 1.2 Demoleringsgropene på destruksjonsanlegget i Øyradalen slik de så ut i 2006.

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 er presentert i 10 FFI-rapporter (Johnsen, 2009b, Johnsen, 2010, Johnsen, 2011, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen, 2015, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2020).

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 (Johnsen, 2010, Johnsen og Voie, 2012, Johnsen, 2013, Johnsen og Johnsen, 2014, Johnsen og Johnsen, 2017, Johnsen, 2019, Johnsen, 2015, Johnsen, 2009b, Johnsen, 2020).

I denne rapporten blir resultatene fra overvåkingen av tungmetallforurensning i 2020 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-EQS, basert på PNEC for akutt eksponering. Drikkevannsforskriften spesifiserer egne grenseverdier (Tabell 1.3) for bruk av vann til drikkevann (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017). 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.	Sentrumsområder, 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, 2017).

	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.

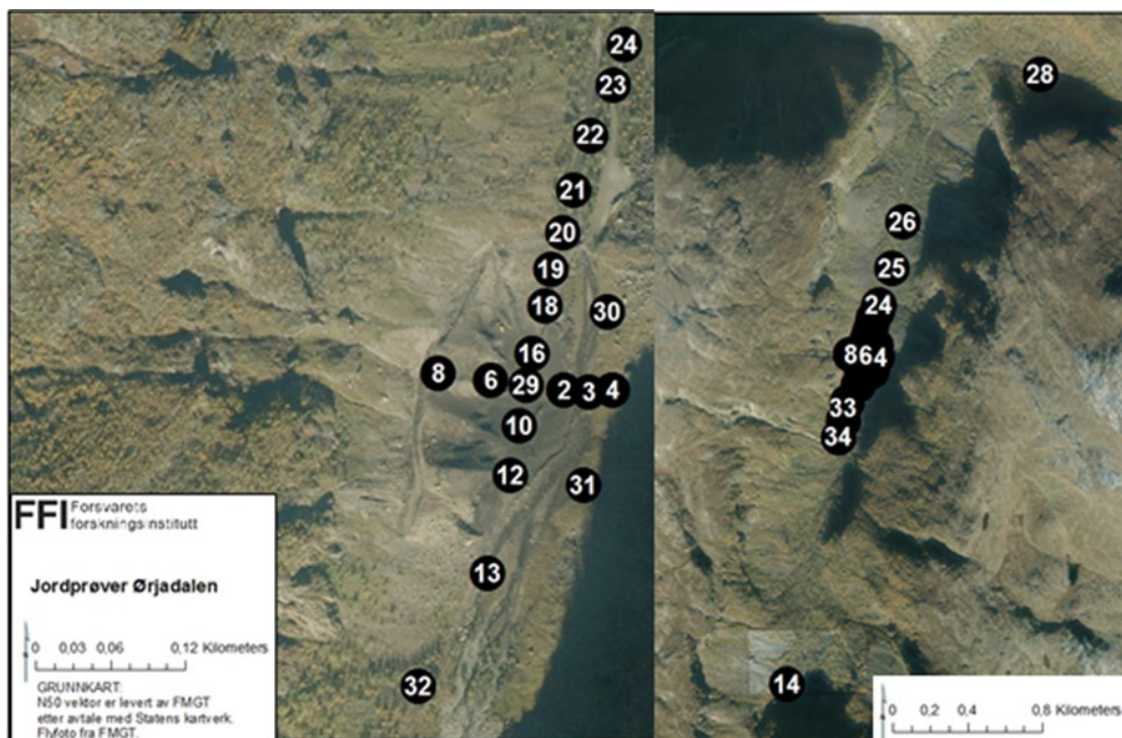
Miljøkvalitetsstandardene er derfor delt inn i fem klasser (klasse 1: < 40 mg CaCO₃/L, klasse 2: 40 til < 50 mg CaCO₃/L, klasse 3: 50 til < 100 mg CaCO₃/L, klasse 4: 100 til < 200 mg CaCO₃/L og klasse 5: ≥ 200 mg CaCO₃/L).

2 Materialer og metoder

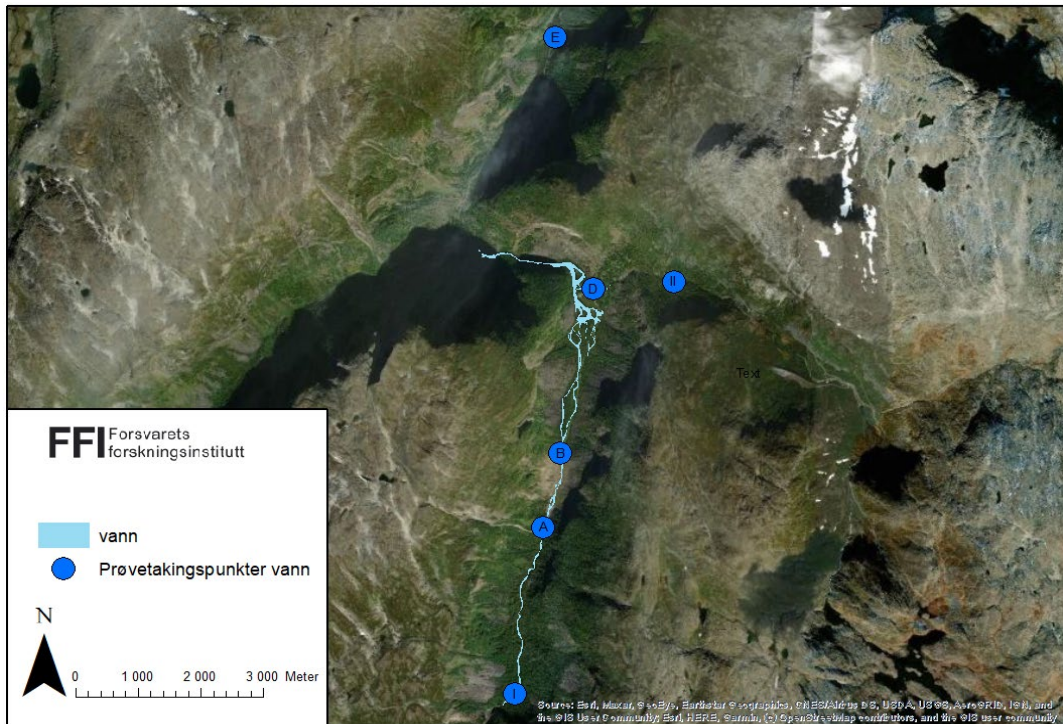
Prøvetakingen i 2020 ble foretatt av Einar Trulssen og hans medarbeidere ved Forsvarets destruksjonsanlegg i Lærdal. Det ble tatt prøver av jord fra de samme prøvepunktene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2019 (Johnsen, 2020). Prøvepunkt 5 som tidligere år har blitt prøvetatt, ble skylt bort av flom i 2014. Prøvepunktet finnes dermed ikke lenger. Det ble tatt vannprøver ved de samme stasjonene i Øyradalen og Tønjumdalen som i 2019 (Johnsen, 2020).

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 merkepinner 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.

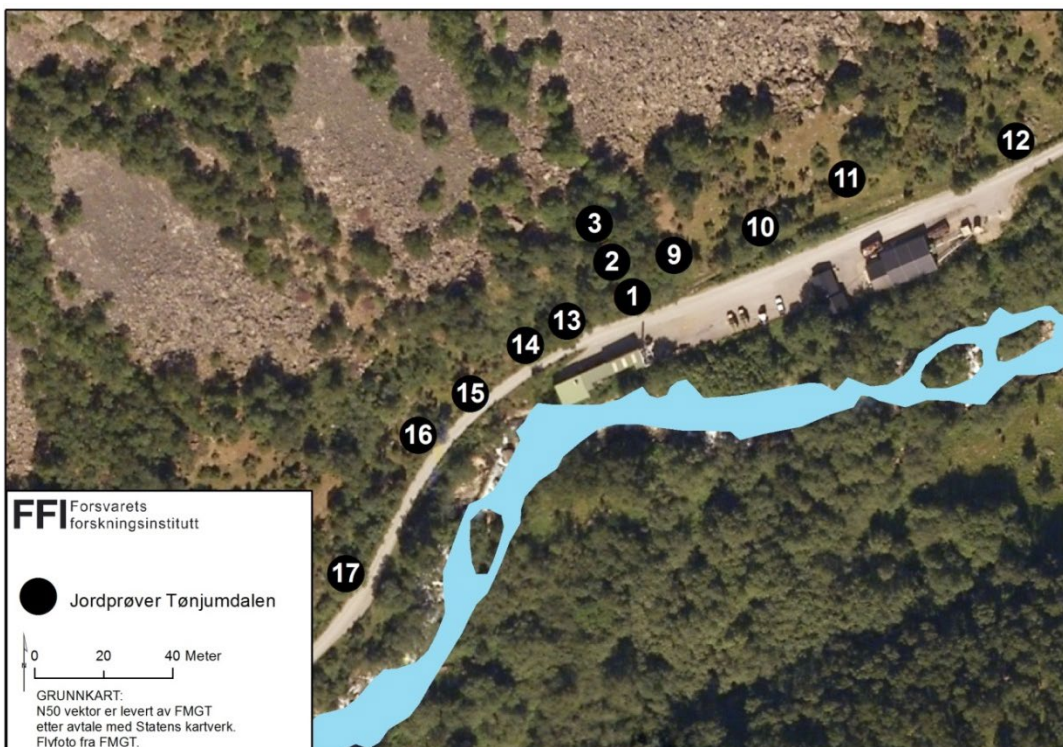
En oversikt over lokaliseringen til jordprøvene i Øyradalen er vist i Figur 2.1, mens det er gitt en oversikt over lokaliseringen til vannprøvene i Figur 2.2. Lokaliseringen til jordprøvene i Tønjumdalen er vist i Figur 2.3, mens lokaliseringen av vannprøvene er vist i Figur 2.4.



Figur 2.1 Oversikt over lokaliseringen til jordprøvene tatt i Øyradalen 2020.



Figur 2.2 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Øyradalen i 2020.



Figur 2.3 Oversikt over lokaliseringen til jordprøver tatt i Tønjumdalen i 2020.



Figur 2.4 Oversikt over lokaliseringen til vannprøver tatt i Kuvella i 2020.

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 syre (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).

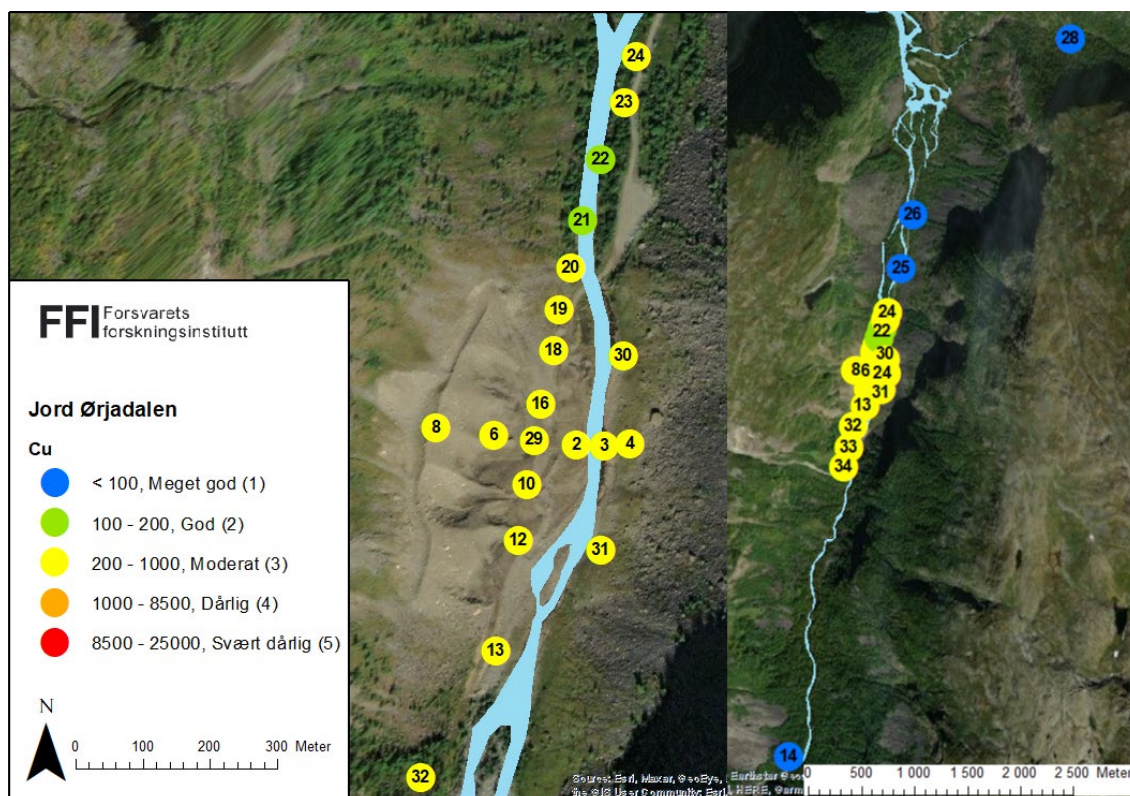
3 Resultater og diskusjon

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

3.1 Øyradalen

3.1.1 Kobber i jord

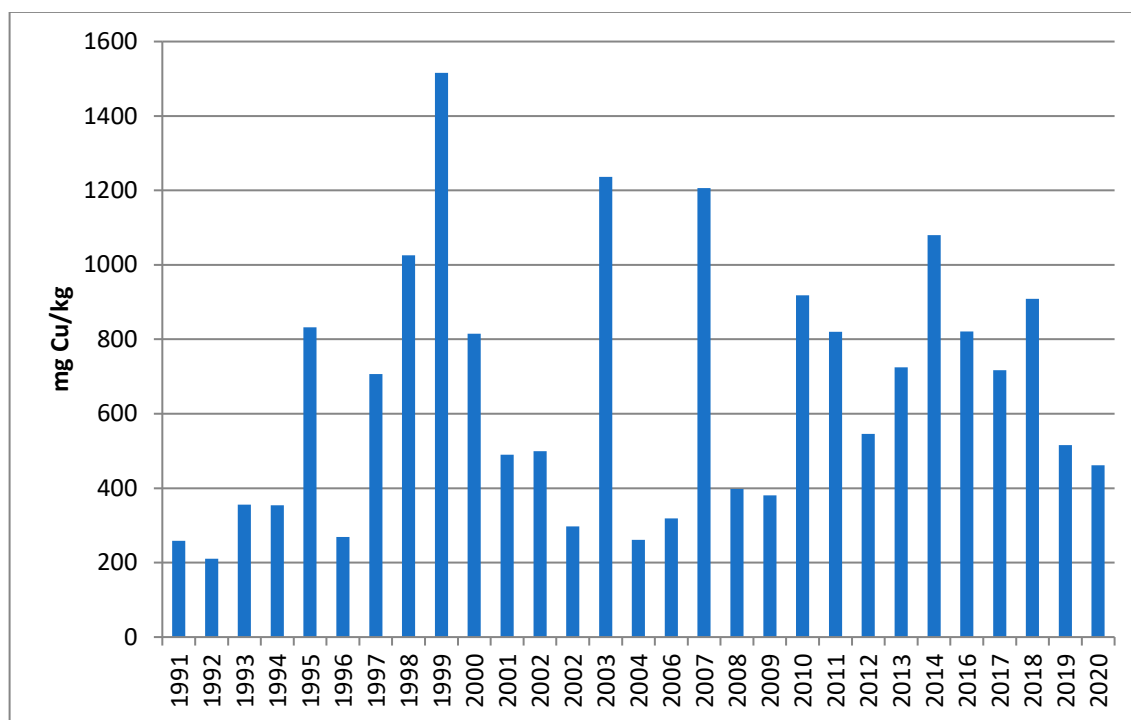
Figur 3.1 viser konsentrasjonsnivåer av kobber (Cu) i alle prøvene som ble analysert i Øyradalen i 2020. Alle prøvene i destruksjonsområdet fra 2020 hadde kobberkonsentrasjon i jorda som tilsvarte tilstandsklasse "Moderat" (Miljødirektoratet, 2009) eller bedre. Dette er tilsvarende det som ble funnet i 2019, men en nedgang fra 2018 da fire av prøvene hadde kobberkonsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse «Dårlig». De høyeste konsentrasjonene (>700 mg/kg) ble målt i prøvepunkt 13, 23, 31 og 32. I 2020 var den maksimale konsentrasjonen på 786 mg/kg målt i prøvepunkt 31. Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen i 2019, 959 mg/kg målt i prøvepunkt 32. Innover i dalen fra prøvepunkt 32 avtok kobberkonsentrasjonen og ved prøvepunkt 14 var konsentrasjonen på bakgrunnsnivå. På samme måte avtok konsentrasjonen nordover, ut fra demoleringsfeltet, og var i punkt 25 på bakgrunnsnivå.



Figur 3.1 Konsentrasjonsnivåer av kobber i jordprøver tatt fra Øyradalen i 2020. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).

Konsentrasjonen av kobber i jordprøver tatt høsten 2020 var stort sett på samme nivå eller noe lavere enn prøvene tatt høsten 2019. Analysene viste at demoleringsområdet hadde en forhøyet konsentrasjon (maks 786 mg/kg i prøvepunkt 31) av kobber sammenlignet med referanseprøven lengst sør og nord i dalen (prøvepunkt 14 og 28, henholdsvis 56 og 43 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 2020 på 461 mg/kg. Dette klassifiserte jorden i tilstandsklasse "Moderat" (Miljødirektoratet, 2009). Til sammenlikning var gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet i 2019 516 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 2020 noe lavere enn det som er blitt målt de siste årene.

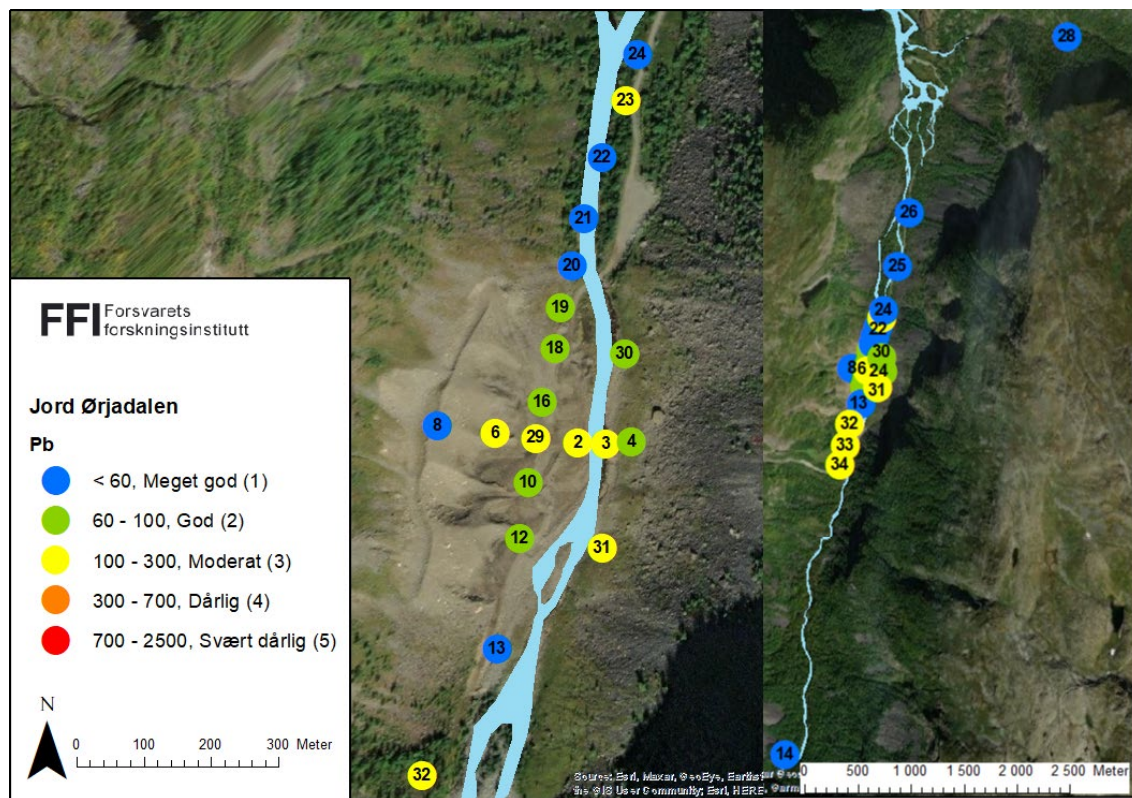


Figur 3.2 Gjennomsnittskonsentrasjon av kobber i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 prøvepunkter) fra 1991 til 2020.

3.1.2 Bly i jord

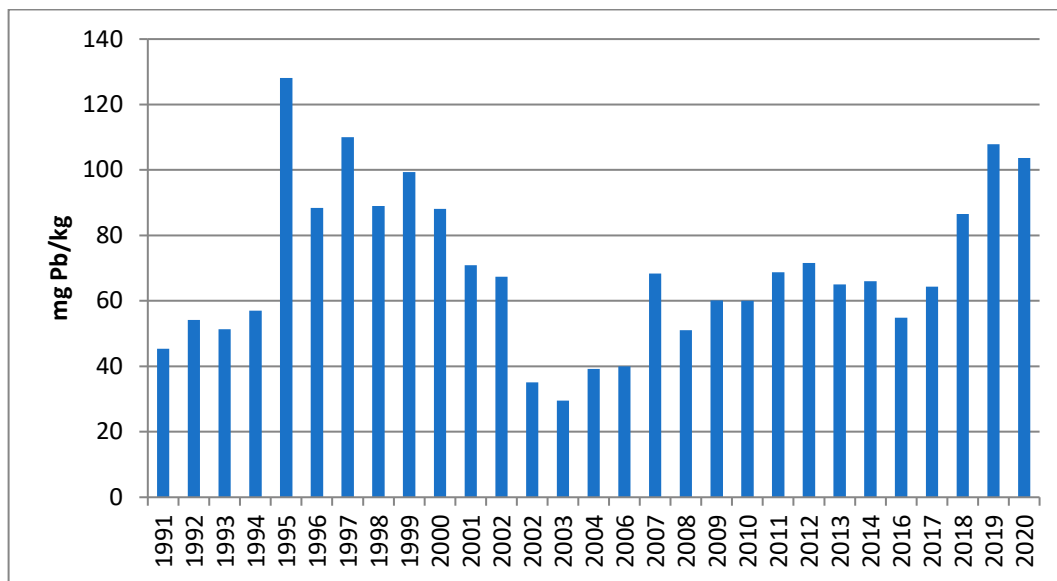
Figur 3.3 viser konsentrasjonsnivåer av bly (Pb) i alle prøvene som ble tatt i Øyradalen i 2020. Blykonsentrasjonen i alle jordprøvene kunne klassifiseres i tilstandsklasse "Moderat" eller bedre. De høyeste blykonsentrasjonene (>150 mg/kg) ble funnet i prøvepunkt 2, 23, 29 og 32. Den maksimale blykonsentrasjonen som ble funnet i 2020 var på 176 mg/kg i prøvepunkt 29. Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen i 2019 henholdsvis 187 mg/kg 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.



Figur 3.3 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Ørjadalen i 2020. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).

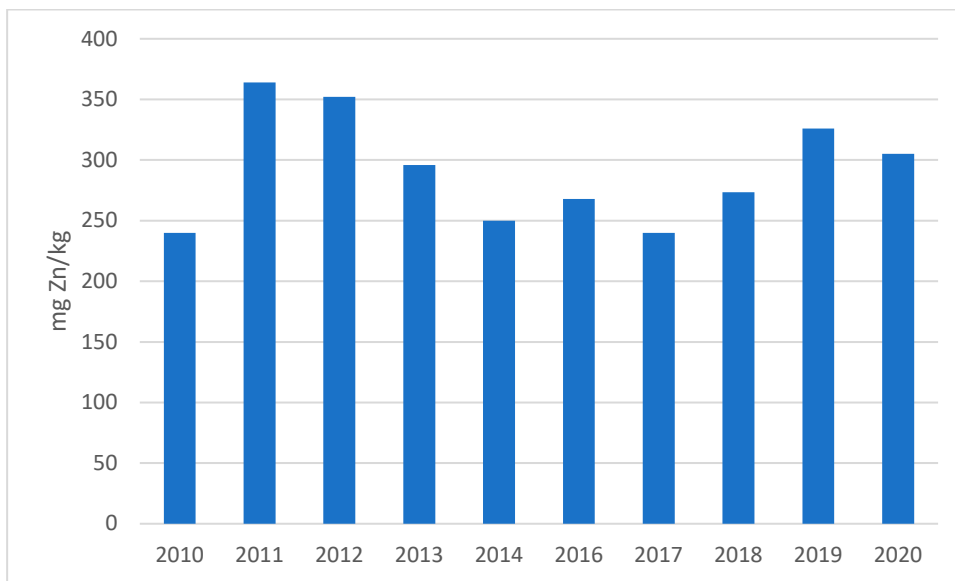
Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av bly i demoleringsområdet (prøvepunkt 2, 6, 8, 10, 12, 16, 18, 19 og 29) var 104 mg/kg i 2020. Denne konsentrasjonen av bly klassifiserer området i tilstandsklasse «Moderat» i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 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 40-100 mg/kg, men med noen årlige variasjoner. Årets konsentrasjon var på nivå med fjorårets konsentrasjon (108 mg/kg). Det vil alltid være årlige variasjoner som følge av aktiviteten i demoleringsområdet og prøvetaking, samt usikkerhet i kjemiske 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 3.4 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 punkter) fra 1991 til 2020.

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 305 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). Til sammenlikning var gjennomsnittlig konsentrasjon i demoleringsfeltet i 2019 326 mg/kg. Den høyeste sinkkonsentrasjonen ble målt i prøvepunkt 32 og var på 633 mg/kg, til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen i 2019 funnet i prøvepunkt 33, og var på 680 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 2010-2020 er vist Figur 3.5. Konsentrasjonen av sink målt i 2020 var på nivå med det som har blitt funnet tidligere år.



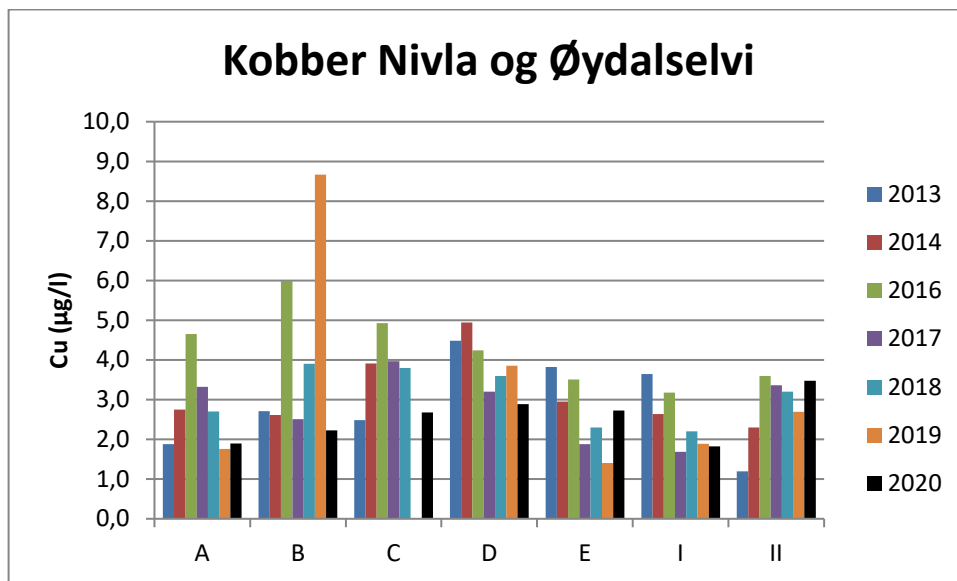
Figur 3.5 Gjennomsnittskonsentrasjon av sink i demoleringsfeltet i Øyradalen (9 punkter) fra 2010 til 2020.

Av de andre metallene som ble målt i jordprøvene fra Øyradalen (nikkel, krom og kadmium) var det normale konsentrasjoner, og nivåene lå i tilstandsklasse "Meget god" eller "God" (Tabell 1.1). Analyseresultatene med oversikt over de målte konsentrasjonene av disse metallene er vist i Vedlegg B.

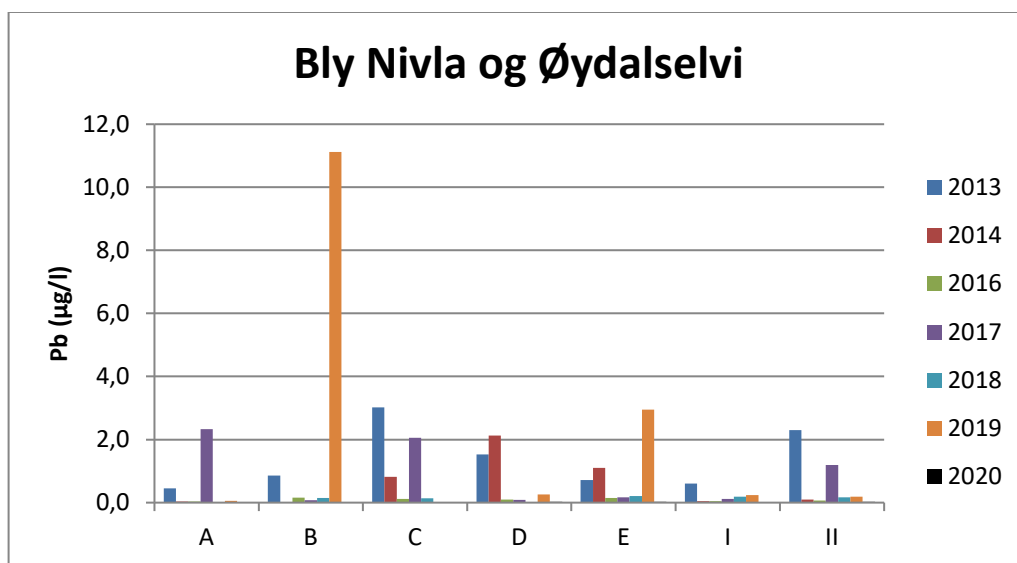
Fordi konsentrasjoner av andre metaller enn kobber og bly har holdt seg jevnt stabil i tilstandsklasse «god» og «meget god» over lang tid, kan det tenkes at det vil være unødvendig å overvåke disse metallene fremover.

3.1.4 Metaller i vann

I 2020 ble det tatt vannprøver i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen og Figur 2.2 viser lokaliseringen av disse. I Figur 3.6 vises en oversikt over konsentrasjonen av kobber ved de ulike prøvestasjonene, mens Figur 3.7 viser samme oversikt for bly. Resultatene fra målingen i 2013-2019 er tatt med for sammenligningens skyld. 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 alle prøvepunktene var kobberkonsentrasjonen relativt lik tidligere år. Blykonsentrasjonen i alle prøvepunktene var i 2020 lavere enn tidligere år, og var i de fleste tilfeller ikke over deteksjonsgrensen til metoden. Det var ingen tydelig avrenning av hverken kobber eller bly gjennom demoleringsfeltet i 2020. Dette kan skyldes tidspunktet prøven ble tatt på, for eksempel kan lav vannføring føre til mindre avrenning, eller det kan skyldes at den faktiske avrenningen har avtatt.



Figur 3.6 Konsentrasjon av kobber i Nivla og Øydalselvi i Øyradalen fra 2012 til 2020. Se Figur 2.2 for lokalisering av vannprøver.



Figur 3.7 Konsentrasjon av bly i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) fra 2012 til 2020. Konsentrasjoner målt i 2020 er så lave sammenliknet med noen av de andre årene, at de knapt er synlig i figuren. 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). Det var ingen tydelige tegn til økt avrenning av metaller gjennom demoleringsfeltet. Alle krom-, kobber-, sink-, kadmium- og blykonsentrasjonene målt i 2020 var i tilstandsklasse «God» eller «Meget god», og konsentrasjonene var derfor også under AA-EQS. Dette betyr at metallkonsentrasjonene i vannet ikke er skadelig for vannlevende organismer. Konsentrasjonen

av krom, kobber, sink, kadmium og bly var langt under de krav som stilles til drikkevann i Drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017), noe som tilsier at metallkonsentrasjonene i vannet ikke er til skade for mennesker.

Tabell 3.1 *Konsentrasjon av metaller i Nivla og Øydalselvi (Øyradalen) i prøver fra 2020. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklassene vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn, veldig god, og grønn = God.*

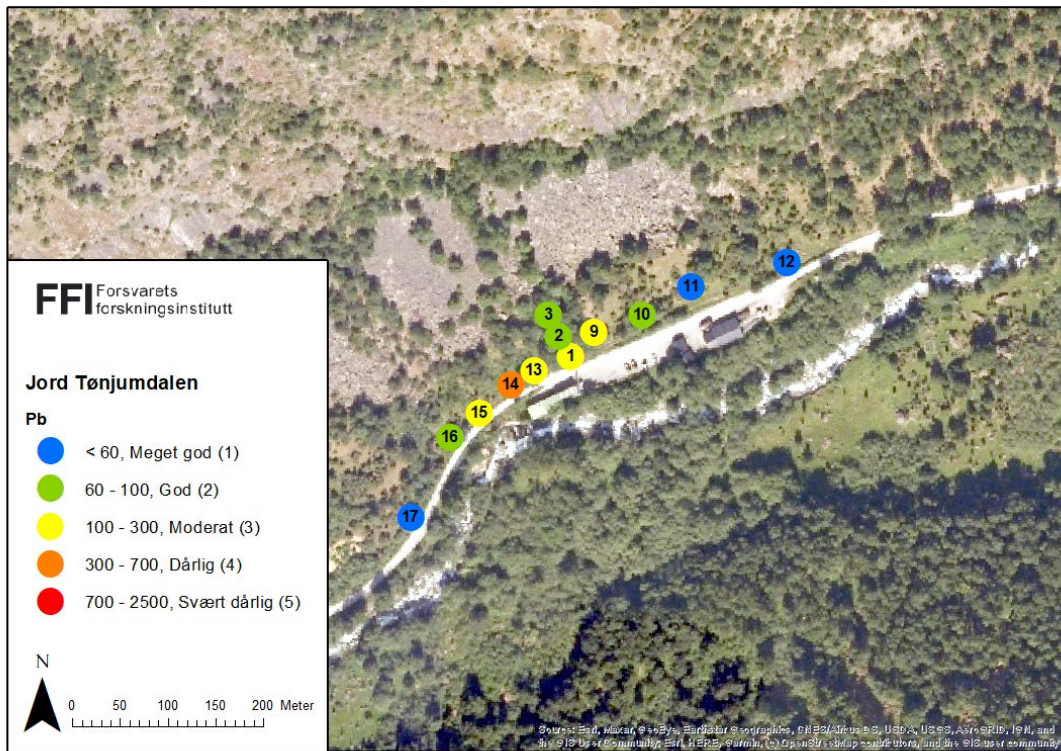
Prøvepunkt	Cr µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l
A	0,05	1,9	0,4	<0,01	0,023
B	0,04	2,2	2,0	0,011	0,025
C	0,05	2,7	3,3	0,018	<0,01
D	0,10	2,9	1,3	<0,01	0,028
E	0,04	2,7	4,0	0,012	0,031
I	0,06	1,8	0,5	<0,01	0,043
II	0,12	3,5	3,1	0,012	0,034

3.2 Tønjumdalen

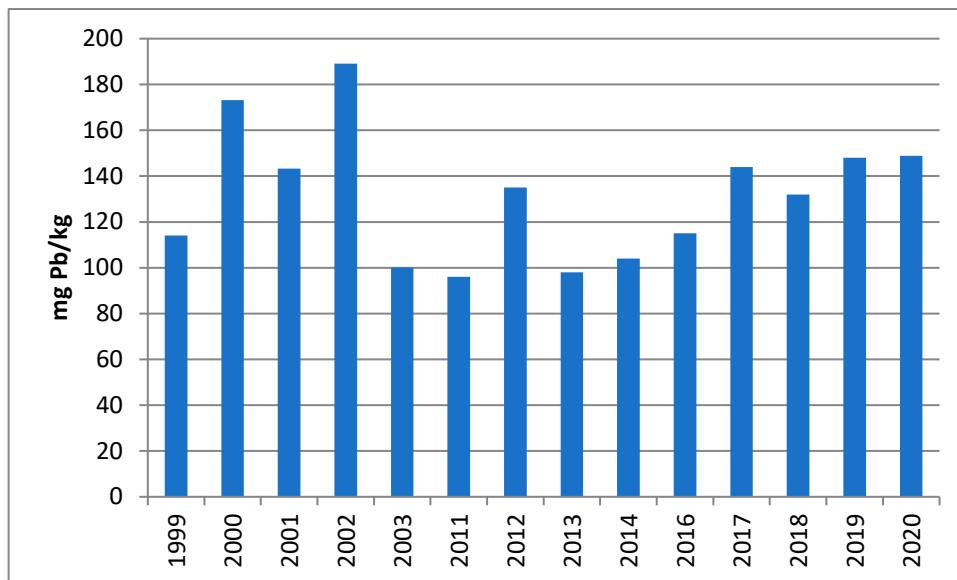
3.2.1 Metaller i jord

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 393 mg/kg, til sammenlikning ble den høyeste konsentrasjonen i 2019 målt i prøvepunkt 14 og var på 322 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 149 mg/kg. Til sammenlikning var tilsvarende tall for 2019 148 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i Tønjumdalen de siste årene er illustrert i Figur 3.6 og var i 2020 i tilstandsklasse "Moderat" i henhold til de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009). Det ses en svakt stigende trend i konsentrasjonen til bly de siste årene.

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



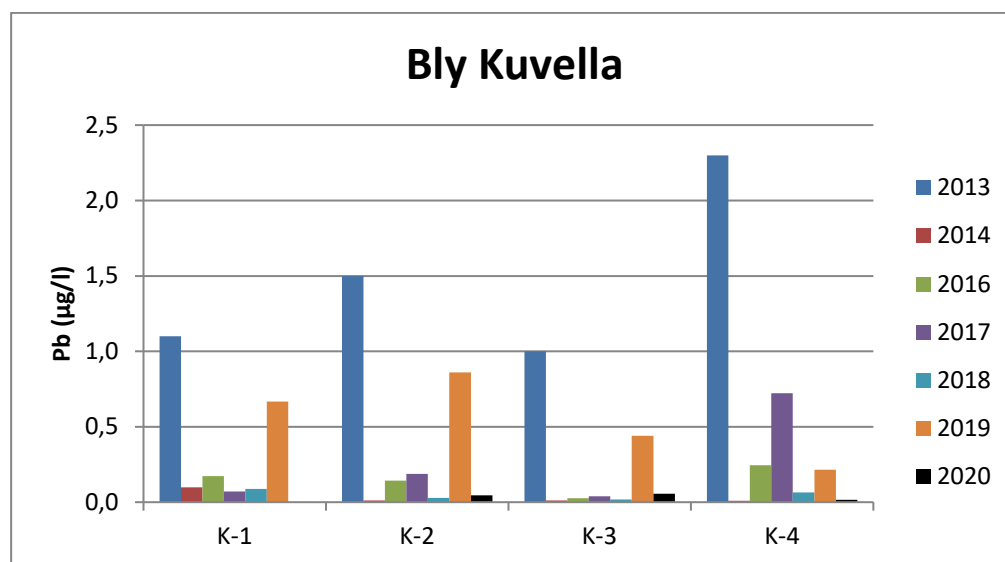
Figur 3.8 Konsentrasjonsnivåer av bly i jordprøver tatt fra Tønjudalen i 2020. Verdiene er gruppert etter helsebaserte tilstandsklasser (Tabell 1.1).



Figur 3.9 Gjennomsnittskonsentrasjon av bly i overflatejord ved destruksjonsanlegget i Tønjudalen fra 1999 til 2020 (prøvepunkt 1, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 og 16).

3.2.2 Metaller i vann

Konsentrasjonen av bly i Kuvella de siste årene er illustrert i Figur 3.9, mens resultatene etter analyse er vist i Tabell 3.2. Blykonsentrasjonen målt i Kuvella var lavere enn det som er målt tidligere år. Det var i 2020 ingen antydning til at nivået av bly i Kuvella økte nedstrøms destruksjonsanlegget.



Figur 3.10 Konsentrasjon av bly i Kuvella (Tønjumdalen) fra 2013 til 2020.

Konsentrasjonen av de analyserte metallene i vannet fra Kuvella var i tilstandsklasse “Bakgrunn” og “God” (Miljødirektoratet, 2016) og var samtidig under grenseverdien AA-EQS (Klima- og miljødepartementet, 2006) og drikkevannsnormen (Helse- og omsorgsdepartementet, 2017). Ettersom det ble målt svært lave konsentrasjoner av metaller i Kuvella, kan det utelukkes at innholdet av metaller i vannet kan være skadelig for mennesker eller vannlevende organismer.

Tabell 3.2 Konsentrasjon av metaller i vannprøver tatt i Kuvella (Tønjumdalen) i 2020. Konsentrasjonene er markert med fargekoder etter tilstandsklasser vist i Tabell 1.2; blå = Bakgrunn og grønn = God.

Prøvepunkt	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
K-1	0,02	0,33	1,44	<0,01	<0,01
K-2	0,01	0,44	1,67	<0,01	0,061
K-3	0,02	0,38	1,55	<0,01	0,070
K-4	0,01	0,10	0,01	<0,01	0,032

4 Vurdering av risiko

4.1 Øyradalen

Konsentrasjonen av kobber i Øyradalen har vært synkende de siste årene. Det har vært en økende trend i blykonsentrasjon fra 2016 til 2019 i jord i Ørjadalen. Dette ser ut til å ha stagnert i 2020, med en liten nedgang i konsentrasjon. Etter som det er lite endringer i metallkonsentrasjoner, opprettholdes de vurderinger som tidligere er gjort av risiko. 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.

De målte konsentrasjonene av kobber og bly i Nivla og Øydalselvi var under grenseverdien (7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/L) i alle prøvepunktene. 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 ut i fra målinger utført i 2020 utelukkes. Det er for øvrig kjent at metallkonsentrasjon i vann kan variere mye i løpet av en sesong, og fra sesong til sesong, avhengig av blant annet vannføring.

4.2 Tønjumdalen

Det er kun en svak økende trend i konsentrasjon av bly i jord rundt demoleringsanlegget i Tønjumdalen, og konsentrasjonen målt i 2020 var på nivå med det som ble målt i 2019. Konsentrasjonen av bly er klassifisert i tilstandsklasse «Moderat». Området som er forurenset av bly er lite og vil sannsynligvis ikke utgjøre noen risiko for hverken mennesker eller dyr. De risikovurderinger som ble gjort i 2020 med bakgrunn i resultater fra 2019, 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 “Meget god” og “God”, samtidig som konsentrasjonen var under grenseverdien AA-EQS og drikkevannsnormen. 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 gjennomsnittskonsentrasjonen av kobber i demoleringsfeltet var høsten 2020, 461 mg/kg, og jorda kunne klassifiseres som "Moderat" forurenset. Konsentrasjonen av kobber i 2020 var på samme nivå som i 2019 (516 mg/kg).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av bly i demoleringsfeltet ble beregnet til 104 mg/kg i 2020 og klassifiseres som "Moderat" i de helsebaserte tilstandsklassene for forurenset grunn. Konsentrasjonen i 2020 er på nivå med 2019 (108 mg/kg).

Konsentrasjonen av sink var noe forhøyet i demoleringsfeltet (tilstandsklasse "God") i forhold til referansestasjonen, og var i 2020 på nivå med det som ble målt i 2019. Det ble ikke registrert konsentrasjoner av andre ammunisjonsrelaterte metaller over det som anses som bakgrunnskonsentrasjon for området.

Konsentrasjonen av kobber målt i Nivla i 2020 var jevnt over på nivå med det som har blitt målt tidligere. I 2020 var konsentrasjonen av bly i alle prøvepunkter lavere enn det som har blitt målt tidligere. Ingen av prøvepunktene hadde bly- eller kobberkonsentrasjoner som oversteg grenseverdien i ferskvann (7,8 µg Cu/L og 1,2 µg Pb/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. Basert på årets vannprøver, anses det ikke som sannsynlig at metallkonsentrasjoner utgjør noen risiko for vannlevende organismer.

Det anbefales å fortsette overvåkingen av området for å dokumentere endring i forurensningsnivået og avrenning fra området, men det kan tenkes at det kun er kobber og bly som trengs å overvåkes videre, da konsentrasjoner av de andre metallene har holdt seg stabilt lav de senere årene.

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 149 mg/kg, noe som er på nivå med målingene fra 2019. 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 “Meget god” og “God”. Nivået av metaller som ble registrert i Kuvella vil ikke utgjøre noen helserisiko eller ha effekt på vannlevende organismer i elven.

Det er en svakt stigende trend i konsentrasjonen av bly rundt destruksjonsanlegget og det anbefales derfor å fortsette overvåkingen av området, for å dokumentere endringer.

5.3 Samlet konklusjon

Basert på forekomst av metaller i jord og vannprøver fra både Tønjumdalen og Ørjadalen, er det lav risiko for mennesker og lokal fauna. Imidlertid er det usikkert om dette risikobildet kan endre seg fremover da det fortsatt er demoleringsaktivitet i området. FFI anbefaler derfor videre overvåking.

Vedlegg

A Prøvepunktets 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

B.1 Jord



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 28.06.21

Analyserapport

Side 1 av 3

Analyserapport

Oppdragsgiver:
Anmerkninger: Analyse jord

Antall prøver: 38

Analyserapporten gjelder følgende analyser:

Analyse- parametere	Måleområde mg/kg
Krom, Cr	0,1-1000
Nikkel, Ni	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 3 sider. Analyserapporten gjelder analyse av prøvene slik de ble mottatt av FFI. Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning av FFI.

Kjeller, 28.06.21

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen Innvalg : 63 80 78 04 Telefax : 63 80 75 09 Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA
Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller Sentralbord : 63 80 70 00 Mil retn nr: 0505 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>	
20-789	Ørjadalen-øst	2
20-790	Ørjadalen-øst	3
20-791	Ørjadalen-øst	4
20-792	Ørjadalen-vest	6
20-793	Ørjadalen-vest	8
20-794	Ørjadalen-sør	10
20-795	Ørjadalen-sør	12
20-796	Ørjadalen-sør	13
20-797	Ørjadalen-sør (vakthytte)	14
20-798	Ørjadalen-nord	16
20-799	Ørjadalen-nord	18
20-800	Ørjadalen-nord	19
20-801	Ørjadalen-nord	20
20-802	Ørjadalen-nord	21
20-803	Ørjadalen-nord	22
20-804	Ørjadalen-nord	23
20-805	Ørjadalen-nord	24
20-806	Ørjadalen-nord	25
20-807	Ørjadalen-nord	26
20-808	Ørjadalen-nord	28
20-809	Ørjadalen-nullpunkt	29
20-810	Ørjadalen-NØ	30
20-811	Ørjadalen-SØ	31
20-812	Ørjadalen-sør	32
20-813	Ørjadalen-sør	33
20-814	Ørjadalen-sør	34
20-815	Tønjumdalen	1
20-816	Tønjumdalen	2
20-817	Tønjumdalen	3
20-818	Tønjumdalen	9
20-819	Tønjumdalen	10
20-820	Tønjumdalen	11
20-821	Tønjumdalen	12

<i>FFI-nr</i>	<i>Prøveidentifikasjon</i>	
20-822	Tønjumdalen	13
20-823	Tønjumdalen	14
20-824	Tønjumdalen	15
20-825	Tønjumdalen	16
20-826	Tønjumdalen	17

Analyse av metaller



FFI-nr.	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Cu mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
20-789	64,8	58	567	360	2,2	151
20-790	82,1	80	435	317	3,6	107
20-791	64,5	72	464	420	3,3	78
20-792	52,8	49	439	288	3,6	148
20-793	64,1	42	241	159	0,8	29
20-794	56,4	55	426	277	2,3	93
20-795	58,5	52	517	262	2,3	97
20-796	52,5	46	700	211	1,1	51
20-797	55,0	39	559	279	3,9	20
20-798	56,1	48	467	365	5,9	69
20-799	71,9	85	575	308	2,3	83
20-800	66,1	83	447	404	1,9	88
20-801	38,1	55	255	251	1,7	45
20-802	50,2	38	189	129	0,7	25
20-803	54,5	41	190	139	0,6	27
20-804	67,2	58	773	632	6,3	173
20-805	41,7	27	201	162	1,6	47
20-806	58,8	27	93	93	0,6	28
20-807	43,8	13	84	276	0,8	53
20-808	35,0	25	43	55	0,1	9
20-809	51,1	56	475	323	3,5	176
20-810	64,4	77	466	327	2,6	69
20-811	65,3	72	786	328	1,8	143
20-812	70,2	71	709	633	3,7	155
20-813	50,4	42	522	509	2,7	116
20-814	47,6	32	469	430	2,5	116
20-815	21,5	12	28	63	0,1	197
20-816	19,4	11	15	70	0,1	71
20-817	16,6	-	11	53	0,1	72
20-818	17,5	10	26	57	0,1	179
20-819	19,9	11	15	105	0,1	93
20-820	18,8	9	10	83	0,1	52
20-821	19,4	10	13	79	0,1	39
20-822	20,9	12	22	75	0,1	179
20-823	19,7	17	47	97	0,2	393
20-824	31,2	25	30	104	0,2	138
20-825	29,1	13	14	70	0,0	70
20-826	25,6	13	17	69	0,0	28

Analyse av metaller

B.2 Vann



Forsvarets forskningsinstitutt
Avdeling Totalforsvar

Dato: 28.06.21

Analyserapport

Side 1 av 2

Analyserapport

Oppdragsgiver:

Antall prøver: 11

Anmerkninger: Analyse vann

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, 28.06.21

Ida Vaa Johnsen

Saksbehandler : Ida Vaa Johnsen

Innvalg : 63 80 78 04

Telefax : 63 80 75 09

Organisasjonsnr: 970 963 340 MVA

Adresse : Postboks 25, 2007 Kjeller

Sentralbord : 63 80 70 00

Mil retn nr: 0505

Bankgiro: 7101.05.00030

Postgiro: 0801 5045745



ANALYSE AV METALLER

Instrument: ICP-MS, Thermo iCap TQ

Operator: Ida Vaa Johnsen

Prøve	Cr µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Pb µg/l
Ørjadalen A	0,05	1,9	0,4	0,006	0,023
Ørjadalen B	0,04	2,2	2,0	0,011	0,025
Ørjadalen C	0,05	2,7	3,3	0,018	0,000
Ørjadalen D	0,10	2,9	1,3	0,004	0,028
Ørjadalen E	0,04	2,7	4,0	0,012	0,031
Ørjadalen I	0,06	1,8	0,5	0,005	0,043
Ørjadalen II	0,12	3,5	3,1	0,012	0,034
Tønjumdalen k1	0,02	0,33	1,44	0,002	0,000
Tønjumdalen k2	0,01	0,44	1,67	0,003	0,061
Tønjumdalen k3	0,02	0,38	1,55	0,003	0,070
Tønjumdalen k4	0,01	0,10	0,01	0,000	0,032

Referanser

- HELSE- & OMSORGSDEPARTEMENTET 2017. 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. 2020. Overvåking av tungmetallforurensning ved Forsvarets destruksjonsanlegg for ammunisjon i Lærdal kommune – resultater for 2019
- 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.
- 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., BORGES, 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.

Om FFI

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

FFIs formål

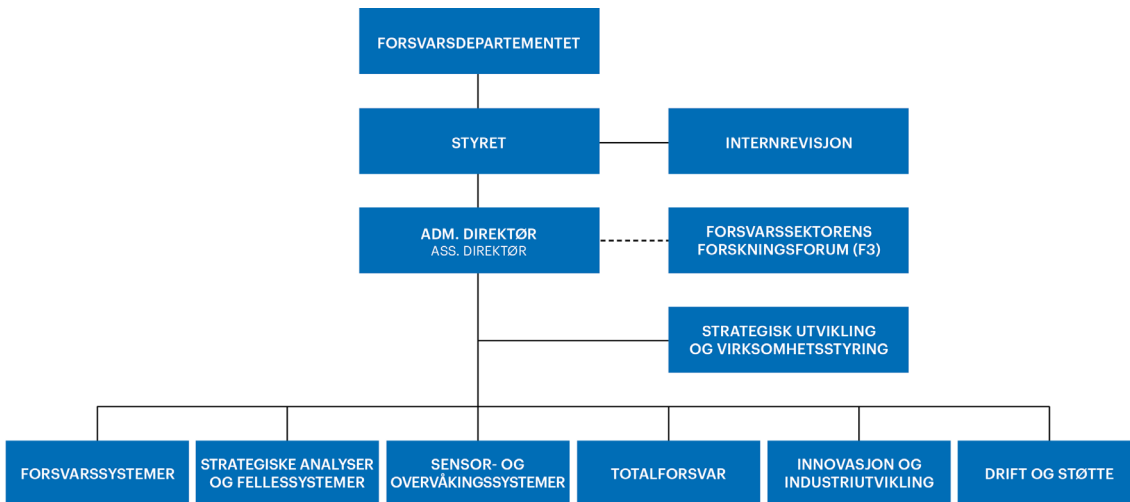
Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som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



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

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