

Nesje 19/9-2014



## OVERVÅKING AV AV- RENNING FRA NED- LAGTE SKYTE- OG ØVINGSFELT

*Årsrapport for 2014*

# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: www.niva.no

**NIVA Region Sør**

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

**NIVA Region Innlandet**

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

**NIVA Region Vest**

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

Tittel Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt - Årsrapport for 2014	Løpenr. (for bestilling) 6786-2015	Dato 27.01.2015
	FBSE-2014/24	Sider Pris 53 + vedlegg
	FB Arkiv nr. 2012/3353	
	Prosjektnr. Undernr. 14242	
Forfatter(e)  Øyvind A. Garmo	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Forsvarsbygg	Oppdragsreferanse Pål Skovli Henriksen
----------------------------------	---

<p>Sammendrag</p> <p>I 2014 har NIVA overvåket vannkvaliteten i avrenning fra de 12 skyte- og øvingsfelt Marka, Bømoen, Nedrebøheia, Tittelsnes, Nesje, Ørskogfjellet, Gurulia/Bue-Nebb, Banemyra, Steinkjersannan, Melbu/Haugtuva, Fredrikstad og Avgrunnsdalen. I tillegg har COWI overvåket avrenning ved Gimlemoen. Feltene Nedrebøheia og Bømoen har blitt ryddet, og her var tungmetallkonsentrasjonene lave. Eksplosivrester ble ikke påvist og overvåkingen kan avsluttes. Tungmetallkonsentrasjonene var lave i avrenning fra Marka og Melbu/Haugtuva, men relativt høye i avrenning fra Banemyra og Ørskogfjellet. Det vil de trolig fortsette å være fram til det eventuelt blir gjennomført tiltak. Ved Tittelsnes, Nesje, Gurulia/Bue-Nebb, Steinkjersannan, Avgrunnsdalen og Fredrikstad har det relativt nylig blitt gjennomført ulike tiltak, men bare i førstnevnte ser det ut til å ha hatt effekt på metallkonsentrasjonene i avrenning. I disse feltene bør overvåkingen fortsette for å følge utviklingen på litt lengre sikt. Bly er det viktigste forurensende stoffet som lekker ut fra de nedlagte skyte- og øvingsfeltene. Avrenningen av bly var høyest ved Gurulia/Bue-Nebb, Avgrunnsdalen og Ørskogfjellet og totalkonsentrasjonen var høyere enn gjeldende grenseverdi på 7,2 µg/L for bly i løsning.</p>
---

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Militære skytefelt</li> <li>Bly</li> <li>Metaller</li> <li>Forurensning</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Military shooting ranges</li> <li>Lead</li> <li>Metals</li> <li>Pollution</li> </ol>
--	--



Øyvind Garmo  
Prosjektleder



Elisabeth Lie  
Forskningsleder

**Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og  
øvingsfelt - Årsrapport for 2014**

## Forord

Forsvarsbygg Skifte Eiendom skal sanere og avhende en rekke skyte- og øvingsfelt som Forsvaret ikke lenger bruker. Det har blitt etablert et program for overvåking av forurensning i overflateavrenningen fra disse feltene. Hensikten er å skaffe tilveie data for vurdering av behovet for tiltak som begrenser spredning av forurensning i vann, samt følge opp effekten av tiltak i etterkant. Bioforsk har overvåket vannkvaliteten siden 2010 og gjennomførte også første prøvetakingsrunde i 2014. NIVA tok over i mai 2014.

Undertegnede har vært prosjektansvarlig hos NIVA og har sammen med Geir Dahl-Hansen (Akvaplan–niva), Sigurd Rognerud og Marthe Torunn Solhaug Jensen tatt vannprøvene. Espen Lund har laget kartene og Mette-Gun Nordheim har laget figurene. COWI har gjennomført overvåkingen ved Gimlemoen og skrevet om resultatene (Kap 3.13).

Hamar, 27. januar 2015

*Øyvind Garmo*

---

# Innhold

	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>Summary</b>	<b>6</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2. Prøvetaking og analyse</b>	<b>9</b>
<b>3. Resultater</b>	<b>10</b>
3.1 Marka	10
3.2 Nedrebøheia	12
3.3 Tittelsnes	15
3.4 Bømoen	17
3.5 Nesje	20
3.6 Ørskogfjellet	23
3.7 Gurulia og Bue-Nebb	26
3.8 Banemyra	30
3.9 Steinkjersannan	33
3.10 Melbu/Haugtuva	36
3.11 Avgrunnsdalen	39
3.12 Fredrikstad	42
3.13 Gimlemoen	45
<b>4. Diskusjon</b>	<b>49</b>
<b>5. Konklusjon</b>	<b>51</b>
<b>6. Litteratur</b>	<b>52</b>
<b>Vedlegg A.</b>	<b>54</b>

---

## Sammendrag

Overvåkingen i 2014 har bestått av tre runder med innhenting av vannprøver for bestemmelse av vannkjemiske variabler og tungmetaller i overflateavrenning fra de 12 skyte- og øvingsfeltene Marka, Bømoen, Nedrebøheia, Tittelsnes, Nesje, Ørskogfjellet, Gurulia/Bue-Nebb, Banemyra, Steinkjersannan, Melbu/Haugtuva, Fredrikstad og Avgrunnsdalen. Avrenningen fra de to førstnevnte ble dessuten analysert for eksplosivrester. I tillegg har COWI overvåket avrenning ved Gimlemoen.

Feltene Nedrebøheia og Bømoen har blitt ryddet og tungmetallkonsentrasjonene lave. Eksplosivrester ble ikke påvist og overvåkingen kan avsluttes. Tungmetallkonsentrasjonene var også lave ved Marka og Melbu Haugtuva, og det vil de trolig fortsette å være til det eventuelt blir anleggsvirksomhet i feltene. Videre overvåking kan derfor utsettes til opprydding starter. Konsentrasjonene av bly og kobber var relativt høye i avrenning fra Banemyra og Ørskogfjellet. Ved Tittelsnes, Nesje, Gurulia/Bue-Nebb, Steinkjersannan, Avgrunnsdalen og Fredrikstad har det relativt nylig blitt gjennomført tiltak (fjerning/erstatning av forurenset masse og i noen tilfeller arrondering og sedimentasjonsbassenger), men bare i førstnevnte ser det ut til å ha hatt effekt på metallkonsentrasjonene i avrenning. I disse feltene bør overvåkingen fortsette for å følge utviklingen på litt lengre sikt. Bly er det viktigste forurensende stoffet som lekker ut fra de nedlagte skyte- og øvingsfeltene. Avrenningen av bly var høyest ved Gurulia/Bue-Nebb, Avgrunnsdalen og Ørskogfjellet, og totalkonsentrasjonene var høyere enn gjeldende grenseverdi på 7,2 µg/L for bly i løsning.

## Summary

Title: Monitoring of run off from disused shooting ranges – Annual report for 2014

Year: 2015

Author: Øyvind A. Garmo

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6521-7

The monitoring in 2014 has comprised three rounds of water sampling for determination of water chemical variables and heavy metals in surface water run-off from the 12 shooting ranges: Marka, Bømoen, Nedrebøheia, Tittelsnes, Nesje, Ørskogfjellet, Gurulia/Bue-Nebb, Banemyra, Steinkjersannan, Melbu/Haugtuva, Fredrikstad, and Avgrunnsdalen. The run-off from the former two was also analysed for residuals of components in explosives. In addition, COWI has monitored the run-off from Gimlemoen.

The shooting ranges Nedrebøheia and Bømoen have been cleaned up and concentrations of heavy metals were low. Explosive residuals were not detected and monitoring is no longer required. Heavy metal concentrations were also low at Marka and Melbu/Haugtuva, and they will likely continue to be low until works starts in the shooting ranges. Further monitoring can be postponed until cleanup operations starts. Concentrations of lead and copper were relatively high in run-off from Banemyra and Ørskogfjellet. Tittelsnes, Nesje, Gurulia/Bue-Nebb, Steinkjersannan, Avgrunnsdalen and Fredrikstad were cleaned up recently, but it is only in the former that it appears to have had effect on the metal concentration in run off. In these shooting ranges monitoring should continue in order to follow the development on a longer time scale. Lead is the most important pollutant leaking out of the disused shooting ranges. The highest run-off of lead was found at Gurulia/Bue-Nebb, Avgrunnsdalen and Ørskogfjellet, and total concentrations were higher than environmental quality standard of 7.2 µg/L dissolved lead.

# 1. Innledning

I 2005 ble 27 skyte- og øvingsfelt (SØF) utrangert av Forsvaret. Etter mange års bruk kan det ha blitt akkumulert betydelige mengder tungmetaller i slike områder. Mesteparten kommer fra bruk av håndvåpen. I utrangerte SØF har det hovedsakelig blitt brukt kobber-mantlede blyprosjektiler som inneholder omtrent 60 % bly, 30 % kobber, 7 % antimon og 3 % sink (masse/masse) (Strømseng og Ljønes, 2002). Disse har havnet i skytevoller der slike har vært bygd. I mange av feltene har det også foregått såkalt feltskyting, som gir mer spredt forurensning av prosjektiler. I noen av feltene har det også blitt brukt andre våpentyper som kan gi blindgjengere (udetonerne missiler eller granater).

Av de 27 SØF er 23 overført til Forsvarsbygg Skifte Eiendom for miljøsanering og avhending. Miljøsaneringen ved de første feltene startet i 2009, og arbeidet skal etter planen avsluttes i 2018. I følge Forsvarsbygg skal det i perioden 2014-2017 saneres 2-4 SØF per år. Et overvåkingsprogram ble etablert for å vurdere tiltakenes effekt på vannkvalitet. Bioforsk startet overvåkingen i 2010 og har siden utgitt årlige rapporter med resultater (Amundsen, 2012, 2011; Gjemlestad og Haaland, 2014, 2013). Fra mai 2014 overtok NIVA overvåkingsoppdraget, og denne årsrapporten omhandler feltene som ble overvåket i 2014.

Tungmetallnivåene i avrenningen blir vurdert ved å sammenligne med gjeldende grenseverdier. Disse vil trolig bli endret og omdefinert om ikke lenge, men i skrivende stund er de som gitt Tabell 1.

Tabell 1. Gjeldende grenseverdier for tungmetallkonsentrasjoner i vann.

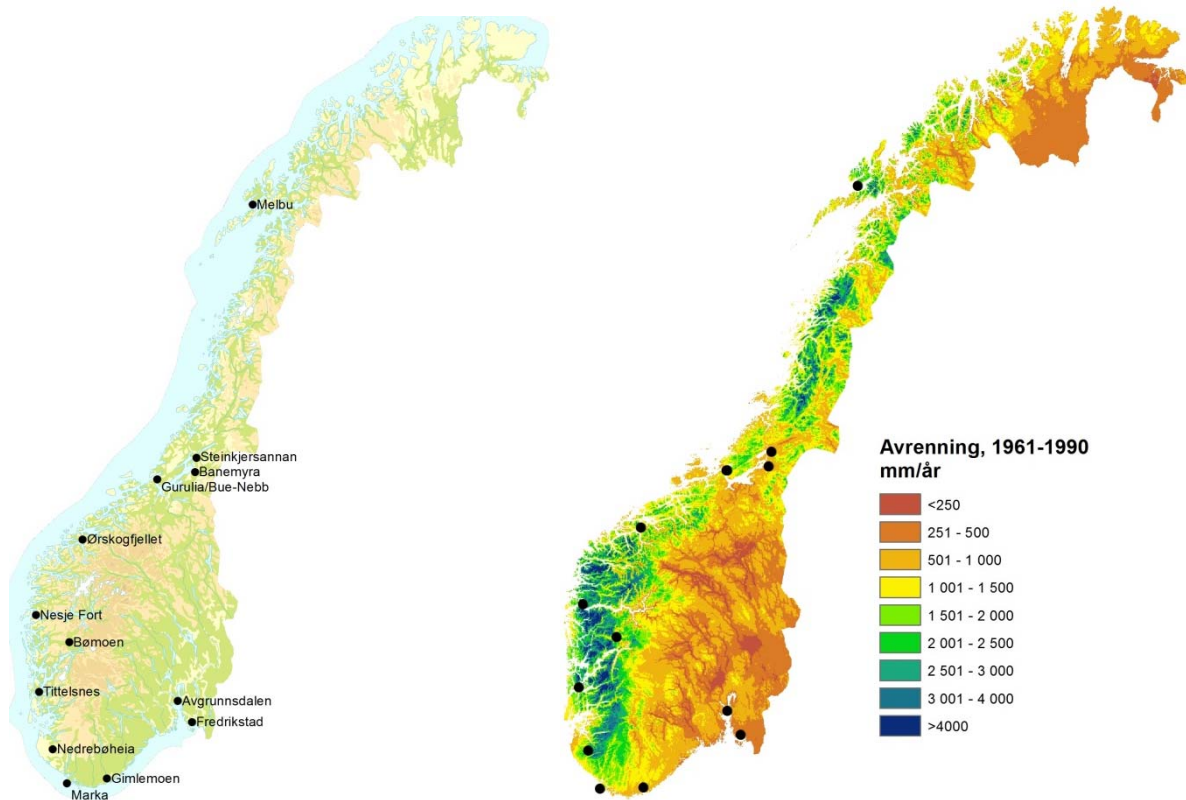
Metall	Grenseverdi ( $\mu\text{g/L}$ )	Litteratur
Bly	7,2*	Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanndirektivet (2013, 2010)
Kobber	3	Andersen et al. (1997)
Sink	50	Andersen et al. (1997)
Antimon	5**	Mattilsynet (2011)

\*Årsgjennomsnitt av løst konsentrasjon, dvs. filtrert gjennom 0,45  $\mu\text{m}$  membranfilter eller tilsvarende fraksjonering. I det siste datterdirektivet fra EU er grensen senket til 1,2  $\mu\text{g/L}$  og definert som «biotilgjengelig konsentrasjon» (European Parliament and Council of the European Union, 2013), men denne er ikke tatt inn i Vannforskriften enda.

\*\* Dette er drikkevannsnormen. Den er trolig lav nok til å beskytte akvatiske organismer. Det er ikke forventet effekter ved antimonkonsentrasjoner lavere enn 113  $\mu\text{g/L}$  (Swedish Chemicals Agency, 2008).

I SØF der det finnes egnet referansestasjon vil bidraget fra skyteaktivitet til utlekking av tungmetaller fra feltet bli forsøkt kvantifisert. Det vil også bli gitt estimat av massetransport av tungmetaller fra SØF basert på estimert årsmiddelavrenning (30 års gjennomsnitt, NVE), omtrentlig størrelse på nedbørfelt og målte metallkonsentrasjoner. Estimert massetransport er beheftet med stor usikkerhet pga. få prøver og manglende vannføringsdata, og bør kun betraktes som grove overslag. De 13 feltene som var med i overvåkingen i 2014 er vist i Figur 1 sammen med gjennomsnittlig avrenning i de aktuelle områdene.





Figur 1. Skyte- og øvingsfelt prøvetatt i 2014. Kartet til høyre viser gjennomsnittlig avrenning per år (data fra NVE).

## 2. Prøvetaking og analyse

Feltene som ble undersøkt i 2014 var Avgrunnsdalen, Tittelsnes, Nesje, Bømoen, Nedrebøheia, Gurulia/Bue-Nebb, Steinkjersannan, Ørskogfjellet, Melbu/Haugtuva, Banemyra, Marka, Fredrikstad og Gimlemoen. De 7 førstnevnte har blitt ryddet, og tiltakene er overfladisk beskrevet under resultatene for hvert enkelt felt. I Ørskogfjellet, Melbu/Haugtuva, Banemyra og Marka har det ikke blitt gjennomført tiltak. Deler av feltet i Fredrikstad (Pernes) gjenstår også. Gimlemoen er under sanering og avrenningen blir overvåket av COWI. I de øvrige 12 feltene ble det gjennomført 3 prøvetakingsrunder: i mai/juni, i september og i oktober/november. Den første av rundene ble gjennomført av Bioforsk, mens NIVA/Akvaplan-NIVA foretok de to siste. Alle feltene har blitt overvåket før i programmet, og prøvetakingspunktene er hovedsakelig de samme som Bioforsk/Forsvarsbygg har etablert tidligere (se tidligere årsrapporter).

Analyseprogrammet bestod av støttevariabler (ledningsevne, pH, turbiditet, konsentrasjon av TOC, kalium og jern), tungmetaller (antimon, kobber, bly og sink) og, i noen tilfeller, konsentrasjon av sprengstoffrester. Støttevariablene er med fordi de gir viktig informasjon om metallenes mobilitet i vannet og hvor biotilgjengelige metallene er for akvatiske organismer. I delkapitlene for hvert enkelt SØF vil det bli gitt en beskrivelse av hovedegenskapene til vannet basert på støttevariablene. Terminologien her er basert på vannforskriften (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2009) med ytterlige gradering for humusinnhold fordi mye av avrenningen har høy TOC. Tungmetallene er med fordi prosjektene leker metaller når de forvitrer.

Prøvetakingen bestod av å fylle én 0,5 L plastflaske (HDPE) for bestemmelse av støttevariabler, én 150 mL plastflaske for bestemmelse av metaller (kalsium, jern, antimon, kobber, sink og bly etter oppslutning med salpetersyre) og i noen tilfeller én 1 L brun glassflaske for bestemmelse av sprengstoffrester. Førstnevnte flaske ble skylt 2-3 ganger før fylling. Grums fra bunnen og vann fra overflaten ble forsøkt unngått. Alle flaskene ble levert av ALcontrol AB og returnert via post 2-7 dager etter prøvetaking for analyse med akkrediterte metoder. Vannet ble ikke filtrert.

## 3. Resultater

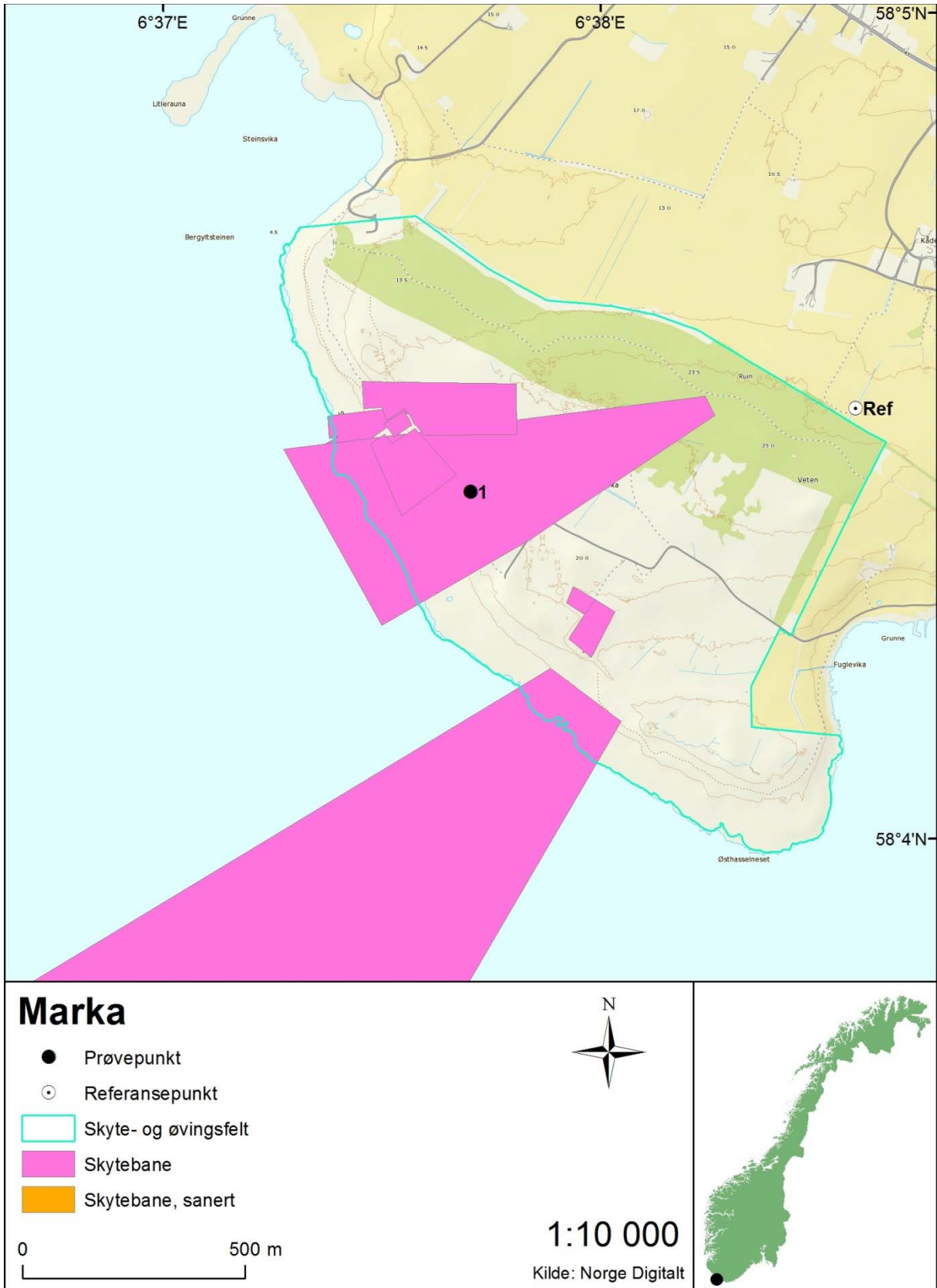
### 3.1 Marka

Marka SØF ligger i Farsund kommune i Vest-Agder sør for Lista flystasjon. Området ble utbygd av tyskerne i 1942 som en del av forsvarsverket til flystasjonen. Etter krigen ble Marka brukt som SØF for Luftforsvaret og Luftvernartilleriet. Marka er et flatt område beliggende ved havet, og strandlinja er en del av Liststrendene landskapsvernområde. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 2. Punkt 1 er plassert i bekk som renner ut i sjøen, mens referansen i 2014 var et jordbrukspåvirket sig. Marka SØF skal etter planen ryddes i 2016.

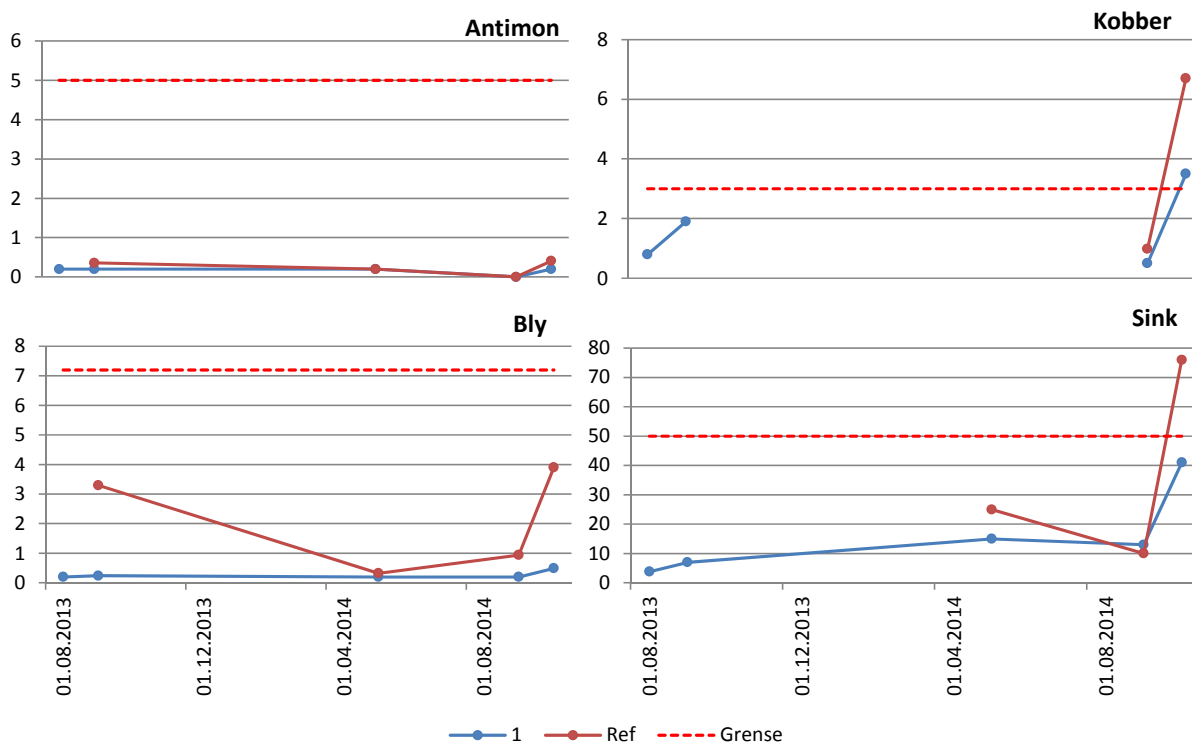
Ved de to første prøvetakingene i 2014 var det lite vann i feltet sammenlignet med det som antas å være normalt for årstiden. Det var også lite overflatevann ved siste prøvetaking til tross for betydelig regnvær (> 10 mm) døgnet før. Det tyder på at mye av vannet renner under bakken. Vannet ved stasjon 1 var i 2014, ionerikt (sjøsalter) med moderate konsentrasjon av humus (5-6 mg/L TOC) og pH i området 5,9-6,6. Turbiditeten var variabel, trolig fordi det var vanskelig å fylle halvlitersflasken uten å virvle opp det jernoksidholdige sedimentet. Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Metallkonsentrasjonene var lave ved de to første prøvetakingene, men nivåene av sink og kobber var noe høye i oktober og tilsvarte hhv. klasse III og IV (Andersen et al., 1997) (Figur 3). Normal årsmiddelavrenning er beregnet til 26,7 L/s/km<sup>2</sup>. De målte konsentrasjonene kan tyde på massetransporten ut av feltet er noen få hundre gram antimon og bly, omtrent en kilo kobber, og ti kilo sink. Konsentrasjonene var høyere i den jordbrukspåvirkede referansestasjonen (som for øvrig ligger lenger nord enn beskrevet i tidligere rapporter). Det er derfor ikke mulig å si hvor mye av avrenningen som kan tilskrives militære aktiviteter, men det er uansett ikke store mengder siden konsentrasjonene er så lave. Konsentrasjonen av sprengstoffrester i vannet var lavere enn kvantifiseringsgrensene (se vedlegg).

Det er ingenting som tyder på at tidligere skyteaktivitet i feltet gir utlekking av tungmetaller. Videre undersøkelser kan utsettes til feltet skal ryddes. Ved fortsatt overvåking bør det, hvis mulig, etableres en bedre referansestasjon. Det kunne også vurderes om det er mulig å grave ut en høl som gjør det enklere å få tatt prøver.



Figur 2. Marka skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 3. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Marka SØF.

### 3.2 Nedrebøheia

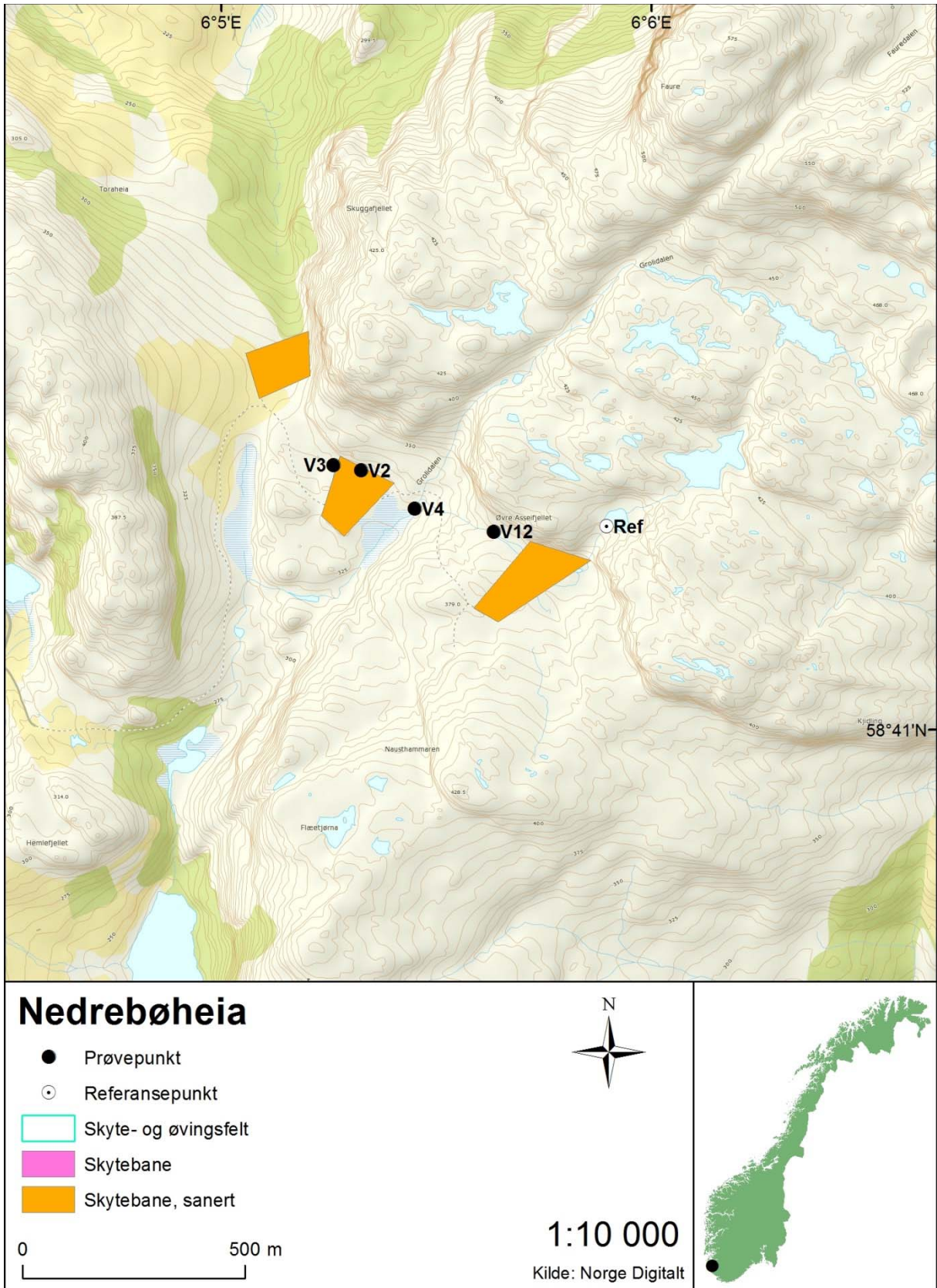
Nedrebøheia feltskytebane ligger i Bjerkreim kommune i Rogaland. Området ligger ca. 400 moh. og består av småkupert fjellterreng med myrer og mindre koller (Figur 4). Nedrebøheia SØF var i bruk fra 1970-tallet og fram til 1996, og det har vært skutt med handvåpen, 12,7 mm mitraljøse og 84 mm kanon. Tiltaksplan ble utarbeidet i 2011 (Misund, 2011) og forurenset masse fjernet i 2012. Vannet fra den tidligere panservernrakettbanen renner vestover og inn i bekk som renner sørover til Lomstjørni. Vannet fra den tidligere feltskytebanen renner nordover mot Birkelandsvatnet. Punktene V2 og V12 ligger internt i feltet (hvh. sig fra området der målområdet tidligere lå, og bekk som renner ut fra et stridsvognsøvingssområde). Punktene V3 og V4 er plassert i bekkene som renner ut av feltene.

Ved de to første prøvetakingene var det lite vann i feltet i forhold til det som antas å være normalt for årstiden. Ved prøvetakingen i oktober var vannføringen høy og økende pga. mye nedbør. Vannet var klart (lav TOC) svært kalkfattig (kalsium  $< 1 \text{ mg/L}$ ) og surt (pH 5-6). Under disse vannkjemiske forholdene kan selv relativt lave metallkonsentrasjoner være giftige for akvatiske organismer fordi en relativt stor fraksjon av metallene vil foreligge i fri (ubundet) form, og fordi lave kalsiumkonsentrasjoner gjør organismene mer sårbare for metallstress. Turbiditeten var lav. Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

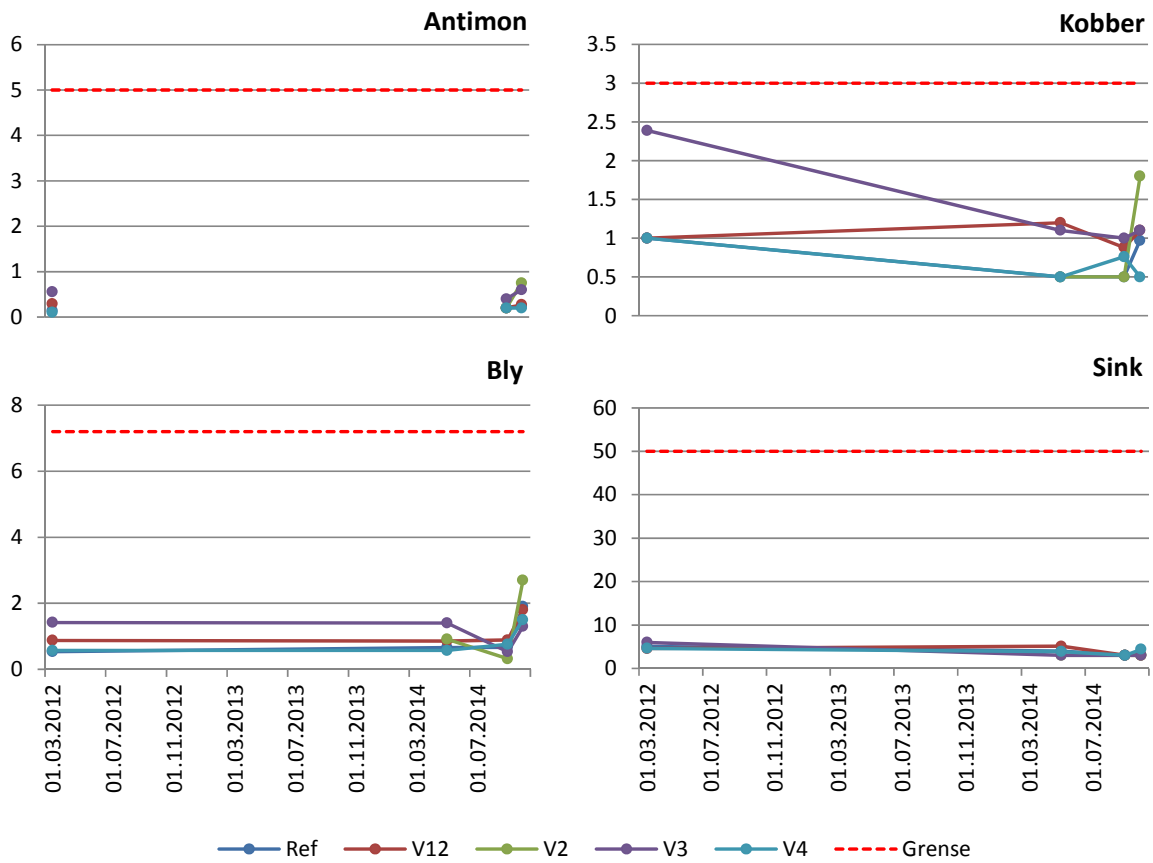
Metallkonsentrasjonene var lave, tilsvarende ubetydelig til moderat forurenset i følge Andersen et al., (1997). Metallkonsentrasjonene var høyest i oktober, trolig pga. nedbørepisoden (se over) (Figur 5). Det er ikke uvanlig at metallkonsentrasjonene øker under episoder med høy vannføring (se f.eks. Gundersen, 2002; Heier et al., 2010). Det var liten forskjell på metallkonsentrasjonene i prøver av vann som renner ut av feltet (punkt V3 og V4) og i prøver fra den antatt militært påvirkede referansestasjonen. Konklusjonen blir at det trolig er lite av metallavrenningen som skyldes militær aktivitet.

Overvåkingen av Nedrebøheia SØF kan avsluttes.





Figur 4. Nedrebøheia feltskytebane med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 5. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon (µg/L) av metaller i vannprøver fra Nedrebøheia.

### 3.3 Tittelsnes

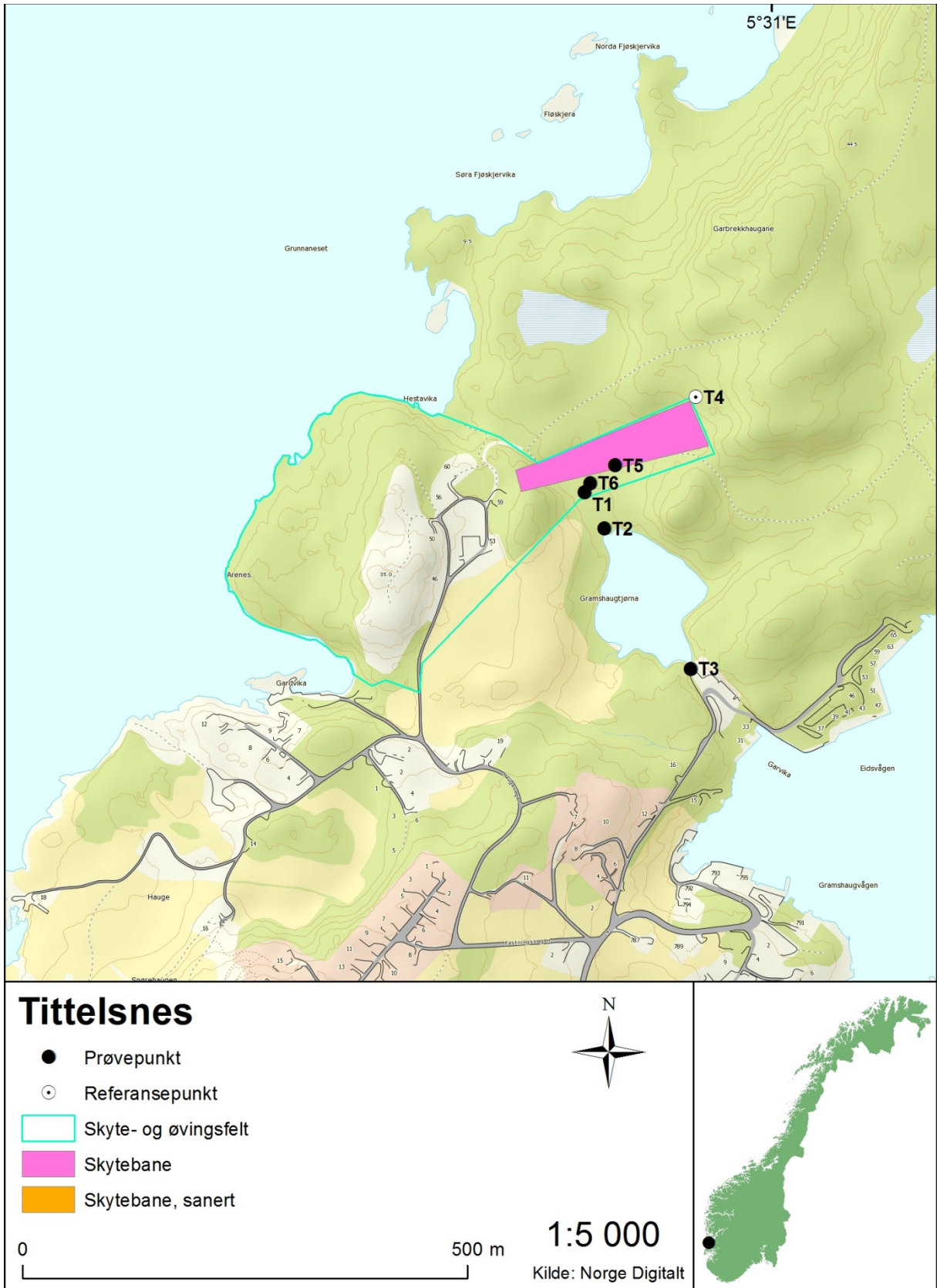
Tittelsnes fort ble etablert av tyskerne i 1941 og ligger i Sveio kommune i Hordaland. Det har vært skutt med håndvåpen i Tittelsnes SØF fra 1950-tallet og fram til år 2005. Feltet ligger i småkupert og barskogkledd terreng like ved fjorden (Figur 6). I tidsrommet 2012-2013 ble tiltak for å redusere spredning av tungmetaller gjennomført (fjerning av forurenset masse, bygging av sedimentasjonsbasseng, siltskjørt i Gramshaugtjørna) (Haker, 2013a, 2013b). Vannet fra feltet renner sørøstover inn i Gramshaugtjørna og videre ut i sjøen. Punktet T4 er en referansestasjon der vannet antas ikke å være påvirket av militær aktivitet. Punktene T5 og T6 er hhv. innløp og utløp av sedimentasjonsdam som har blitt fjernet etter at prøvene ble tatt. Punktet T2 tas i bekk som renner inn i Gramshaugtjørn, mens T3 er plassert i bekken som renner ut av samme tjern.

Ved de to første prøvetakingsrundene i 2014 var det lite vann i feltet sammenlignet med antatt normalvannføring for årstiden. I juni ser det ut til å ha vært vanskelig å finne vann siden 5 av 6 prøver har svært høy turbiditet (prøver tatt av Bioforsk), så høy at vi velger å se bort fra resultatene her. Ved siste prøvetaking var det betraktelig høyere vannføring. Vannet var gjennomgående svært humøst (TOC > 10 mg/L, noe lavere konsentrasjoner i referansestasjonen T4). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

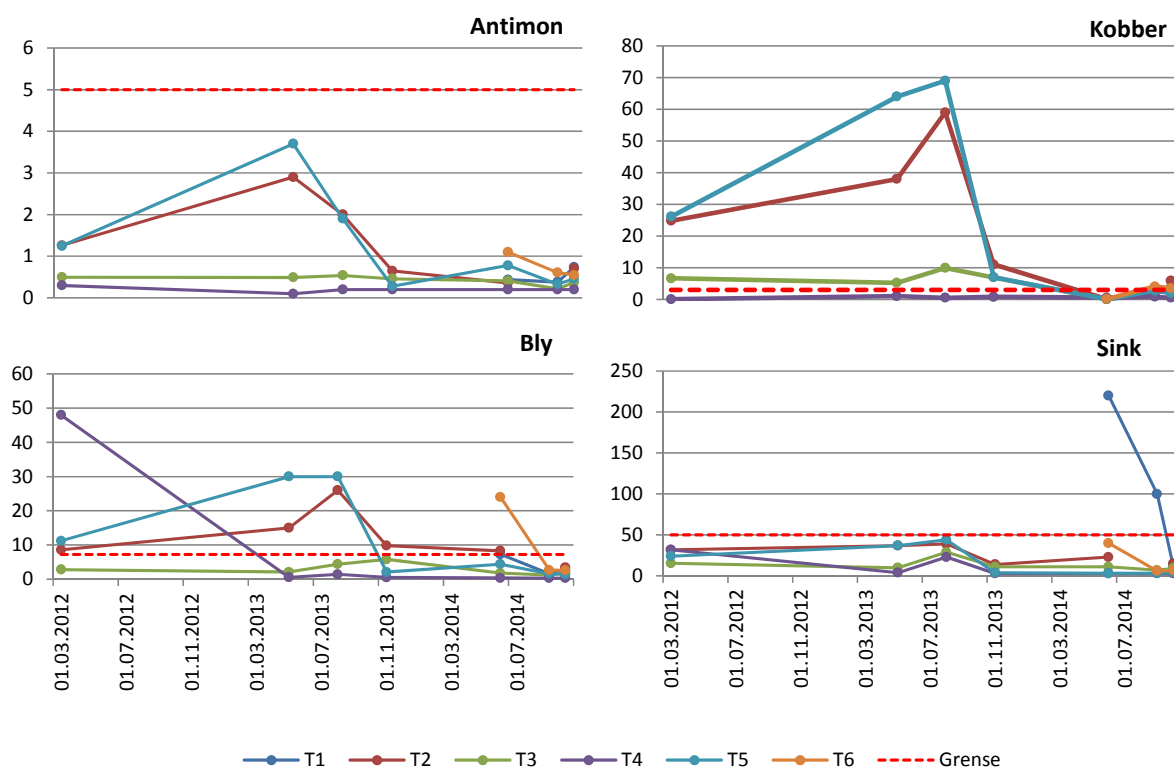
Ved innløpet til sedimentasjonsdammen (T5, som tilsvarer gamle T1) var tungmetallkonsentrasjonene 5-30 ganger lavere enn før erstatning av forurenset masse. Det tyder på at det lekker ut betydelig mindre mengder enn før. pH har også økt betydelig (se vedlegg), noe som bidrar til å redusere mobiliteten til bly, kobber og sink. Sedimentasjonsbassenget ser ut til å ha liten effekt i og med at konsentrasjonene i utløpet (T6) er omtrent like høye som ved innløpet (Figur 7). Antimon, bly og sink var lavere enn grenseverdiene i 2014, mens kobberkonsentrasjonene var nær gjeldende grenseverdi. Metallkonsentrasjonene ble ikke lavere lenger ned i vannveien (T1, T2), eller i utløpet av Gramshaugtjørna (T3). Konsentrasjonene av antimon, kobber og sink ved referansestasjonen (T4) har brukt å være lavere enn kvantifiseringsgrensen. Blykonsentrasjonen var 5-15 høyere ved T3 enn ved T4, og tyder på at det meste av avrenningen kan tilskrives skyteaktivitet. Årlig middelavrenning er beregnet til 65 L/s/km<sup>2</sup>. De målte konsentrasjonene kan tyde på at massetransporten ut av feltet er i størrelsesorden 0,1 kg antimon, 0,5 kg bly 1 kg kobber og 2 kg sink.

Det anbefales å fortsette overvåkingen for ytterligere å dokumentere tiltakenes effekt.





Figur 6. Tittelsnes skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 7. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Tittelsnes.

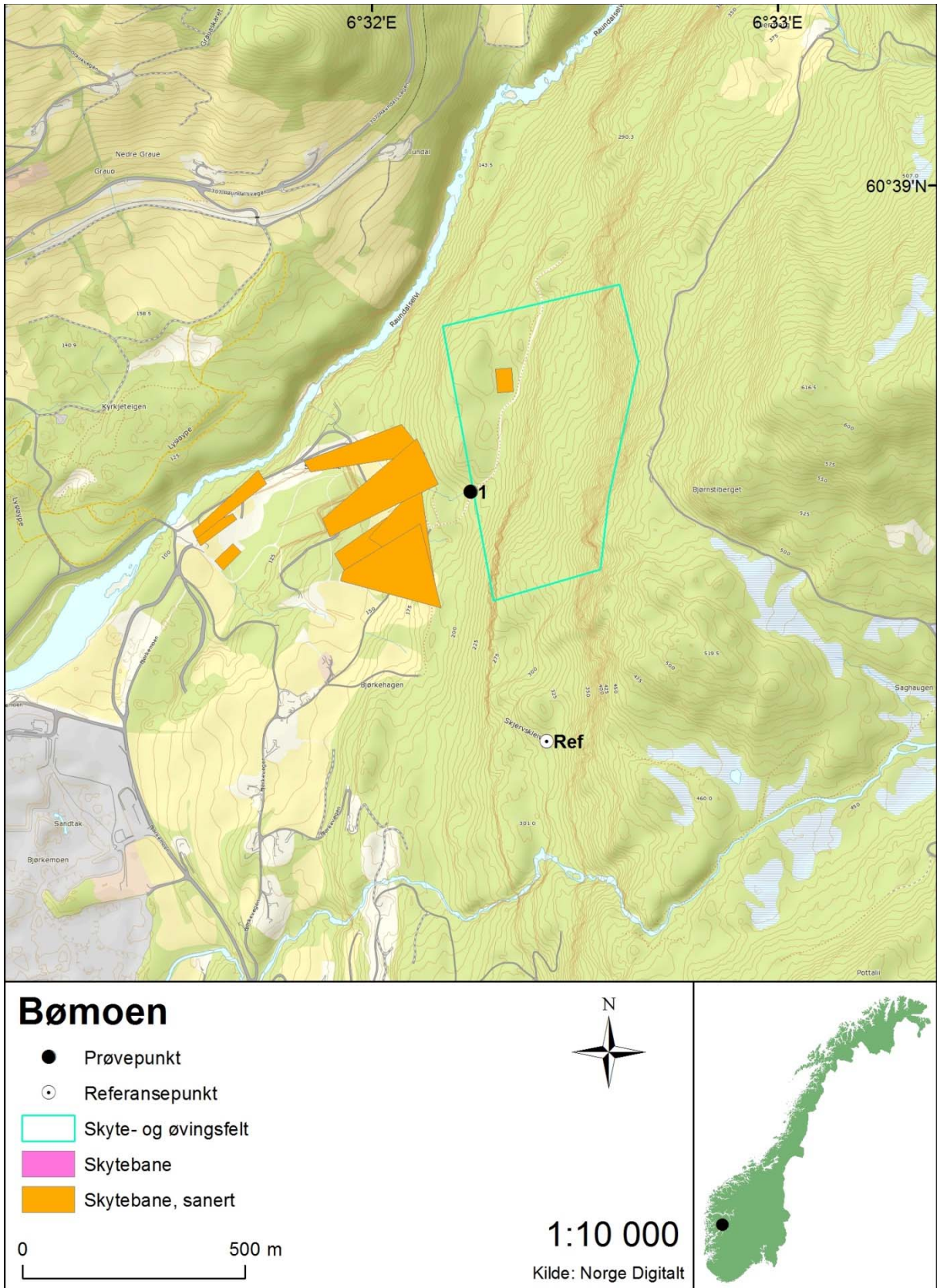
### 3.4 Bømoen

Bømoen ligger i Voss kommune i Hordaland. Det har vært militær aktivitet her siden år 1900. Den delen som er undersøkt her kalles Øvre Skjerve, hvor det har blitt skutt med artilleri- og panservernammunisjon som kan gi blindgjengere. Terrenget er skogkledd, bratt og ulendt. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 8. Punkt 1 er plassert i bekken som renner vestover ut av feltet og inn i Raudalselvi. Den antatt upåvirkede referansen er plassert i bekk sør for feltet. Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg. Oppryddingstiltak er avsluttet.

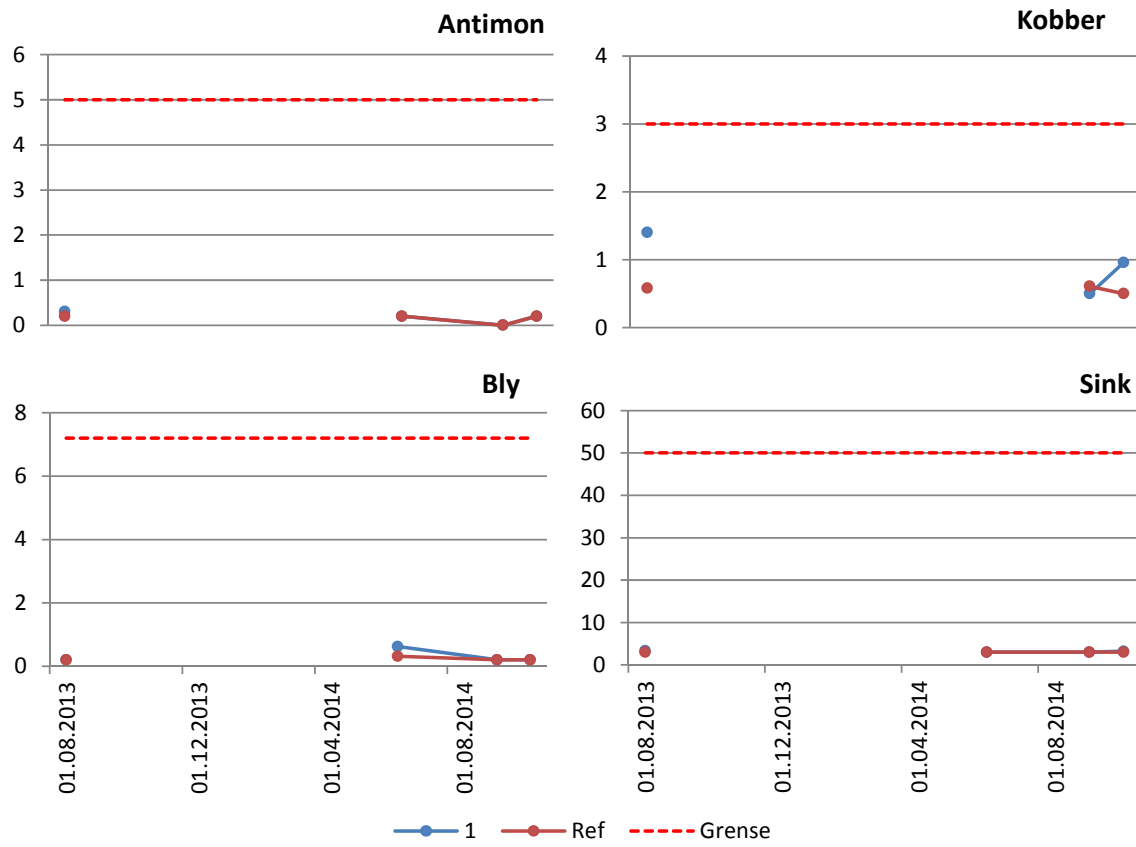
Ved de to første prøvetakingsrundene i 2014 var det svært lite vann i feltet sammenlignet med det som antas å være normalen for årstiden. Det var noe mer vann ved prøvetakingen i oktober. Vannet er klart, kalkfattig og har pH i området 6-7.

Tungmetallkonsentrasjonene fra undersøkelsene i 2014 var lave (Figur 9). Det samme var tilfelle ved de to rundene som ble gjennomført i 2013. Det var liten eller ingen forskjell på konsentrasjonene ved stasjon 1 og referansen. Overflateavrenningen av tungmetaller fra feltet er lav og kan ikke knyttes til militær aktivitet. Konsentrasjonen av sprengstoffrester i vannet var lavere enn kvantifiseringsgrensene (se vedlegg).

Overvåkingen av Bømoen SØF kan trolig avsluttes.



Figur 8. Bømoen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 9. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Bømoen.



### 3.5 Nesje

Nesje fort ligger ved innløpet til Sognefjorden i Hyllestad kommune, Sogn og Fjordane. Fortet ble etablert av tyskerne i 1940/1941. Det har ikke vært skyteaktivitet i feltet siden 2005. Nesje SØF ligger i småkupert, myrlendt terreng med furuskog og to mindre dammer (Figur 10). Tiltaksplan ble utarbeidet i 2011 (Fedje, 2011), og opprydningsiltak i form av fjerning og erstatning av forurenset masse foregikk fra vår 2012 til vår 2013. Vannet fra feltet renner sørvestover og ut i Solsvika. Det er to referansestasjoner der vannet antas å være upåvirket av militær aktivitet (N7 Ref inn og N4 Ref 2011). Punktet N1 er plassert i et sig som mottar avrenning fra det som før tiltak var skytevoll for 200 metersbanen. Punktet N3 ligger i bekk som renner ut fra Nesjevatnet. Punktet N5 kort er avrenning fra det som var kortbane og 100-metersbane. Punktet N6 ut er plassert i bekken som renner ut av feltet og ned i fjorden.

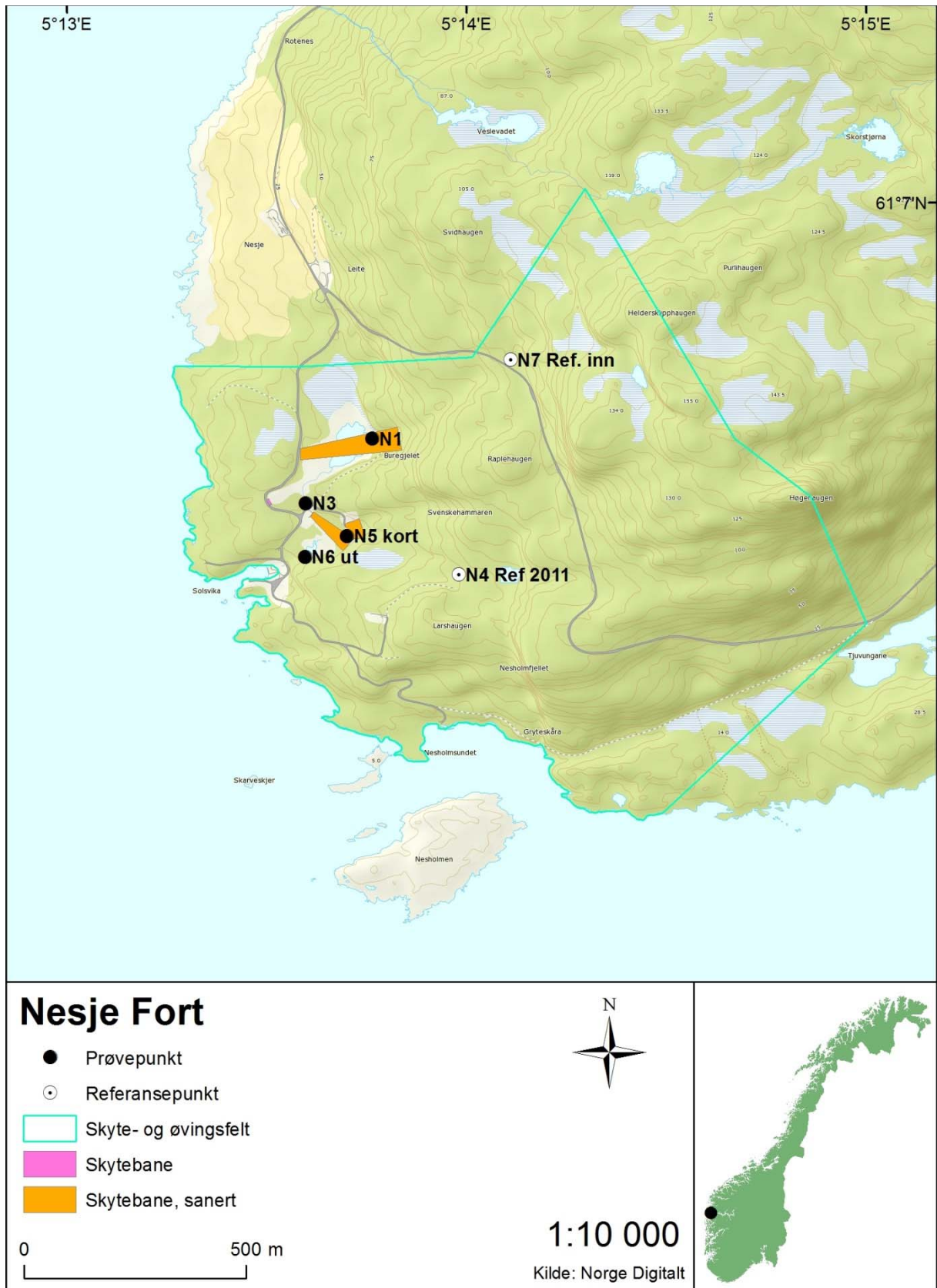
Ved det to første prøvetakingsrundene i 2014 var det lite vann i feltet pga. lite nedbør. Det var nok noe mer vann ved prøvetakingen i oktober, men trolig fortsatt under normalvannføring for årstiden. Vannet er gjennomgående kalkfattig, surt (pH 4-5) og svært humøst (TOC 20-30 mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

De høyeste tungmetallkonsentrasjonene ble påvist i avrenning fra det som før saneringen var målområdet til 200 m banen (N1) og i vannet som renner ut av Nesjevatnet (N3) (Figur 11). Verdiene tilsvarte klasse III til V (markert til meget sterkt forurenset) for kobber (Andersen et al., 1997). Sinkkonsentrasjonene tilsvarte klasse I til II. Blykonsentrasjonene oversteg ikke kravet til god kjemisk tilstand i vannforskriften (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2013). Antimonnivået var lavt, men tydelig høyere enn bakgrunnsnivået. Konsentrasjonene har ikke blitt merkbart lavere etter tiltakene.

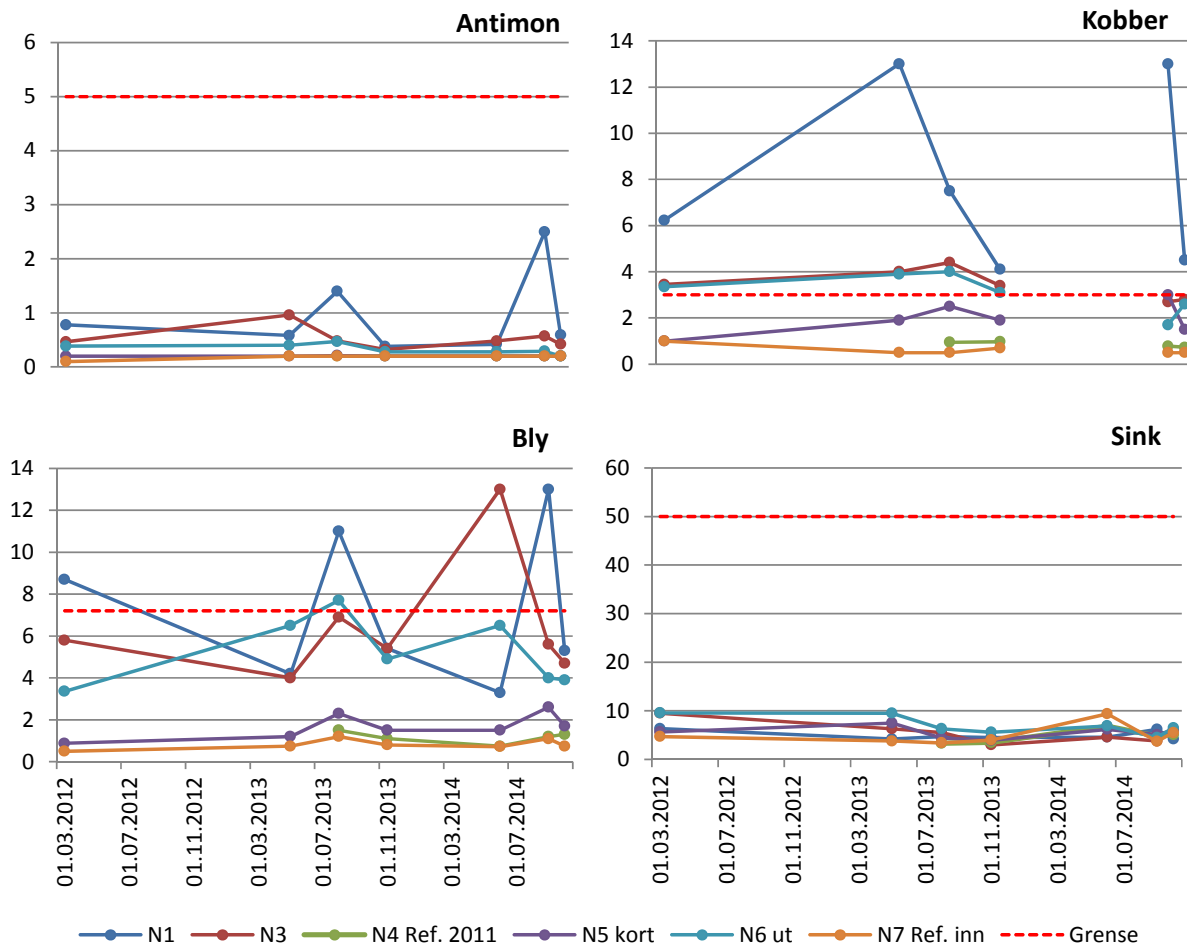
Kobber- og bly nivået var betydelig lavere i avrenningen fra det som før var 100 m bane og kortbane (N5 kort). Vannet som renner ut av feltet (N6) hadde heller ikke like høye konsentrasjoner som N1 og N3. Blykonsentrasjonene ved referansestasjonene (N7 og N4) var noe høyere enn det som er vanlig i ikke-forurenset overflatevann (90 % av norske innsjøer hadde lavere blykonsentrasjon i 1995 (Skjelkvåle et al., 1996)).

Blykonsentrasjonene var 5-10 ganger høyere i vannet som renner ut av feltet (N6) enn i referansevannet (N7 og N4). Antimon og kobber var også tydelig forhøyet, hvor mye er uvisst fordi blanknivået var under kvantifiseringsgrensen. Sinkkonsentrasjonene var bare én til to ganger høyere i N6 enn i referansene. Mye av blyavrenningen fra feltet kan altså tilskrives tidligere skyteaktivitet. Antar vi et årsmiddel på 5 µg/L ut av feltet og en vannføring på 16 L/s (Fedje, 2011), så blir beregnet årsavrenning 2,5 kilo bly. Kobberavrenningen kan være omtrent en kilo per år.

Det anbefales å fortsette overvåkingen for å lære mer om effekten av tiltakene som er gjort. Det er tilstrekkelig med én referansestasjon (N7).



Figur 10. Nesje skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 11. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Nesje.

### 3.6 Ørskogfjellet

Ørskogfjellet SØF ligger i Ørskog kommune i Møre og Romsdal. Feltet har vært brukt av Heimevernet siden 1950-tallet. Feltet bestod av totalt åtte baner, to av dem med standplass og skivebuer. Det har vært skutt med håndvåpen og kanon av ymse kaliber. Bruken av feltet ble trappet ned på 1980-tallet og avsluttet i 1995. Området er myrlendt, og det har blitt gjort forsøk i feltet med tiltak for å hindre metallavrenning fra forurenset myr. Feltet er ikke ryddet enda. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 12. Vannet fra feltet renner retning nordvest og inn i bekken Kopen som renner videre ut i elva fra Nysætervatnet. Punktet P22 er plassert i bekk som antas upåvirket av militær aktivitet. Punktet P3 er plassert i bekk som renner ut fra skytebane 1. Punktet P7 er plassert i bekk som mottar avrenning fra skytebane 1 og 4. Punkt 21 er plassert i primærresipienten som er bekken Kopen.

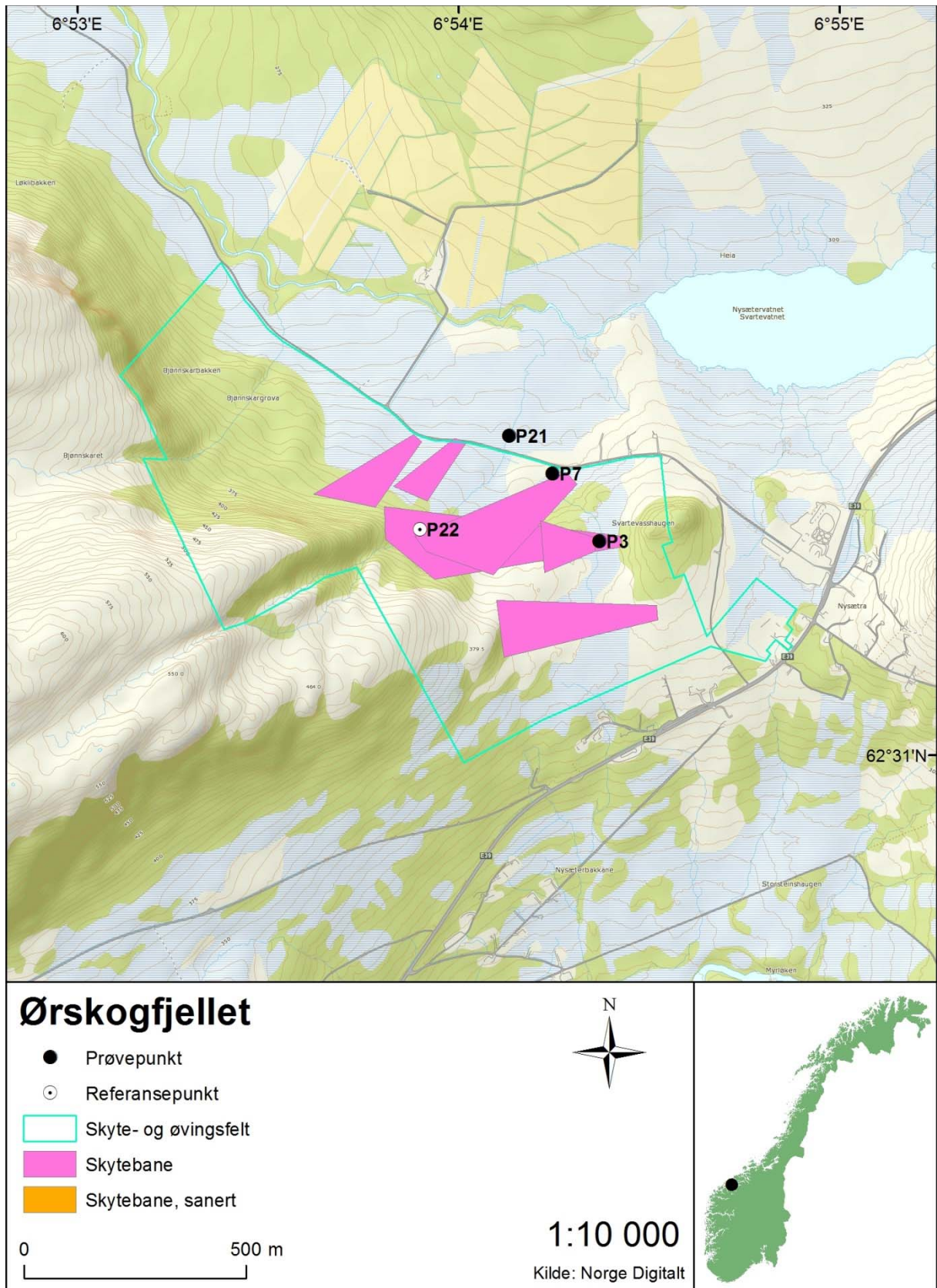
Ved det to første prøvetakingsrundene i 2014 var det lite vann i feltet sammenlignet med antatt normalvannføring for årstiden. Ved prøvetakingen i oktober var det mye vann, og vannføring var godt over antatt normal. Vannet er gjennomgående svært kalkfattig (kalsium < 1 mg/L), moderat surt (pH 5-6.5) og humøst (TOC 4-8 mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Høye konsentrasjoner av bly og kobber ble påvist i bekken som renner ut fra myrområdet ved det som var skytebane 1 (stasjon 3) (Figur 13). Bly- og kobberkonsentrasjonene var godt over grenseverdiene. Konsentrasjonene blir fortynnet lenger ned i nedbørfeltet, men selv ved stasjon 21 var kobberkonsentrasjonen godt over 3 µg/L (grensen for kategori IV). Antimonnivået er lavt ved alle stasjonene, men tydelig høyere enn bakgrunnsnivået (stasjon 22). Konsentrasjonen av sink var lav ved alle stasjoner. Det er ingen klare trender i metallkonsentrasjoner for noen av stasjonene siden overvåkingen startet i 2010 (data fra 2010-2012 ikke vist).

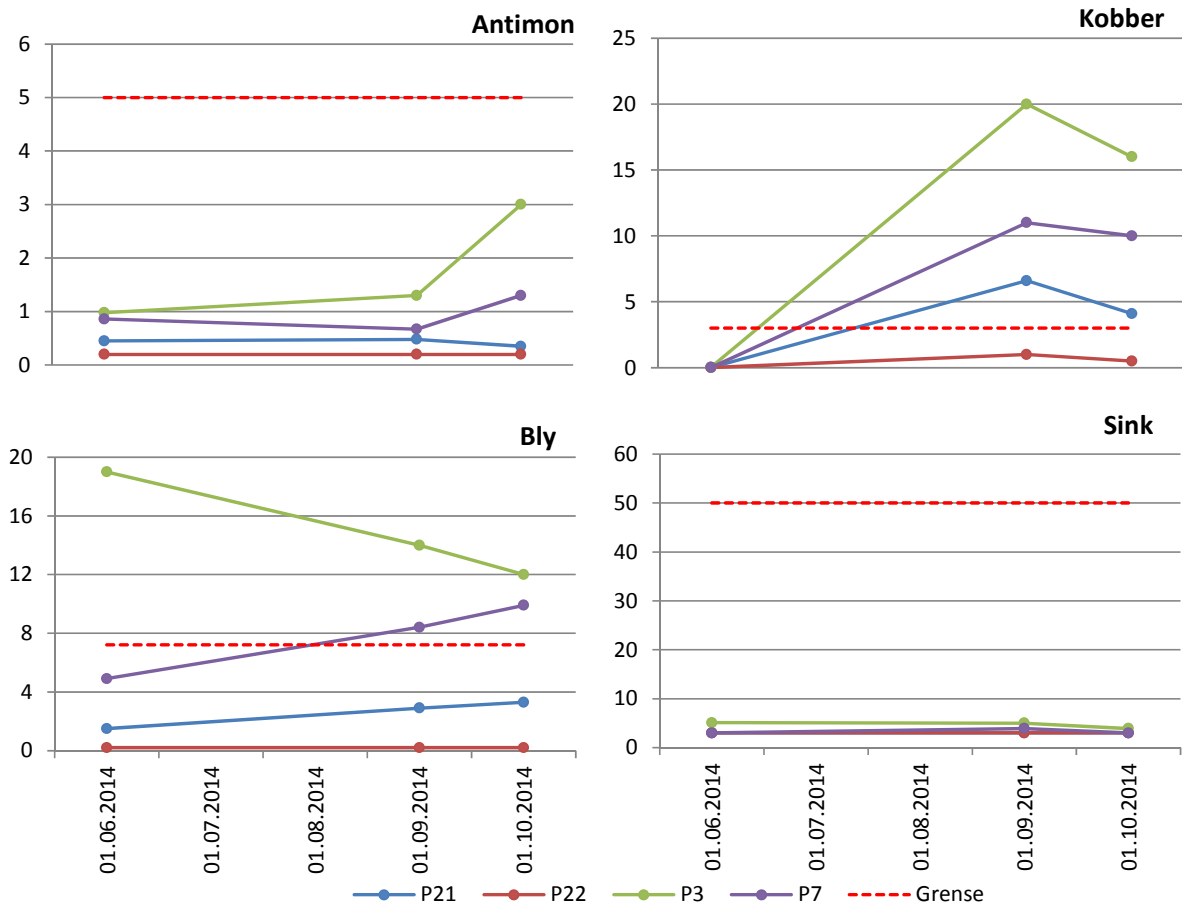
Ut av feltet (stasjon 7) er konsentrasjonene av bly og kobber mer enn 20 ganger høyere enn i referansen. Avrenningen av disse metallene samt antimon kan altså for en stor del tilskrives skyteaktivitet. Ved å multiplisere gjennomsnittskonsentrasjonene for 2014 med beregnet avrenning (65 L/sek/km<sup>2</sup>) og cirka størrelse på nedbørfeltet (0,56 km<sup>2</sup>) (Amundsen, 2012) blir beregnet massetransport 500 g antimon, 3 kg bly og 6 kg kobber.

Forholdene vil trolig ikke endre seg vesentlig før man eventuelt iverksetter tiltak, men konsentrasjonene er høye og overvåkingen bør fortsette.





Figur 12. Ørskogfjellet skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 13. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Ørskogfjellet.

### 3.7 Gurulia og Bue-Nebb

Bue-Nebb og Gurulia skytebaner ligger i Rissa kommune i Sør-Trøndelag. Bue-Nebb ble tatt i bruk på slutten av 1800-tallet i forbindelse med opprettelsen av Hysnes fort. Målområdet var en fjellvegg. Banen ble lagt ned i 1975, og Gurulia ble da etablert som erstatning. Tiltaksplan ble utarbeidet i 2013 (Weholt, 2013). Gurulia var i bruk fram til oppryddingstiltak (fjerning av forurenset masse, bygging av sedimentasjonsbasseng) ble iverksatt i 2013. Banene ligger i småkupert, myrlendt terreng med noe blandingsskog. Feltene og prøvepunktene er vist i (Figur 14 og Figur 15). Vannet fra både Gurulia og Bue-nebb renner inn i Budalsbekken, men på forskjellige steder. I Gurulia er vannet i de to referansestasjonene ikke antatt å være påvirket av militær aktivitet. Punktet V3 ligger i sig/bekk som mottar avrenning fra dets som tidligere var skytebanen i Gurulia. Punktene GLV-2 og V4 er hhv. vann som renner inn og ut av sedimentasjonsdam, mens V2 er plassert etter samløp med referansebekken. Punktet V6 er plassert i bekk hvor avrenning fra Gurulia renner ut i Budalsbekken (Figur 15). Punktene V1 og V3 ligger i bekk internt i det som var skytebanen i Bue-Nebb. Punktene BNV-1 og V4 er plassert i vannet som renner hhv. inn og ut av sedimentasjonsdammen, mens V2 representerer den samlede avrenningen fra Bue-Nebb. I tillegg er det plassert ett punkt (V5) i Budalsbekken nedstrøms der hvor avrenningen fra Gurulia og Bue-Nebb er innblandet.

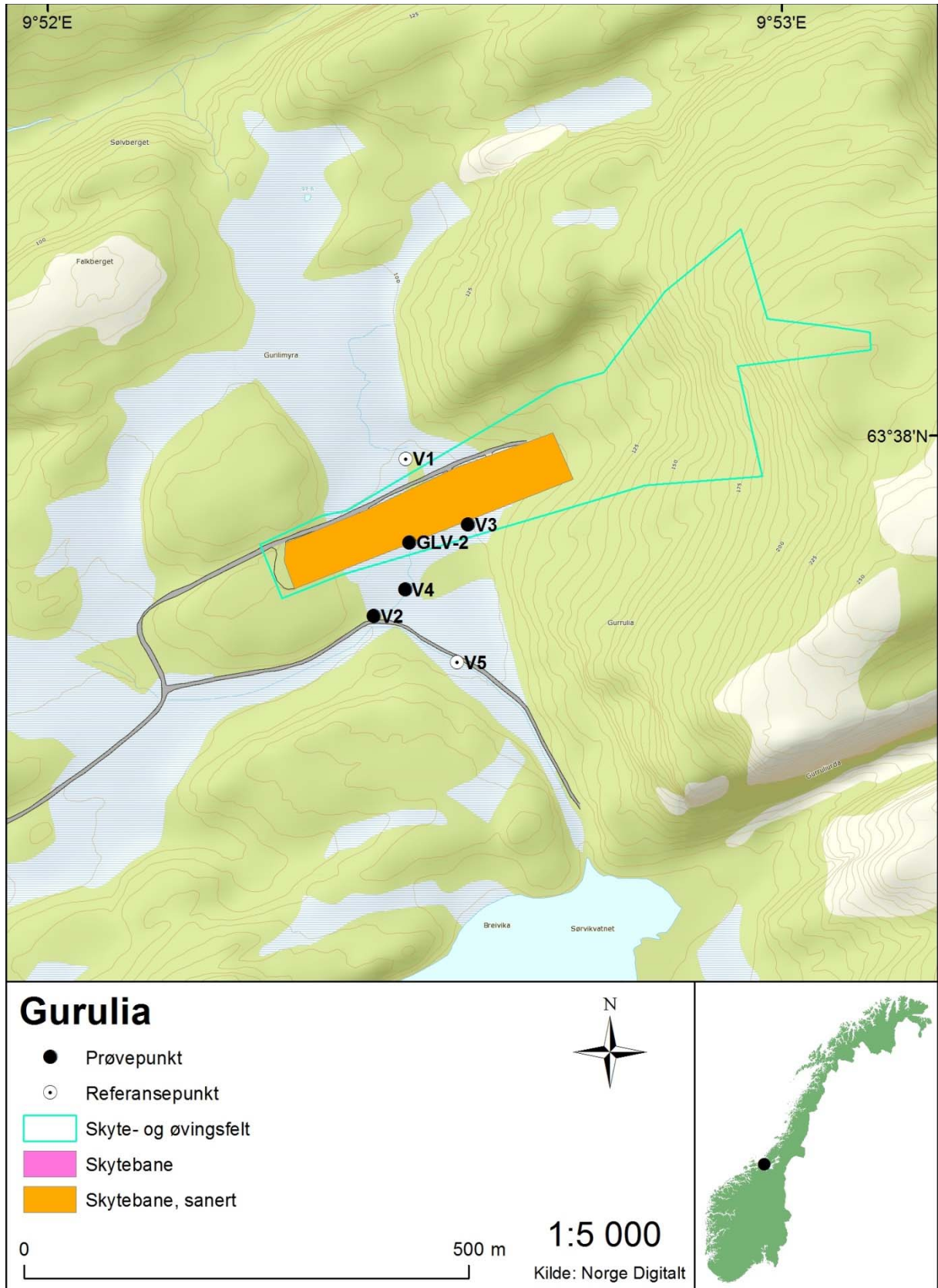
Ved prøvetakingen i september var det lite vann i feltene i forhold til antatt normalvannføring for årstiden. I oktober var det mye vann. Vannet i både Gurulia og Bue-Nebb SØF har moderat konsentrasjon av kalsium (1-6 mg/L) er moderat surt (pH 5-6) og svært humøst (TOC > 20 mg/L). Vannet i Budalsbekken er noe klarere (ca 10 mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Nivåene av antimon, bly og kobber internt i Gurulia lå over gjeldende grenseverdier (stasjon V3 og GLV-2) (Figur 16) og oppryddingstiltakene har foreløpig ikke gitt lavere konsentrasjoner. Sedimentasjonsbassenget gav heller ikke lavere konsentrasjoner i vannet som rant ut av feltet (V4 og V2). Det forurensete vannet fra Gurulia fortynnes en del før det renner ut i Budalsbekken (V6), og antimon- og blynivåene ble redusert med mellom 50 og 75 prosent. Vannet ved stasjon V1 som har blitt brukt som referanse, ser ut til å være påvirket av skyteaktivitet, mens V5 har lave tungmetallnivåer.

Situasjonen i Bue-Nebb (Figur 17) er ganske lik det som er beskrevet for Gurulia. Det var relativt høye nivåer internt i feltet (V1) og oppryddingstiltakene ser foreløpig ut til å ha hatt liten effekt. Metallkonsentrasjonene i vannet som rant inn i sedimentasjonsbassenget (BNV-1) var omtrent like høye som i vannet som rant ut (V4). Lenger ned (V2) var konsentrasjonene lavere pga. fortynning, men fortsatt over gjeldende grenseverdier for bly og kobber.

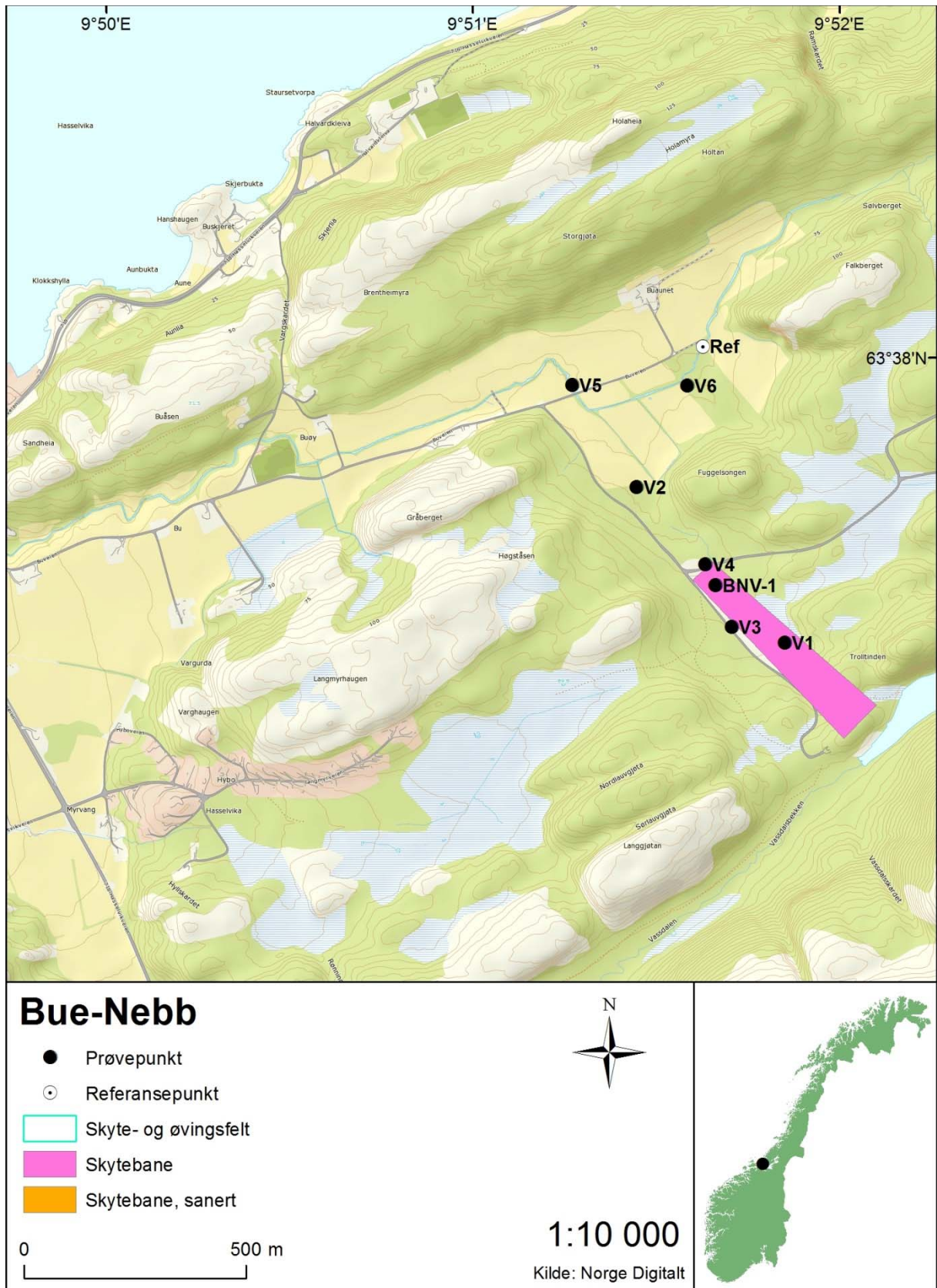
Tungmetallkonsentrasjonene i Budalsbekken oppstrøms samløp med avrenning fra Gurulia og Bue-Nebb (Ref) var lave. Den samlede avrenningen fra Gurulia og Bue-Nebb gav betraktelig høyere konsentrasjoner i Budalsbekken (V5); forholdstallet var 10-20 for bly, men lavere for kobber (2-5). Ved å multiplisere gjennomsnittskonsentrasjonene (fra V5) for 2014 med beregnet avrenning (35 L/sek/km<sup>2</sup>) og cirka størrelse på nedbørfeltet (2.7 km<sup>2</sup>) (Amundsen, 2012) blir beregnet massetransport ca 700 g antimon, 9 kg bly og 8 kg kobber.

Det anbefales å fortsette overvåkingen for å lære mer om effekten av tiltakene som er gjort.

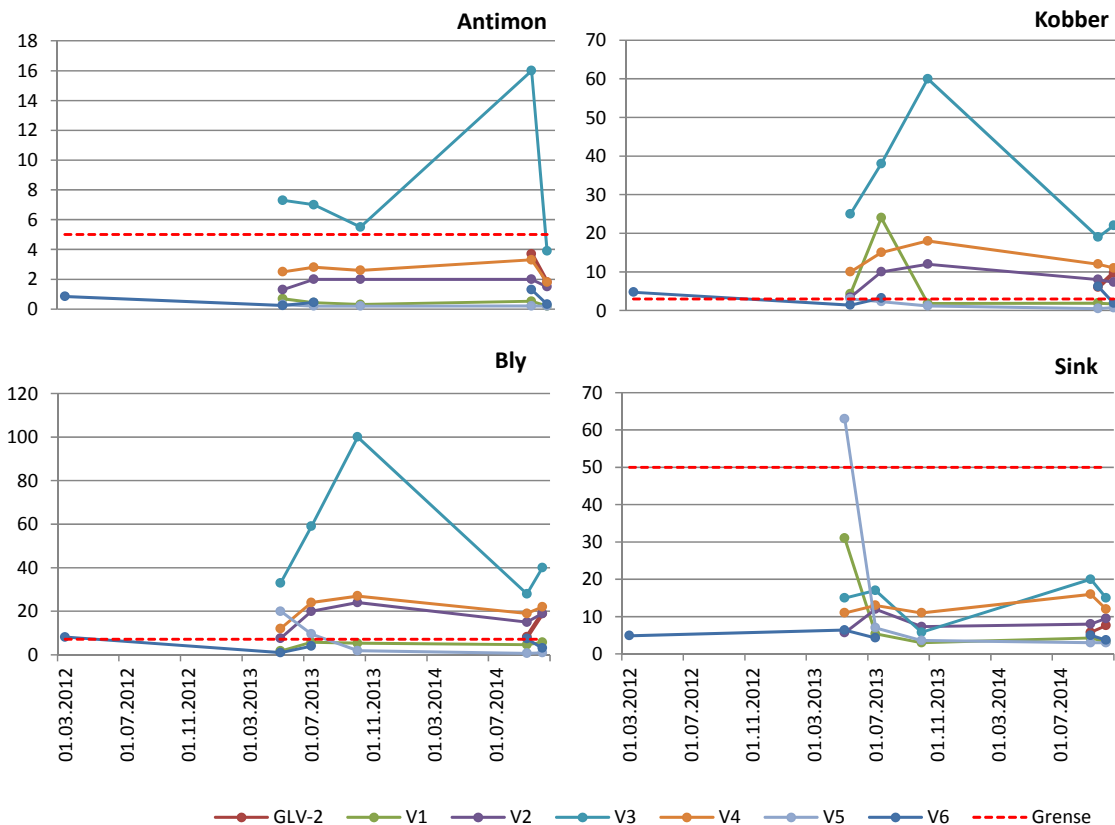


Figur 14. Gurulia skytebane med punkter prøvetatt i 2014.

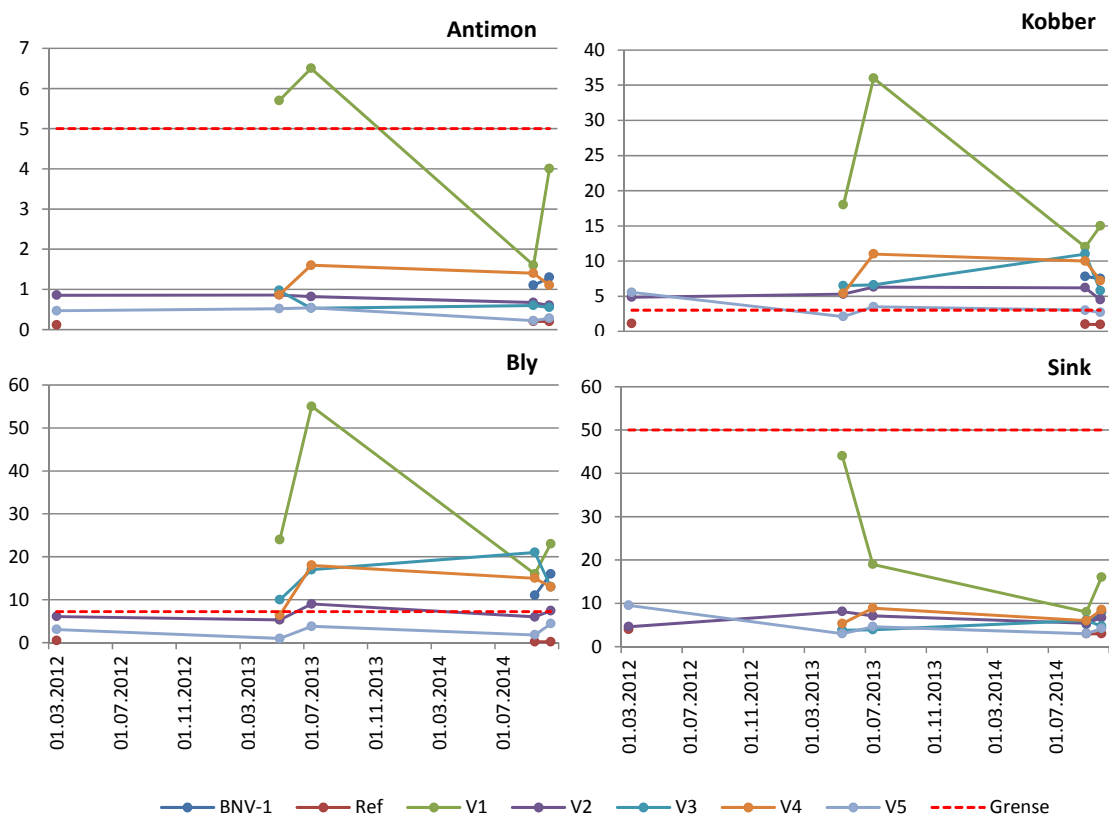




Figur 15. Bue-Nebb skytebane med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 16. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon (µg/L) av metaller i vannprøver fra Gurulia.



Figur 17. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon (µg/L) av metaller i vannprøver fra Bue-Nebb.

### 3.8 Banemyra

Banemyra skytebane ligger i Levanger kommune i Nord-Trøndelag. Det er en 300 m geværskytebane etablert i forbindelse med Rinnleiret Leir på begynnelsen av 1900-tallet. Banen har vært i bruk inntil nylig. Terrenget er myrlendt med noe blandingsskog. I følge Amundsen (2011) viser tidligere undersøkelser av grunnen at hele banearealet har et høyt innhold av tungmetaller. Lia øst for målområdet viser også høye verdier. Det var ikke gjennomført tiltak i på banen per oktober 2014. Feltet og prøvepunktene er vist i (Figur 18). Vannet renner mot nordøst gjennom Finnkalldalen og ut i Rinnelva ca 1 km nord for banen. Punktene V-06 og V-01 er referansestasjoner hvor vannet antas upåvirket av militær aktivitet. Punkt V-05 er et sig/bekk som mottar avrenning fra kulefangervollen, mens V-04 mottar avrenning fra standplasser og baneområdet. Punkt V-02 er plassert i bekk etter samløp mellom V-04 og V-05 og representerer samlet avrenning ut av feltet.

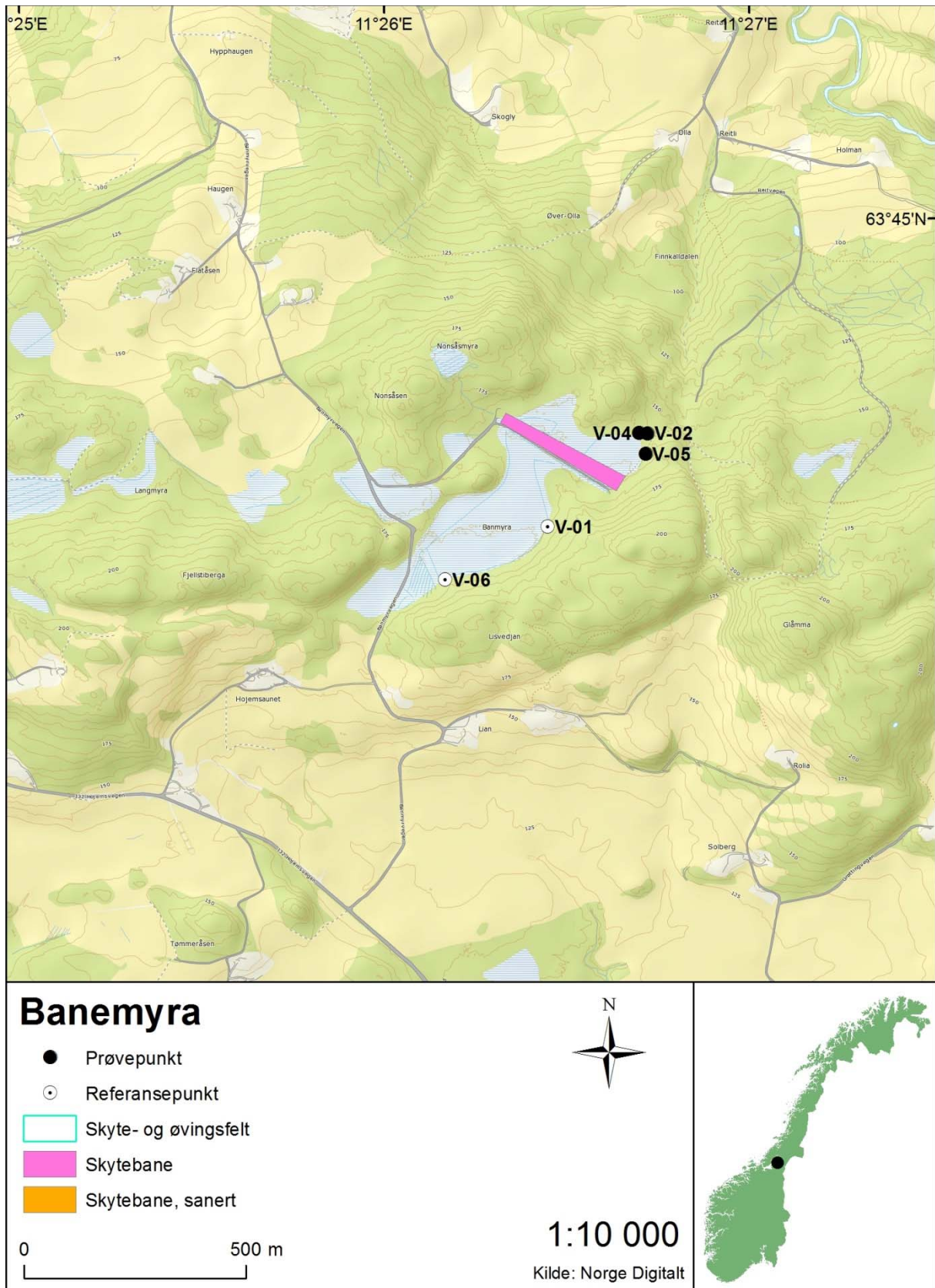
Ved de to første prøvetakingsrundene i 2014 var det lite vann i feltet. Ved prøvetakingen i oktober var det mye vann. Vannet har moderat konsentrasjon av kalsium (2-7 mg/L), er moderat surt (pH 5,5-6,5) og humøst (TOC > 10 mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Vannet fra målområdet (V-05) hadde de høyeste metallnivåene, men avrenningen fra standplassene og baneområdet (V-04) hadde også bly- og kobberkonsentrasjoner som var over gjeldende grenseverdier for bly og kobber (Figur 19). Nivåene i avrenningen ut av felt (V-02) var tilnærmet identisk med de som ble bestemt i prøver fra V-04. Prøvene fra det antatt upåvirkede referanseområdet inneholder noe kobber.

Forholdet mellom metallkonsentrasjonene i avrenning (V-01) og referanse (V-06) var 10-20 for bly, men bare 1-2 for kobber. Antar man en gjennomsnittlig avrenning på 6 L/s (Amundsen, 2011) blir beregnet massetransport av bly ut av feltet ca 1 kg bly i 2014. For de andre metallene er bidraget fra skyteaktivitet lite eller ikke kvantifiserbart.

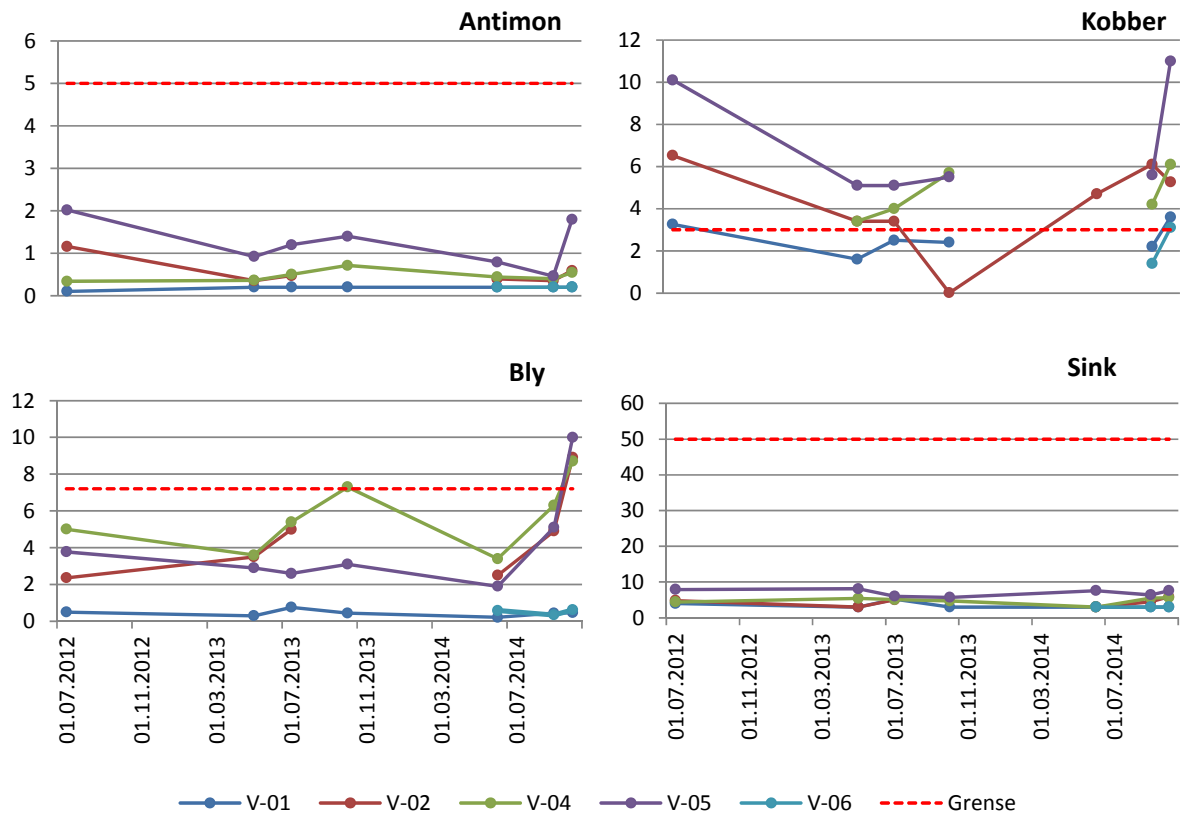
Situasjonen vil trolig ikke endre seg vesentlig før en eventuelt begynner med tiltak i feltet, men relativt høye konsentrasjoner gjør at overvåkingen bør fortsette til feltet skal ryddes.





Figur 18. Banemyra skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.





Figur 19. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Banemyra.

### 3.9 Steinkjersannan

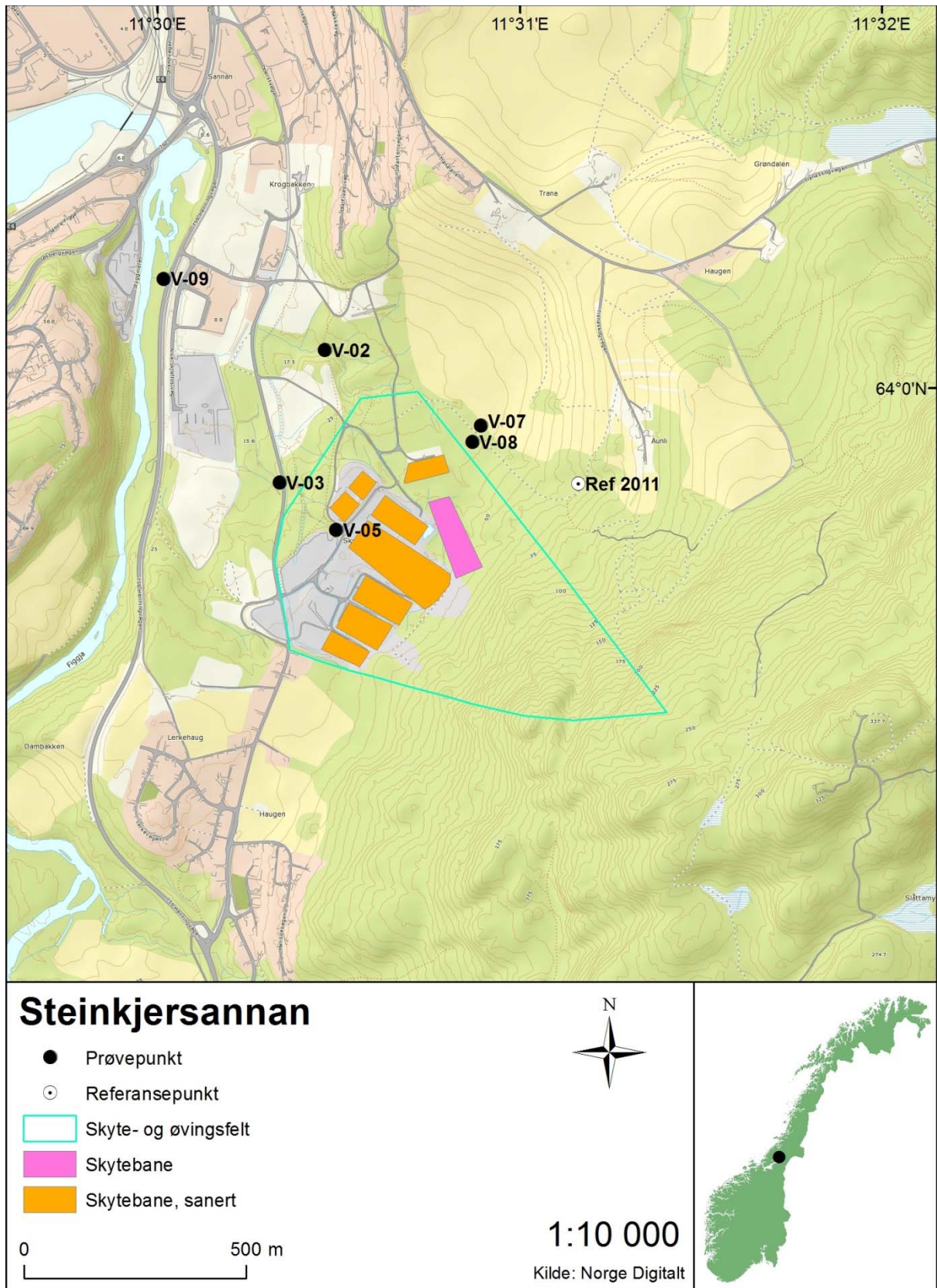
Steinkjersannan SØF ligger i Steinkjer kommune i Nord-Trøndelag. Det har vært skytebaner i området siden 1700-tallet. Forsvarsbygg solgte eiendommen til kommunen i 2013 etter å ha sanert fire skytebaner. Fire skytebaner er fortsatt i bruk til ikke-militære formål. Feltet ligger ca 25 moh. Terrenget er flatt med en skogkledd lise i øst. Et grøftesystem er gravd for å lede avrenning fra lia utenom SØF. Det er mye marin leire i området. Under saneringen i 2012/2013 ble det fjernet store mengder forurenset masse. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 20. Vannet fra feltet renner vestover ut i elva Figgja og videre til fjorden. Punktene Ref 2011 og V-07 er plassert i bekk/sig hvor vannet antas å være upåvirket av militær aktivitet. Punkt V-08 er plassert i sig og leder vann fra gammelt målområde øst i lia. Punkt V-05 er plassert i et drens-system som samler vann fra det som tidligere var bane 5-8. Punkt V-03 i grøft på andre siden av veien representerer samlet avrenning fra det som var bane 4-8. Punkt V-02 er plassert i bekk etter samløp av vannet fra V-07 og V-08 (se over). Punkt V-09 representerer samlet avrenning ut i Figgja.

Ved de to første prøvetakings-rundene i 2014 var det lite vann i feltet. Ved prøvetakingen i oktober var det mye vann. Vannet var svakt basisk (pH 7-8) og kalkrikt (bortsett fra referansen V-07 som hadde lavere kalsiumkonsentrasjon). Turbiditeten var høy og TOC-konsentrasjon økte med økende vannføring. Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

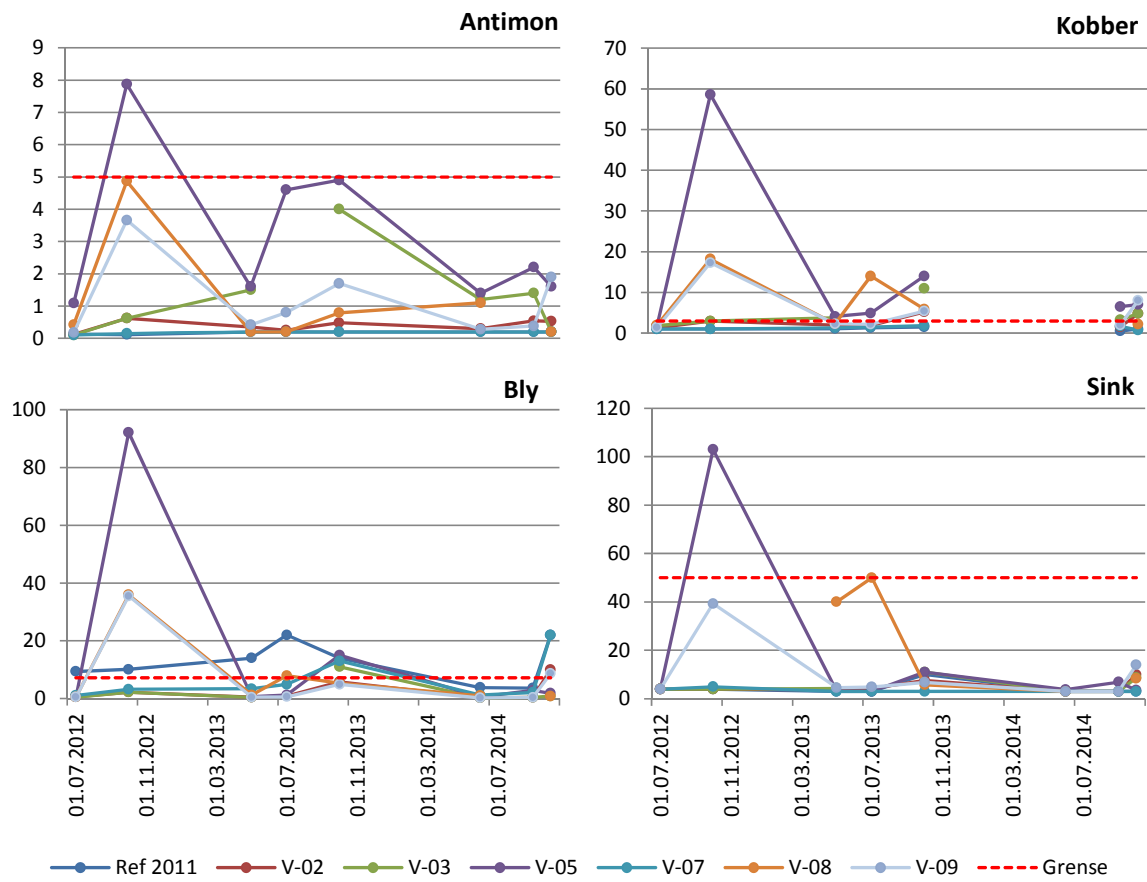
Sinknivåene var lave, under kvantifiseringsgrensen ved flere av stasjonene, sammenlignet med de fleste andre SØF omtalt i denne rapporten (Figur 21). Antimonkonsentrasjonene var relativt lave, men over kvantifiseringsgrensen unntatt i referansene. Kobbernivået har også pleid å være lavt, unntatt ved den mest påvirkede stasjonen (V-05), der grenseverdien vanligvis har vært overskredet. Også blykonsentrasjonene har vært lave sammenlignet med andre SØF. Unntak er under episoder med høy vannføring og i referansestasjonene, der bly ofte er over grenseverdien til tross for at vannet antas å være upåvirket av skyteaktivitet. Totalkonsentrasjonen av bly er styrt av mengden partikler i suspensjon og konsentrasjonen av organisk materiale som, i dette systemet med grøfter og leire, er sterkt avhengig av vannføring. Den store variasjonen gjør det vanskelig å si om det har skjedd en endring etter tiltakene.

Antimonkonsentrasjonene tyder på at det er noe tungmetallavrenning som kan tilskrives skyteaktivitet. Konsentrasjonene er mer enn dobbelt så høye som i referansen. Avrenningen av kobber og sink ser ut til å være lav. Det går ikke an å beregne massetransport av bly pga. forholdene beskrevet ovenfor.

Ved fortsatt overvåking anbefales det å filtrere prøver for å bestemme såkalt løst fraksjon. Grenseverdien for bly er definert for filtrerte prøver. Man bør forsøke å få tatt prøver når vannføringen er høy siden mye av massetransporten ser ut til å skje under episoder med mye vann. Det går også an å inkludere aluminium i analyseprogrammet for å få et bedre mål på mengden leire i hver enkelt prøve. Referansen bør, hvis mulig, flyttes for å unngå det som ser ut til å være forurensing som ikke kan knyttes til militær virksomhet.



Figur 20. Steinkjersannan skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 21. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon (µg/L) av metaller i vannprøver fra Steinkjersannan.

### 3.10 Melbu/Haugtuva

Melbu/Haugtuva skytefelt ligger i Hadsel kommune i Nordland. Heimevernet har brukt feltet til skyting med håndvåpen fra 1950-tallet og fram til 2005 da forsvaret avsluttet sin aktivitet i området. To av de totalt 8 banene er fremdeles i bruk som sivile skytebaner. Det er mye småvokst bjørk i området. Terrengtet er flatt og myrlendt. Tiltak for å fjerne forurensede masser er planlagt gjennomført i 2015. Feltet og prøvepunktene er vist i (Figur 22). Vannet fra feltet renner sørover og samles og ut i Melbuelva som renner ut i sjøen ved Melbu. Punkt V32 er plassert i bekk med vann som ikke antas å være påvirket av militær aktivitet. Punkt V11 er plassert i bekk som mottar avrenning fra bane 8, 9 og 10. Bekken renner vider til punkt V29 hvor avrenning fra bane 3 og 4 også har blitt blandet inn. Punkt V33 er plassert i bekk med avrenning fra bane 1 og 2. Punkt V28 er plassert i Melbuelva og representerer all avrenning ut av feltet.

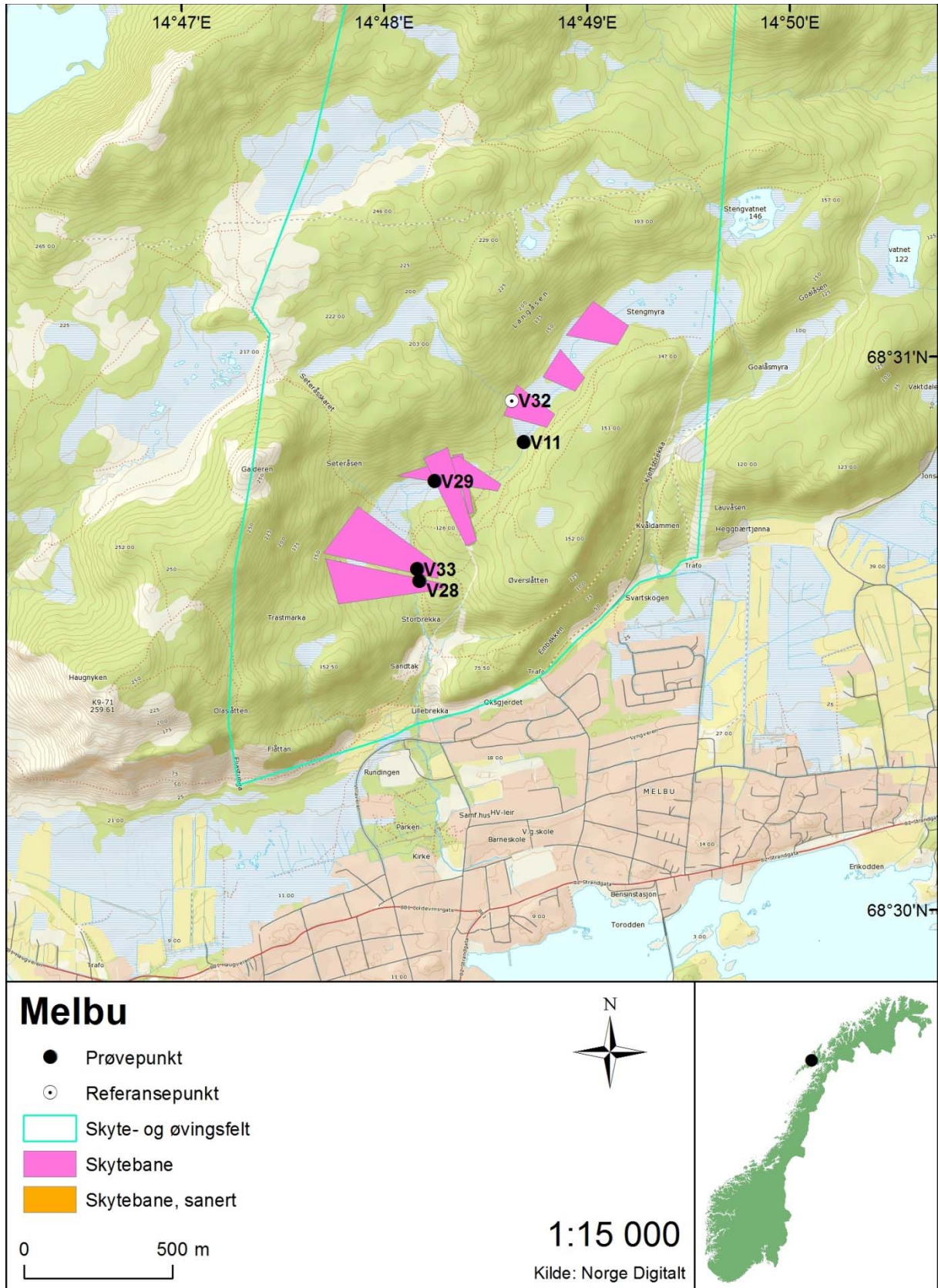
Ved det to første prøvetakingsrundene i 2014 var det lite vann i feltet. Ved prøvetakingen i oktober var det mye vann. Vannet har lav konsentrasjon av kalsium (1-3 mg/L), er nesten nøytralt (pH 6-7) og relativt klart (TOC 2-10mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Det var lave konsentrasjoner av tungmetaller ved alle stasjoner (Figur 23). Unntaket er 29. oktober ved stasjon 33 (avrenning bane 1-2) da kobberkonsentrasjonen oversteg gjeldende grenseverdi. Ved referansestasjonen (V33) var alle målte tungmetallkonsentrasjoner unntatt sink 28. mai lavere enn kvantifiseringsgrensen.

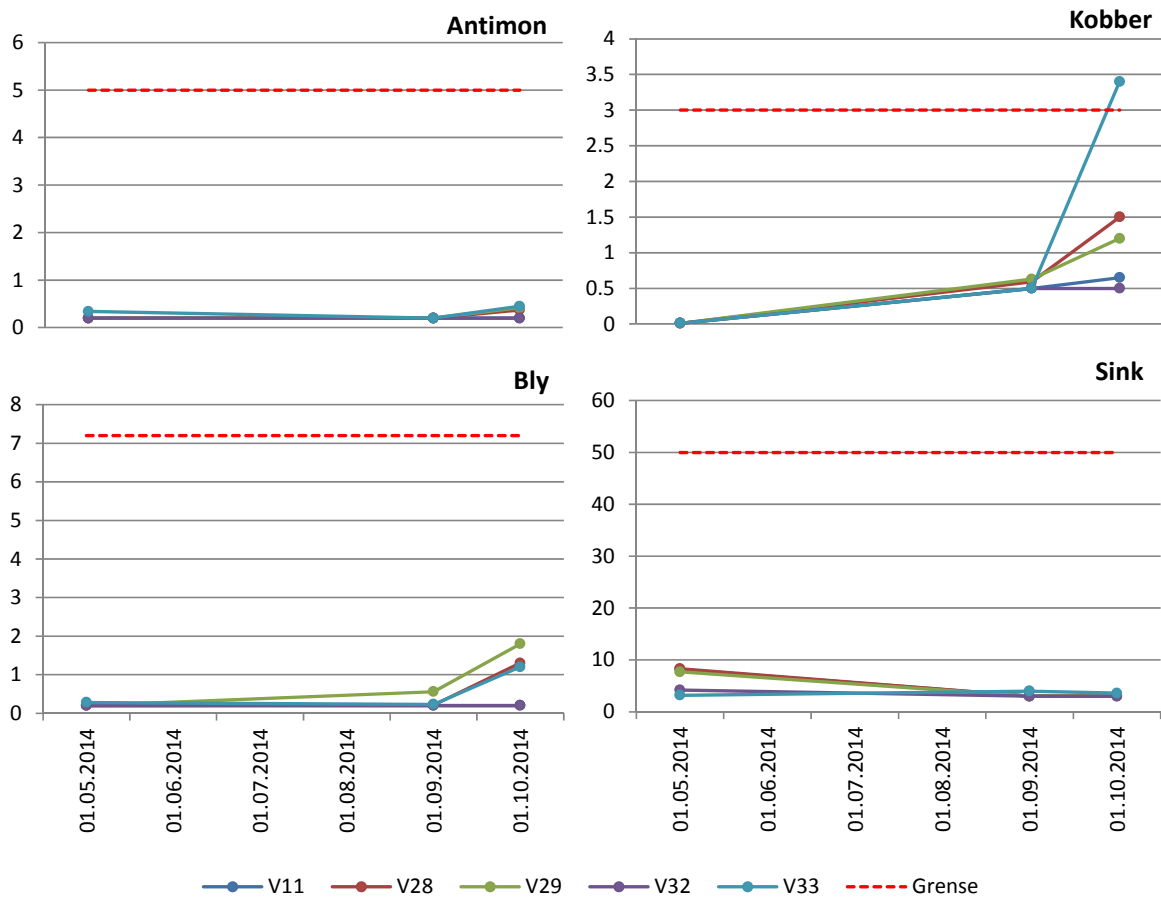
Antar man en gjennomsnittlig avrenning på 64,5 L/s (Amundsen, 2011) blir beregnet massetransport av bly ut av feltet ca 0,5 kg antimon, 1,5 kg bly, 2 kg kobber og 11 kg sink. Estimatenes er svært usikre pga lave konsentrasjoner og få målinger. De lave konsentrasjonene gjør det også umulig å si hvor mye som skyldes skyteaktivitet.

Tungmetallkonsentrasjonene var lave også i 2010 (Amundsen, 2011) og 2011 (Amundsen, 2012). Det er ingen grunn til å tro at situasjonen vil endre seg før det eventuelt blir anleggsaktivitet i feltet. Videre undersøkelser kan utsettes til feltet skal ryddes.





Figur 22. Melbu/Haugtuva skytefelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 23. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Melbu/Haugtuva.

### 3.11 Avgrunnsdalen

Avgrunnsdalen SØF ligger i Hurum kommune i Buskerud og var i bruk fra 1917 til 2003. Det har blitt skutt med håndvåpen, mitraljøser og panservernvåpen. Det har dessuten blitt sprengt en del fjell i området. Feltet ligger i en trang dal med bratte sidevegger Dalbunnen består av myr. Det ble gjennomført grundige miljøundersøkelser i 2007 (Nordal, 2007). Tiltaksplan ble utarbeidet i 2012 (Weholt, 2012a). Det ble gjennomført oppryddingstiltak i 2013, men myra ble ikke sanert. Omtrent 500 meter vest for SØF ligger sivile skytebaner (Fuglemyra) som også har avrenning til bekken som renner ut i Rødbyvannet. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 24. Punkt A er plassert i myrbekk som mottar avrenning fra det som var målområde for stridsskytebanen, og det som eventuelt måtte komme fra den nyere stripeskytebanen. Punkt B og B2 ved utløpet av myra er plassert i vann som renner hhv. inn og ut av sedimentasjonsdam. Punkt C i bekk representerer samlet avrenning ut av Avgrunnsdalen. Punkt C1 er plassert i bekk etter samløp mellom bekker fra Bunnjern og Avgrunnsdalen, men før avrenning fra Fuglemyra blandes inn. Punkt C2 er i bekk etter innblanding fra Fuglemyra, mens punkt D ligger i utløpet til Rødbyvannet.

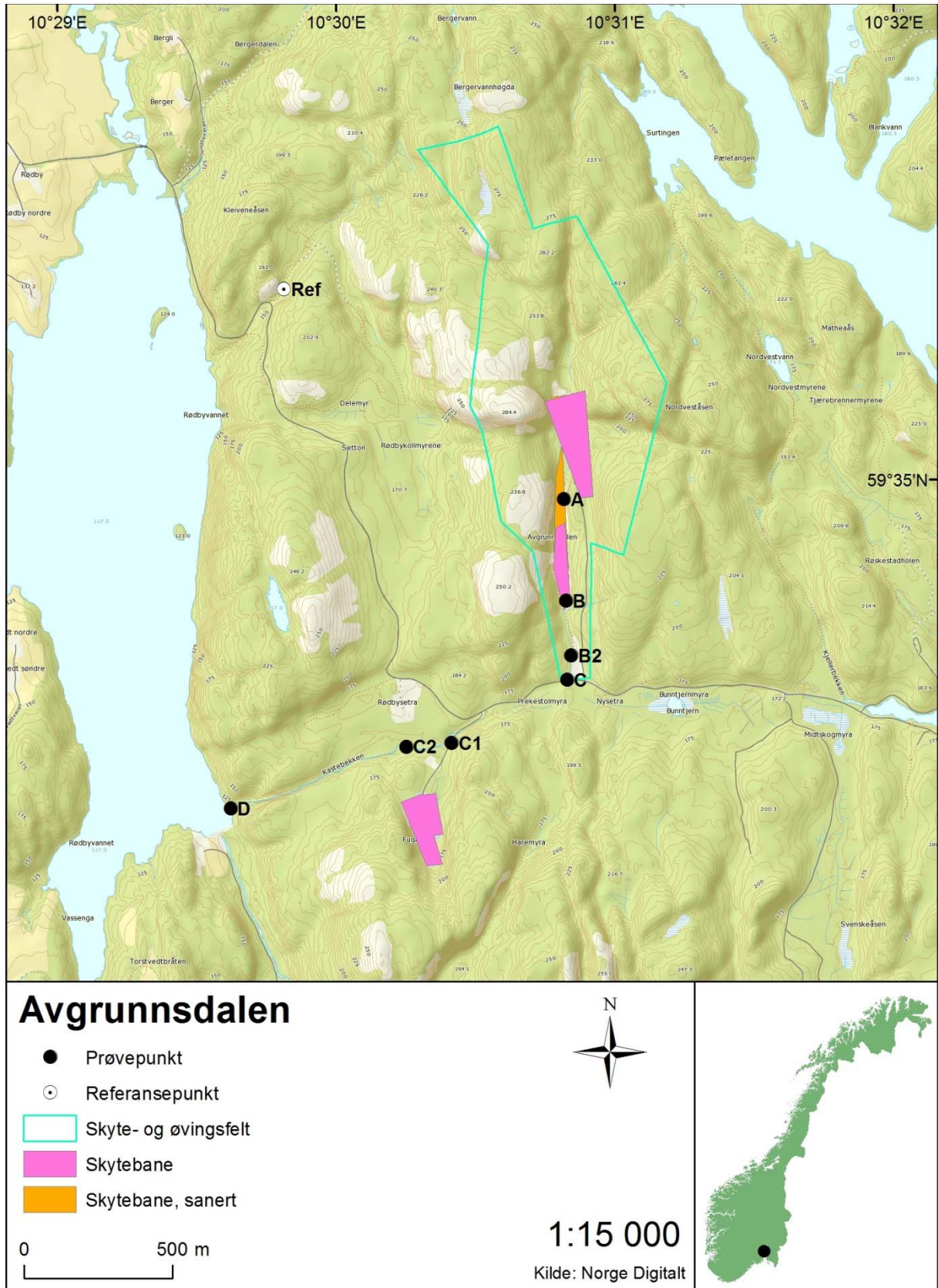
Vannføringen var trolig omtrent normal ved alle tre prøvetakingsrundene i 2014. Vannet er kalkfattig (kalsium 1-2 mg/L), surt (pH 5-6) og humøst (TOC > 10 mg/L). Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Det var høye konsentrasjoner av kobber og bly i avrenningen (Figur 25). De høyeste tungmetallkonsentrasjonene ble målt ved utløpet av myra (B). Ved de to siste prøvetakings-rundene var konsentrasjonene i utløpet av sedimentasjonsdammen (B2) omtrent den samme som ved B. Sedimentasjonsdammen har dermed lite effekt ved normal vannføring. Konsentrasjonene blir noe fortynnet nedover i vassdraget, spesielt mellom punktene C og C1, men derfra og til utløpet i Rødbyvannet er det kun små endringer. Det tyder på at bidraget fra skytebanene på Fuglemyra er ubetydelig sammenlignet med det som kommer fra SØF. Tiltakene har ikke hatt noen tydelig effekt på konsentrasjonene i avrenning.

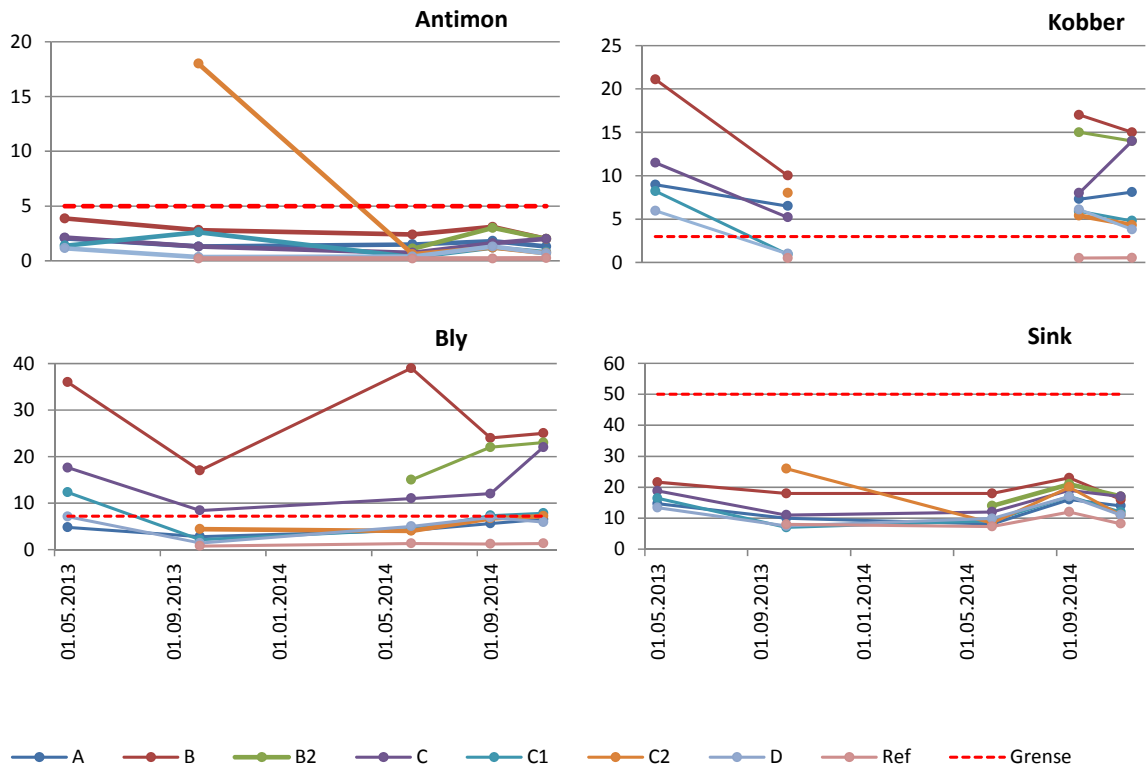
Blykonsentrasjonene ved stasjon C var 10-20 ganger høyere enn i referansen til tross for at konsentrasjonene i sistnevnte også var relativt høye. Kobberkonsentrasjonene var også mye høyere enn i referansen, mens forskjellen er mindre for sink. Årsavrenningen ut av Avgrunnsdalen (stasjon C) har blitt estimert til 313220 m<sup>3</sup> (Nordal, 2007). Antar man volumveide middelveidier på 2, 15 og 10 µg/L av hhv antimon, bly og kobber, blir beregnet massetransport omtrent 0,5 kg antimon, 4 kilo bly og 3 kilo kobber.

Det anbefales å fortsette overvåkingen for å lære mer om effekten av tiltaket. En referansestasjon i bekken fra Bunnjern vil kanskje være mer representativ for avrenningen fra Avgrunnsdalen enn nåværende referansestasjon.





Figur 24. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 25. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon (µg/L) av metaller i vannprøver fra Avgrunnsdalen.

### 3.12 Fredrikstad

Gansrød og Pernes SØF ligger i Fredrikstad kommune i Østfold. Skytefeltet bestod av 8 baner med baneløp. Det eldste anlegget er området for bruk av krumbanenvåpen i Gansrødbukta. Eldre kart viser at det på slutten av 1800-tallet var en skytelinje for kalibrering av kanoner og testskyting av ammunisjon i dette området. Den mest intensive bruksperioden var trolig under utdanningen av alle kontingentene for Tysklandsbrigaden på slutten av 40-tallet frem til midten av 50-tallet. Det har vært noe bruk av banene frem til ut på 2000-tallet, men etter 2005 har virksomheten vært lav. Det er baner både for håndvåpen og panservernvåpen. Mer informasjon om bruk av og tiltaksplan for de ulike banene er beskrevet i Weholt (2012b, 2010, 2009). Områdene rundt skytebanene er kupert med mye bart fjell, skrinn mark og spredte furutrær. Feltet grenser i sør til Øra naturreservat. Tre baner på Gansrød ble ryddet i 2010. Banene ved Pernes skal etter planen ryddes i 2015. Feltet og prøvepunktene er vist i (Figur 26). Punktet Ref er referansestasjonen hvor vannet antas ikke å være påvirket av militær aktivitet. Punkt 1 er plassert i et sig som mottar avrenning fra målområdet til bane G9. Punkt 2 er plassert i et sig som mottar avrenning fra det som var bane H8. Punkt 3 er plassert i en bekk som mottar avrenning fra det som var målområdet for 200-metersbanen. Punkt 13 er plassert i sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G13. Punkt 12 er plassert i sig som mottar avrenning fra kortholdsbanen G12. Punkt 10 er plassert i bekk som mottar avrenning fra bane G10, mens punkt 10S representerer samlet avrenning fra banene ved Pernes (G10, G12 og G13) til Neskilen.

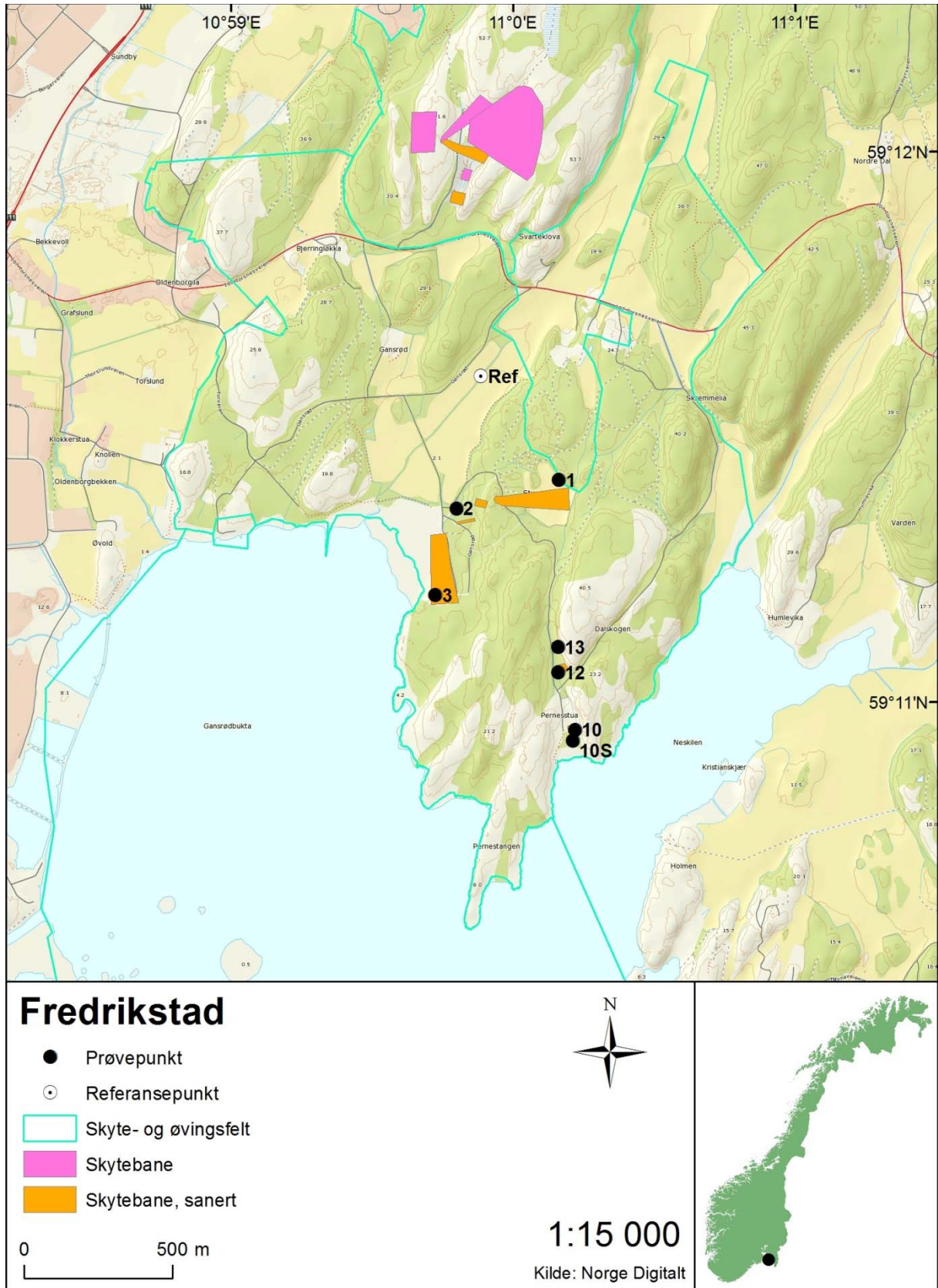
Det var lite vann ved flere av stasjonene ved alle tre prøvetakingsrundene. Nedbørsmengdene rundt de aktuelle tidspunktene var imidlertid ikke lave, så vannføringen var trolig normal eller over normal. Det tyder på at vannet renner under bakken (i grunnen). Vannets pH varierte i feltet (fra 5,5-6 ved stasjon 1 til 7-7,6 i referansen som er påvirket av jordbruk). Konsentrasjonen av TOC var relativt høy ved de fleste stasjoner (>10 mg/L). Det samme gjaldt turbiditeten. Det var altså mye partikler i vannet. Alle enkeltresultater fra 2014 er tabulert i vedlegg.

Tungmetallnivåene var moderate til tross for mye partikler. De høyeste konsentrasjonene ble funnet ved Gansrød (stasjon 2 og 3) (Figur 27). Her var kobberkonsentrasjonene klart høyere enn gjeldende grenseverdi. Bly- og antimonkonsentrasjonen var også forhøyet, men ikke over grenseverdiene. Ved Pernes var tungmetallnivåene lavere, men kobberkonsentrasjonen var fortsatt over gjeldende grenseverdi (Figur 28).

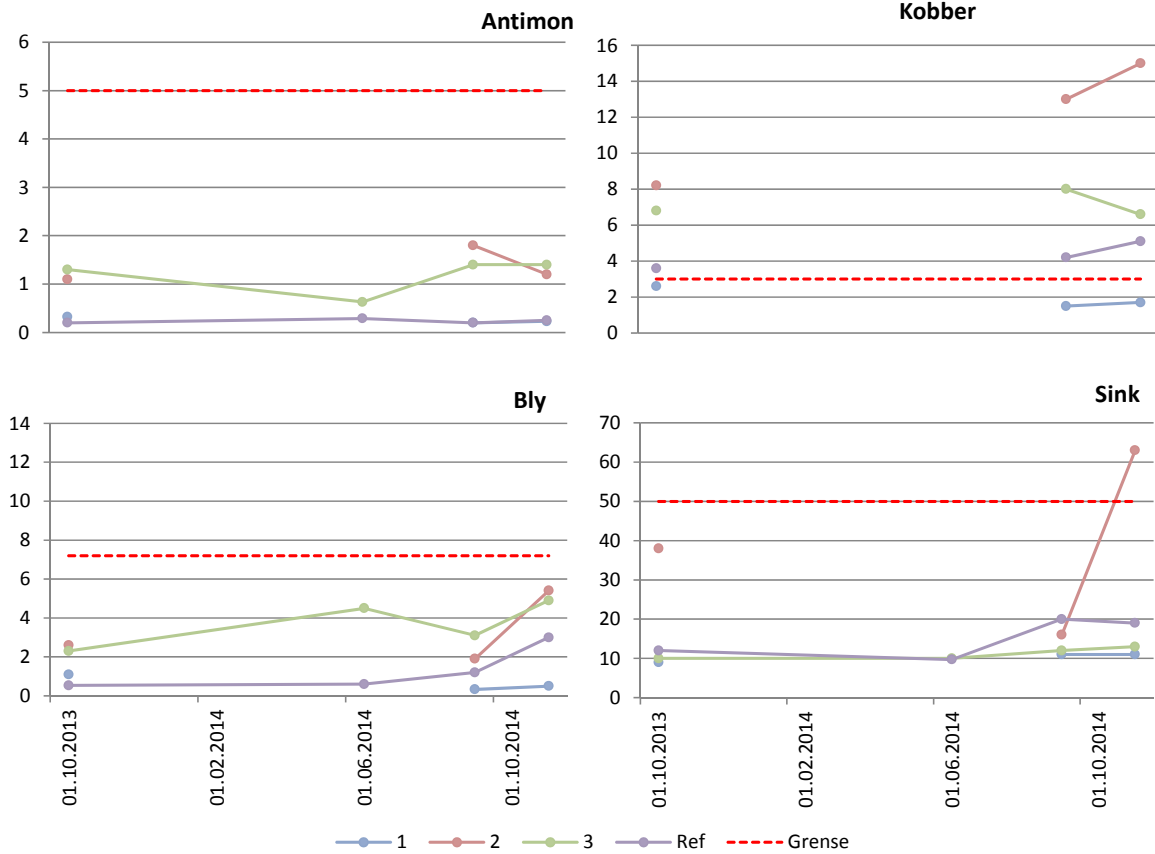
Feltet har avrenning til fjorden via tre punkter (Punkt 3, Punkt 10S samt bekken nedstrøms referansen). Overflateavrenningen er lav. Det er derfor vanskelig å estimere tungmetallavrenning. Dersom man antar at de målte konsentrasjonen i overflateavrenning (ca 1 µg/L antimon, 4 µg/L bly og 6 µg/L kobber) er representativ for det som renner i grunnen, at nedbørfeltet er ca 2 km<sup>2</sup> og at avrenningen er 10,2 L/s/km<sup>2</sup> blir årsavrenning ca 0,5 kg antimon, 2,5 kg bly og 4 kilo kobber. Estimaten er meget usikre og ikke korrigert for naturlig bakgrunn.

Overvåkingen bør fortsette til oppryddingstiltaket er gjennomført. Ved fortsatt overvåking bør det, hvis mulig, etableres en mer representativ referansestasjon.

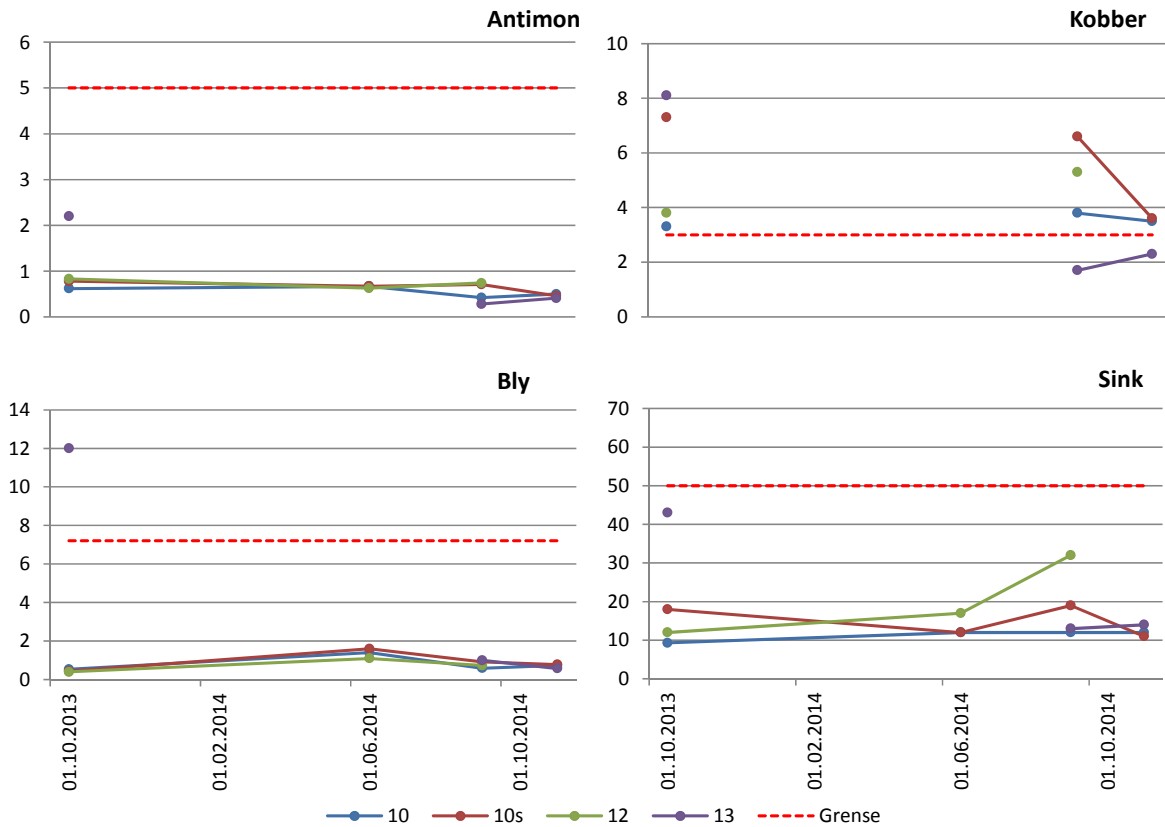




Figur 26. Gansrød og Pernes skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 27. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Gansrød.



Figur 28. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Pernes.

### 3.13 Gimlemoen

Gimlemoen ligger i Kristiansand kommune, like nord for Kristiansand sentrum. Eiendommen er på 7083 daa og eies i sin helhet av Staten v/ Forsvarsdepartementet. Gimlemoen ble etablert som et militært område helt tilbake i 1864, og det er antatt at skyte- og øvingsfeltet i skogsområdene nord for leiren ble tatt i bruk kort tid etter dette. Gimlemoen skyte- og øvingsfelt (SØF) har bestått av minst 4 håndvåpenbaner, en panservernrakett(PV)-bane, en luftmålbane, en håndgranatbane, et åpent øvingsområde for nærkrigsøvelser og en sivil leirduebane. Skytebaner og øvingsområder har vært lokalisert fra øverst i vassdraget ved Kyrjtjønn og helt ned mot Øvre Jegersbergvann. I tilknytning til disse var det etablert bygninger, skivebuer, standplasser, voller, gjerder, strømforstyrning og skilt som i stor grad ble fjernet i 2008-2009. Skytefeltet ble rustet opp på begynnelsen av 1980-tallet og var i bruk av Forsvaret helt frem til 2003. I dag er det ingen militær aktivitet i området. I 2005 ble en del skytevollmasser fjernet, og i 2008 ble forurenset jord fjernet ved Elgbanen og ved skoleskytebanen ved Kyrjtjønn. Feltet og prøvepunktene er vist i Figur 29. Punkt P2A og P2B er plassert i hhv bekk fra sentraler og bekk fra nordre områder ved Kyrjtjønn skytefelt. Punktet P3B er plassert i bekk som renner ut fra Kyrjtjønn. Punktet P5 er i bekk fra Sødalsmyra til Kroktjønn. Punktene P9 og P10 ligger hhv. i bekk oppstrøms og nedstrøms leirduebanen. Punktene P6 og P7 er bekkene som renner hhv. inn og ut av Øvre Jegersbergvann. Punkt P11 er referansen hvor vannet ikke antas å være påvirket av militær aktivitet.

I 2014 er det gjennomført omfattende tiltak ved fire lokaliteter, og det var planlagt at til sammen ca 13000 m<sup>3</sup> forurenset jord skal fjernes. Ved alle tiltakene er det utarbeidet godkjente tiltaksplaner, overvåkningsprogram og gjennomføringsplaner. Tiltakene vil bli fullført i 2015, og det vil deretter bli skrevet sluttrapporter.

Det ble fjernet forurenset jord og slam ved et deponi ved Nedre Jegersbergvann i perioden juni – august 2014. Ved pistolbanen ble det gravd opp og fjernet forurenset jord i perioden juni – september, mens de mest omfattende tiltak ble gjennomført ved skoleskytebanen ved Kyrjtjønn i perioden juli – oktober 2014. I oktober – november 2014 ble det gjennomført tiltak med å fjerne forurenset jord i deler av leirduebanen.

Ved deponiet ved Nedre Jegersbergvann ble det etablert siltgardin i vannet for å hindre partikkelspredning. Tiltaket ble gjennomført uten større avvik.

Ved pistolbanen ble det etablert grøfter og fangdammer for å redusere spredning til resipient, som er bekken som renner gjennom Sødalsmyra. Normalverdien for bly i nærmeste faste prøvepunkt nedstrøms (P5) var 14 µg<sub>Pb</sub>/l mens grenseverdien for stans i tiltaksarbeider ble satt lik 5x normalverdi eller 70 µg<sub>Pb</sub>/l. Høyeste registrerte blyinnhold i 2014 var 35 µg<sub>Pb</sub>/l (Figur 30).

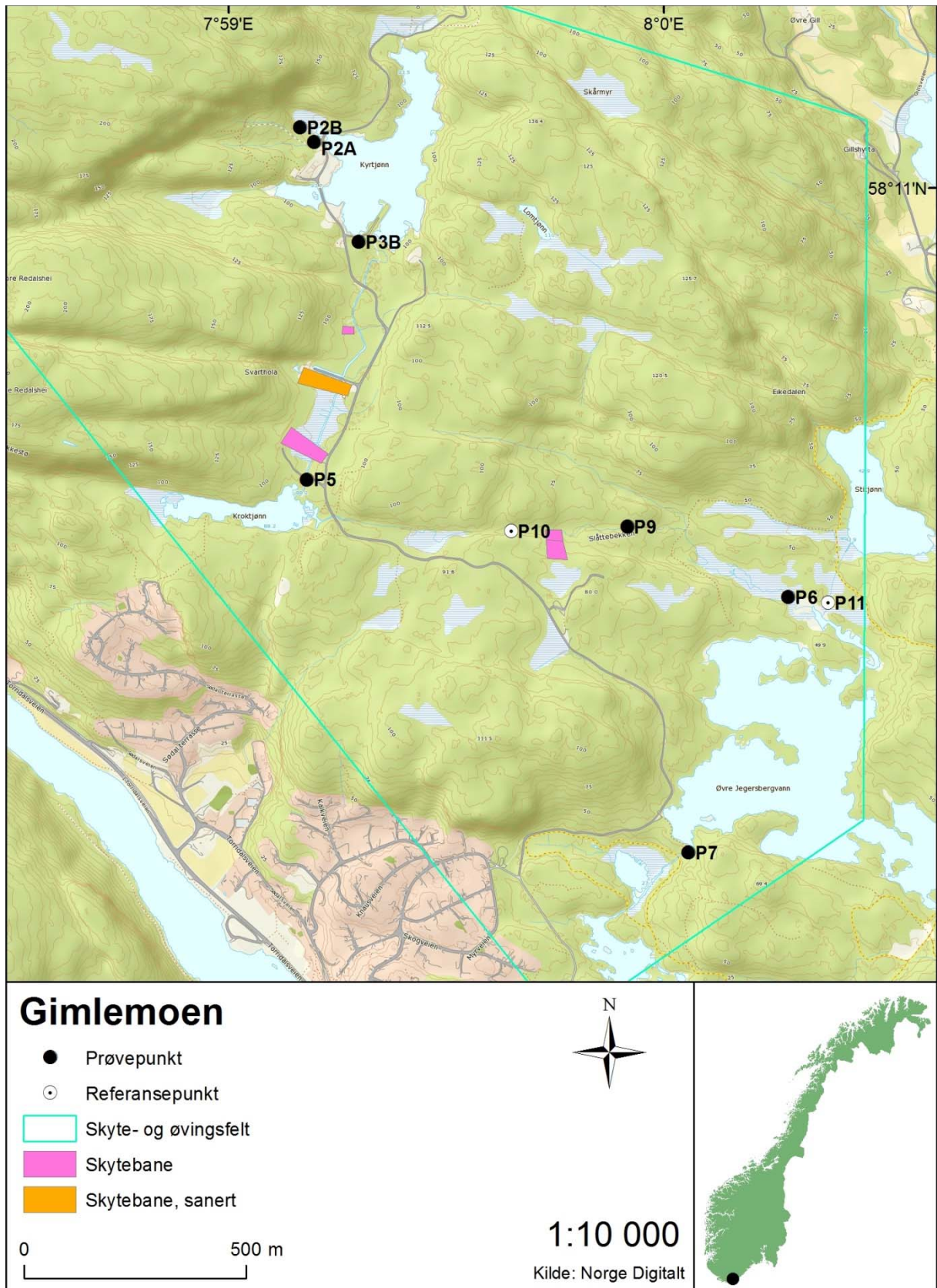
Ved Kyrjtjønn ble det etablert et stort sedimentasjonsbasseng like nedstrøms bekkene fra tiltaksområdene. Tiltaksarbeidene, som omfattet graving og feiing i store områder med farlig avfall, medførte svært stor partikkelspredning i perioder. Spesielt førte feiing av farlig avfall på større partier med bart fjell til stor erosjon ved nedbør, og i tillegg førte intertransport til perioder med svært tilgriset vann. Bekkene fra tiltaksområdet ble svært påvirket og med ekstremt høye konsentrasjoner av tungmetaller i prøvepunktene P2A og P2B. I Kyrjtjønn ble det like utenfor sedimentasjonsbassenget etablert et siltgardin, og de avbøtende tiltak ser ut til å ha begrenset spredningen fra tiltaksområdene. Høyeste blykonsentrasjon i et prøvepunkt (P2) like



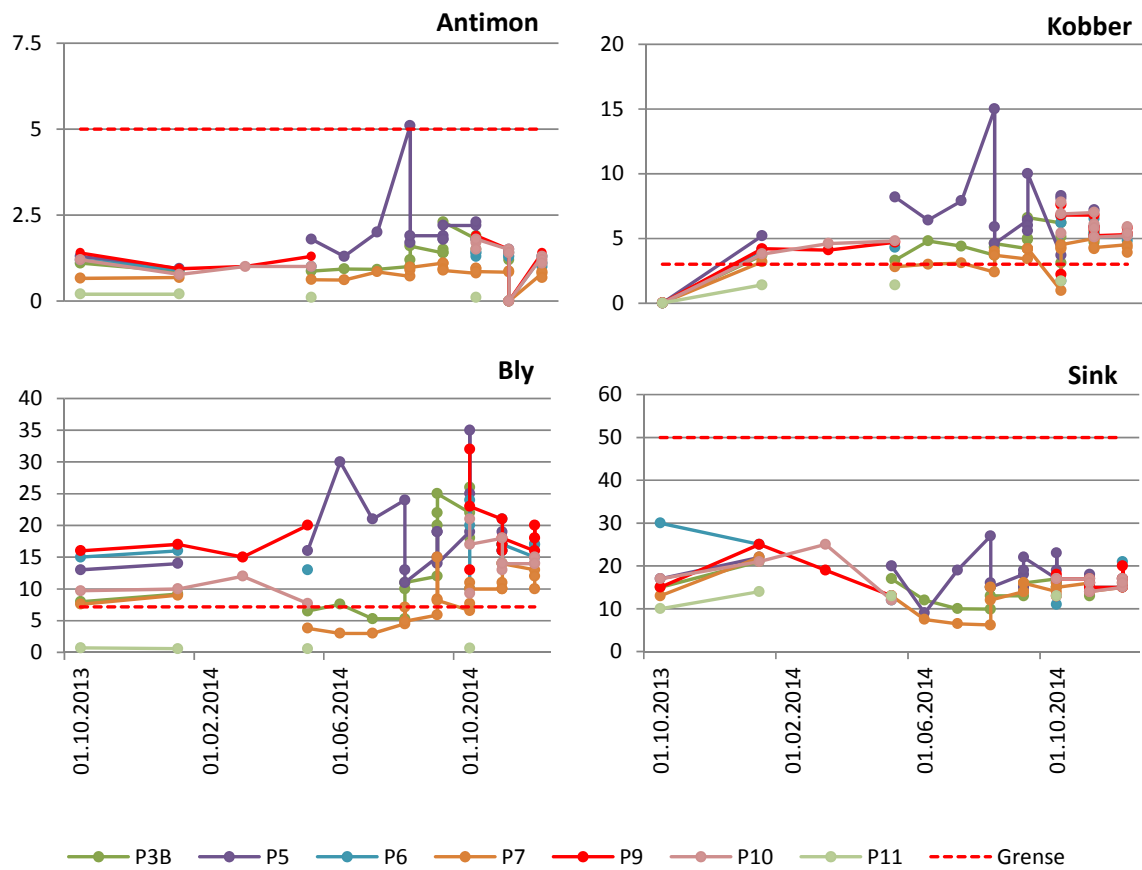
utenfor siltgardinet var  $36 \mu\text{g}_{\text{pb}}/\text{l}$ . Normalverdi for bly i nærmeste faste prøvepunkt (P3B) i Kyrjtjønn var  $9 \mu\text{g}_{\text{pb}}/\text{l}$ , mens grenseverdien for stans i tiltaksarbeid ble satt 5x normalverdi eller  $45 \mu\text{g}_{\text{pb}}/\text{l}$ . Høyeste registrerte blyinnhold i 2014 i prøvepunktet P3B var  $26 \mu\text{g}_{\text{pb}}/\text{l}$ , og ved utgangen av 2014 ser det ut til at konsentrasjoner av tungmetaller er avtakende.

Tiltaksarbeider ved leirduebanen startet opp i oktober 2014, og om lag en tredjedel av banen ble ryddet. Det ble gravd avskjærende grøfter, etablert sedimentasjonsbasseng og deler av overflatevannet ledes fremdeles til et mobilt renseanlegg med olivin. Tiltaksarbeidene førte til en moderat påvirkning av Slåttebekken nedstrøms området, der blykonsentrasjonen i prøvepunktet P6 økte fra 10-16 til 20-24  $\mu\text{g}_{\text{pb}}/\text{l}$ . Det skal gjennomføres ytterligere og omfattende tiltak i 2015 ved leirduebanen, og på grunn av faren for eksplosiver må tiltak gjennomføres med utstrakt bruk av fjernstyrte anleggsmaskiner. Det skal ryddes bort sterkt forurenset jord i og langs Slåttebekken, og spredningsreducerende tiltak blir svært viktig i tiltaksperioden.

På grunn av omfattende tiltak i områder med forurenset jord ved Gimlemoen SØF, vil det ta tid før konsentrasjonene av tungmetaller vil synke i vassdraget. I flere større vann vil sprangsjikt og sesongmessige omrøringer av vannmasser føre til at det tar tid før alt vann blir skiftet ut. Det er også, etter tillatelse fra forurensningsmyndighetene, områder som ikke vil bli ryddet selv om områdene er påvirket av skyteaktivitet og det er påvist forurenset jord. Dette gjelder spesielt vanskelig tilgjengelige områder ved Kyrjtjønn og Elgbanen/pistolbanen.



Figur 29. Gimlemoen skyte- og øvingsfelt med punkter prøvetatt i 2014.



Figur 30. Gjeldende grenseverdier og konsentrasjon ( $\mu\text{g/L}$ ) av metaller i vannprøver fra Gimlemoen. Resultatene fra P2A og P2b er prøver tatt av vann som renner inn i sedimentasjonsbassenget under anleggsarbeid. De er ikke presentert i figuren, men finnes i vedlegg.

## 4. Diskusjon

Overvåkingen i 2014 har bestått av tre runder med innhenting av vannprøver for bestemmelse av vannkjemiske variabler, tungmetaller og eksplosivresten (kun to felter). Det er tungmetallkonsentrasjonene og hvordan disse påvirkes av korrosjon av prosjektiler avsatt i nedbørfeltet, som er mest vektlagt i overvåkingen. Konsentrasjonene er bestemt av mengden av prosjektiler, prosjektilenes størrelse og sammensetning, fysisk-kjemiske egenskaper ved den vandige løsningen samt hvor stor fortynningen er (se f.eks. Langmuir, 1997; Lewis et al., 2010; Rooney et al., 2007; Zheng et al., 2011). Disse egenskapene vil begrense konsentrasjonen av hvert enkelt metall og bestemme hvor stor del av metallens totalkonsentrasjon som skyldes prosjektiler. Små prosjektilfragmenter, aerobe forhold, surt vann, mye løst organisk karbon og suspenderte partikler kan gi høye konsentrasjoner av kobber, bly og sink. Antimon oppfører seg litt annerledes fordi det går i løsning som anion (Ackermann et al., 2009; Heier et al., 2004) og høy pH vil gi økt mobilitet.

I feltene som er undersøkt her, er det likevel en viss samvariasjon i konsentrasjonen av antimon, bly og kobber i bekkene som renner ut av feltene. Et kjennetegn ved feltene med høye konsentrasjoner i utløpsbekken er relativt lav pH og høy TOC (Gurulia/Bue-Nebb, Avgrunnsdalen, Ørskogfjellet). Nedbørmengder og fortykning har også betydning. Nesje SØF har for eksempel det sureste vannet, og det har også høyt humusnivå. Tungmetallkonsentrasjonene var likevel lave sammenlignet med SØFene nevnt over. Dette kan skyldes høy fortykning som følge av at feltet ligger i et av de mest nedbørrike områdene i Norge (se **Feil! Fant ikke referanse-kilden.**). Det var konsentrasjonen av kobber, og ikke bly, som oversteg gjeldende grenseverdi i flest SØFer. Dette skyldes at kobber har høyere mobilitet enn bly i det humøse vannet som preger mange av SØFene. Gjeldende grenseverdi for kobber virker dessuten betydelig lavere enn den for bly, tatt i betraktning metallenes løselighet og mobilitet. Det er tvilsomt om kobberkonsentrasjonene i utløpsbekkene var høye nok til å skade akvatiske organismer (European Copper Institute, 2007). Kobberavrenningen var dessuten lav sammenlignet med andre betydelige kilder (se under). Det er derfor trolig større grunn til å legge vekt på overskridelser av grenseverdiene for metallet bly som står på EUs liste over prioriterte miljøgifter. Totalkonsentrasjonen av bly overskred 7,2 µg/L i Avgrunnsdalen, Gurulia og Ørskogfjellet. Likevel er det ikke sikkert at vannforskriftens grense var brutt, siden den er satt for den såkalt løste fraksjonen av metallet. Konsentrasjonene av sink og antimon var lave sammenlignet med grenseverdier, selv om et visst bidrag fra avsatte prosjektiler er tydelig for antimon.

For noen SØF ble det også gjort forsøk på å beregne årlig massetransport ut av feltet. I praksis har denne øvelsen bestått i å multiplisere gjennomsnittlig årsavrenning (**Feil! Fant ikke referanse-kilden.**) med omtrentlig størrelse på nedbørfelt og målte konsentrasjoner i tre enkeltprøver korrigert for bakgrunnskonsentrasjon. Disse estimatene som er basert på få prøver og uten vannføringsmåling, er usikre og gir bare en pekepinn på hvilken størrelsesorden utslippene har (se f.eks. Heier et al., 2010). Totalutslippet av kobber fra alle SØFene som ble undersøkt i 2014 var i størrelsesorden 25 kilo. Dette er en relativt liten mengde. Til sammenligning fører Raubekken årlig 10-30 tonn kobber ut i Orkla (Iversen, 2009). Beregnet utslipp av bly er av større interesse i så måte. Det største utslippet ble beregnet for Gurulia/Bue-Nebb fulgt av Avgrunnsdalen, Ørskogfjellet, Nesje og Fredrikstad. Totalutslippet kan dreie seg om rundt 25 kilo bly. Til sammenligning har årlig norsk utslipp av bly til ferskvann fra industri og kloakk blitt estimert til rundt 500 kilo (Berg et al., 2003). Skytebaner er dermed en viktigere kilde til bly enn til kobber når man sammenligner med andre menneskeskapte kilder til disse metallene.

Ved flere av SØFene har de mest forurensede massene blitt fjernet/erstattet, og noen steder er det også bygd sedimentasjonsdammer. Ved Tittelsnes ser tiltakene ut til å ha hatt effekt på konsentrasjonen av metaller i avrenningen. Ved andre SØF tyder resultatene foreløpig ikke på at tiltakene har hatt stor effekt på avrenningen (dammene hadde nok effekt mens det foregikk anleggsvirksomhet i feltene pga. høye konsentrasjoner av suspenderte partikler). Bly er lite løselig, og det er trolig ikke totalmengden av bly i feltet som er bestemmende for utlekkingen, men snarere spredningen og de fysiske kjemiske forholdene (se over). Dersom utlekkingen skal reduseres betydelig må trolig mer omfattende tiltak til, som f.eks. fjerne og

erstatte også mindre forurensede masser, behandle jordsmonnet for å redusere mobiliteten, eller aktiv behandling av vannet. Negative effekter av forhøyede metallkonsentrasjoner i resipientene bør ses i forhold til negative konsekvenser av omfattende inngrep i terrenget.

## 5. Konklusjon

Ved Nedrebøheia og Bømoen har feltene blitt ryddet og tungmetallkonsentrasjonene var lave. Det ble heller ikke funnet rester etter udetonert sprengstoff, og overvåkingen kan avsluttes. Tungmetallkonsentrasjonene var også lave ved Marka og Melbu/Haugtuva, og det vil de trolig fortsette å være til det eventuelt blir anleggsvirksomhet i feltene. Videre overvåking kan derfor utsettes til opprydding starter. Ved Banemyra og Ørskogfjellet var konsentrasjonene av bly og kobber relativt høye. Ved Tittelsnes, Nesje, Gurulia/Bue-Nebb, Steinkjersannan, Avgrunnsdalen og Fredrikstad har det relativt nylig blitt gjennomført tiltak, men bare i førstnevnte ser det ut til å ha hatt effekt på metallkonsentrasjonen i avrenning. I disse feltene bør overvåkingen fortsette for å følge utviklingen på litt lengre sikt. Bly er det viktigste forurensende stoffet som lekker ut fra de nedlagte skyte- og øvingsfeltene. Avrenningen av bly var høyest ved Gurulia/Bue-Nebb, Avgrunnsdalen og Ørskogfjellet, og totalkonsentrasjonene var høyere enn gjeldende grenseverdi på 7,2 µg/L for bly i løsning.



## 6. Litteratur

- Ackermann, S., Gieré, R., Newville, M., Majzlan, J., 2009. Antimony sinks in the weathering crust of bullets from Swiss shooting ranges. *Sci. Total Environ.* 407, 1669–1682. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.10.059
- Amundsen, C.E., 2011. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2010 (Bioforsk-rapport No. 169/2010).
- Amundsen, C.E., 2012. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2011 (Forsvarsbyggrapport SE 2012/08 No. SE 2012/08).
- Andersen, J.R., Bratli, J.L., Fjeld, E., Faafeng, B., Grande, M., Hem, L., Holtan, H., Krogh, T., Lund, V., Rosland, D., Rosseland, B.O., Aanes, K.J., 1997. Veiledning 97:04 (No. TA-1468/1997). Statens forurensningstilsyn (SFT), Oslo.
- Berg, T., Fjeld, E., Skjelkvåle, B.L., Steinnes, E., 2003. Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder (SFT-rapport TA-1950/2003 No. TA-1950/2003). Statens forurensningstilsyn, Oslo.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet - Veileder 01:2009 No. 01:2009). Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanddirektivet.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2010. Veileder 02:2009 Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking i hht. kravene i Vannforskriften (No. Versjon 1.5). Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanddirektivet.
- Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet, 2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver (Direktoratsgruppa for gjennomføringen av vanddirektivet - Veileder 02:2013 No. 02:2013). Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanddirektivet.
- European Copper Institute, 2007. European Union risk assessment report on copper, copper(II) sulphate pentahydrate, copper(I) oxide, copper(II) oxide, dicopper chloride trihydroxide. Voluntary risk assessment, draft February 2007.
- European Parliament and Council of the European Union, 2013. DIRECTIVE 2013/39/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 12 August 2013.
- Fedje, E., 2011. Tiltaksplan Nesje SØR Hyllestad kommune (COWI-rapport No. 132821). COWI.
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2013. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2012 (Bioforsk-rapport 8(23) No. 8(23)).
- Gjemlestad, L.J., Haaland, S., 2014. Vannovervåking ved nedlagte skyte- og øvingsfelt 2013 (Bioforsk-rapport 9(72) No. 9(72)).
- Gundersen, P., 2002. Concentrations and speciation of Cu, Zn, Cd, and Al in mine-polluted Norwegian rivers: Influence of main water parameters and consequences to fish (Dr. scient. thesis). Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.
- Haker, A., 2013a. Tittelsnes SØF, Sveio kommune. miljøteknisk grunnundersøkelse og risikovurdering (COWI-rapport No. 138084). COWI.
- Haker, A., 2013b. Tittelsnes SØF, Sveio kommune. Tiltaksplan (COWI-rapport No. 138084). COWI.
- Heier, L.S., Meland, S., Ljønes, M., Salbu, B., Strømseng, A.E., 2010. Short-term temporal variations in speciation of Pb, Cu, Zn and Sb in a shooting range runoff stream. *Sci. Total Environ.* 408, 2409–2417. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.02.019
- Heier, L.S., Strømseng, A.E., Ljønes, M., 2004. Analyse og vurdering av ulike tilstandsformer til tungmetaller i avrenningsbekker fra skytebaner (FFI-rapport No. FFI-V/813/138.2). Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller.
- Iversen, E.R., 2009. Kontroll av massebalanse i Løkken gruveområde, Meldal kommune. Undersøkelser i perioden 1.9. 2007 - 31.08. 2008 (NIVA-rapport OR-5855 No. OR-5855). Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Oslo.
- Langmuir, D., 1997. *Aqueous Environmental Geochemistry*, 1st ed. Prentice Hall.

- Lewis, J., Sjöström, J., Skyllberg, U., Hägglund, L., 2010. Distribution, Chemical Speciation, and Mobility of Lead and Antimony Originating from Small Arms Ammunition in a Coarse-Grained Unsaturated Surface Sand. *J. Environ. Qual.* 39, 863. doi:10.2134/jeq2009.0211
- Mattilsynet, 2011. Veiledning til Drikkevannsforskriften (No. Versjon 3).
- Misund, A., 2011. Nedreboheia SØF. Miljøtekniske undersøkelser og tiltaksplan (COWI-rapport No. 132009). COWI, Flekkefjord.
- Nordal, O., 2007. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt, Del 1 Miljøutredning (Asplan Viak-rapport). Asplan Viak.
- Rooney, C.P., McLaren, R.G., Condon, L.M., 2007. Control of lead solubility in soil contaminated with lead shot: Effect of soil pH. *Environ. Pollut.* 149, 149–157. doi:10.1016/j.envpol.2007.01.009
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T., Lien, L., Lydersen, E., Buan, A.K., 1996. Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer (Statlig program for forurensningsovervåking, SPFO-rapport 677/96 No. 677/96). Statens forurensningstilsyn (SFT), Oslo.
- Strømseng, A.E., Ljønes, M., 2002. Miljøkartlegging av åtte skytebaner - Vurdering av potensialet for mobilisering av tungmetaller (FFI-rapport No. 2002/03877). Forsvarets Forskningsinstitutt, Kjeller.
- Swedish Chemicals Agency, 2008. European Union Risk Assessment Report - Diantimony trioxide.
- Weholt, Ø., 2009. Gansrød skytefelt, 200 meter bane. Fredrikstad kommune (COWI-rapport No. 128762). COWI.
- Weholt, Ø., 2010. Gansrød skytefelt. 200 meter bane og kortholdsbane. Fredrikstad kommune. Sluttrapport (COWI-rapport No. 128762). COWI.
- Weholt, Ø., 2012a. Avgrunnsdalen skyte- og øvingsfelt. Tiltaksplan med risikovurderinger (COWI-rapport No. A027343). COWI.
- Weholt, Ø., 2012b. Skytebaner, Gansrød, Fredrikstad kommune. Miljøteknisk grunnundersøkelse (COWI-rapport No. A019002). COWI.
- Weholt, Ø., 2013. Tiltaksplan med risikovurderinger Gurulia og Bue-Nebb SØF (COWI-rapport No. A012660). COWI.
- Zheng, G., Xu, S., Liang, M., Dermatas, D., Xu, X., 2011. Transformations of organic carbon and its impact on lead weathering in shooting range soils. *Environ. Earth Sci.* 64, 2241–2246. doi:10.1007/s12665-011-1052-6

## Vedlegg A.

Tabellen under viser alle vannkjemi- og metalldata innsamlet fra skyte- og øvingsfeltene i 2014. Data for eksplosivrester er presentert i egen tabell.

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Avgrunnsdalen	A	14.09.2014	3,85	5,5	0,65	0,56	2,4	1,8	5,6	7,3	16	15
Avgrunnsdalen	A	11.11.2014	2,97	5,3	0,33	0,35	1,6	1,3	6,5	8,1	14	11
Avgrunnsdalen	B	14.09.2014	3,94	5,5	0,49	0,47	2,4	3,1	24	17	23	15
Avgrunnsdalen	B	11.11.2014	2,93	5,3	0,48	0,36	1,6	2	25	15	16	12
Avgrunnsdalen	B2	14.09.2014	3,96	5,6	0,62	0,57	2,6	3	22	15	21	16
Avgrunnsdalen	B2	11.11.2014	2,9	5,3	0,47	0,38	1,5	2	23	14	17	13
Avgrunnsdalen	C	14.09.2014	3,9	5,3	0,72	0,51	2,1	1,6	12	8	19	14
Avgrunnsdalen	C	11.11.2014	2,92	5,4	0,38	0,37	1,7	2	22	14	17	12
Avgrunnsdalen	C1	14.09.2014	3,91	5,2	0,66	0,45	1,9	1,2	7,3	5,9	17	14
Avgrunnsdalen	C1	11.11.2014	3,07	4,9	0,49	0,37	1,1	0,8	7,8	4,8	12	13
Avgrunnsdalen	C2	14.09.2014	3,92	5,3	0,57	0,47	2,1	1,2	6,7	5,4	20	14
Avgrunnsdalen	C2	11.11.2014	3,04	5	0,42	0,39	1,2	0,7	7,2	4,3	11	14
Avgrunnsdalen	D	14.09.2014	3,93	5,3	0,6	0,46	2,1	1,3	6,9	6,1	17	14
Avgrunnsdalen	D	11.11.2014	3,05	5,1	0,53	0,4	1,2	0,68	5,9	3,8	11	13
Avgrunnsdalen	Ref	14.09.2014	4,17	4,7	0,37	0,49	1,3	<0,2	1,2	<0,5	12	15
Avgrunnsdalen	Ref	11.11.2014	3,16	4,7	0,67	0,37	0,66	0,24	1,3	0,54	8,2	12
Banemyra	V-01	04.09.2014	8,96	6,4	2,6	2,9	7,1	<0,2	0,44	2,2	<3	17
Banemyra	V-01	30.10.2014	9,28	5,9	0,74	0,65	6,9	<0,2	0,47	3,6	<3	20
Banemyra	V-02	04.09.2014	7,95	6,8	1,1	1	7,9	0,35	4,9	4,7	4,5	24
Banemyra	V-02	30.10.2014	5,73	5,5	0,44	0,57	4,2	0,59	8,9	6,1	5,9	27
Banemyra	V-04	04.09.2014	8,19	6,5	1,2	1,1	8,4	0,4	6,3	4,2	5,5	26
Banemyra	V-04	30.10.2014	5,76	5,7	0,61	0,56	4,4	0,54	8,7	6,1	5,6	27
Banemyra	V-05	04.09.2014	8,26	6,4	3,5	2,7	4,6	0,46	5,1	5,6	6,4	13
Banemyra	V-05	30.10.2014	5,95	5,5	0,61	0,81	2,1	1,8	10	11	7,6	28
Banemyra	V-06	04.09.2014	-	-	-	0,77	4,7	<0,2	0,34	1,4	<3	-
Banemyra	V-06	30.10.2014	7,21	6,1	3,1	3,2	7,2	<0,2	0,62	3,1	<3	22
Bue-Nebb	BNV-1	09.09.2014	12,2	6,6	2,7	1,4	8,6	1,1	11	7,8	5,1	23
Bue-Nebb	BNV-1	29.10.2014	9,04	5,7	4,5	1,4	3,9	1,3	16	7,5	8	28
Bue-Nebb	Ref	09.09.2014	10,2	6,8	0,57	0,41	4,2	<0,2	<0,2	1	<3	12
Bue-Nebb	Ref	29.10.2014	8,46	5,7	1,2	0,58	2,5	<0,2	0,22	0,99	<3	21
Bue-Nebb	V1	09.09.2014	18,3	6,8	11	2,4	14	1,6	16	12	8	14
Bue-Nebb	V1	29.10.2014	12,4	6,2	1,9	0,73	7,2	4	23	15	16	27
Bue-Nebb	V2	09.09.2014	12	6,5	4	1,7	5,8	0,67	6	6,2	5,4	30
Bue-Nebb	V2	29.10.2014	8,93	5,3	1,9	1,4	3,1	0,6	7,4	4,5	6,7	32
Bue-Nebb	V3	09.09.2014	8,7	5,3	1,4	3,2	2,2	0,6	21	11	6,1	34
Bue-Nebb	V3	29.10.2014	8,1	4,6	0,61	1,7	1,8	0,55	13	5,8	4,7	33

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Bue-Nebb	V4	09.09.2014	14,6	6,9	4,3	1,6	9,2	1,4	15	10	6	24
Bue-Nebb	V4	29.10.2014	9,12	6	2,8	1,2	4,1	1,1	13	7,2	8,5	28
Bue-Nebb	V5	09.09.2014	11,6	6,8	1,2	0,63	5,3	0,22	1,8	3	<3	16
Bue-Nebb	V5	29.10.2014	9,13	5,7	2,7	0,82	3,4	0,28	4,4	2,7	4,2	23
Bue-Nebb	V6	09.09.2014	10,4	6,4	1,4	0,95	3,7	1,3	7,4	6,2	5	23
Bue-Nebb	V6	29.10.2014	8,87	5,8	0,87	0,65	2,9	0,32	3,1	1,9	3,7	21
Bømoen	1	14.09.2014	3,59	6,5	<0,1	<0,02	2,9	<0,1	<0,2	<0,5	<3	1,5
Bømoen	1	18.10.2014	3,62	6,7	<0,1	0,03	2,7	<0,2	<0,2	0,96	3,2	2,6
Bømoen	Ref	14.09.2014	2,56	6,5	<0,1	0,08	1,8	<0,1	<0,2	0,61	<3	4,3
Bømoen	Ref	18.10.2014	4,56	6,9	<0,1	0,02	4	<0,2	<0,2	<0,5	<3	2,3
Fredrikstad	1	14.09.2014	9,72	5,5	3,8	1,1	2,8	<0,2	0,33	1,5	11	16
Fredrikstad	1	11.11.2014	7,95	5,6	4,6	0,8	2,3	0,23	0,5	1,7	11	15
Fredrikstad	2	14.09.2014	16,7	6,6	0,84	1,1	30	1,8	1,9	13	16	25
Fredrikstad	2	11.11.2014	10,6	6	5	1,7	6,8	1,2	5,4	15	63	42
Fredrikstad	3	14.09.2014	12,4	6,7	4,5	0,44	8,2	1,4	3,1	8	12	11
Fredrikstad	3	11.11.2014	9,96	6,6	5,7	0,67	5,4	1,4	4,9	6,6	13	13
Fredrikstad	10	14.09.2014	16,1	6,9	6	0,66	9,3	0,42	0,59	3,8	12	9,9
Fredrikstad	10	11.11.2014	10	6,6	7,8	0,7	5,7	0,5	0,73	3,5	12	9,6
Fredrikstad	12	14.09.2014	14,9	6,5	3,5	1,2	11	0,74	0,73	5,3	32	8,2
Fredrikstad	13	14.09.2014	8,91	6	9,7	0,27	4,1	0,28	1	1,7	13	15
Fredrikstad	13	11.11.2014	-	-	-	0,24	3,7	0,41	0,58	2,3	14	-
Fredrikstad	10S	14.09.2014	16,2	6,9	4,6	0,46	9,4	0,71	0,92	6,6	19	9,8
Fredrikstad	10S	11.11.2014	10	6,6	7,8	0,73	5,8	0,46	0,78	3,6	11	9,3
Fredrikstad	Ref	14.09.2014	29	7,1	10	1,1	19	<0,2	1,2	4,2	20	12
Fredrikstad	Ref	11.11.2014	17,7	6,8	55	3,2	13	0,25	3	5,1	19	15
Gurulia	GLV-2	09.09.2014	11,7	6,8	1,4	1,1	6,4	3,7	8,2	6	5,8	21
Gurulia	GLV-2	29.10.2014	8,65	5,3	1,1	0,65	2,1	1,8	19	9,7	7,6	23
Gurulia	V1	09.09.2014	7,11	5,1	0,28	0,63	1,5	0,52	4,6	1,9	4,3	50
Gurulia	V1	29.10.2014	7,26	4,7	0,32	0,57	0,97	<0,2	5,7	1,7	3,2	24
Gurulia	V2	09.09.2014	11,5	6,5	2,1	1,4	5,4	2	15	8	8	23
Gurulia	V2	29.10.2014	9,21	5,4	1,1	0,58	2,5	1,5	19	7,3	9,5	20
Gurulia	V3	09.09.2014	17,7	6,5	3,3	1,8	11	16	28	19	20	13
Gurulia	V3	29.10.2014	10,5	5,5	4,1	0,72	2,8	3,9	40	22	15	20
Gurulia	V4	09.09.2014	11,6	6,4	2,2	2,1	5,7	3,3	19	12	16	22
Gurulia	V4	29.10.2014	8,73	5,3	1,2	0,64	2,4	1,8	22	11	12	24
Gurulia	V5	09.09.2014	10,9	6,3	1,2	1,2	7,1	0,21	0,71	<0,5	<3	24
Gurulia	V5	29.10.2014	8,41	5	0,65	0,99	3,6	<0,2	0,92	0,71	<3	31
Marka	1	14.09.2014	27,1	6,6	1	10	9,6	<0,1	<0,2	<0,5	13	5,8
Marka	1	20.10.2014	22,3	5,9	14	5,2	4,9	0,2	0,49	3,5	41	6,6
Marka	Ref	14.09.2014	36,8	5,2	1	17	4,8	<0,1	0,94	0,98	10	23

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Marka	Ref	20.10.2014	55,8	5,7	5,1	2,4	5,1	0,41	3,9	6,7	76	41
Melbu	V11	25.09.2014	7,79	6,7	0,19	0,23	2,6	<0,2	<0,2	<0,5	<3	6,2
Melbu	V11	29.10.2014	7,02	6,2	0,28	0,26	2,2	<0,2	<0,2	0,65	<3	7,8
Melbu	V28	25.09.2014	8,71	7	0,28	0,16	3,1	<0,2	0,21	0,59	<3	4,2
Melbu	V28	29.10.2014	7,76	6,6	0,7	0,4	2,5	0,37	1,3	1,5	3,1	6,1
Melbu	V29	25.09.2014	8,05	6,7	0,2	0,21	2,8	<0,2	0,56	0,63	<3	5,8
Melbu	V29	29.10.2014	7,49	6,5	0,37	0,27	2,2	0,42	1,8	1,2	3,3	5,5
Melbu	V32	25.09.2014	8,02	7,1	<0,1	0,05	2,4	<0,2	<0,2	<0,5	<3	3
Melbu	V32	29.10.2014	7,05	6,8	0,38	0,1	1,8	<0,2	<0,2	<0,5	<3	3,4
Melbu	V33	25.09.2014	11,8	6,3	9,1	0,47	3,5	<0,2	0,23	<0,5	4	3,6
Melbu	V33	29.10.2014	7,98	6,6	0,86	0,27	2,5	0,45	1,2	3,4	3,6	11
Nedrebøheia	Ref	14.09.2014	2,43	5,6	0,85	0,14	0,21	<0,2	0,67	<0,5	<3	3,6
Nedrebøheia	Ref	14.10.2014	2,8	5	0,46	0,07	0,3	0,23	1,9	0,97	3,1	4,2
Nedrebøheia	V12	14.09.2014	2,29	5,5	0,38	0,2	0,24	<0,2	0,89	0,88	<3	3,5
Nedrebøheia	V12	14.10.2014	2,82	5	0,36	0,07	0,27	0,27	1,8	1,1	3	3,4
Nedrebøheia	V2	14.09.2014	3,62	5,8	<0,1	<0,02	0,47	<0,2	0,32	<0,5	<3	<1
Nedrebøheia	V2	14.10.2014	3,42	5,3	0,51	0,05	0,45	0,75	2,7	1,8	<3	3,6
Nedrebøheia	V3	14.09.2014	3,29	6,3	0,56	0,08	0,72	0,4	0,53	1	<3	2,4
Nedrebøheia	V3	14.10.2014	3,34	5,9	0,35	0,04	0,66	0,6	1,3	1,1	<3	2,7
Nedrebøheia	V4	14.09.2014	2,46	5,5	0,22	0,14	0,29	<0,2	0,76	0,76	<3	3,8
Nedrebøheia	V4	14.10.2014	3,17	4,9	0,66	0,17	0,37	<0,2	1,5	<0,5	4,4	5,4
Nesje Fort	N1	14.09.2014	8,45	6,4	1	2,1	7,8	2,5	13	13	6,2	26
Nesje Fort	N1	14.10.2014	6,88	4,6	0,34	0,76	1	0,59	5,3	4,5	4,2	21
Nesje Fort	N3	14.09.2014	6,03	5,7	1,1	1	2,1	0,57	5,6	2,7	3,8	24
Nesje Fort	N3	14.10.2014	6,97	5,3	0,74	0,77	2,1	0,42	4,7	2,8	5,8	21
Nesje Fort	N4 Ref 2011	14.09.2014	6,56	4,7	0,98	2,8	0,85	<0,2	1,2	0,78	4,8	34
Nesje Fort	N4 Ref 2011	14.10.2014	7,91	4,4	0,79	1,1	0,98	<0,2	1,3	0,73	5,1	33
Nesje Fort	N5 kort	14.09.2014	6,65	4,8	2,2	2	1,2	<0,2	2,6	3	5,1	38
Nesje Fort	N5 kort	14.10.2014	8,07	4,4	0,56	1,1	0,99	<0,2	1,7	1,5	6	30
Nesje Fort	N6 ut	14.09.2014	6,31	5,6	0,66	1,4	2,2	0,29	4	1,7	4,5	25
Nesje Fort	N6 ut	14.10.2014	7,26	5	0,44	0,86	1,7	<0,2	3,9	2,6	6,5	23
Nesje Fort	N7 Ref inn	14.09.2014	6,99	4,4	3,3	1,3	0,63	<0,2	1,1	<0,5	3,7	34
Nesje Fort	N7 Ref inn	14.10.2014	7,5	4,3	0,28	0,71	0,61	<0,2	0,74	<0,5	5,5	24
Steinkjersannan	Ref 2011	04.09.2014	13,9	7,6	0,28	0,03	12	<0,2	3,6	<0,5	<3	1,8
Steinkjersannan	Ref 2011	30.10.2014	5,75	5,4	0,32	0,47	2	<0,2	22	1	<3	22
Steinkjersannan	V-02	04.09.2014	34,1	8	0,65	0,09	45	0,54	0,34	1,5	<3	4,3
Steinkjersannan	V-02	30.10.2014	15	6,9	21	1,9	18	0,53	10	4,8	10	16
Steinkjersannan	V-03	04.09.2014	48,7	8,2	3,4	0,63	75	1,4	0,36	3,3	<3	8,7
Steinkjersannan	V-03	30.10.2014	22,5	7	15	4,3	32	<0,2	0,82	4,8	8,7	7,4
Steinkjersannan	V-05	04.09.2014	34,9	7	14	2,2	48	2,2	2,8	6,5	6,9	7,2

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Steinkjersannan	V-05	30.10.2014	5,23	6,9	2,6	0,31	5,3	1,6	1,8	7	3,6	9,4
Steinkjersannan	V-07	04.09.2014	10,5	7,3	0,26	0,04	6,9	<0,2	2,1	1,7	<3	3,3
Steinkjersannan	V-07	30.10.2014	6,8	6,3	0,75	0,31	3,3	<0,2	22	0,76	<3	16
Steinkjersannan	V-08	30.10.2014	30,1	7	40	1,2	37	<0,2	0,82	2,2	8,4	11
Steinkjersannan	V-09	04.09.2014	38	7,8	1,9	0,64	54	0,38	0,37	2	<3	5,3
Steinkjersannan	V-09	30.10.2014	18,8	7,2	41	3,8	25	1,9	8,6	8	14	14
Tittelsnes	T1	14.09.2014	30,7	7,4	7,4	3,6	41	0,38	1,6	1,9	100	14
Tittelsnes	T1	14.10.2014	16,5	7,1	1,4	1,3	12	0,74	2,6	3,7	11	13
Tittelsnes	T2	14.10.2014	16,8	7	1,4	1,2	12	0,7	3,4	5,9	15	13
Tittelsnes	T3	14.09.2014	9	6,5	1,2	0,67	4,5	0,22	1,2	3	6,9	15
Tittelsnes	T3	14.10.2014	8,89	6,2	4,1	1,2	3,9	0,37	1,9	3,2	9,3	17
Tittelsnes	T4	14.09.2014	12	6,8	0,54	0,08	3,2	<0,2	0,33	0,81	<3	4,7
Tittelsnes	T4	14.10.2014	11,4	6,6	0,18	0,07	3,1	<0,2	0,31	<0,5	<3	4,3
Tittelsnes	T5	14.09.2014	14,7	6,8	0,53	0,4	6,9	0,33	1,6	2,7	3,3	15
Tittelsnes	T5	14.10.2014	14,3	6,7	0,43	0,36	6,1	0,46	1,4	2	4,5	14
Tittelsnes	T6	14.09.2014	16,5	7,2	17	1,6	14	0,61	2,7	4	6,2	20
Tittelsnes	T6	14.10.2014	15,9	7,1	2,2	1,3	10	0,55	2,6	3,5	6,8	14
Ørskogfjellet	P21	09.09.2014	2,67	6,5	0,24	0,26	0,89	0,48	2,9	6,6	<3	5,9
Ørskogfjellet	P21	28.10.2014	1,74	5,9	0,53	0,13	0,36	0,35	3,3	4,1	<3	5,3
Ørskogfjellet	P22	09.09.2014	2,26	6,2	<0,1	0,03	0,5	<0,2	<0,2	1	<3	2,4
Ørskogfjellet	P22	28.10.2014	1,81	6	0,28	0,13	0,38	<0,2	<0,2	<0,5	<3	4
Ørskogfjellet	P3	09.09.2014	2,5	5,6	0,32	0,29	0,66	1,3	14	20	5	9,8
Ørskogfjellet	P3	28.10.2014	1,73	5,1	0,71	0,13	0,28	3	12	16	3,9	7,8
Ørskogfjellet	P7	09.09.2014	3,02	6,4	0,49	0,62	1,3	0,67	8,4	11	3,9	8,8
Ørskogfjellet	P7	28.10.2014	1,68	5,2	0,67	0,15	0,36	1,3	9,9	10	<3	6,8
Gimlemoen	P2	20.06.2014	-	-	-	-	-	1,1	6,9	4,1	7	5,1
Gimlemoen	P2	11.07.2014	-	-	-	-	-	1	5,4	4,4	9,9	5,2
Gimlemoen	P2	10.08.2014	-	-	-	-	-	1,3	5,9	3,8	8,2	3,8
Gimlemoen	P2	17.08.2014	-	-	-	-	-	2	19	5,2	13	6,3
Gimlemoen	P2	28.08.2014	-	-	-	-	-	3,8	22	5,5	12	5,7
Gimlemoen	P2	02.09.2014	-	-	-	-	-	1,7	14	4,9	14	6,5
Gimlemoen	P2	10.09.2014	-	-	-	-	-	1,8	23	5,4	14	7,1
Gimlemoen	P2	18.09.2014	-	-	-	-	-	2,1	26	5,8	13	7,9
Gimlemoen	P2	25.09.2014	-	-	-	-	-	2,2	26	9,8	18	7
Gimlemoen	P2	05.10.2014	-	-	-	-	-	2	26	5,9	13	7,5
Gimlemoen	P2	10.10.2014	-	-	-	-	-	2,1	28	2,9	15	8,4
Gimlemoen	P2	23.10.2014	-	-	-	-	-	2,8	36	9	15	8,4
Gimlemoen	P2	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,4	17	5,8	15	8,3
Gimlemoen	P2	19.11.2014	-	-	-	-	-	1,2	14	4,8	14	8,1
Gimlemoen	P2-A	17.08.2014	-	-	-	-	-	14	85	18	15	7,8
Gimlemoen	P2-A	28.08.2014	-	-	-	-	-	11	120	30	17	9,8



Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Gimlemoen	P2-A	02.09.2014	-	-	-	-	-	510	27000	890	410	150
Gimlemoen	P2-A	10.09.2014	-	-	-	-	-	280	14000	730	700	110
Gimlemoen	P2-A	25.09.2014	-	-	-	-	-	450	14000	840	430	150
Gimlemoen	P2-A	05.10.2014	-	-	-	-	-	11	110	20	13	16
Gimlemoen	P2-A	10.10.2014	-	-	-	-	-	15	200	17	40	11
Gimlemoen	P2-A	23.10.2014	-	-	-	-	-	9,7	89	10	22	9
Gimlemoen	P2-A	05.11.2014	-	-	-	-	-	7,3	76	11	18	8,9
Gimlemoen	P2-A	19.11.2014	-	-	-	-	-	6	51	9,1	15	7,4
Gimlemoen	P2-B	17.08.2014	-	-	-	-	-	4	74	12	18	15
Gimlemoen	P2-B	28.08.2014	-	-	-	-	-	8,4	150	38	18	23
Gimlemoen	P2-B	02.09.2014	-	-	-	-	-	10	280	32	18	18
Gimlemoen	P2-B	10.09.2014	-	-	-	-	-	38	950	81	38	40
Gimlemoen	P2-B	25.09.2014	-	-	-	-	-	45	950	99	65	53
Gimlemoen	P2-B	05.10.2014	-	-	-	-	-	12	120	22	22	18
Gimlemoen	P2-B	10.10.2014	-	-	-	-	-	2,7	100	7	20	15
Gimlemoen	P2-B	23.10.2014	-	-	-	-	-	2,1	58	7,7	12	15
Gimlemoen	P2-B	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,9	69	11	13	13
Gimlemoen	P2-B	19.11.2014	-	-	-	-	-	1,5	47	7,2	13	12
Gimlemoen	P3B	30.10.2013	3,96	6,5	0,65	0,21	1,5	1,1	8	<0,01	15	8,3
Gimlemoen	P3B	08.01.2014	4,98	5,3	0,52	0,17	1,5	0,86	9,2	3,7	21	6,1
Gimlemoen	P3B	08.05.2014	4,24	5,6	0,43	0,06	1,5	0,87	6,5	3,3	17	4,6
Gimlemoen	P3B	20.06.2014	-	-	-	-	-	0,93	7,6	4,8	12	4,6
Gimlemoen	P3B	11.07.2014	-	-	-	-	-	0,92	5,3	4,4	10	4,8
Gimlemoen	P3B	10.08.2014	-	-	-	-	-	1	5,3	3,7	9,9	3,6
Gimlemoen	P3B	17.08.2014	-	-	-	-	-	1,2	10	4,3	15	5,7
Gimlemoen	P3B	28.08.2014	-	-	-	-	-	1,6	11	4,6	13	6,2
Gimlemoen	P3B	02.09.2014	-	-	-	-	-	1,4	12	4,2	13	6,4
Gimlemoen	P3B	10.09.2014	-	-	-	-	-	1,5	20	4,9	15	7
Gimlemoen	P3B	18.09.2014	-	-	-	-	-	1,4	22	5	14	7,6
Gimlemoen	P3B	25.09.2014	-	-	-	-	-	2,3	25	6,6	16	6,8
Gimlemoen	P3B	05.10.2014	-	-	-	-	-	1,8	22	6,2	17	7,1
Gimlemoen	P3B	10.10.2014	-	-	-	-	-	1,9	26	3,1	15	7,7
Gimlemoen	P3B	23.10.2014	-	-	-	-	-	1,5	18	5,1	15	7,7
Gimlemoen	P3B	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,4	17	5,5	15	7,7
Gimlemoen	P3B	19.11.2014	-	-	-	-	-	1,2	14	4,7	13	7,2
Gimlemoen	P5	30.10.2013	5,55	7,5	0,63	0,27	1,8	1,3	13	0,01	17	8,6
Gimlemoen	P5	08.01.2014	5,08	5,5	0,4	0,2	1,8	0,94	14	5,2	22	6
Gimlemoen	P5	08.05.2014	4,55	6	0,99	0,29	2,2	1,8	16	8,2	20	7
Gimlemoen	P5	20.06.2014	-	-	-	-	-	1,3	30	6,4	9	8,8
Gimlemoen	P5	11.07.2014	-	-	-	-	-	2	21	7,9	19	6,3
Gimlemoen	P5	10.08.2014	-	-	-	-	-	5,1	24	15	27	5,3
Gimlemoen	P5	17.08.2014	-	-	-	-	-	1,7	13	5,9	16	5,9

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Gimlemoen	P5	28.08.2014	-	-	-	-	-	1,9	11	4,6	15	6,1
Gimlemoen	P5	02.09.2014	-	-	-	-	-	1,9	15	6,4	18	6,5
Gimlemoen	P5	10.09.2014	-	-	-	-	-	1,8	19	6	19	7,2
Gimlemoen	P5	18.09.2014	-	-	-	-	-	1,8	19	5,6	15	7,6
Gimlemoen	P5	25.09.2014	-	-	-	-	-	2,2	14	10	22	6,8
Gimlemoen	P5	05.10.2014	-	-	-	-	-	2,2	19	3,7	17	7,2
Gimlemoen	P5	10.10.2014	-	-	-	-	-	2,3	35	8,1	23	8,2
Gimlemoen	P5	23.10.2014	-	-	-	-	-	1,8	25	8,3	19	7,6
Gimlemoen	P5	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,5	19	7,2	18	7,6
Gimlemoen	P5	19.11.2014	-	-	-	-	-	1,4	16	5,9	14	7,9
Gimlemoen	P6	30.10.2013	3,49	5,9	0,37	0,2	1,7	1,2	15	0,01	30	8,6
Gimlemoen	P6	08.01.2014	5,32	5,7	0,21	0,12	1,9	0,9	16	4,1	25	5,7
Gimlemoen	P6	08.05.2014	4,31	6,2	0,58	0,2	1,8	1	13	4,3	12	7
Gimlemoen	P6	05.10.2014	-	-	-	-	-	1,3	10	1,7	11	6
Gimlemoen	P6	23.10.2014	-	-	-	-	-	1,4	24	6,7	16	8
Gimlemoen	P6	29.10.2014	-	-	-	-	-	1,4	20	6,2	16	7,5
Gimlemoen	P6	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,3	21	6,5	17	7,9
Gimlemoen	P6	11.11.2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimlemoen	P6	11.11.2014	-	-	-	-	-	1,3	17	5,4	16	7,4
Gimlemoen	P6	19.11.2014	-	-	-	-	-	-	16	5,3	14	8,1
Gimlemoen	P6	27.11.2014	-	-	-	-	-	-	17	5,1	15	6,8
Gimlemoen	P6	04.12.2014	-	-	-	-	-	1,3	15	5,2	15	7,5
Gimlemoen	P6	12.12.2014	-	-	-	-	-	1,1	17	5,3	21	7
Gimlemoen	P6	19.12.2014	-	-	-	-	-	1	17	4,8	17	6,5
Gimlemoen	P7	30.10.2013	3,77	6,2	0,67	0,27	1,9	0,66	7,6	<0,01	13	7
Gimlemoen	P7	08.01.2014	5,42	5,8	0,42	0,11	1,9	0,68	9	3,2	22	5,4
Gimlemoen	P7	08.05.2014	4,59	6,3	0,57	0,07	1,7	0,62	3,8	2,8	13	4,7
Gimlemoen	P7	20.06.2014	-	-	-	-	-	0,61	3	3	7,5	5,1
Gimlemoen	P7	11.07.2014	-	-	-	-	-	0,85	3	3,1	6,5	5,1
Gimlemoen	P7	10.08.2014	-	-	-	-	-	0,72	4,5	2,4	6,2	4,2
Gimlemoen	P7	17.08.2014	-	-	-	-	-	0,9	7,1	4	15	6,2
Gimlemoen	P7	28.08.2014	-	-	-	-	-	0,98	4,9	3,7	12	5,7
Gimlemoen	P7	02.09.2014	-	-	-	-	-	1,1	5,9	3,4	14	6,6
Gimlemoen	P7	10.09.2014	-	-	-	-	-	1,1	15	4,2	16	7,3
Gimlemoen	P7	18.09.2014	-	-	-	-	-	0,93	8,4	4,2	14	7,7
Gimlemoen	P7	25.09.2014	-	-	-	-	-	0,89	8,2	4,2	16	7,2
Gimlemoen	P7	05.10.2014	-	-	-	-	-	0,81	6,6	0,97	14	6,4
Gimlemoen	P7	10.10.2014	-	-	-	-	-	0,94	7,7	4,2	15	7,4
Gimlemoen	P7	23.10.2014	-	-	-	-	-	0,95	11	4,3	16	7
Gimlemoen	P7	29.10.2014	-	-	-	-	-	0,86	10	4,5	15	7,5
Gimlemoen	P7	05.11.2014	-	-	-	-	-	0,84	10	5	16	7,4

Stasjon	Kode	Prøvedato	Kond 25°C mS/m	pH	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Cu µg/l	Zn µg/l	TOC mg/l
Gimlemoen	P7	11.11.2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimlemoen	P7	11.11.2014	-	-	-	-	-	0,87	11	4,9	16	8,6
Gimlemoen	P7	19.11.2014	-	-	-	-	-	-	10	4,2	14	8
Gimlemoen	P7	27.11.2014	-	-	-	-	-	-	14	4,3	14	7,4
Gimlemoen	P7	04.12.2014	-	-	-	-	-	0,8	13	4,5	15	8,1
Gimlemoen	P7	12.12.2014	-	-	-	-	-	0,85	12	4,3	16	7,6
Gimlemoen	P7	19.12.2014	-	-	-	-	-	0,68	10	3,9	15	7,2
Gimlemoen	P7	02.01.2015	-	-	-	-	-	0,76	11	4,1	16	6,4
Gimlemoen	P9	30.10.2013	3,78	6,8	0,58	0,23	1,8	1,4	16	0,02	15	8,8
Gimlemoen	P9	08.01.2014	5,27	5,5	0,52	0,14	1,8	0,94	17	4,2	25	5,8
Gimlemoen	P9	12.03.2014	4,5	5,2	0,54	0,08	1,4	1	15	4,1	19	4,9
Gimlemoen	P9	08.05.2014	4,39	6,4	1,1	0,26	2	1,3	20	4,7	13	6,2
Gimlemoen	P9	05.10.2014	-	-	-	-	-	1,9	13	2,2	13	6,6
Gimlemoen	P9	23.10.2014	-	-	-	-	-	1,7	32	7,6	18	8,3
Gimlemoen	P9	29.10.2014	-	-	-	-	-	1,9	23	6,8	17	7,6
Gimlemoen	P9	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,5	21	6,8	17	7,4
Gimlemoen	P9	11.11.2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimlemoen	P9	11.11.2014	-	-	-	-	-	1,5	16	5,9	16	8,5
Gimlemoen	P9	19.11.2014	-	-	-	-	-	-	17	5,7	15	8
Gimlemoen	P9	27.11.2014	-	-	-	-	-	-	18	5,2	15	6,9
Gimlemoen	P9	04.12.2014	-	-	-	-	-	1,4	16	5,3	15	7,7
Gimlemoen	P9	12.12.2014	-	-	-	-	-	1,3	20	5,8	20	7,3
Gimlemoen	P9	19.12.2014	-	-	-	-	-	1,1	18	5,4	17	6,7
Gimlemoen	P10	30.10.2013	3,6	6	0,53	0,23	1,8	1,2	9,7	0,01	17	8,3
Gimlemoen	P10	08.01.2014	5,26	5,7	0,32	0,16	1,8	0,77	10	3,8	21	5,4
Gimlemoen	P10	12.03.2014	4,54	5,4	0,81	0,11	1,5	1	12	4,6	25	5
Gimlemoen	P10	08.05.2014	4,37	6,5	0,71	0,32	2,1	1	7,7	4,8	12	6,2
Gimlemoen	P10	05.10.2014	-	-	-	-	-	1,7	9,3	5,4	13	6,8
Gimlemoen	P10	23.10.2014	-	-	-	-	-	1,5	21	7,8	17	8,2
Gimlemoen	P10	29.10.2014	-	-	-	-	-	1,8	17	6,9	17	8,2
Gimlemoen	P10	05.11.2014	-	-	-	-	-	1,5	18	7	17	8,3
Gimlemoen	P10	11.11.2014	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gimlemoen	P10	11.11.2014	-	-	-	-	-	1,4	14	6,1	16	8,5
Gimlemoen	P10	19.11.2014	-	-	-	-	-	-	13	5,8	14	7,8
Gimlemoen	P10	27.11.2014	-	-	-	-	-	-	14	5,1	14	6,9
Gimlemoen	P10	04.12.2014	-	-	-	-	-	1,3	14	5,2	15	7,8
Gimlemoen	P10	12.12.2014	-	-	-	-	-	1,2	15	5,9	17	7
Gimlemoen	P10	19.12.2014	-	-	-	-	-	1,1	14	5,4	16	6,9
Gimlemoen	P11	30.10.2013	4,21	6	0,4	0,14	1,8	<0,2	0,72	<0,01	10	8,1
Gimlemoen	P11	08.01.2014	5,44	5,7	0,33	0,1	1,9	<0,2	0,57	1,4	14	6,1
Gimlemoen	P11	08.05.2014	7,63	6,9	0,4	0,08	1,8	<0,1	0,58	1,4	13	6,4
Gimlemoen	P11	05.10.2014	-	-	-	-	-	<0,1	0,64	1,7	13	7,4

Stasjon	Kode	Prøvedato	1,3,5-trinitroben (TNB) µg/l	1,3-dinitroben (DNB) µg/l	2,4,6-trinitrofenol µg/l	2,4,6-trinitrotoluen (TNT) µg/l	2,4-dinitrotoluen (2,4-DNT) µg/l	2,6-dinitrotoluen (2,6-DNT) µg/l	2-amino-4,6-dinitrotoluen µg/l	2-nitrotoluen µg/l	3-nitrotoluen µg/l	4-amino-2,6-dinitrotoluen µg/l	4-nitrotoluen µg/l	Etylenglykoldinitrat µg/l	HMX µg/l	Nitrobenzen µg/l	Nitroglycerin µg/l	Perklorat mg/l	Perklorat µg/l	RDX µg/l	Tetryl µg/l
Bømoen	1	14.09.2014	<25,0	<25,0	<50	<0,5	<0,5	<50,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<50,0	<1,0	<25,0	<0,5	<1,00	-	<1,0	<1,0
Bømoen	1	18.10.2014	<25	<25	<50	<0,5	<0,5	<50	<25	<25	<25	<25	<25	<50	<1	<25	<0,5	-	<1	<1	<1
Bømoen	Ref	14.09.2014	<25,0	<25,0	<50	<0,5	<0,5	<50,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<50,0	<1,0	<25,0	<0,5	<1,00	-	<1,0	<1,0
Bømoen	Ref	18.10.2014	<25	<25	<50	<0,5	<0,5	<50	<25	<25	<25	<25	<25	<50	<1	<25	<0,5	-	<1	<1	<1
Marka	1	14.09.2014	<25,0	<25,0	<50	<0,5	<0,5	<50,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<50,0	<1,0	<25,0	<0,5	<1,00	-	<1,0	<1,0
Marka	1	20.10.2014	<25	<25	<50	<0,5	<0,5	<50	<25	<25	<25	<25	<25	<50	<1	<25	<0,5	-	<1	<1	<1
Marka	Ref	14.09.2014	<25,0	<25,0	<50	<0,5	<0,5	<50,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<25,0	<50,0	<1,0	<25,0	<0,5	<1,00	-	<1,0	<1,0
Marka	Ref	20.10.2014	<25	<25	<50	<0,5	<0,5	<50	<25	<25	<25	<25	<25	<50	<1	<25	<0,5	-	<1	<1	<1

**Forsvarsbygg Skifte eiendom/ samarbeidspartner**