

Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt  
Program Tungmetallovervåkning  
2012

***MO-Oslofjord***

**Tittel/Title:**

Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt  
Program Tungmetallovervåking 2012  
MO-Oslofjord

**Forfatter(e)/Author(s) (alphabetical order):**

Lars Jakob Gjemlestad & Ståle Haaland

<b>Dato/Date:</b> 15.03.2013	<b>Tilgjengelighet:</b> Åpen	<b>Prosjekt nr./Project No.:</b> -	<b>Saksnr./Archive No.:</b> -
<b>Rapport nr./Report No.:</b> Futura rapport: 436 Bioforsk rapport: 8(81) 2013	<b>ISBN-nr. (Bioforsk)</b> 978-82-17-01100-2	<b>Antall sider/Number of pages:</b> 46	<b>Antall vedlegg/Number of appendices:</b> 1

<b>Oppdragsgiver/Employer:</b> Forsvarsbygg	<b>Kontaktperson/Contact person:</b> Grete Rasmussen og Stein Egil Nylen
<b>Stikkord:</b> Skyte- og øvingsfelt, tungmetaller, overvåking	<b>Fagområde:</b> Vannkvalitet
<b>Sammendrag:</b>	
<p>I rapporten gis det en beskrivelse av vannkvaliteten i 2012 for vannforekomster i Markedsområde Oslofjord ved følgende skyte- og øvingsfelt: Heistadmoen (8 prøvepunkter), Hengsvann (4 prøvepunkter) og Steinsjøfeltet (13 prøvepunkter).</p> <p><b>SØF Heistadmoen</b> Det lekker som ventet noe kobber, bly, sink og antimon til bekker internt i feltet. Konsentrasjonen av kobber og bly nær utløpet til Ertstjern (pkt 13) og nedstrøms feltet (pkt 8) er allikevel også i år, med unntak av litt antimon, nær blykonsentrasjonene og litt over kobberkonsentrasjonene som til tider måles ved referansepunktet i feltet. Det er ingen tilsynelatende klare trender mht konsentrasjoner av kobber, bly, sink og antimon fra feltet.</p> <p><b>SØF Hengsvann</b> Det måles som tidligere høye konsentrasjoner (tilstandsklasse V) av kobber og bly pkt 1/NIVA2 øverst i Brånebekken, samt ved pkt 5/NIVA3 ved utløp fra Diplemyr (tilstandsklasse IV i høstprøven). Det er en tendens til økning i konsentrasjon av kobber og bly ved pkt 5/NIVA3, samt en tendens til økning i konsentrasjonen av kobber (og en svakere tendens til økning av bly) ved pkt 1/NIVA2 øverst i Brånebekken, noe som gjenspeiler seg for både kobber og bly lenger nedstrøms i Brånebekken ved pkt 10/NIVA1 (men her er det som tidligere betydelig lavere konsentrasjoner enn øverst i bekken).</p> <p><b>SØF Steinsjøfeltet</b> Internt i feltet måles det som tidligere høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 2, 8/NIVA1, 10 og 11/NIVA3 (tilstandsklasse V). Det er også høye konsentrasjoner av bly ved pkt 2, 8/NIVA1 og 11/NIVA3 (tilstandsklasse V). Det er en tilsynelatende økning i konsentrasjonen av kobber ved pkt 10, men her er gjennomsnittlig årlig avrenning beskjedent (0,3 l/s). I bekker som drenerer ut av Steinsjøfeltet måles det som tidligere høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 1, 9/NIVAA, 12 og 13 (tilstandsklasse V), samt av bly ved pkt 9/NIVAA (2,5-4,3 µg Pb/l; tilstandsklasse IV). Konsentrasjonen av kobber er lavere ut av feltet ved pkt 12 enn tidligere. Det måles lite suspendert stoff i vannprøvene i 2012. Forsvarsbygg og FFI har tidligere testet ulike tiltak nedstrøms pkt 8/NIVA1. Det kan vurderes å anlegge et nytt prøvepunkt nedstrøms Brenntjernet, men oppstrøms pkt 9/NIVAA for å kvantifisere effekten av tiltaket. Tilsvarende er det usikkerhet knyttet til effekten av avrenningen fra feltet via pkt 1, 12 og 13. Det kan derfor vurderes å anlegge et nytt punkt nær innløpet til Steinsjøen mht avrenning fra pkt 1 (inkl pkt 3, 4 og 5), samt et punkt nedstrøms pkt 12 og 13 ved innløp til innsjø.</p>	

Land/Country: Norge

Sted/Lokalitet: SØF Heistadmoen, SØF Hengsvann, SØF Steinsjøfeltet

Godkjent / Approved



---

Per Stålnacke

Prosjektleder / Project leader



---

Ståle Haaland

# Forord

---



## Forsvarsbyggs forord

Forsvarsbygg kartla i 2006-2008 vannkvalitet og avrenning av metaller, sprengstoff og hvitt fosfor i elver og bekker i 47 skyte- og øvingsfelt (SØF), og alle resultatene er samlet i rapporten "Kartlegging av vannkvalitet ved Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt, sluttrapport Program Grunnforurensning 2006-2008". Rapporten gir en status av forurensningsnivået i alle aktive SØF.

Alle aktive SØF inngår nå i Program for Tungmetallovervåking, der feltene overvåkes med varierende hyppighet. Formålet med overvåkingen er å registrere eventuelle økninger i utlekking, slik at vi kan identifisere årsak til økningen og eventuelt iverksette tiltak. I overvåkingen for 2012 ble 29 skyte- og øvingsfelt prøvetatt vår og høst. I tillegg ble det gjennomført et mer omfattende prøvetakingsprogram i Leksdal SØF, Rødsmoen SØF og Regionfelt Østlandet i forbindelse med tillatelse til utslipp fra forurensningsmyndighet. Det er utarbeidet egne rapporter for disse feltene, men resultatene er også oppsummert i denne rapporten.

Markedsområdene i Forsvarsbygg har ansvar for å samle inn vannprøver. I enkelte felt har skytefeltadministrasjonen eller miljøvernoffiserer stått for prøvetakingen. Vannprøvene analyseres for metallene bly, kobber, antimon og sink, som er hovedbestanddelene i håndvåpenammunisjon. I tillegg analyseres det på vannkjemiske parametre som pH, TOC, jern, turbiditet og kalsium.

Forsvarsbygg har etter mange års overvåking god oversikt over forurensningssituasjonen i skyte- og øvingfeltene. Det er store ulikheter i utlekking av metaller fra hvert enkelt felt. Metallutlekkingen fra hvert SØF er derimot relativt stabilt fra år til år. Derfor er hovedformålet med overvåkingen å se etter trender på økt utlekking, uforventede økninger i konsentrasjoner, samt reduksjoner i utlekking etter gjennomførte tiltak. For å fokusere mer på disse trendene, og mindre på konsentrasjoner, har fargekodene for tilstandsklasser for ferskvann blitt fjernet fra figurene.

Forsvarsbygg retter en stor takk til Bioforsk, Markedsområdene i Forsvarsbygg samt Forsvaret for samarbeidet.

Per Siem  
Oberstløytnant  
Avdelingsleder Grunneiendom og SØF  
Forsvarsbygg Utleie

# Innhold

---

Heistadmoen.....	8
Hengsvann.....	22
Steinsjøfeltet .....	33
Vedlegg .....	47

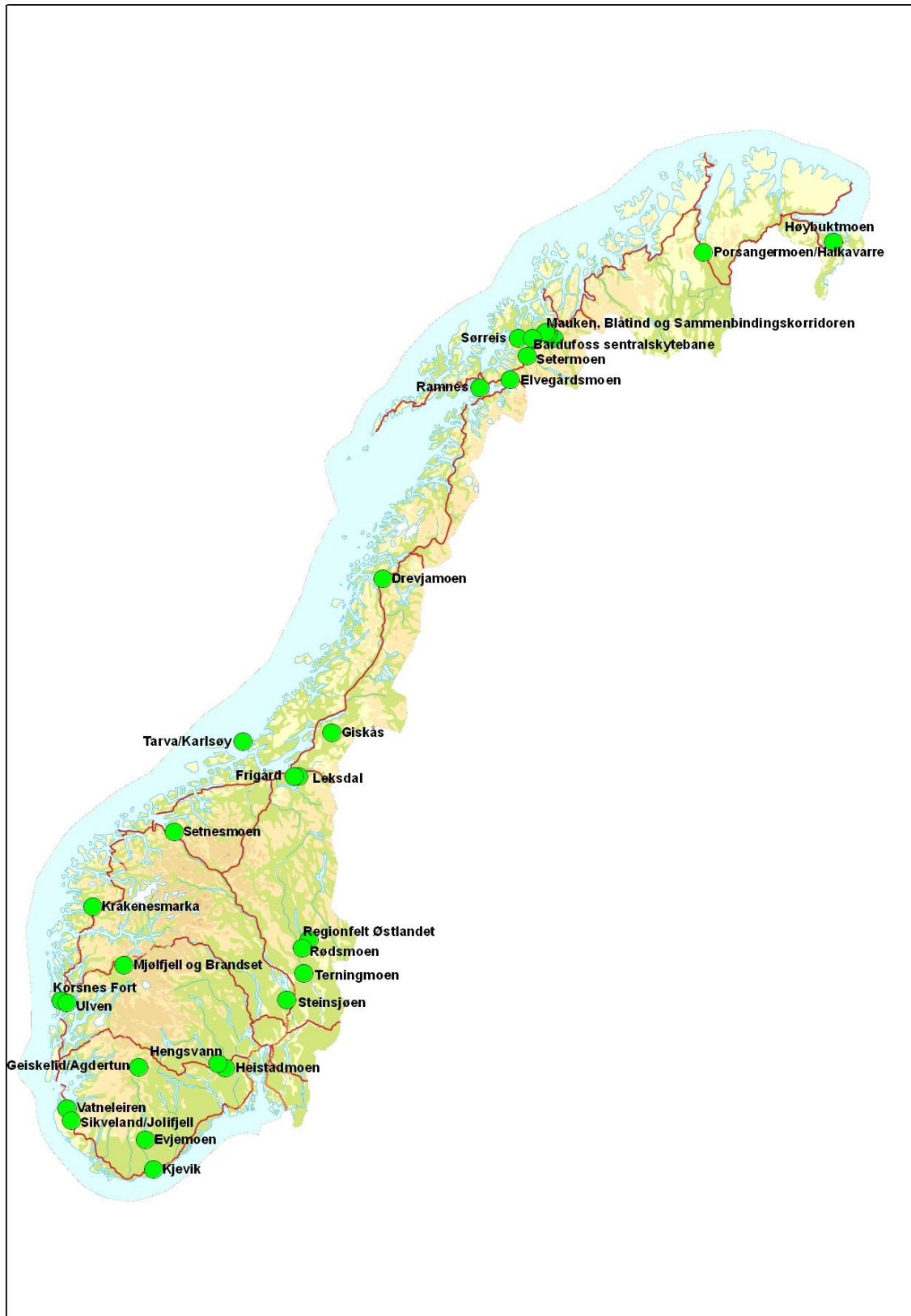
# Innledning

---

Forsvarets bruk av tradisjonell håndvåpenammunisjon har ført til akkumulering av tungmetaller på skytebaner og i skytefelt. Det skytes på basisskytebaner (skyting på faste skiver med en oppsamlingsvoll bak) og feltskytebaner (baner med bevegelige oppdukkende mål, hovedsakelig uten kulefangervoller). Blyholdig håndvåpenammunisjon består av en kjerne med bly og antimon og en mantel av kobber og sink, og det er derfor hovedfokus mht utlekking av disse metallene. I de siste årene har bruk av blyfriammunisjon økt gradvis, der kjernen av bly og antimon er byttet ut med jern (stål). Tungmetaller og korrosjonsforbindelser som dannes i nedbørfeltet vil i løsnings eller som bundet til partikler kunne lekke ut til bekker og elver. Tungmetaller kan være toksiske for akvatiske (og terrestriske) organismer selv ved lave doser.

Forsvarsbygg (FB) forvalter alle Forsvarets skyte- og øvingsfelt (SØF) og skytebaner i Norge, hvorav de fleste er gamle felt/baner der det har vært virksomhet i en årrekke (jf fig 1). En viktig del av FB sin miljøpolicy er å ha et omfattende miljøovervåkningsprogram for vann- kvalitet i vannforekomster som drenerer SØF. Program Tungmetallovervåkning skal kunne fange opp endringer i utlekking av tungmetaller som kan relateres til bruken av håndvåpenammunisjon.

I perioden 1991-2006 hadde NIVA ansvaret for tungmetallovervåkingen, mens SWECO fikk ansvaret i perioden 2006-2009. Fra og med 2010 fikk Bioforsk ansvaret for tungmetallovervåkingen. Konsentrasjonen av tungmetaller måles ved en rekke prøvepunkter ved SØF.



Figur 1. Skyte- og øvingsfelt som inngår i Program Tungmetallovervåkning i 2012.

Kobber, bly og sink er tungmetaller, dvs at de har en egenvekt  $> 5 \text{ g/cm}^3$ , mens antimon er et mobilt matalloid under nøytrale og alkaliske forhold og ofte i assosiasjon med jern og mangan. For å vurdere miljøtilstanden ved prøvepunktene blir konsentrasjonen av disse metallene vurdert opp i mot grenseverdier; tilstandsklasser satt av Klima og forurensningsdirektoratet (Klif, tidl SFT) (jf tab 1). Konsentrasjonen av antimon blir vurdert opp ulike grenseverdier (Drikkevannsforskriften har drikkevannsnorm for antimon på  $5 \text{ }\mu\text{g/l}$ , mens WHO har satt grensen til  $20 \text{ }\mu\text{g/l}$ ). I overvåkingsprogrammet er det spesielt fokus på endringer og trender.

**Tabell 1.** Tilstandsklasser for bly, kobber og sink. Klassene er utarbeidet på grunnlag av ufiltrerte vannprøver (Andersen mfl 1997).

Parameter ( $\mu\text{g/l}$ )	I Ubetydelig forurenset	II Moderat forurenset	III Markert forurenset	IV Sterkt forurenset	V Meget sterkt forurenset
Bly	<0,5	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5
Kobber	<0,6	0,6-1,5	1,5-3	3-6	>6
Sink	<5	5-20	20-50	50-100	>100

I tillegg til analyse av tungmetaller er også støtteparametere tatt inn som del av overvåkingsprogrammet, dvs parametere som kan påvirke tungmetallers mobilitet og/eller toksisitet. Dette er parametere som vannføring, turbiditet og/eller suspendert stoff (SS), organisk materiale (NOM, målt ufiltrert som konsentrasjon av organisk karbon, TOC), redoksfølsomme og kompleksdannende metaller som jern, samt ledningsevne (sier noe om vannprøvens totale innhold av ioner) og pH eller kalsium (som kan gi informasjon om tungmetallenes potensielle løselighet). De kjemiske analysene har i 2012 blitt utført av ALS Laboratory Group, som er akkreditert for de aktuelle analysene. Samtlige analyser er utført på ufiltrerte vannprøver etter norsk standard.



# Heistadmoen

---

1. Innledning.....	9
Områdebeskrivelse .....	9
Aktivitet i feltet .....	9
2. Material og metode.....	12
Vannprøvetaking.....	12
Analyser .....	12
3. Resultater og diskusjon .....	13
Klima .....	13
Støtteparametere .....	13
Sink og antimon.....	13
Kobber og bly .....	14
Referansepunkt.....	14
Prøvepunkt som drenerer internt i skytefeltet .....	14
Prøvepunkt som drenerer ut av skytefeltet .....	15
4. Konklusjon og anbefalinger.....	20
Vedlegg .....	47

# 1. Innledning

---

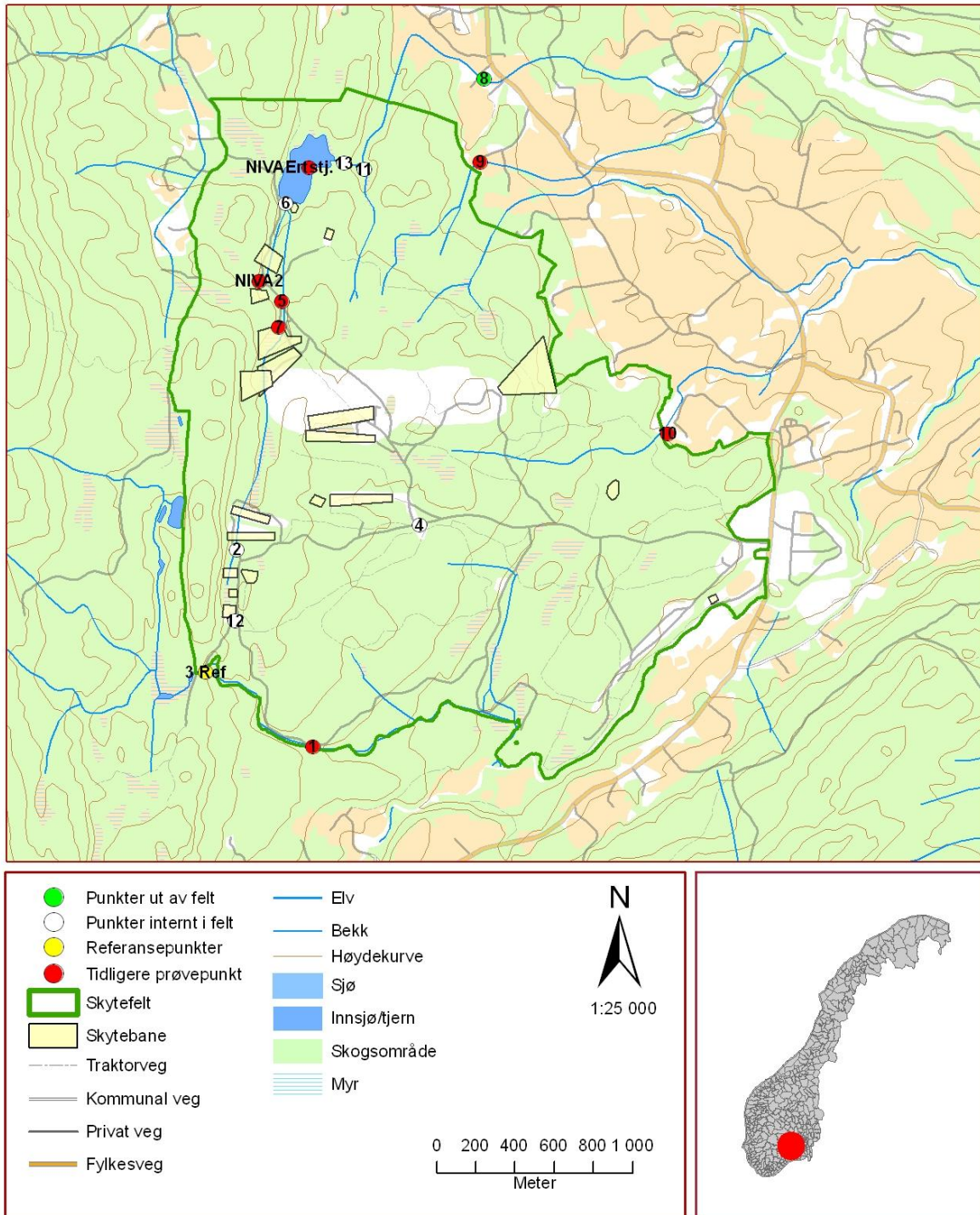
## Områdebeskrivelse

Heistadmoen skytefeltet ligger i Kongsberg kommune og dekker et areal om lag 0,6 km<sup>2</sup> (fig 1). Feltet ble etablert i 1909 og har vært i kontinuerlig bruk siden (Rogne-  
rud mfl 2006; Mørch mfl 2009). Berggrunnen består hovedsakelig av diorittisk til  
granittisk gneis. Terrenget er dominert av myr og fjell i dagen, men stedvis er det  
tykt morenedekke. Mot Numedalslågen består overdekningen av breelavsetninger,  
elveavsetninger og til dels tykke hav- og fjordavsetninger. Kongsbergområdet er en  
kjent mineralprovins med blant annet sølv og kismalmer. Det er tre kjente gruvelo-  
kaliteter i den nordvestre delen av feltet; Kisgruva, Ertstjern og Stavsmyr. De to  
førstnevnte er drevet på kismalmer med kobber, bly og sink. Stavsmyr er et gam-  
melt sølvskjerp hvor det har blitt registrert noe kismalm og rust fra svovelkis på  
bergflater. Tekst omredigert fra Mørch mfl 2009.

## Aktivitet i feltet

Feltet består i alt av 14 baner. Hovedbruker er Heimevernet, med HV01, HV02,  
samt HV03. Feltet brukes også sporadisk av andre hærstyrker. Heistadmoen er et  
middels stort skytefelt hvor det for det meste inngår bruk av håndvåpen på skyte-  
baner/standplasser, samt pyrotekniske våpensystemer. Det benyttes håndvåpen  
med opp til 7,62 mm skarp ammunisjon, inkludert sporlys, samt 12,7 mm blåplast.  
Det benyttes også sprengladninger opp til 500 g. Ved pkt 6 har det tidligere vært et  
sprengningsfelt som ikke er blitt benyttet de senere årene. I tillegg til skytebanner  
det et håndgranatfelt i bruk på Heistadmoen, bane E-14. Det er også en nedlagt  
TOW-bane (Tube-launched Optically tracked Wire-guided missile) i feltet. Ut over  
dette er det ikke kjent at andre typer våpen har blitt benyttet. Etter Mørch mfl  
2009.

# Heistadmoen



Figur 1. Kart over prøvepunkter ved Heistadmoen i 2012.

Tabell 1. Data for prøvepunkter ved Heistadmoen i 2012. Data (med unntak for pkt 12 og 13) fra Mørch mfl (2009).

Prøvepunkt (id)	Beskrivelse	Avrenning, årsmiddel (l/s)	Dreneringsområde	Kommentarer
2/NIVA1	Liten bekk	1,5	Bane 3	
3Ref	Stor bekk	280		
4	Liten bekk	6	Bane C8 og 9, og nedlagt bane B6.	
6/NIVA4	Liten bekk	18	Renner inn i Ertstjern, Drenerer de fleste baner + nedlagt sprengningsfelt	
8	Liten bekk	36	Nedstrøms feltet, Drenerer Ertstjern	
11	Liten bekk		Øst for Ertstjern. Mottar sannsynligvis avrenning fra håndgranatbane	
12	Liten bekk		Bane A1	Anlagt 2010
13	Liten bekk		Utløp av Ertstjern, ved Klopp. Mottar avrenning fra de fleste baner.	Anlagt 2010

## 2. Material og metode

---

### Vannprøvetaking

Tungmetallavrenningen ved Heistadmoen har blitt overvåket siden 1999 (Rognerud mfl 2006). I 2012 ble de samme prøvepunktene som i 2011 prøvetatt i tillegg til pkt 8 (fig 1; tab 1). Det ble tatt ut vannprøver 6. juni og 6. november. Det ble benyttet vannhenter med teleskopstang ved prøvetaking.

### Analyser

Det har blitt analysert for bly, kobber, sink og antimon i ufiltrerte prøver, samt for støtteparameterne naturlig organisk materiale (analysert som totalt organisk karbon, TOC), pH, ledningsevne, kalsium, jern og suspendert stoff (via turbiditet). Analysene ble utført ved akkreditert laboratorium (ALS Scandinavia). Data fra ALS Scandinavia er lastet inn i en Access database.

## 3. Resultater og diskusjon

---

### Klima

I måneden før prøvetakingen i juni hadde det vært varierende vær den siste måneden, men pent vær siste uka og ved prøvetakingen. Vannføringen var normal ved de fleste pkt med unntak av pkt 2 og 3Ref hvor den var lav. Ved prøvetakingen i november hadde det vært regn dens siste måneden og uka, men det var klart og pent på prøvetakingsdagen. Vannføringen var høy ved de fleste punktene med unntak av pkt 8, 11 og 12 hvor det var normal vannføring.

### Støtteparametere

Ledningsevnen var lav til moderat høy og lå mellom 3-19 mS/m i feltet, og noe lavere ved referansen 3Ref sørøst for feltet (1,4-1,8 mS/m). Konsentrasjonen av kalsium var moderat høy i feltet (5-27 mg Ca/l), og noe lavere ved 3Ref (1,2-2,1 mg Ca/l). pH var fra lav til moderat høy og lå mellom 5,2-7,5, lavest ved pkt 3Ref. Konsentrasjonen av organisk materiale var moderat høy og lå mellom 2-10 mg TOC/l. Konsentrasjonen av jern var generelt lav og < 1 mg Fe/l, noe høyere ved pkt 2/NIVA1 og 12 (hhv 3-7 og 2-3 mg Fe/l). Innholdet av suspendert stoff var generelt lav ved de fleste prøvepunkt (< 1,0 FNU), men moderat høy ved pkt 2/NIVA1 og 12 i vårprøven (hhv 5,3 og 13,6 FNU).

### Sink og antimon

Konsentrasjonene av sink varierer en del i feltet og det er moderat forhøyede verdier (tilstandsklasse II; jf Andersen mfl 1997) ved alle prøvepunktene i en eller flere målinger, generelt høyest om høsten. Ved pkt 12 og 2/NIVA1 var konsentrasjonen av sink betydelig høyere og er i 2012 hhv 13-38 og 31-64 µg Zn/l (tilstandsklasse II-IV; jf fig 4). Konsentrasjonen av antimon godt under eller nær grensen for drikkevann på 5 µg Sb/l satt i Drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2004). Høstprøven ved pkt 12 er et unntak, der det ble målt 36 µg Sb/l (jf fig 5). Konsentrasjonen av sink og antimon varierer som forventet betydelig ved pkt 2/NIVA1, som er en meget liten bekk (årsmiddel på 1,3 l/s).

## Kobber og bly

### *Referansepunkt*

Referansepunktet 3Ref er plassert i en stor bekk sørøst for feltet (årsmiddel på 280 l/s; fig 1). Som tidligere blir det målt noe kobber og bly ved referansen (1,2-1,7 µg Cu/l; tilstandsklasse III og 0,8-1,0 µg Pb/l; tilstandsklasse II). Dette tyder på en lett forhøyet bakgrunnskonsentrasjon av både bly og kobber fra feltet.

### *Prøvepunkt som drenerer internt i skytefeltet*

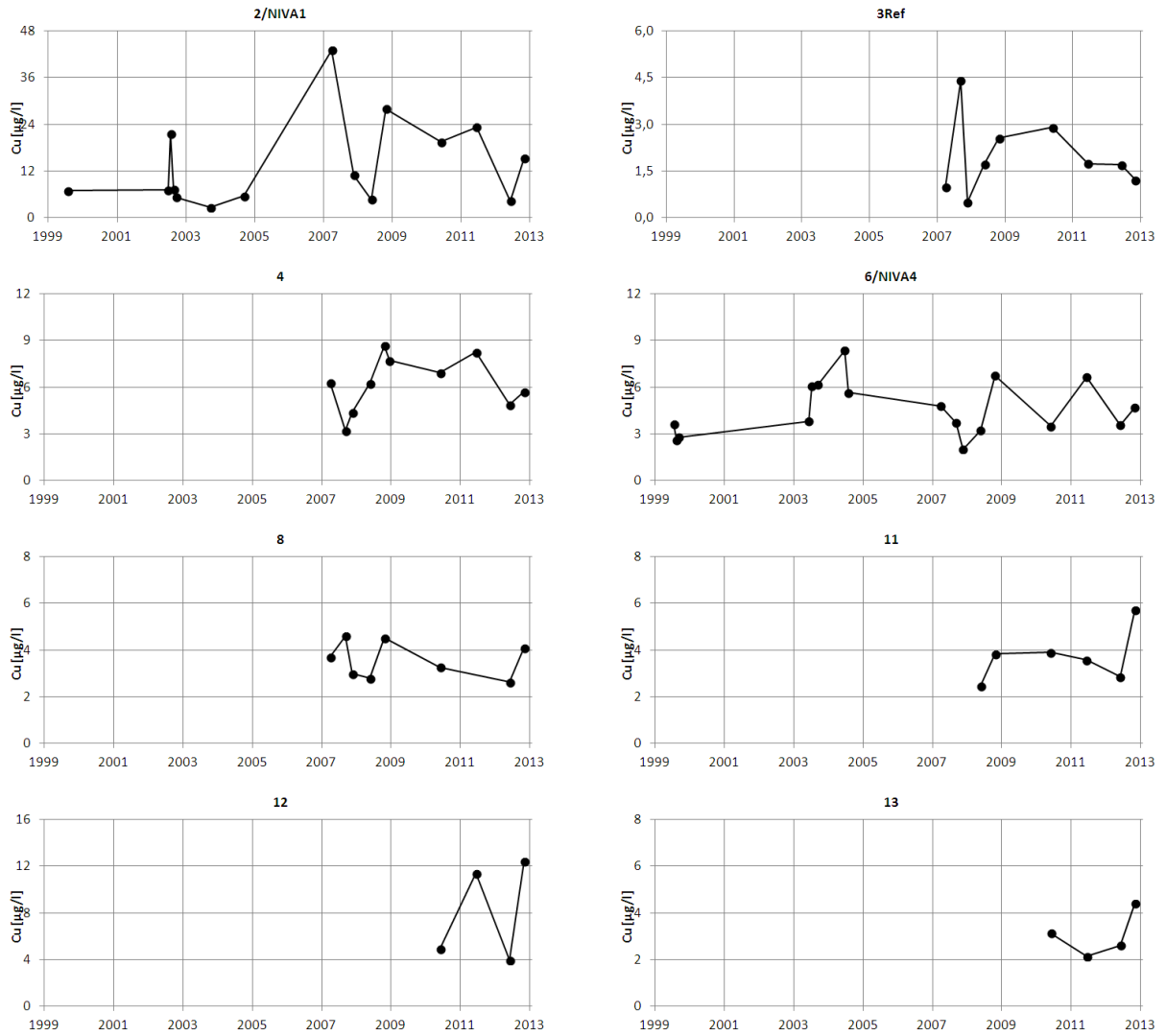
Vannkvaliteten ved pkt 2/NIVA1 (drenerer bane 3), pkt 4 (drenerer bane C8, 9 og B6) og pkt 12 (drenerer bane A1), som alle ligger sør i feltet, har som regel hatt vannkvalitet i tilstandsklasse IV-V for kobber, samt sporadisk høye konsentrasjoner av bly ved pkt 2/NIVA1 og 12 (tilstandsklasse V). I 2012 var konsentrasjonen av kobber ved pkt 2/NIVA1, 4 og 12 på hhv 4-15, 5-6 og 4-12 µg Cu/l (tilstandsklasse IV-V), samt mht bly på hhv 0,6-1,0 (tilstandsklasse 11), 1-1,4 (tilstandsklasse II-III) og 1-3,9 µg Pb/l (tilstandsklasse II-IV) (jf fig 2-3). Konsentrasjonen av kobber og bly varierer som forventet betydelig ved pkt 2/NIVA1, som er en meget liten bekk (årsmiddel på 1,3 l/s) og vil være følsom for nedbør og endringer i avrenningsmønsteret i feltet. Her er også konsentrasjonene lavere enn i 2010 og 2011. Ved pkt 2/NIVA1 og 12 er også turbiditeten er tidvis høy i 2012 (2-14 FNU). Vannkvaliteten ved pkt 6/NIVA4 (drenerer flere baner, samt sprengningsfelt), pkt 11 (mottar trolig avrenning fra håndgranatbane) og pkt 13 (drenerer flere baner), alle lokalisert nord i feltet, har tidligere vært i tilstandsklasse III-V for kobber, men vesentlig bedre tilstand for bly (jf fig 2-3). I 2012 var konsentrasjonen av kobber i tilstandsklasse IV, III-IV og III-IV ved hhv pkt 6/NIVA4, 11 og 13. Konsentrasjonen av bly var under deteksjonsgrensen for analysen ved pkt 11 (< 0,5 µg Pb/l) og ved pkt 13 og 6/NIVA4 like over deteksjonsgrensen i høstprøven (0,8-0,9 µg Pb/l). Det er med det om lag lik vannkvalitet i utløpet og innløpet av Ertstjern, hhv pkt 6/NIVA4 og 13. Konsentrasjonen av kobber og bly nær utløpet til Ertstjern på nivå med blykonsentrasjonene som til tider måles ved referansepunktet 3Ref og noe høyere enn kobberkonsentrasjonene. Det er heller ikke i år noen tilsynelatende klare trender mht metallutlekking over tid ved noen av prøvepunktene i feltet.

*Prøvepunkt som drenerer ut av skytefeltet*

Konsentrasjonen av kobber og bly ved pkt 8 er hhv 3-4 µg Cu/l (tilstandsklasse IV) og < 0,5-0,7 µg Pb/l (tilstandsklasse I-II). Konsentrasjonen av kobber ved pkt 8 er tilnærmet lik som ved pkt 13 og de målte konsentrasjonene i 2012 er på samme nivå som tidligere. Konsentrasjonen av kobber og bly ved pkt 8, er som ved pkt 13, på nivå med blykonsentrasjonene som til tider måles ved referansepunktet 3Ref og noe høyere enn kobberkonsentrasjonene.

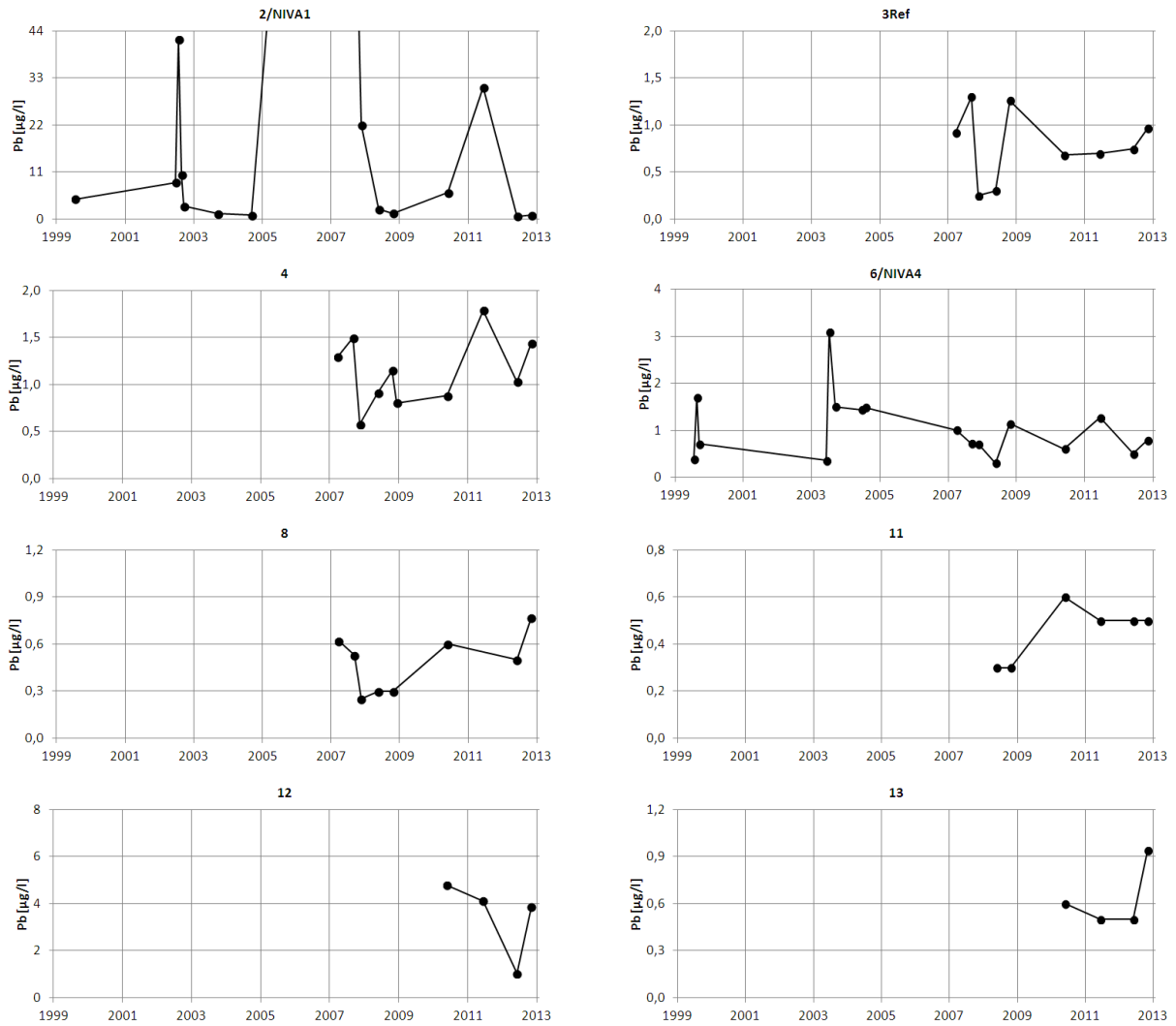


## Kobber



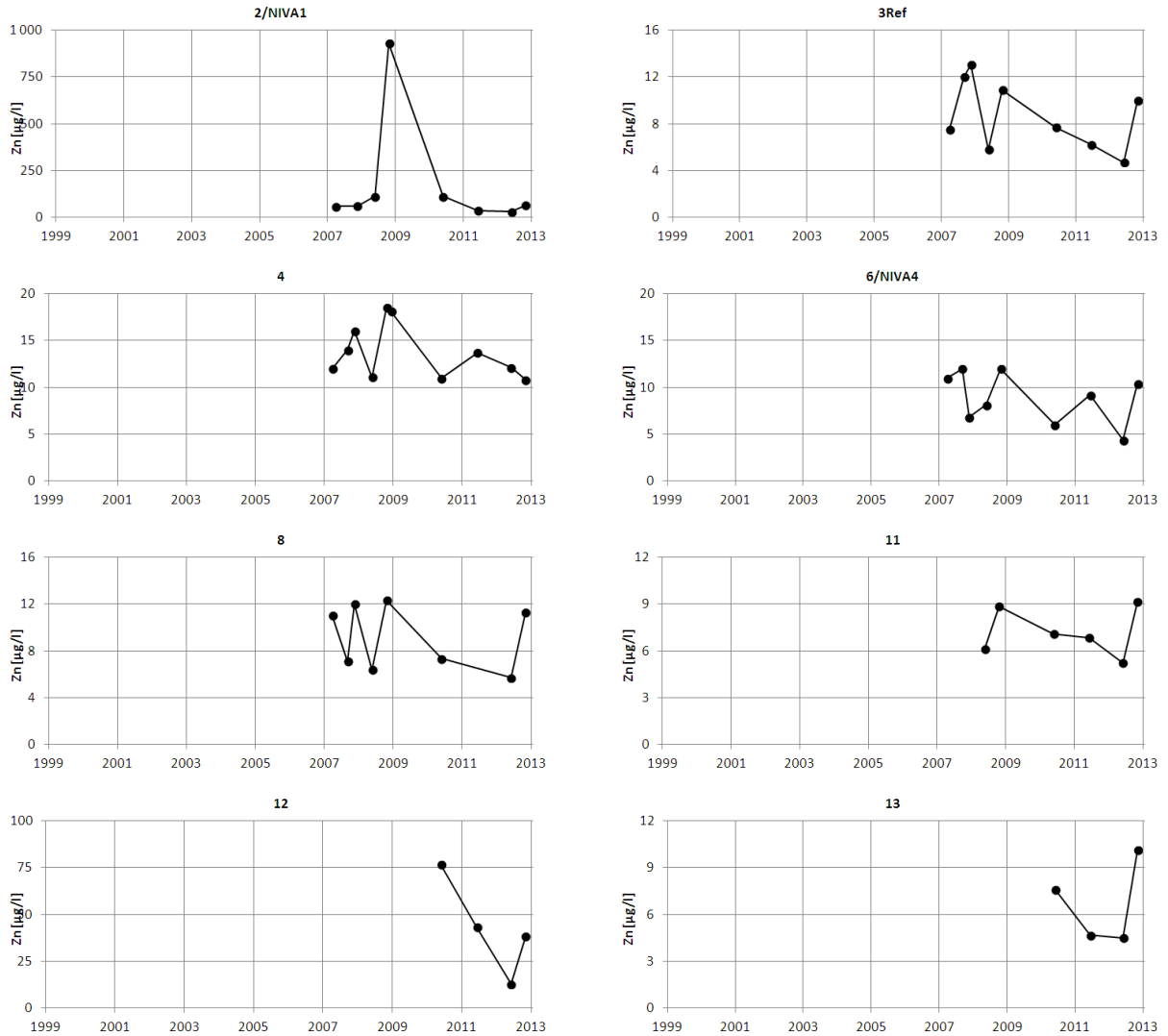
**Figur 2.** Analyseresultater for kobber i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Bly



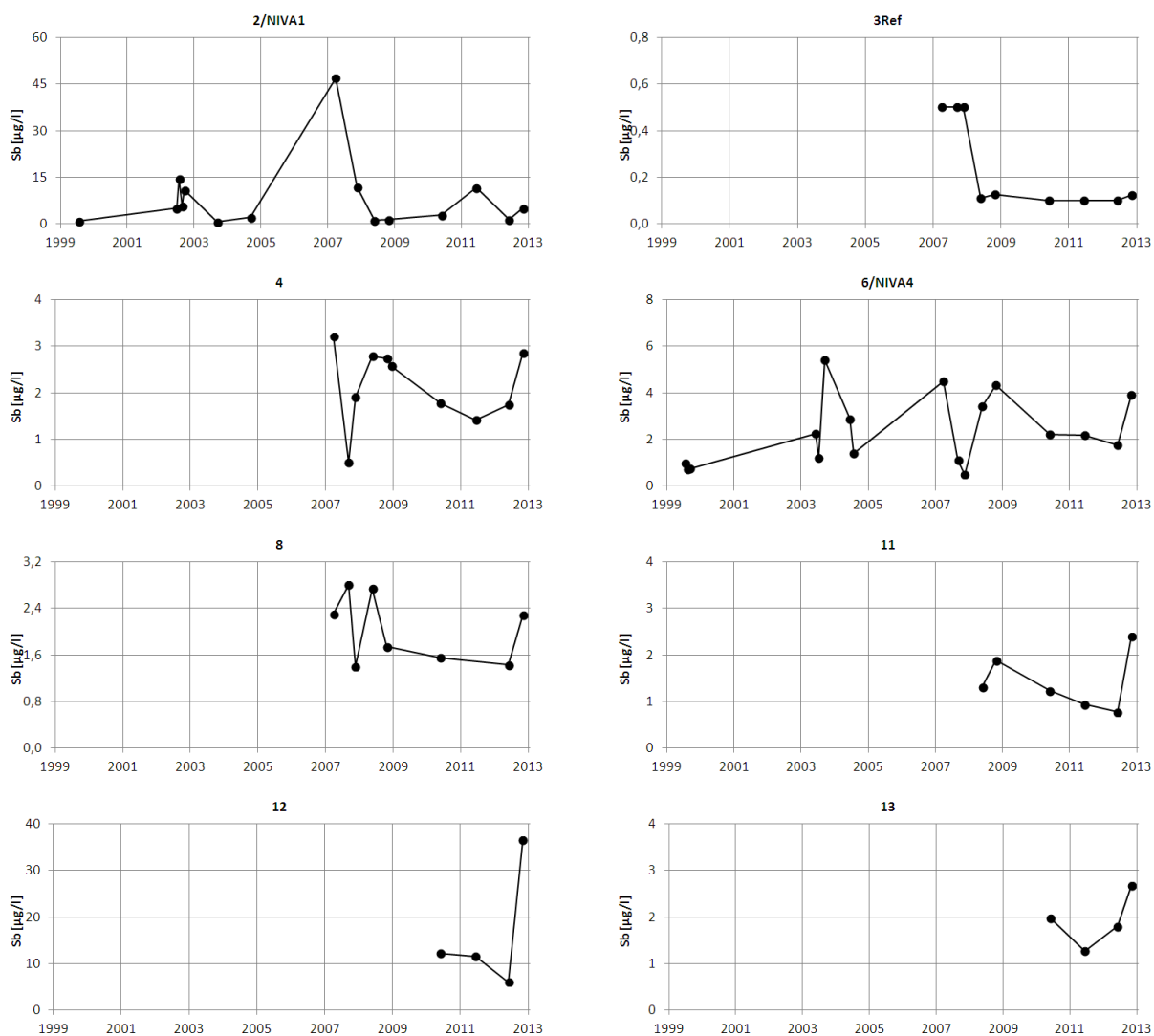
**Figur 3.** Analyseresultater for bly i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Sink



**Figur 4.** Analyseresultater for sink i perioden 2007-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Antimon



**Figur 5.** Analyseresultater for antimon i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fra 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## 4. Konklusjon og anbefalinger

---

Det lekker som ventet noe kobber, bly, sink og antimon til bekker internt i feltet. Konsentrasjonen av kobber og bly nær utløpet til Ertstjern (pkt 13) og nedstrøms feltet (pkt 8) er allikevel også i år, med unntak av litt antimon, nær blykonsentrasjonene og litt over kobberkonsentrasjonene som til tider måles ved referansepunktet i feltet. Det er ingen tilsynelatende klare trender mht konsentrasjoner av kobber, bly, sink og antimon fra feltet.

# Referanser

---

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. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veileder 97:04. TA-nr. 1468/1997. 31 s.

Breyholtz, B., Lambertsen, E., Størseth, L., Været, L., Mørch, T. & Pedersen, R. 2010. Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Program Tungmetallovervåkning 1991-2009. Sweco/Forsvarsbygg-rapport. 93 s.

Helse- og omsorgsdepartementet 2004. Forskrift om vannforsyning og drikkevann. FOR 2001-12-04 nr. 1357 (Drikkevannsforskriften).

Mørch, T., Pedersen, R., Sørli, S., Breyholtz, B., Lambertsen, E. & Været, L. 2009b. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt, Overvåking av vannforurensing, Program Tungmetallovervåkning 1991-2008. Sweco/Forsvarsbygg-rapport 152030. 116 s.

Rognerud, S. 2006. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser - Resultater fra 15 års overvåking. NINA-rapport LNR 5162-2006. 44 s.

# Hengsvann

---

1. Innledning.....	23
Områdebeskrivelse .....	23
Aktivitet i feltet .....	23
2. Material og metode.....	26
Vannprøvetaking.....	26
Analyser .....	26
3. Resultater og diskusjon .....	27
Klima .....	27
Støtteparametere .....	27
Sink og antimon.....	27
Kobber og bly .....	28
Referansepunkt.....	28
Prøvepunkt som drenerer internt i feltet .....	28
4. Konklusjon og anbefalinger.....	31
Referanser .....	32
Vedlegg .....	47

# 1. Innledning

---

## Områdebeskrivelse

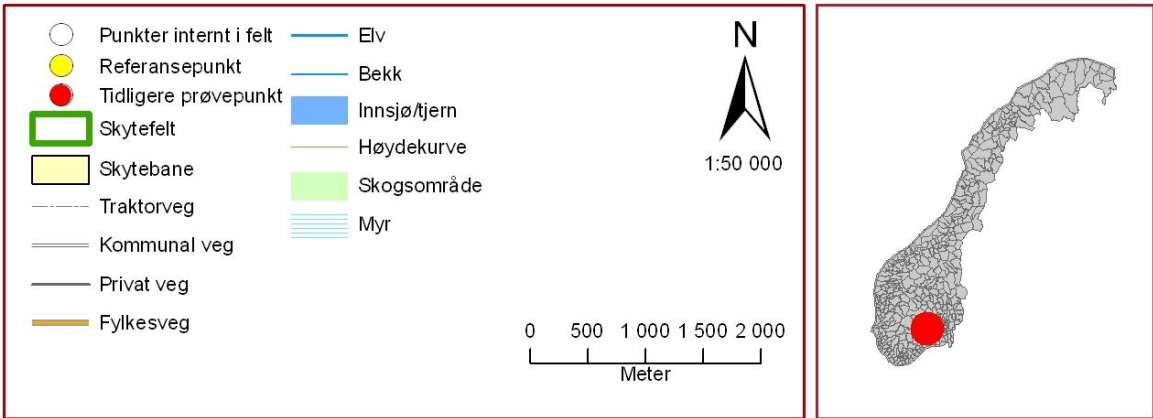
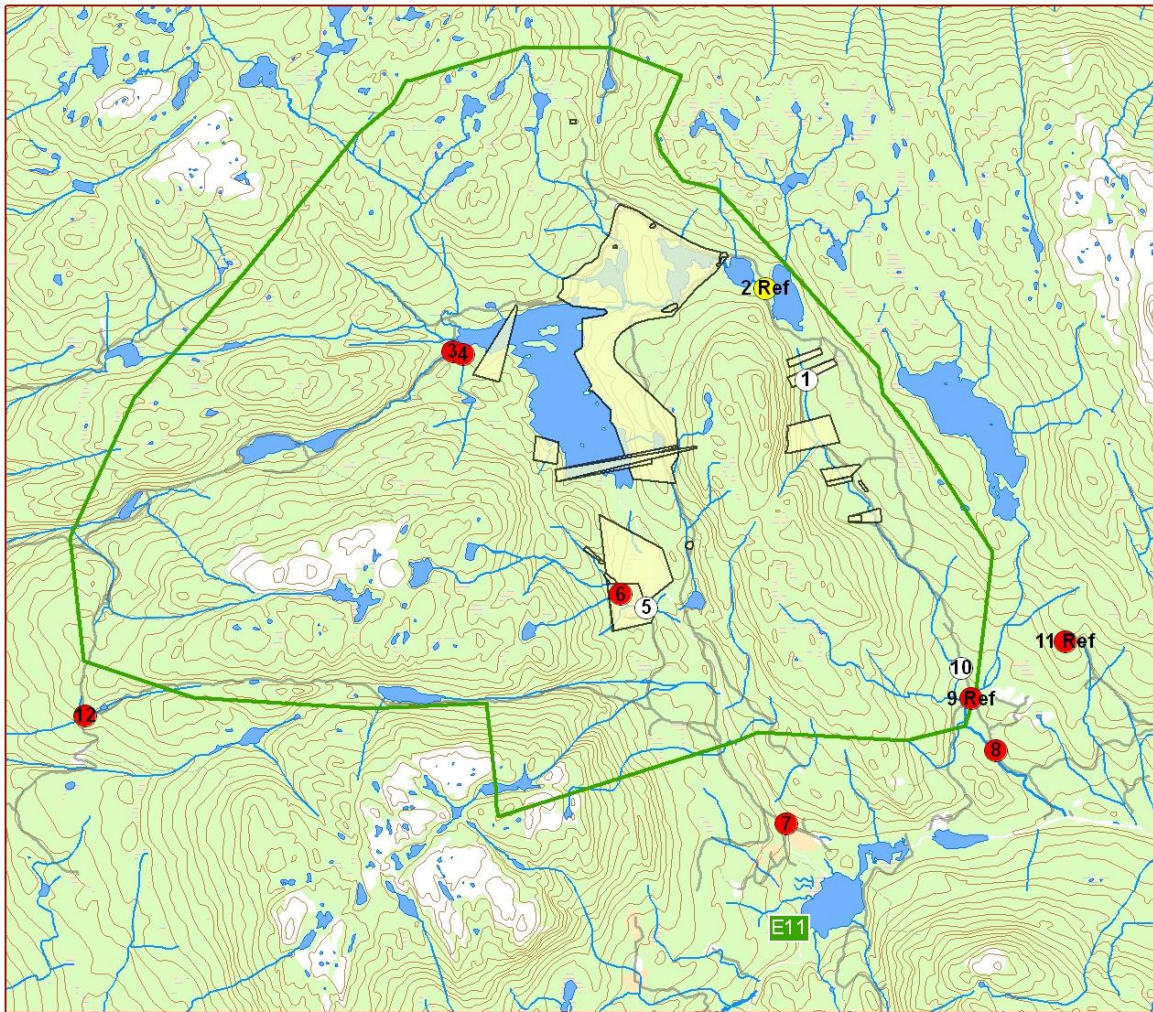
Hengsvann skyte- og øvingsfelt ligger i Kongsberg og Notodden kommune i Buskerud fylke. Feltet ble etablert i 1909 og har et areal på 36 km<sup>2</sup>. Det overvåkes to bekker/elver i feltet - Brånebekken, som drenerer det østlige området hvor det ligger flere skytebaner, og Hengselva som drenerer Diplemyr og området rundt blindgjengerfeltet midt i feltet, inkludert feltskytebaner. Berggrunnen består hovedsakelig av øyegneis med innslag av gabbro/amfibolitt lengst vest i feltet. Øst for Hengsvann er det hovedsakelig diorittisk til granittisk gneis og migmatitt, samt granitt og granodioritt. Berggrunnen er stedvis dekket av tynt morenedekke og innslag av torv og myr, ellers er det mye bart fjell. Vegetasjonen rundt Hengsvann er dominert av blåbærbarskog, og flere mindre myrområder. Etter Breyholtz mfl 2010.

## Aktivitet i feltet

Feltet benyttes i dag hovedsakelig av Heimvernet (HV 01, 02 og 03), samt til dels av Garden, Telemarksbataljonen med flere. Feltet brukes til feltskyting og manøverområde for lett infanteri. Det består av 19 baner hvor det benyttes alt fra håndvåpen til trådstyrte raketter (TOW), inkl. 84 mm bombekaster. Etter Breyholtz mfl 2010.



# Hengsvann



Figur 1. Kart over prøvepunkter ved Hengsvann i 2012.

Tabell 1. Data for prøvepunkter ved Hengsvann. Etter Breyholtz mfl (2010).

Prøvepunkt (id)	Beskrivelse	Avrenning Årsmiddel (l/s)	Dreneringsområde
1/NIVA2	Øverst i Brånebekken, liten bekk	6,5	Skytebane 5 og 6, hvor det benyttes alle typer håndvåpen, opp til 7,62 mm
2Ref	Der Villingbuvann renner ut i Mevann, middels stor bekk	62	Referanse
5/NIVA3	Utløp fra Diplemyr og inn i Hengselva, middels stor bekk	50	Blindgjengerfeltet hvor det brukes bombekastere, granater, håndvåpen, 12,7 mm, 84 mm RFK og bane 13, 14, 15 og 16 (alle på selve Diplemyr). Dette er alt fra vanlige skytebaner til sprengningsfelt.
10/NIVA1	Nederst i Brånebekken, middels stor bekk	87	Bane 1, 3, 4, 5 og 6, der det skytes med håndvåpen

## 2. Material og metode

---

### Vannprøvetaking

Ved Hengsvann har tungmetallavrenning blitt overvåket siden 1999. I 1999 ble det målt ved to prøvepunkter, men bare i ett punkt fra 2000 til 2003. Deretter vekselvis ved to og tre punkter frem til 2006. I 2010 og 2011 ble det tatt prøver ved fem prøvepunkter, mens det i 2012 er tatt ut prøver ved fire punkter. Det ble tatt ut prøver 11. mai og 7. november tatt ut prøver i juni og november. Det ble benyttet vannhenter med teleskopstang ved prøvetaking.

### Analyser

Det har blitt analysert for bly, kobber, sink og antimon i ufiltrerte prøver, samt for støtteparameterne naturlig organisk materiale (analysert som totalt organisk karbon, TOC), pH, ledningsevne, kalsium, jern og suspendert stoff (via turbiditet). Analysene ble utført ved akkreditert laboratorium (ALS Scandinavia). Data fra ALS Scandinavia er lastet inn i en Access database.

## 3. Resultater og diskusjon

---

### Klima

Før prøvetakingen i mai hadde det vært vekslende værforhold, med noe regn siste uke. Ved prøvetakingen var det overskyet og lett tåke og 7-8 °C. Vannføringen var høy ved alle prøvepunkt. Før prøvetakingen i november var det regn og snø den siste måneden og uka. Ved prøvetakingen var det overskyet og vannføringen var normal ved alle prøvepunkt.

### Støtteparametere

Ledningsevnen er lav og lå mellom 1,3-2,3 mS/m. Konsentrasjonen av kalsium er lav i området og lå mellom 0,4-2,6 mg/l. pH varierte en del og lå mellom 4,8-6,9, lavest ved pkt 5/NIVA3. Konsentrasjonen av organisk materiale er moderat høy i området og lå mellom 6,2-9,4 mg TOC/l. Konsentrasjonen av jern er lav (< 0,5 mg Fe/l), og det var lite suspendert stoff i vannprøvene (lite turbiditet; < 1,0 FNU).

### Sink og antimon

Konsentrasjoner av sink og antimon var med unntak for pkt 1/NIVA2 i Brånebekken, som tidligere lav ved alle prøvepunktene; sink i tilstandsklasse I-II og konsentrasjonen av antimon < 5 µg Sb/l som er satt som grense for drikkevann (Helse- og omsorgsdepartementet 2004; jf fig 4-5). I Brånebekken var konsentrasjonen av sink fra 19-29 µg Zn/l (tilstandsklasse III; fig 4), og på nivå med tidligere målinger. Konsentrasjonen av antimon i Brånebekken har en økende trend og følger samme mønster og utvikling som kobberkonsentrasjonen (se neste avsnitt). Konsentrasjonen av antimon er fremdeles relativt lav, men har siden høsten 2009 vært > 5 µg Sb/l. I 2012 var konsentrasjonen av antimon ved pkt 1/NIVA2 fra 6-8 µg Sb/l. 5 µg Sb/l er satt som grense for drikkevann i Drikkevannforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2004).

## Kobber og bly

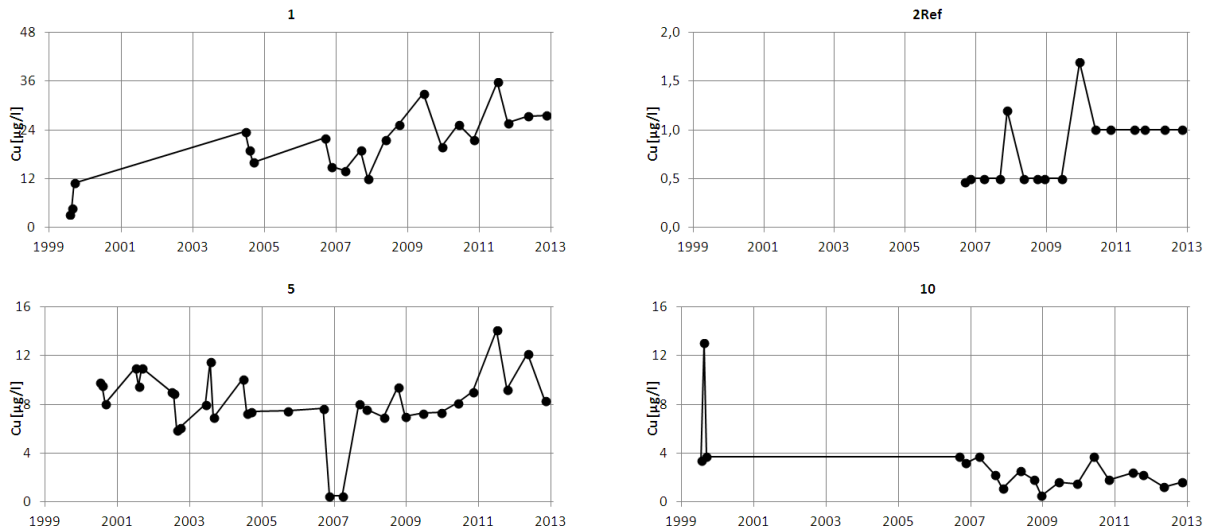
### *Referansepunkt*

Ved referansepunktet 2Ref, plassert nordøst i feltet, der Villingbuvann renner ut i Mevann (jf fig 1), var konsentrasjonen av kobber og bly i 2012 lave, som i 2011, og under deteksjonsgrensen for analysene (hhv  $< 1 \mu\text{g Cu/l}$  og  $< 0,5 \mu\text{g Pb/l}$ ). Dette er slik det har vært siden prøvepunktet ble anlagt i 2006 (jf fig 2-3).

### *Prøvepunkt som drenerer internt i feltet*

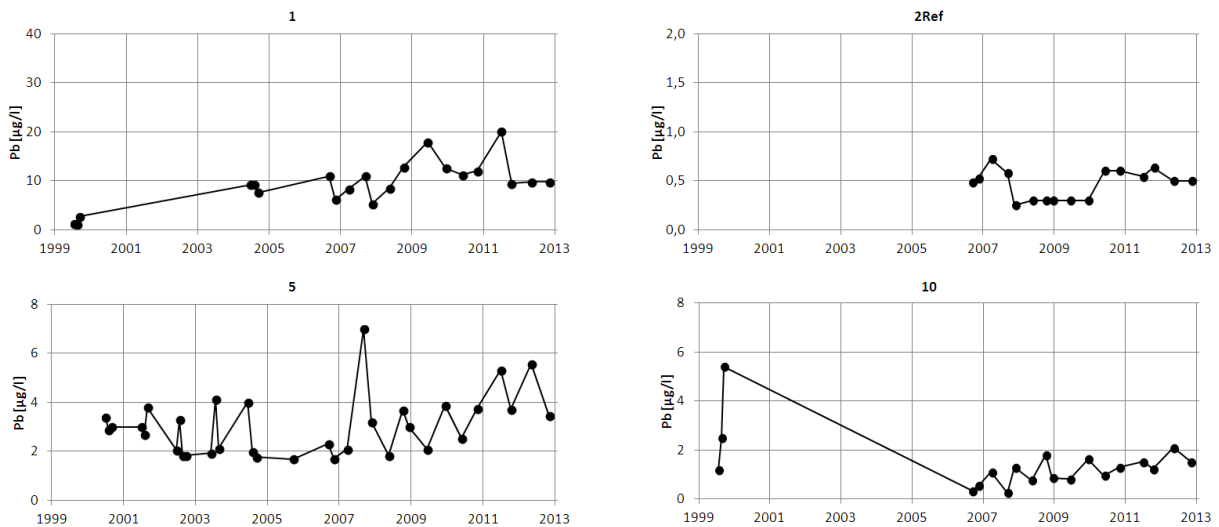
Ved prøvepunkter internt i feltet (pkt 1/NIVA2, 5/NIVA3 og 10/NIVA1), er det høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 1/NIVA2 (27- 28  $\mu\text{g Cu/l}$ ; tilstandsklasse V), og ved pkt 5/NIVA3 (8-12  $\mu\text{g Cu/l}$ ; tilstandsklasse V). Det er en tendens til økning i kobberkonsentrasjonen ved pkt 1/NIVA2 (jf fig 2), og det samme gjelder for konsentrasjonen av bly ved begge punktene. Konsentrasjonen av bly ved pkt 1/NIVA2 og 5/NIVA3 var i 2012 hhv 9,8  $\mu\text{g Pb/l}$  (tilstandsklasse V) og 3,5-5,6  $\mu\text{g Pb/l}$  (tilstandsklasse IV-V). Det er derimot betydelig lavere konsentrasjoner av både kobber (1,3-1,6  $\mu\text{g Cu/l}$ ; tilstandsklasse II-III) og bly (1,5-2,1  $\mu\text{g Pb/l}$ ; tilstandsklasse III) lenger nedstrøms i Brånebekken ved pkt 10/NIVA1 (87 l/s i årsmiddel, og som ligger relativt nær skytefeltgrensen; jf fig 1-3). Konsentrasjonen av kobber og bly ved pkt 10/NIVA1 er på nivå med tidligere år, og det er ingen klar trend til endring de siste 3-4 årene, men mulig en svak oppadgående trend for blykonsentrasjonen ved pkt 10/NIVA1 og 5/NIVA3 (jf fig 2-3). Her er det en betydelig fortynning av avrenning lenger oppstrøms i Brånebekken, inkl bane 1 og 3-6.

## Kobber



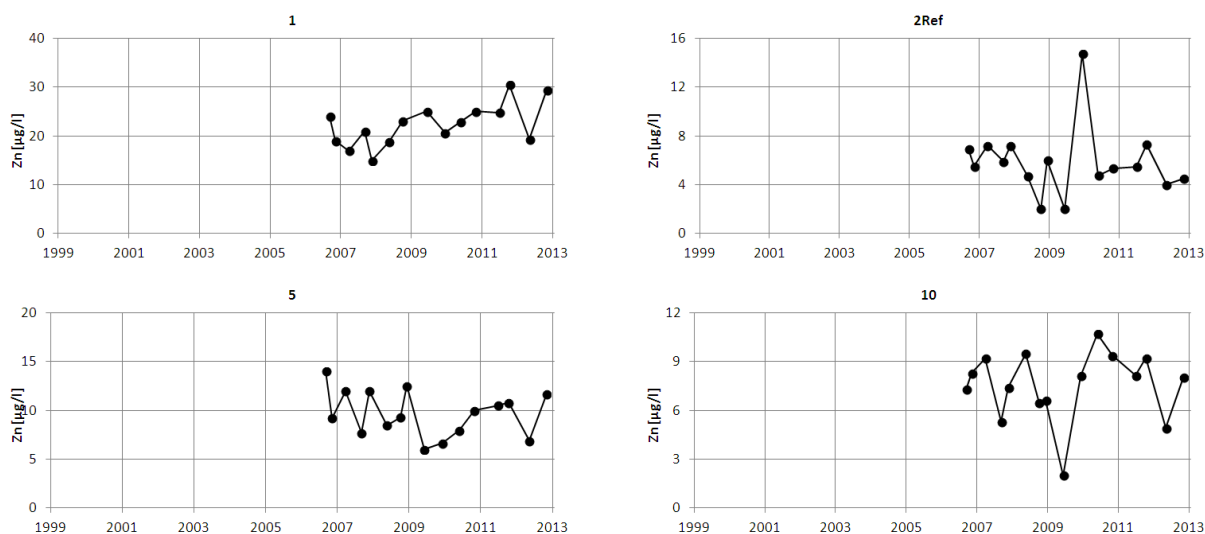
**Figur 2.** Analyseresultater for kobber i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Bly



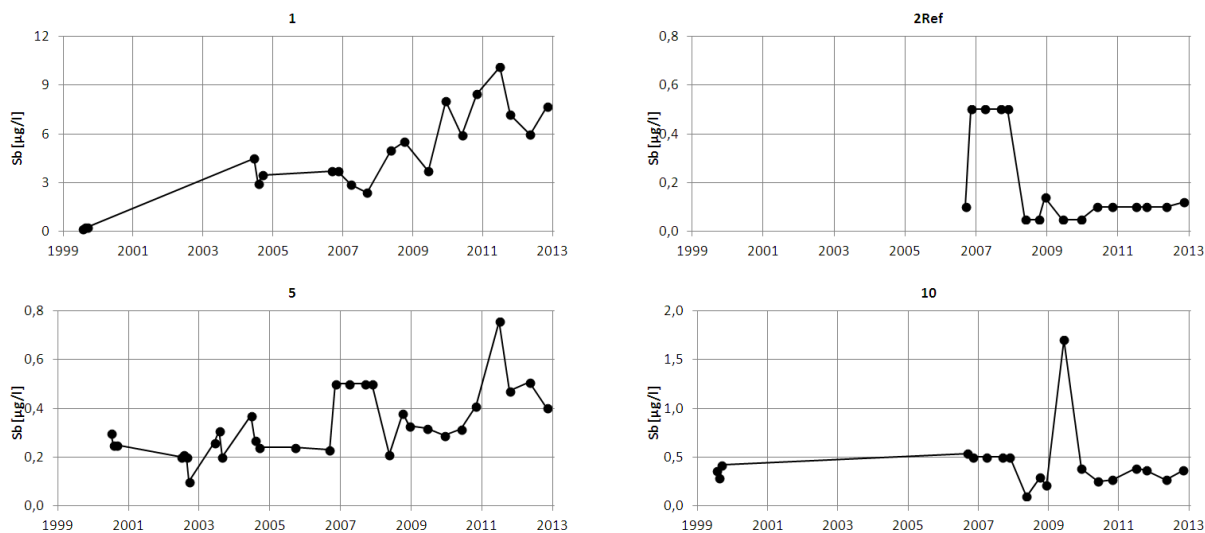
**Figur 3.** Analyseresultater for bly i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Sink



**Figur 4.** Analyseresultater for sink i perioden 2006-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Antimon



**Figur 5.** Analyseresultater for antimon i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## 4. Konklusjon og anbefalinger

---

Det ble i 2012 som tidligere målt høye konsentrasjoner (tilstandsklasse V) av kobber og bly pkt 1/NIVA2 øverst i Brånebekken, samt ved pkt 5/NIVA3 ved utløp fra Diplemyr og inn i Hengselva (tilstandsklasse IV i høstprøven). Det er en tendens til økning i konsentrasjonen av kobber og bly ved pkt 5/NIVA3 (ved utløp fra Diplemyr). Det er også en tendens til økning i konsentrasjonen av kobber (og en svakere tendens til økning av bly) ved pkt 1/NIVA2 øverst i Brånebekken, noe som også gjenspeiler seg for både kobber og bly lenger nedstrøms i Brånebekken ved pkt 10/NIVA1. Det måles derimot som tidligere betydelig lavere konsentrasjoner av både kobber (tilstandsklasse II-III) og bly (tilstandsklasse III) lenger nedstrøms i Brånebekken enn øverst i bekken. Forsvarsbygg har per i dag et prosjekt der det skal gjennomføres tiltak for å redusere metallavrenningen fra feltet.



# Referanser

---

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. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veileder 97:04. TA-nr. 1468/1997. 31 s.

Breyholtz, B., Lambertsen, E., Størseth, L., Været, L., Mørch, T. & Pedersen, R. 2010. Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Program Tungmetallovervåkning 1991-2009. Sweco/Forsvarsbygg-rapport. 93 s.

Helse- og omsorgsdepartementet 2004. Forskrift om vannforsyning og drikkevann. FOR 2001-12-04 nr. 1357 (Drikkevannsforskriften).

Mørch, T., Pedersen, R., Sørli, S., Breyholtz, B., Lambertsen, E. & Været, L. 2009. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt, Overvåking av vannforurensing, Program Tungmetallovervåkning 1991-2008. Sweco/forsvarsbygg-rapport 152030. 116 s.

Rognerud, S. 2006. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser - Resultater fra 15 års overvåking. NINA-rapport LNR 5162-2006. 44 s.

# Steinsjøfeltet

---

1. Innledning.....	34
Områdebeskrivelse .....	34
Aktivitet i feltet .....	34
2. Material og metode.....	37
Vannprøvetaking.....	37
Analyser .....	37
3. Resultater og diskusjon .....	38
Klima .....	38
Støtteparametere .....	38
Sink og antimon.....	38
Kobber og bly .....	39
Referansepunkt.....	39
Prøvepunkt som drenerer internt i feltet .....	39
Prøvepunkt som drenerer ut av skytefeltet .....	39
4. Konklusjon og anbefalinger.....	45
Referanser .....	46
Vedlegg .....	47

# 1. Innledning

---

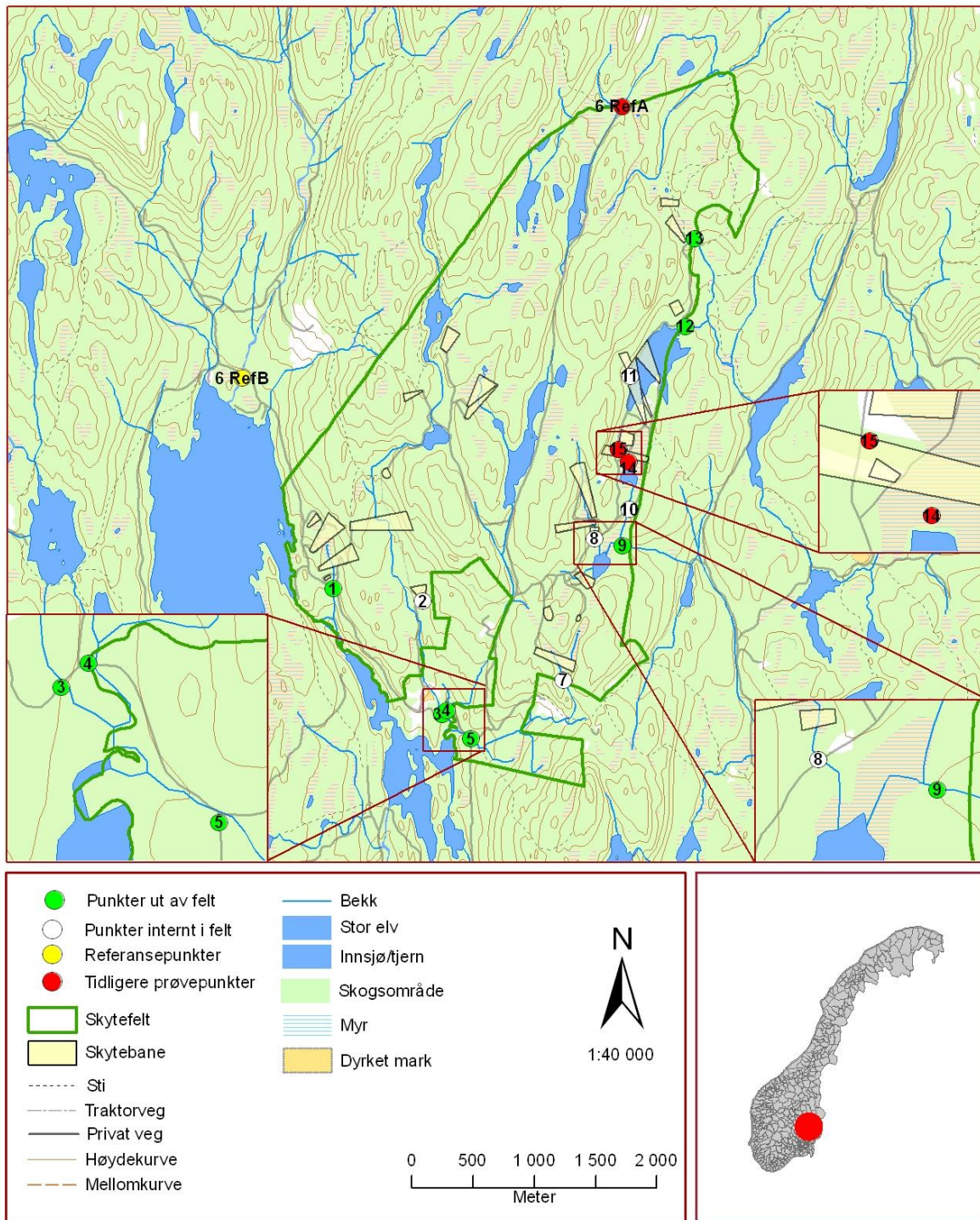
## Områdebeskrivelse

Steinsjøfeltet ligger i Østre Toten kommune i Oppland. Feltet er på 11,2 km<sup>2</sup> og er et nærøvingsfelt bestående av 26 baner (fig 1; tab 1). Det benyttes alt fra direkte-skytende våpen, samt opp til 84 mm panservern og andre krumbanevåpen. Berggrunnen består av granitt/granodioritt, syenitt/kvartssyenitt og monzonitt/kvartsmonzonitt. Det er også en del fjell i dagen. Det har tidligere vært utvunnet jernmalm i området rundt feltet. Løsmassedekket består hovedsakelig tynt morenedekke. Dominerende vegetasjon er blåbærbarskog og myr. Det er i tillegg en del innsjøer i feltet. Etter Mørch mfl 2009.

## Aktivitet i feltet

Feltet brukes i dag hovedsakelig av Garden, Befalskolene på Sessvollmoen, samt Telemarksbataljonen. Det blir ofte skutt på fjell i dagen eller harde målområder flere steder i feltet, også der avstand til bekk er kort. Flere av skytebanene ligger på myr. Graving og drenering av myr har ført til stor variasjon i tungmetallkonsentrasjon ved flere prøvepunkt opp gjennom årene. Etter Mørch mfl 2009.

# Steinsjøen



Figur 1. Kart over prøvepunkter ved Steinsjøfeltet i 2012.

Tabell 1. Data for prøvepunkter ved Steinsjøfeltet. Data fra Mørch mfl (2009). \* Avrenningen er beregnet ut fra normalavrenning (1961-1990) og feltareal fra N50 kart (Mørch mfl 2009).

Prøvepunkt (id)	Beskrivelse	Avrenning* Årsmiddel (l/s)	Dreneringsområde	Kommentarer
1	Liten bekk	4	Ut av feltet. Nedstrøms bane 23, 25 og 26 hvor det benyttes småkalibret håndvåpen.	Observert mye jernutfelling
2	Liten bekk	6	Nedstrøms bane 21 hvor det benyttes småkalibret håndvåpen og muligens noe krumbanevåpen	Observert mye jernutfelling
3	Middels stor bekk	72	Ut av feltet. Nedstrøms punkt 2 og bane 21 hvor det benyttes småkalibret håndvåpen	
4	Liten bekk	50	Ut av feltet.	Nedstrøms drikkevannskilde til hyttefelt
5	Liten bekk	23	Ut av feltet. Nedstrøms punkt 7. Mottar avrenning fra myrlendt terreng.	Observert mye jernutfelling.
6RefB	Liten bekk	5	Vest for skytefeltgrensen	Dette er et nytt referansepunkt, anlagt september 2007
7	Liten, litt dyp bekk i myrområde	8	Mottar avrenning fra myrlendt område som ble brukt til tyngre prosjektiler (12.7 mm) på 70 - 80 tallet. Drenerer ut av felt til bekk som deretter drenerer inn og ned mot pkt 5.	På skytefeltgrense i ett av hovedvassdragene som drenerer feltet, tidligere pkt S4V
8/NIVA1	Liten bekk	20	Nedstrøms bane 6, 5 og 5a, hvor det benyttes håndvåpen, øvingsystemer for panservern og øvingsgranat gevær	Forsøk av FFI ved punktet
9/NIVAA	Liten bekk	5	Ut av feltet. Mottar avrenning fra punkt 8 og 10 som drenerer bane 6, 5, 5a, 7 og 7a hvor det benyttes håndvåpen, øvingsystemer for panservern og øvingsgranat gevær. Mottar også avrenning fra gammel bane 4 hvor det er brukt selvanvisere.	
10	Liten bekk	0,3	Mottar avrenning fra bane 7 og 7a hvor det benyttes håndvåpen og panserverngranat (M72)	
11/NIVA3	Ofte uttørket bekk	20	Mottar avrenning fra målområdene til bane 8 og 9hd hvor det benyttes 84 mm panservern av alle typer (øving, røyk, panser og spreng)	Antagelig kun vann i bekken ved regnvær. Vannprøve tatt i kulp ved utløp
12	Liten bekk. Utløp av Storstvatnet	2	Ut av feltet. Ved munningen til Storstvatnet som mottar avrenning fra bane 8, 9hd og 9od hvor det benyttes 84 mm panservern av alle typer (øving, røyk, panser og spreng)	
13	Liten skogsbekk	1	Ut av feltet. Mottar avrenning fra myrlendt område hvor det ikke har vært skutt siden ~1985, det kan finnes rester av gammel kjent/ukjent aktivitet av type panservern (57 mm) og håndvåpen	

## 2. Material og metode

---

### Vannprøvetaking

Tungmetallavrenningen fra Steinsjøen har blitt overvåket siden 1991, opprinnelig i fire prøvepunkt (Rognerud mfl 2006). Tre av disse er videreført til 2012 (8/NIVA1, 9/NIVAA og 11/NIVA3). I 2007 ble referansepunktet 6RefB anlagt. I 2012 har de samme 13 prøvepunkt som i 2011 blitt prøvetatt. Vannprøver ble tatt ut 13. juni og 9. november 2012.

### Analyser

Det har blitt analysert for bly, kobber, sink og antimon i ufiltrerte prøver, samt for støtteparameterne naturlig organisk materiale (analysert som totalt organisk karbon, TOC), pH, ledningsevne, kalsium, jern og suspendert stoff (via turbiditet). Analysene ble utført ved akkreditert laboratorium (ALS Scandinavia). Data fra ALS Scandinavia er lastet inn i en Access database.

## 3. Resultater og diskusjon

---

### Klima

I måneden før prøvetakingen i juni hadde det vært skiftende vær og litt regn siste uka. Ved prøvetakingen var det overskyet og 12 °C, vannføringen var normal ved alle prøvepunkt, med unntak ved pkt 11 hvor det var høy vannføring. Måneden før prøvetakingen i november var preget av snø/regn, den siste uka var det overskyet og litt nedbør. Ved prøvetakingen var det overskyet og - 1 °C. Vannføringen varierte ved prøvepunktene, den var lav ved pkt 1, 3, 5, 10, 11 og 12, normal ved pkt 4, 6Refb, 8/NIVA1 og 9/NIVAA, mens bekken var tørr/bunnfrosset ved pkt 2, 7 og 13.

### Støtteparametere

Ledningsevnen er lav i feltet lav (1,2-3,7 mS/m). Konsentrasjonen av kalsium er moderat lav og mellom 1-4 mg Ca/l. Konsentrasjonen av organisk materiale i bekkene varierer en del mellom prøvepunktene og ligger i 2012 mellom 2-17 mg TOC/l, høyest ved pkt 10 og pkt 13. Konsentrasjonen av jern er lavt (< 1,0 mg Fe/l). Berggrunnen i deler av Steinsjøfeltet inneholder en del sulfidminerale som ved forvitring kan gi lav pH (Mørch mfl 2009), og pH ble også målt til 5 eller lavere ved pkt 10 og 13, noe som kan øke korrosjonen av prosjektiler (jf Rognerud mfl 2006). pH er derimot som regel vesentlig høyere i feltet og ligger nær 6,5 ved referansepunktet, og påvirkes kanskje mer generelt av forholdet mellom kalkinnholdet og konsentrasjonen av organiske syrer i feltet (jf vedl 1). Det er relativt lite suspendert stoff i vannprøvene tatt i 2012 (0,3-1,8 FNU).

### Sink og antimon

Konsentrasjonen av sink er generelt lav i feltet, men noe høyere internt i feltet ved 8/NIVA1, 10 og 11/NIVA3 (19-37 µg Zn/l; tilstandsklasse II-III (Andersen mfl 1997)). Konsentrasjonen av antimon er generelt lav og høyest ved 8/NIVA1 (hhv 6,0-7,4 µg Sb/l). 5 µg Sb/l er satt som grense for drikkevann i Drikkevannforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2004). Dette er på nivå med tidligere målinger, både for sink og antimon (jf fig 4-5).

## Kobber og bly

### *Referansepunkt*

Konsentrasjonen av kobber og bly er som tidligere lav og under deteksjonsgrensen for analysene (1,0 µg Cu/l og 0,5 µg Pb/l; jf fig 2-3).

### *Prøvepunkt som drenerer internt i feltet*

Ved prøvepunkter internt i feltet (pkt 2, 8/NIVA1, 10 og 11/NIVA3), er det høye konsentrasjoner av kobber der samtlige ligger i tilstandsklasse V (> 5 µg Cu/l; jf Andersen mfl 1997). Konsentrasjonen er som tidligere særlig høy ved pkt 8 (32-45 µg Cu/l) og ved pkt 11/NIVA3 (43-96 µg Cu/l). Ved pkt 7 er det i 2012 lavere kobberkonsentrasjoner (2,2 µg Cu/l; fig 2). Konsentrasjonen av bly er tilsvarende høy ved pkt 2, 8/NIVA1 og 11/NIVA3 og i tilstandsklasse V (5-20 µg Pb/l), men vesentlig lavere ved pkt 7 (nær deteksjonsgrensen på 0,5 µg Pb/l) og også lavere ved pkt 10 (2-4 µg Pb/l; tilstandsklasse II-IV). Med unntak for en tilsynelatende økning i konsentrasjonen av kobber ved pkt 10, er ingen klare trender i konsentrasjonen av kobber eller bly ved prøvepunktene (jf fig 2-3).

### *Prøvepunkt som drenerer ut av skytefeltet*

I bekker som drenerer ut av Steinsjøfeltet (pkt 1, 3, 4, 5, 9/NIVAA, 12 og 13) var det som tidligere høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 1, 9/NIVAA, 12 og 13 (> 5 µg Cu/l; tilstandsklasse V). Konsentrasjonen av kobber er lavere ved pkt 12 enn ved tidligere år (jf fig 2), og det er en tilsynelatende nedgang i utlekkingen av bly ved pkt 12 (jf fig 3). Ved pkt 9/NIVAA var også konsentrasjonen av bly som tidligere høy (2,5-4,3 µg Pb/l; tilstandsklasse IV).

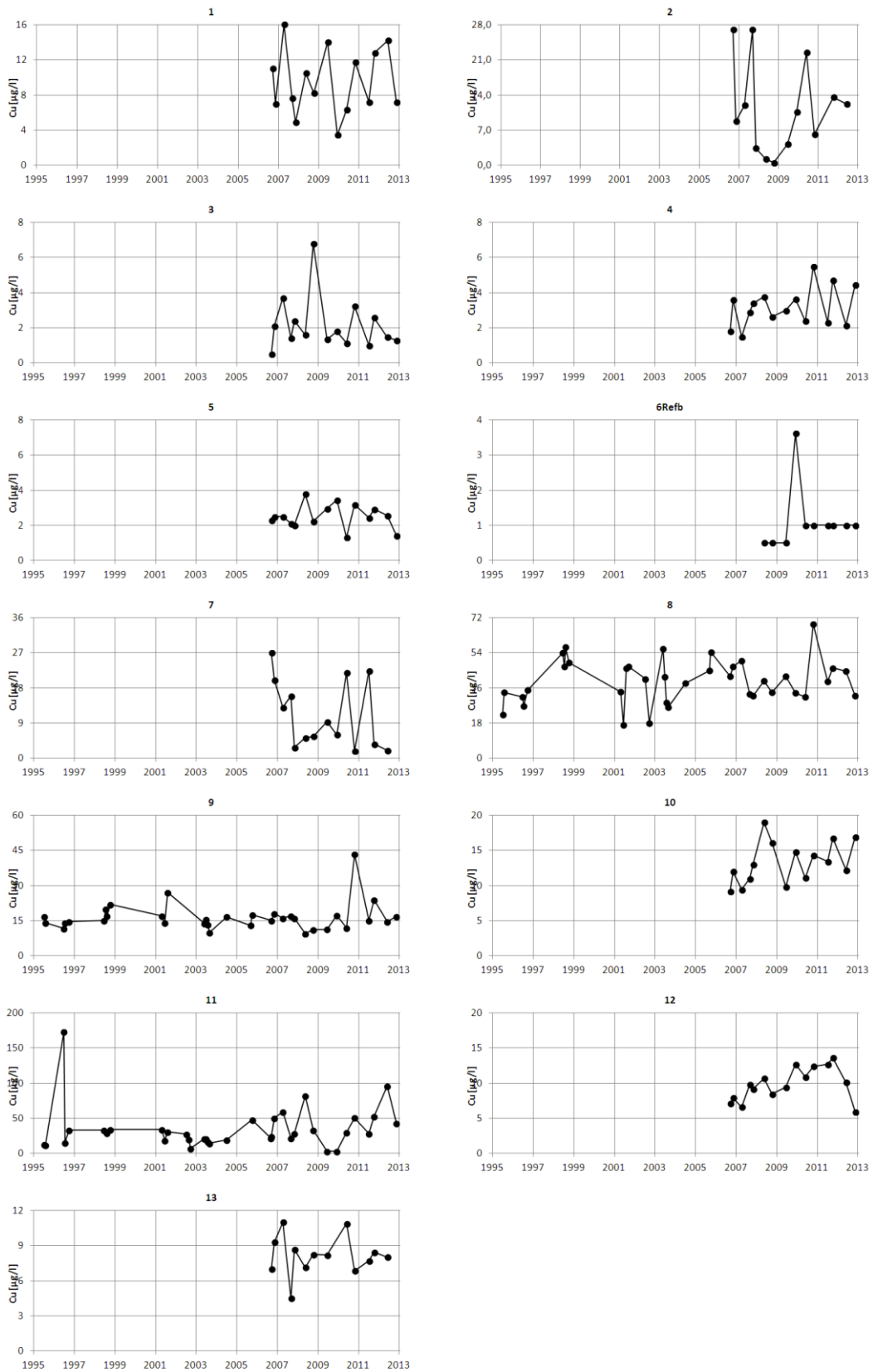
Bekken ved pkt 1 er relativt liten (4 l/s i årsmiddel), og det er usikkert hvordan dette vil påvirke strekningen nedstrøms mot Steinsjøen mht fortytning. Ved pkt 12 og 13 er vannføringen liten (hhv 2 og 1 l/s i årsmiddel), men problemstillingen er noe av den samme som ved pkt 1, med høye kobberkonsentrasjoner, samt potensiell liten grad av fortytning over en bekkeavstand på 1-2 km utenfor skytefeltgrensen (fig 1). Det har vært en klar tendens til økt kobberkonsentrasjon ved pkt 12 i perioden 2006-2011, men er i 2012 vesentlig lavere igjen (jf fig 2). Ved pkt 3, 4 og



5 er årsmiddel hhv 72, 50 og 23 l/s (jf tab 1). Avrenningen via pkt 3, 4 og 5 blir tro-  
lig betydelig fortynnet i vannet oppstrøms Steinsjøen (jf fig 1).

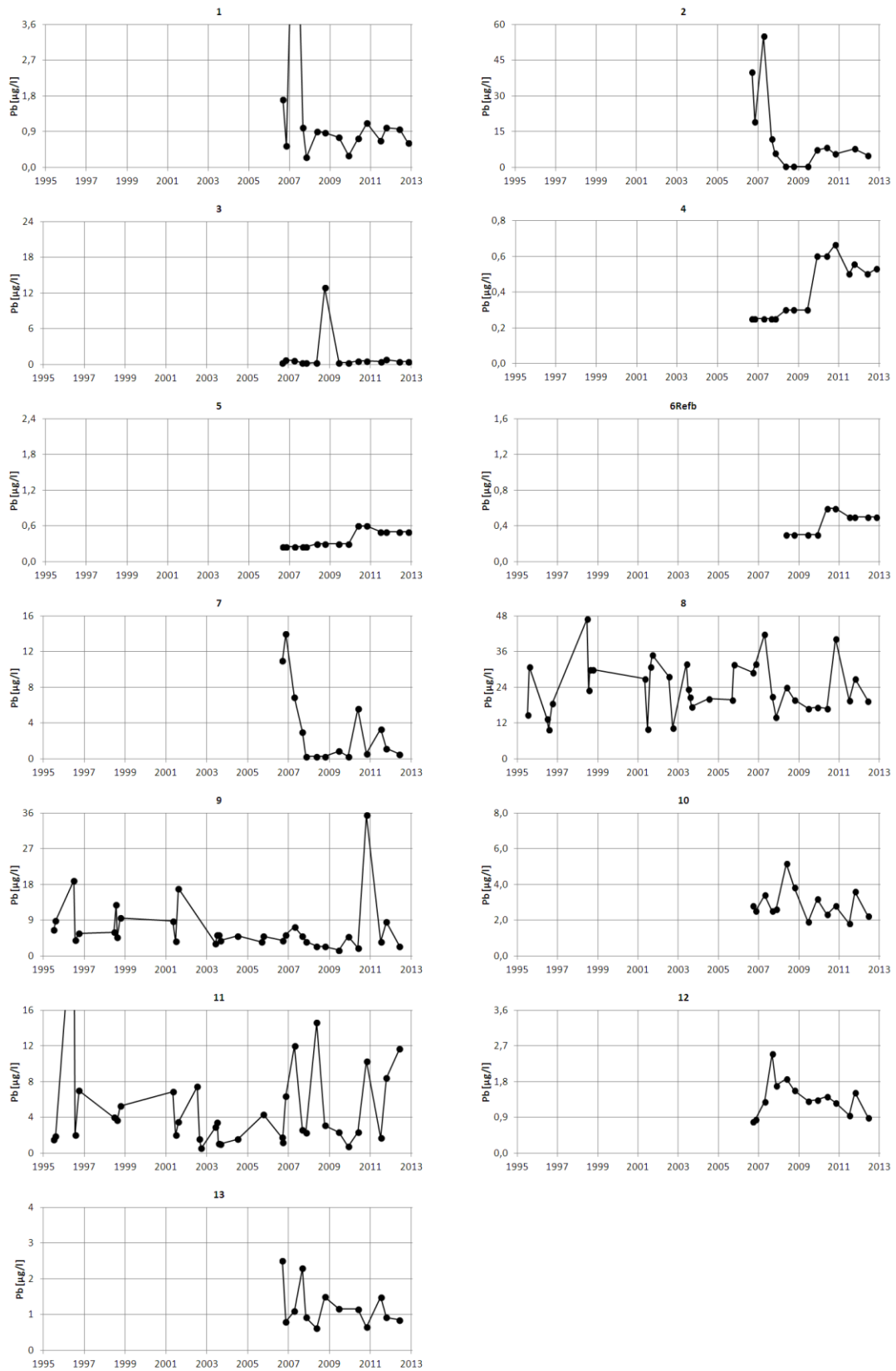
Pkt 9/NIVAA ligger i en liten bekk med 5 l/s som årsmiddel (jf tab 1), og mottar  
vann fra utløpet til Brenntjernet (som mottar avrenning hovedsakelig fra pkt  
8/NIVA1, men også noe fra pkt 10), samt fra (gammel) bane 4. Ved pkt 9/NIVAA er  
konsentrasjoner av kobber og bly lavere enn hva som måles i innløpsbekken  
(8/NIVA1) til Brenntjernet (fig 1-3), som indikerer at tjernet til en viss grad er en  
sedimentasjonsfelle for metaller fra Larsmyrdalen (fig 1). Pkt 9/NIVAA drenerer til  
et lite bekkesystem utenfor skytefeltgrensen med en potensielt liten grad av for-  
tynning.

## Kobber



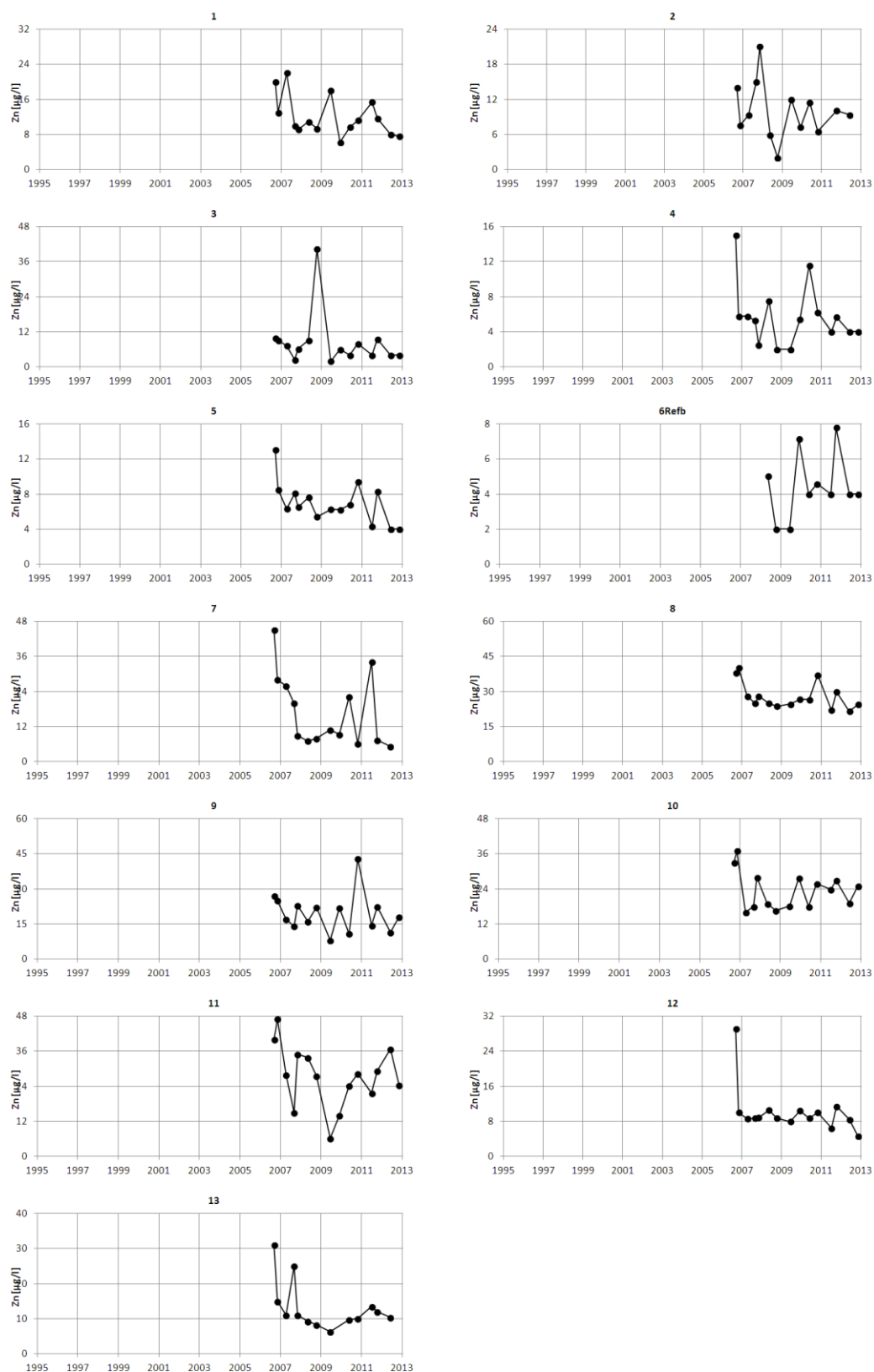
**Figur 2.** Analyseresultater for kobber i perioden 1995-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Bly



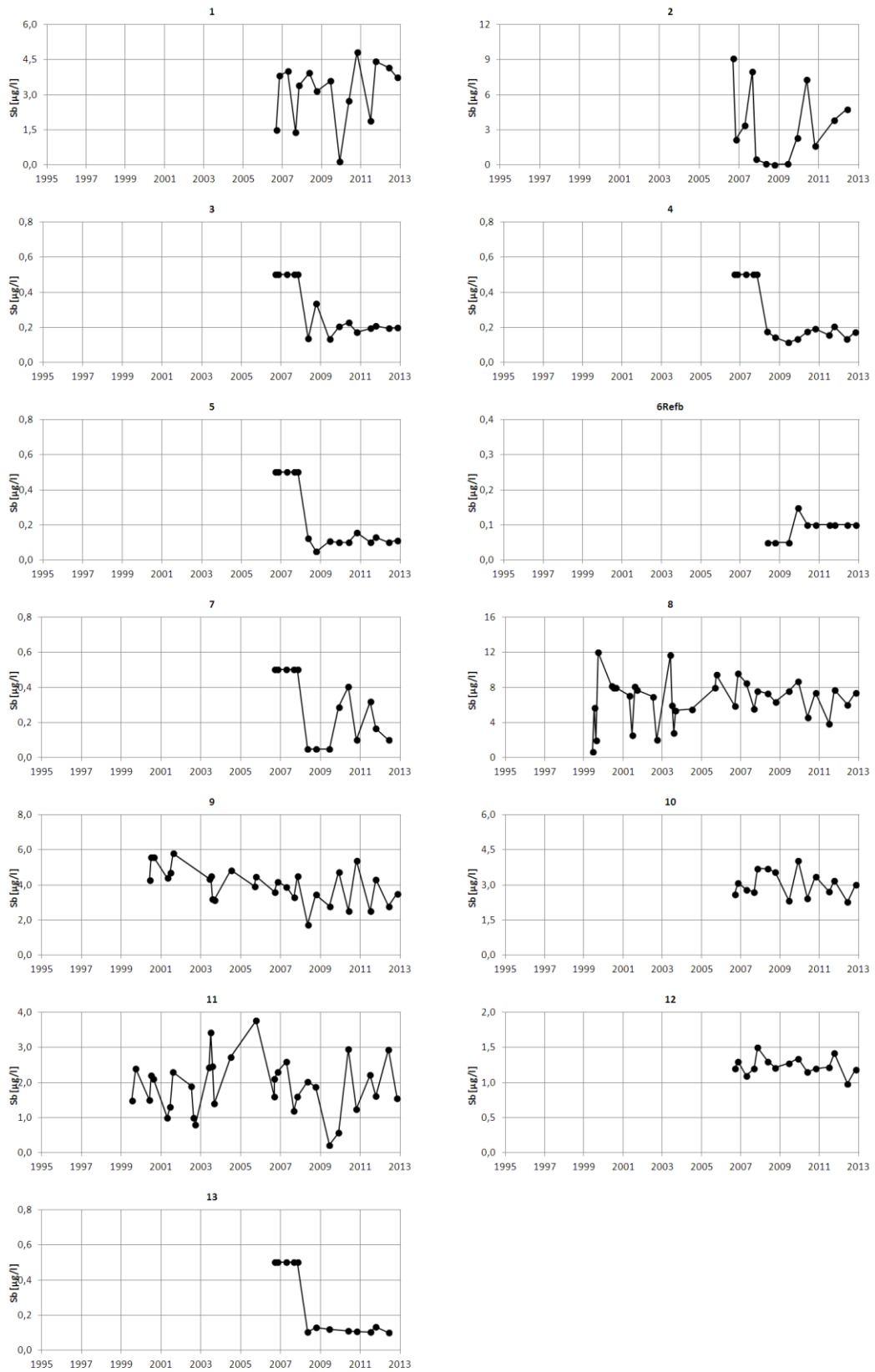
**Figur 3.** Analyseresultater for bly i perioden 1995-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fra 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Sink



**Figur 4.** Analyseresultater for sink i perioden 2006-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som dg/2. Fom 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som dg. Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## Antimon



**Figur 5.** Analyseresultater for antimon i perioden 1999-2012. Før 2010 ble analyseresultater under deteksjonsgrensen (dg) rapportert som  $dg/2$ . Fra 2010 ble tilsvarende resultater rapportert som  $dg$ . Skalaen på y-aksen er ikke lik for alle prøvepunktene.

## 4. Konklusjon og anbefalinger

---

Internt i feltet måles det som tidligere høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 2, 8/NIVA1, 10 og 11/NIVA3 (tilstandsklasse V). Det er også høye konsentrasjoner av bly ved pkt 2, 8/NIVA1 og 11/NIVA3 (tilstandsklasse V). Det er en tilsynelatende økning i konsentrasjonen av kobber ved pkt 10, men her er gjennomsnittlig årlig avrenning beskjedent (0,3 l/s). I bekker som drenerer ut av Steinsjøfeltet måles det som tidligere høye konsentrasjoner av kobber ved pkt 1, 9/NIVAA, 12 og 13 (tilstandsklasse V), samt av bly ved pkt 9/NIVAA (2,5-4,3 µg Pb/l; tilstandsklasse IV). Konsentrasjonen av kobber er lavere ut av feltet ved pkt 12 enn tidligere. Det måles lite suspendert stoff i vannprøvene i 2012.

Forsvarsbygg og FFI har tidligere testet ulike tiltak nedstrøms pkt 8/NIVA1. Det kan vurderes å anlegge et nytt prøvepunkt nedstrøms Brenntjernet, men oppstrøms pkt 9/NIVAA for å kvantifisere effekten av tiltaket. Tilsvarende er det usikkerhet knyttet til effekten av avrenningen fra feltet via pkt 1, 12 og 13. Det kan derfor vurderes å anlegge et nytt punkt nær innløpet til Steinsjøen mht avrenning fra pkt 1 (inkl pkt 3, 4 og 5), samt et punkt nedstrøms pkt 12 og 13 ved innløp til innsjø (jf fig 1).

# Referanser

---

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. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT-veileder 97:04. TA-nr. 1468/1997. 31 s.

Helse- og omsorgsdepartementet 2004. Forskrift om vannforsyning og drikkevann. FOR 2001-12-04 nr. 1357 (Drikkevannsforskriften).

Mørch, T., Pedersen, R., Sørli, S., Breyholtz, B., Lambertsen, E. & Været, L. 2009. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt, Overvåking av vannforurensing, Program Tungmetallovervåking 1991-2008. Sweco/forsvarsbygg-rapport 152030. 116 s.

Rognerud, S. 2006. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser - Resultater fra 15 års overvåking. NINA-rapport LNR 5162-2006. 44 s.

# Vedlegg

Felt	Prøvepunkt	Prøvedato	Kalsium Ca mg/l	Kobber Cu µg/l	Jern Fe mg/l	Ledn. mS/m	Bly Pb µg/l	pH	Antimon Sb µg/l	TOC mg/l	Turb. fnu	Sink Zn µg/l
Heistadmoen	4	31.05.2010	11,30	6,93	0,19	6,51	0,89	7,6	1,77	7,3		11
Heistadmoen	4	15.06.2011	12,10	8,27	0,79	6,74	1,79	7,2	1,42	9,2		13,7
Heistadmoen	4	06.06.2012	13,40	4,86	0,24	8,47	1,03	7,4	1,74	6,8	0,83	12,1
Heistadmoen	4	06.11.2012	7,97	5,69	0,23	4,39	1,44	6,9	2,85	8,4	0,75	10,8
Heistadmoen	8	31.05.2010	6,40	3,27	0,21	4,43	<0,6	7,5	1,55	4,4		7,34
Heistadmoen	8	06.06.2012	6,46	2,62	0,24	4,72	<0,5	7,3	1,43	4,2	0,98	5,7
Heistadmoen	8	06.11.2012	5,50	4,09	0,32	3,81	0,77	6,9	2,28	6,5	1,41	11,3
Heistadmoen	11	31.05.2010	5,99	3,90	0,07	3,86	<0,6	7,4	1,23	5,4		7,08
Heistadmoen	11	15.06.2011	6,22	3,58	0,17	3,84	<0,5	7,2	0,943	7,3		6,86
Heistadmoen	11	06.06.2012	6,63	2,86	0,10	4,67	<0,5	7,3	0,783	4,5	0,55	5,22
Heistadmoen	11	06.11.2012	4,70	5,71	0,16	3,08	<0,5	6,9	2,4	7,2	0,46	9,13
Heistadmoen	12	31.05.2010	19,00	4,94	3,51	12,30	4,78	7,7	12,2	2,8		76,4
Heistadmoen	12	15.06.2011	13,60	11,40	3,74	8,84	4,12	6,9	11,5	3,7		43
Heistadmoen	12	06.06.2012	21,10	3,97	3,13	14,40	1,02	7,3	6,02	2,5	5,29	12,8
Heistadmoen	12	06.11.2012	14,20	12,40	1,79	9,94	3,86	6,9	36,4	3,2	3,17	38,4
Heistadmoen	13	31.05.2010	6,31	3,14	0,24	4,06	<0,6	7,6	1,98	4,4		7,6
Heistadmoen	13	15.06.2011	6,87	2,13	0,24	4,41	<0,5	7,3	1,27	4,6		4,67
Heistadmoen	13	06.06.2012	6,15	2,61	0,20	4,35	<0,5	7,3	1,8	4,5	0,52	4,5
Heistadmoen	13	06.11.2012	6,17	4,39	0,39	3,90	0,94	7,0	2,67	6,7	0,96	10,1
Heistadmoen	2 / NIVA1	31.05.2010	32,70	19,50	3,08	20,30	6,24	7,6	2,97	7,3		112
Heistadmoen	2 / NIVA1	15.06.2011	9,80	23,30	2,56	9,02	30,80	7,0	11,6	3,2		34,9
Heistadmoen	2 / NIVA1	06.06.2012	27,20	4,31	6,65	18,80	0,64	7,1	1,39	6,4	13,6	30,7
Heistadmoen	2 / NIVA1	06.11.2012	14,00	15,30	2,95	9,29	0,97	6,6	5,11	4,6	2,29	63,7
Heistadmoen	3 Ref	31.05.2010	1,38	2,90	0,44	1,22	0,68	6,4	<0,1	8,9		7,7
Heistadmoen	3 Ref	15.06.2011	1,53	1,74	0,56	1,43	0,70	5,9	0,102	10,7		6,22
Heistadmoen	3 Ref	06.06.2012	2,10	1,70	0,64	1,78	0,75	6,5	<0,1	6,6	0,99	4,7
Heistadmoen	3 Ref	06.11.2012	1,19	1,22	0,52	1,42	0,96	5,2	0,123	9,7	0,61	9,98
Heistadmoen	6_NIVA4	31.05.2010	10,40	3,49	0,28	6,38	<0,6	7,7	2,21	4,3		6,04
Heistadmoen	6_NIVA4	15.06.2011	8,92	6,63	0,64	5,48	1,27	7,4	2,17	6,0		9,17
Heistadmoen	6_NIVA4	06.06.2012	11,00	3,57	0,26	7,10	<0,5	7,5	1,74	3,8	0,8	4,37
Heistadmoen	6_NIVA4	06.11.2012	6,85	4,70	0,28	4,66	0,79	7,3	3,91	5,5	0,78	10,4
Hengsvann	1 / NIVA2	31.05.2010	2,47	25,40	0,53	2,48	11,20	6,9	5,93	8,3		22,9
Hengsvann	1 / NIVA2	02.11.2010	2,21	21,70	0,29	2,33	12,00	6,4	8,46	7,0		25,1
Hengsvann	1 / NIVA2	03.07.2011	2,37	35,80	0,60	2,10	20,10	6,6	10,1	8,9		24,8
Hengsvann	1 / NIVA2	17.10.2011	2,57	25,80			9,45	6,7	7,18	6,7		30,5
Hengsvann	1 / NIVA2	11.05.2012	1,83	27,40	0,18	2,32	9,83	6,9	5,98	6,3	0,37	19,3
Hengsvann	1 / NIVA2	07.11.2012	2,25	27,60	0,25	2,22	9,81	6,3	7,68	6,2	0,35	29,4
Hengsvann	10 / NIVA1	31.05.2010	1,70	3,73	0,19	1,44	0,96	6,2	0,253	3,7		10,7
Hengsvann	10 / NIVA1	02.11.2010	1,76	1,80	0,30	1,52	1,29	6,0	0,266	8,5		9,37
Hengsvann	10 / NIVA1	03.07.2011	1,58	2,38	0,23	1,28	1,51	6,0	0,387	8,2		8,15
Hengsvann	10 / NIVA1	17.10.2011	2,29	2,24			1,23	6,5	0,368	7,9		9,21
Hengsvann	10 / NIVA1	11.05.2012	1,31	1,26	0,29	1,50	2,09	6,3	0,271	7,7	0,64	4,93
Hengsvann	10 / NIVA1	07.11.2012	1,68	1,62	0,35	1,48	1,51	6,1	0,366	7,6	0,51	8,03
Hengsvann	2 Ref	31.05.2010	1,61	<1	0,17	1,25	<0,6	6,5	<0,1	6,6		4,73
Hengsvann	2 Ref	02.11.2010	2,56	<1	0,51	1,76	<0,6	6,5	<0,1	9,7		5,36
Hengsvann	2 Ref	03.07.2011	1,59	<1	0,22	1,23	0,54	6,1	<0,1	9,2		5,47
Hengsvann	2 Ref	17.10.2011	2,66	<1			0,64	6,6	<0,1	9,2		7,29
Hengsvann	2 Ref	11.05.2012	1,78	<1	0,38	1,66	<0,5	6,7	<0,1	6,5	0,94	<4
Hengsvann	2 Ref	07.11.2012	2,10	<1	0,44	1,50	<0,5	6,1	0,121	9,0	0,55	4,49
Hengsvann	5 / NIVA3	31.05.2010	0,40	8,11	0,35	1,16	2,53	5,4	0,315	8,0		7,96
Hengsvann	5 / NIVA3	02.11.2010	0,41	9,05	0,46	1,46	3,75	4,9	0,411	9,1		9,97
Hengsvann	5 / NIVA3	03.07.2011	0,45	14,10	0,51	1,30	5,33	4,9	0,757	12,4		10,5
Hengsvann	5 / NIVA3	17.10.2011	0,55	9,26			3,72	5,4	0,471	7,9		10,8
Hengsvann	5 / NIVA3	11.05.2012	<0,6	12,20	0,34	1,26	5,58	5,3	0,507	9,4	0,71	6,91
Hengsvann	5 / NIVA3	07.11.2012	0,43	8,30	0,42	1,42	3,45	4,8	0,402	8,2	0,35	11,7



Felt	Prøvepunkt	Prøvedato	Kalsium	Kobber	Jern	Ledn.	Bly	pH	Antimon	TOC	Turb.	Sink
			Ca mg/l	Cu µg/l	Fe mg/l	mS/m	Pb µg/l		Sb µg/l	mg/l	fnu	Zn µg/l
Steinsjøen	1	04.06.2010	1,67	6,33	0,37	1,88	0,73	7,0	2,74	2,8		9,62
Steinsjøen	1	03.11.2010	1,21	11,70	0,15	1,54	1,11	6,5	4,8	4,7		11,20
Steinsjøen	1	14.07.2011	2,05	7,20	0,47	2,01	0,67	6,7	1,88	4,0		15,40
Steinsjøen	1	19.10.2011	1,27	12,80	0,19	1,40	1,00	6,6	4,41	4,9		11,70
Steinsjøen	1	13.06.2012	1,30	14,20	0,21	1,50	0,96	6,6	4,16	4,3	0,38	8,05
Steinsjøen	1	19.11.2012	1,22	7,19	0,14	1,23	0,61	6,3	3,73	2,9	0,26	7,58
Steinsjøen	2	04.06.2010	4,47	22,50	0,12	3,87	8,26	7,3	7,33	1,9		11,50
Steinsjøen	2	03.11.2010	3,63	6,15	0,09	3,36	5,69	6,9	1,66	2,7		6,49
Steinsjøen	2	19.10.2011	4,02	13,60	0,16	3,40	7,73	7,1	3,84	3,2		10,10
Steinsjøen	2	13.06.2012	4,02	12,20	0,17	3,66	5,07	7,3	4,77	2,5	0,8	9,35
Steinsjøen	3	04.06.2010	1,85	1,12	0,09	1,94	<0,6	6,9	0,227	4,2		<4
Steinsjøen	3	03.11.2010	1,86	3,22	0,37	1,71	<0,6	6,3	0,171	7,7		7,90
Steinsjøen	3	14.07.2011	2,32	<1	0,12	2,00	<0,5	7,0	0,194	4,7		<4
Steinsjøen	3	19.10.2011	1,80	2,58	0,62	1,61	0,85	6,4	0,207	8,1		9,46
Steinsjøen	3	13.06.2012	1,65	1,47	0,20	1,71	<0,5	6,7	0,195	5,8	1,77	<4
Steinsjøen	3	19.11.2012	1,67	1,29	0,25	1,41	<0,5	6,3	0,197	6,7	0,55	<4
Steinsjøen	4	04.06.2010	1,90	2,39	0,09	1,90	<0,6	6,8	0,177	4,2		11,60
Steinsjøen	4	03.11.2010	1,84	5,48	0,31	1,79	0,66	6,4	0,191	6,9		6,26
Steinsjøen	4	14.07.2011	2,43	2,30	0,06	2,10	<0,5	6,9	0,155	4,0		<4
Steinsjøen	4	19.10.2011	2,06	4,71	0,29	2,13	0,56	6,7	0,204	7,0		5,68
Steinsjøen	4	13.06.2012	2,10	2,15	0,14	2,12	<0,5	6,8	0,133	4,3	0,55	<4
Steinsjøen	4	19.11.2012	1,90	4,46	0,26	1,75	0,53	6,2	0,174	6,4	0,69	<4
Steinsjøen	5	04.06.2010	3,66	1,33	0,30	3,64	<0,6	7,1	<0,1	2,4		6,76
Steinsjøen	5	03.11.2010	1,68	3,18	0,23	1,76	<0,6	6,3	0,157	7,3		9,38
Steinsjøen	5	14.07.2011	2,68	2,45	0,36	2,50	<0,5	6,8	0,102	5,9		4,30
Steinsjøen	5	19.10.2011	1,86	2,92	0,27	1,89	<0,5	6,6	0,129	6,6		8,29
Steinsjøen	5	13.06.2012	2,13	2,57	0,27	2,22	<0,5	6,9	<0,1	4,8	0,39	<4
Steinsjøen	5	19.11.2012	1,85	1,44	0,20	1,76	<0,5	6,4	0,112	4,3	0,4	<4
Steinsjøen	7	04.06.2010	2,62	21,90	0,63	1,92	5,62	6,7	0,403	11,0		22,30
Steinsjøen	7	03.11.2010	2,60	1,92	0,41	1,88	<0,6	6,5	<0,1	9,0		6,24
Steinsjøen	7	14.07.2011	2,85	22,40	0,78	2,19	3,37	6,1	0,319	15,1		34,10
Steinsjøen	7	19.10.2011	2,21	3,66	0,69	1,78	1,18	6,5	0,165	9,1		7,33
Steinsjøen	7	13.06.2012	3,06	2,02	0,40	2,32	0,54	6,9	<0,1	8,4	0,89	5,20
Steinsjøen	10	04.06.2010	1,66	11,10	0,50	1,24	2,31	6,1	2,43	9,2		17,90
Steinsjøen	10	03.11.2010	1,26	14,30	0,59	1,75	2,79	5,2	3,37	14,1		25,80
Steinsjøen	10	14.07.2011	1,27	13,40	0,53	1,40	1,81	5,7	2,72	11,5		23,80
Steinsjøen	10	19.10.2011	1,28	16,80	0,80	1,50	3,59	5,5	3,19	13,4		26,90
Steinsjøen	10	13.06.2012	0,94	12,20	0,46	1,31	2,23	5,7	2,28	9,0	1	19,10
Steinsjøen	10	19.11.2012	0,99	16,90	0,45	1,47	3,86	5,0	3,01	11,7	1,27	25,00
Steinsjøen	12	04.06.2010	2,16	10,90	0,11	1,80	1,43	6,8	1,15	5,5		8,72
Steinsjøen	12	03.11.2010	2,55	12,40	0,13	1,99	1,27	6,7	1,2	7,2		10,00
Steinsjøen	12	14.07.2011	2,17	12,70	0,08	1,78	0,95	6,8	1,22	4,9		6,44
Steinsjøen	12	19.10.2011	2,53	13,60	0,12	1,85	1,53	6,7	1,42	8,3		11,40
Steinsjøen	12	13.06.2012	1,98	10,10	0,07	1,79	0,90	6,7	0,984	5,7	0,55	8,40
Steinsjøen	12	19.11.2012	1,60	5,94	0,24	1,42	0,74	5,8	1,19	8,5	0,51	4,61
Steinsjøen	13	04.06.2010	1,18	10,90	0,72	1,52	1,15	5,5	0,111	14,8		9,78
Steinsjøen	13	03.11.2010	1,15	6,86	0,65	2,04	0,65	4,7	0,107	14,5		10,00
Steinsjøen	13	14.07.2011	2,00	7,70	1,25	1,87	1,49	5,2	0,105	14,6		13,50
Steinsjøen	13	19.10.2011	1,26	8,44	0,84	1,88	0,92	4,9	0,132	16,1		12,00
Steinsjøen	13	13.06.2012	1,16	8,02	0,92	1,82	0,85	4,8	<0,1	17,2	1,13	10,40
Steinsjøen	11 / NIVA3	04.06.2010	3,65	30,00	0,16	3,67	2,32	6,8	2,95	4,5		24,30
Steinsjøen	11 / NIVA3	03.11.2010	0,80	50,80	0,28	1,59	10,30	5,0	1,25	10,6		28,30
Steinsjøen	11 / NIVA3	14.07.2011	6,80	28,20	0,11	5,18	1,70	7,1	2,22	3,5		21,60
Steinsjøen	11 / NIVA3	19.10.2011	0,92	52,90	0,32	1,34	8,43	5,3	1,61	10,1		29,30
Steinsjøen	11 / NIVA3	13.06.2012	1,33	95,70	0,13	1,53	11,70	6,3	2,94	6,4	0,52	36,70
Steinsjøen	11 / NIVA3	19.11.2012	1,06	43,40	0,12	1,30	5,06	6,0	1,56	5,0	0,37	24,40
Steinsjøen	6 RefB	04.06.2010	1,86	<1	0,16	1,76	<0,6	7,0	<0,1	4,6		<4
Steinsjøen	6 RefB	03.11.2010	1,63	<1	0,26	1,50	<0,6	6,4	<0,1	8,1		4,58
Steinsjøen	6 RefB	14.07.2011	2,40	<1	0,16	2,01	<0,5	7,1	<0,1	5,2		<4
Steinsjøen	6 RefB	19.10.2011	1,68	<1	0,34	1,46	<0,5	6,5	<0,1	9,9		7,79
Steinsjøen	6 RefB	13.06.2012	1,63	<1	0,17	1,58	<0,5	6,7	<0,1	6,1	0,51	<4
Steinsjøen	6 RefB	19.11.2012	1,84	<1	0,24	1,63	<0,5	6,5	<0,1	7,3	0,52	<4
Steinsjøen	8 / NIVA1	04.06.2010	5,25	31,40	1,07	3,76	17,00	7,2	4,62	5,8		26,50
Steinsjøen	8 / NIVA1	03.11.2010	1,81	68,50	0,45	1,75	40,30	6,1	7,43	9,1		37,00
Steinsjøen	8 / NIVA1	14.07.2011	4,87	39,30	1,54	3,53	19,70	6,9	3,87	8,8		22,00
Steinsjøen	8 / NIVA1	19.10.2011	2,13	46,20	0,49	1,86	27,00	6,5	7,75	9,5		29,90
Steinsjøen	8 / NIVA1	13.06.2012	2,86	44,60	0,79	2,74	19,50	6,9	6,04	7,9	1,02	21,50
Steinsjøen	8 / NIVA1	19.11.2012	1,84	32,00	0,33	1,59	19,50	6,2	7,4	5,4	0,41	24,40
Steinsjøen	9 / NIVAA	04.06.2010	2,46	11,90	0,54	2,14	2,00	7,0	2,54	5,9		10,80
Steinsjøen	9 / NIVAA	03.11.2010	2,41	43,30	2,67	1,88	35,50	6,3	5,39	9,5		42,80
Steinsjøen	9 / NIVAA	14.07.2011	2,94	15,10	0,92	2,28	3,67	7,0	2,52	6,8		14,40
Steinsjøen	9 / NIVAA	19.10.2011	2,27	23,90	0,77	1,89	8,62	6,6	4,33	9,9		22,40
Steinsjøen	9 / NIVAA	13.06.2012	2,39	14,70	0,47	2,25	2,46	6,9	2,8	6,0	0,54	11,40
Steinsjøen	9 / NIVAA	19.11.2012	1,90	16,80	0,38	1,65	4,31	6,3	3,5	7,4	0,83	18,00



**Forsvarsbygg Utleie/ Bioforsk**