



# FORURENSNING I GRUNN OG VANN I VATNE/ SVARTEMYR SKYTE- OG ØVINGSFELT

*Grunnlagsdokument til søknad om tillatelse til  
virksomhet etter forurensningsloven*

**FUTURA 737/2015**




Futura miljø  
Postboks 405 Sentrum  
0103 Oslo  
Norge  
Tlf: 815 70 400

## DOKUMENTINFORMASJON

<b>Publ./Rapportnr:</b>	<b>Prosjektnr:</b>	
737/2015	100217	
<b>Tittel:</b>		
Forurensning i grunn og vann i Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt. Grunnlagsdokument til søknad om tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven.		
<b>Forfatter(e):</b>		
Lisa Gustavson, Torgeir Mørch		
<b>Oppdragsgiver/kontaktperson(er):</b>		
Forsvarsbygg utvikling v/ Are Vestli		
<b>Stikkord (norsk):</b>		
Miljøtilstand, vannkvalitet, metaller, grunnforurensning, overvåking.		
<b>Key word (English):</b>		
Environmental status, water quality, metals, soil pollution.		
<b>Sammendrag:</b>		
Dette er en redegjørelse av miljøtilstanden ifm søknad om tillatelse til virksomhet etter Forurensningsloven, for Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt. Rapporten inneholder også forslag til fremtidig overvåkingsprogram mht avrenning av metaller fra skytefeltet.		

**Dato:**  
1.12.2016

**Signatur:**  
  
\_\_\_\_\_  
Lisa Gustavson, rådgiver grunn- og vann

**Kontroll:**

**Godkjent:**





Grete Rasmussen, fagleder grunn- og vann

Grete Rasmussen, fagleder grunn- og vann



# Innhold

<b>1</b>	<b>NATURGRUNNLAG OG BESKRIVELSE AV VATNE/SVARTEMYR SKYTE- OG ØVINGSFELT .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>REGISTRERTE AREALER MED DEPONIER OG FORURENSET GRUNN (IKKE SKYTEBANER).....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>GRUNNFORURENSNING FRA AMMUNISJON.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1</b>	<b>METALLER .....</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>EKSPLOSIVER .....</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>PRIORITERTE MILJØGIFTER .....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>SPREDNING OG EFFEKTER AV AMMUNISJONSRELATERT FORURENSNING TIL VANN 10</b>	
<b>4.1</b>	<b>VANNFOREKOMSTER I OG RUNDT VATNE/SVARTEMYR SØF.....</b>	<b>10</b>
<b>4.2</b>	<b>DRENERINGSVEIER OG VANNFØRING .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3</b>	<b>SPREDNING AV EKSPLOSIVER.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>EFFEKTER AV AMMUNISJONSRELATERT FORURENSNING TIL VANN.....</b>	<b>13</b>
<b>5.1</b>	<b>MÅLTE KONSENTRASJONER AV METALLER I VANN.....</b>	<b>13</b>
5.1.1	OVERVÅKINGSPROGRAMMET.....	13
5.1.2	KONSENTRASJONSENDRINGER AV METALLER OVER TID.....	17
5.1.3	KILDESPORING.....	19
<b>5.2</b>	<b>MENGDE METALLER OG PÅVIRKNING PÅ VANNFOREKOMSTER OG HOVEDRESIPIENTER</b>	<b>29</b>
5.2.1	DRIKKEVANNSUTTAK OG EV PÅVIRKNING PÅ DISSE .....	30
5.2.2	BIOLOGISKE EFFEKTER AV METALLER I VANN.....	30
<b>6</b>	<b>VURDERING AV BANEANLEGGENE I VATNE/SVARTEMYR SØF I FORHOLD TIL BEHOV FOR TILTAK .....</b>	<b>36</b>
6.1.1	BESKRIVELSE AV METALLAVRENNING FRA BANENE .....	36
6.1.2	OPPSUMMERING.....	37
6.1.3	PLANER FOR ENDRET BRUK .....	37
<b>7</b>	<b>OVERVÅKINGSPROGRAM FOR VATNE/SVARTEMYR SKYTE- OG ØVINGSFELT. ....</b>	<b>38</b>
<b>7.1</b>	<b>AKSEPTKRITERIER OG MILJØMÅL .....</b>	<b>38</b>
<b>7.2</b>	<b>FORMÅLET MED OVERVÅKINGSPROGRAMMET.....</b>	<b>38</b>
<b>7.3</b>	<b>FORSLAG TIL OVERVÅKINGSPROGRAM .....</b>	<b>38</b>

<b>7.4</b>	<b>BRUK AV GRENSEVERDIER FOR METALLAVRENNING FRA FORSVARETS SKYTE- OG ØVINGSFELT</b> .....	<b>40</b>
7.4.1	DAGENS OPPFØLGING AV SØF.....	41
7.4.2	FORSLAG TIL BRUK AV GRENSEVERDIER.....	41
<b>7.5</b>	<b>GRENSEVERDIER FOR METALLAVRENNING FRA VATNE/SVARTEMYR SKYTE – OG ØVINGSFELT</b> .....	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>REFERANSER</b> .....	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>VEDLEGG</b> .....	<b>1</b>
9.1	ANALYSERESULTATER FRA OVERVÅKINGSPROGRAMMET.....	1
9.2	ANALYSERESULTATER FRA PRØVETAKING IFM KILDESPORING VATNE/SVARTEMYR NOVEMBER 2014.....	8
9.3	BLM BEREGNING FOR KOBBER.....	9
9.4	BEREGNINGER AV BIOTILGJENGELIG BLY, OG SAMMENLIGNING MED EQS.....	15
9.5	RESULTATER FRA MILJØTEKNISK GRUNNUNDERSØKELSE VED FYLLINGSOMRÅDE VED FELT C.....	16
9.6	KOORDINATER FOR OVERVÅKINGSPUNKTER.....	19

## SAMMENDRAG

Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt (SØF) har vært i bruk siden 2. verdenskrig (1940-1945). Feltet er todelt og består av Svartemyr i øst og Vatne skytebaneanlegg i nord. Skytefeltet består av 9 aktive baner, i tillegg er det lokalisert en filmskytebane inne i leiren. Dybningen er hovedresipienten for alle skytebanene på Vatne/Svartemyr. Svartemyr drenerer direkte til Dybningen, mens Vatne drenerer først i Grunningen (et mindre vann mellom de to feltene) og deretter ut i Dybningen. Metallavrenning fra skytefeltet har vært overvåket siden 2007.

Det er målt forhøyede konsentrasjoner av kobber, bly og sink i interne bekker, både sør i Svartemyr og fra Vatnefjellet. Bioforsk som har overvåket vannforekomstene i feltet, har anbefalt at det gjennomføres tiltak i feltene for å redusere utlekkingen av kobber og bly. I 2014 har Forsvarsbygg startet opp et forprosjekt for tiltak mot utlekking av tungmetaller fra Vatne/Svartemyr SØF. Det skal videre foretas en utvidet kartlegging og utarbeides en tiltaksplan for feltet.

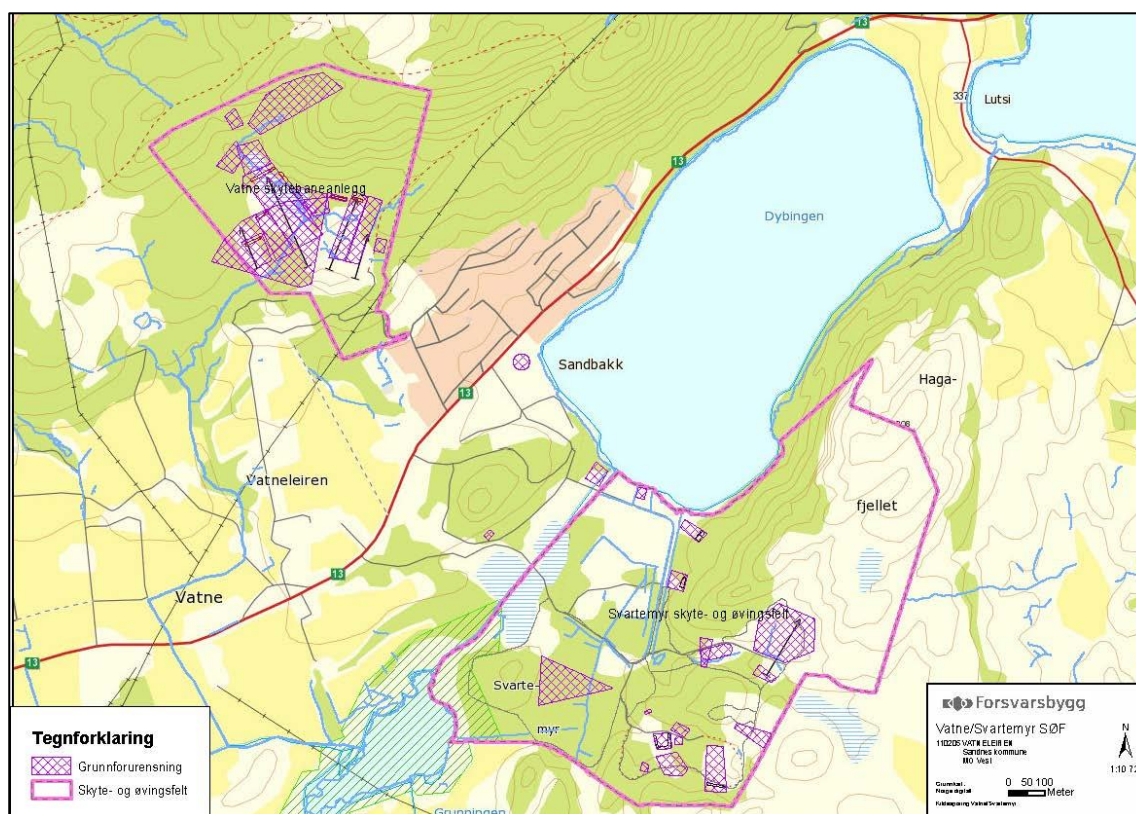
I Vann-Nett er det registrert 4 vannforekomster som er i eller like utenfor Vatne/Svartemyr SØF. Analysedata av total-analyser (ufiltrerte prøver) viser overskridelse av miljøkvalitetsstandard for bly (AA-EQS) i bekkesystemet som har utløp til Dybningen, i vannforekomst Grunningen bekker (ID 029-67-R). AA-EQS gjelder fortrinnsvis for biotilgjengelig andel, alternativt for filtrert prøve. Vi har beregnet biotilgjengelig bly ut fra en ligning, og resultatene viser en gjennomsnittlig konsentrasjon på 0,2 µg/l, godt under EQS. For sink, er det overskridelse av MAQ-EQS i prøvepunkt 3 og 12ref i vannforekomst Grunningen bekker (ID 029-67-R). Dette skyldes at feltet har naturlig forhøyede bakgrunnskonsentrasjoner av sink. Det konkluderes med at det er ingen overskridelser av miljøkvalitetsstandard for bly, kobber og sink, da beregning av biotilgjengelig andel bly viser ingen overskridelser og konsentrasjonene av sink i punkt 3 er like høyt som i referansepunktet.

# 1 NATURGRUNNLAG OG BESKRIVELSE AV VATNE/SVARTEMYR SKYTE- OG ØVINGSFELT

Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt ligger i Sandnes kommune i Rogaland fylke (Figur 1). Feltet er todelt og består av Svartemyr i øst og Vatne skytebaneanlegg i nord. Feltet har et areal på ca. 1 km<sup>2</sup> (0,85 km<sup>2</sup> på Svartemyr og 0,23 km<sup>2</sup> på Vatnefjell). Selve feltet har vært i bruk siden 2 verdenskrig (1940-1945) og ble opprinnelig etablert av tyskerne. Det grenser til Vassfjellet i vest og Hagafjellet i øst. Skytefeltet ligger på et område med dels torv/myr og dels tykk morene, samt noe brelvavsetning i området langs Grunningen mot Dybningen. Mot østlig, vestlig side er det kun tynt morenedekke og bart fjell på toppene. Berggrunnen i feltet består av granitt og granodioritt i Svartemyr. I Vatnefjell er det diorittisk til granittisk gneis og migmatitt som dominerer. Det har ikke vært tidligere bergverksdrift for basemetaller i tilknytning til skytefeltet.

Feltet ligger i Jæren vannområde, i vannregion Rogaland (Figur 1). Dybningen er hovedresipienten for alle skytebanene på Vatne/Svartemyr. Svartemyr drenerer direkte til Dybningen, mens Vatne drenerer først i Grunningen (et mindre vann mellom de to feltene) og deretter ut i Dybningen. Dybningen er mye benyttet til sportsfiske av ørret og fisken vandrer trolig mellom Grunningen og Dybningen via kanalen som forbindelse.

Vatne/Svartemyr SØF brukes i dag hovedsakelig av rekruttskolen, KNM HH og Heimevernet (HV-08). Feltet brukes også av øvrige militære avdelinger i Rogaland. Det er også en del sivile aktører, som Norsk offisers pistolklubb (NOP), Gann skytterlag, Norsk Reserveoffisers forbund (NROF), Det frivillige skyttervesen og Politiet. Landsskytterstevne har også vært avholdt flere ganger, i 2004 og 2014. Feltet består av 9 aktive baner, hvor det benyttes alt fra håndvåpen med mindre kaliber (5,56 og 7,62 mm) opp mot AG-3. I tillegg er det lokalisert en filmskytebane inne i leiren og 15 nedlagte baner.



Figur 1: Plassering av Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt, lokalisering i Sandnes kommune



## 2 REGISTRERTE AREALER MED DEPONIER OG FORURENSET GRUNN (IKKE SKYTEBANER)

I Vatne/Svartemyr SØF finnes det forurensning i grunnen på skytebaner, i tillegg til arealer med annen forurenset grunn. Lokalisering av deponier er vist i Figur 2. Aktive og nedlagte skytebaner, samt stengte skytebaner er vist i Figur 3 og Figur 4.

Forurensede lokaliteter på Forsvarssektoren sine eiendommer er registrert i en egen portal i Miljødirektoratet sin database "Grunnforurensning". Forsvarsbygg har i tillegg registrert alle arealer med mistanke om grunnforurensning (skyttebaner i tillegg til deponiene) i sin egen kartinnsynsløsning. Disse vil etter undersøkelse legges inn i Grunnforurensning dersom det viser seg at arealene er forurenset.

Det er registrert 4 forurensede lokaliteter ved Vatne/Svartemyr, i databasen Grunnforurensning til Miljødirektoratet med ID (Tabell 1).

**Tabell 1:** Oversikt over forurensede lokaliteter ved Vatne/Svartemyr, ID nr er relatert til Miljødirektoratets database Grunnforurensning.

Mdir ID nr	Lokalitetsnavn	Påvirkning	Påvisningsgrad/Status
1102023	HTSKØ vatneleiren, fyllplass felt B	Ingen konflikt påvist	01 - Lite/ikke forurenset
1102024	HTSKØ vatneleiren fyllplass v idrettsbanen	Ingen konflikt påvist	01 - Lite/ikke forurenset
1102025	HTSKØ vatneleiren brennplass	Ingen konflikt påvist	02 - Akseptabel forurensning med dagens areal- og resipientbruk
1102026	HTSKØ Vatneleiren tank ved bilmørehall	Ingen konflikt påvist	02 - Akseptabel forurensning med dagens areal- og resipientbruk

Lokalitet **1102023** - Hærens transportkorps skole- og øvingsavdeling (HTSKØ) Vatneleiren, fyllplass felt B – er en fyllplass som ble brukt i forbindelse med leirvedlikehold til å deponere avfall. Lokaliteten har status «lite/ikke forurenset». Forsvarsbygg futura miljø gjennomførte en miljøteknisk grunnundersøkelse av lokaliteten i november 2014. Det ble tatt ut 5 jordprøver fra 7 sjaktepunkter på området. Ved sjaking ble det observert både jernskrot, kabel/ledninger, vannslange, lampeskjerm og betong. Det er påvist lave konsentrasjoner av både organiske forbindelser og metaller i jordprøvene i tilstandsklasse 1-2 (meget god-god tilstand) i henhold til TA-255372009 (Miljødirektoratet, 2009), med unntak av et prøvepunkt hvor sink ble målt i tilstandsklasse 3 (moderat forurenset). Langs bekkestrengen ved fyllplassen, ble det observert et forsøplet område med søppelsekker, gamle batterier og betong. Deponerte plastsekker ble observert over et langstrakt område på 80-100 m og det estimeres et gjenfylt søppelområde på ca. 1700 m<sup>2</sup>. Avrenning fra fyllingsområdet er påvirket av skytefelt både oppstrøms og nedstrøms, noe som gjør det vanskelig å fange opp avrenning fra kun fyllingsfronten.

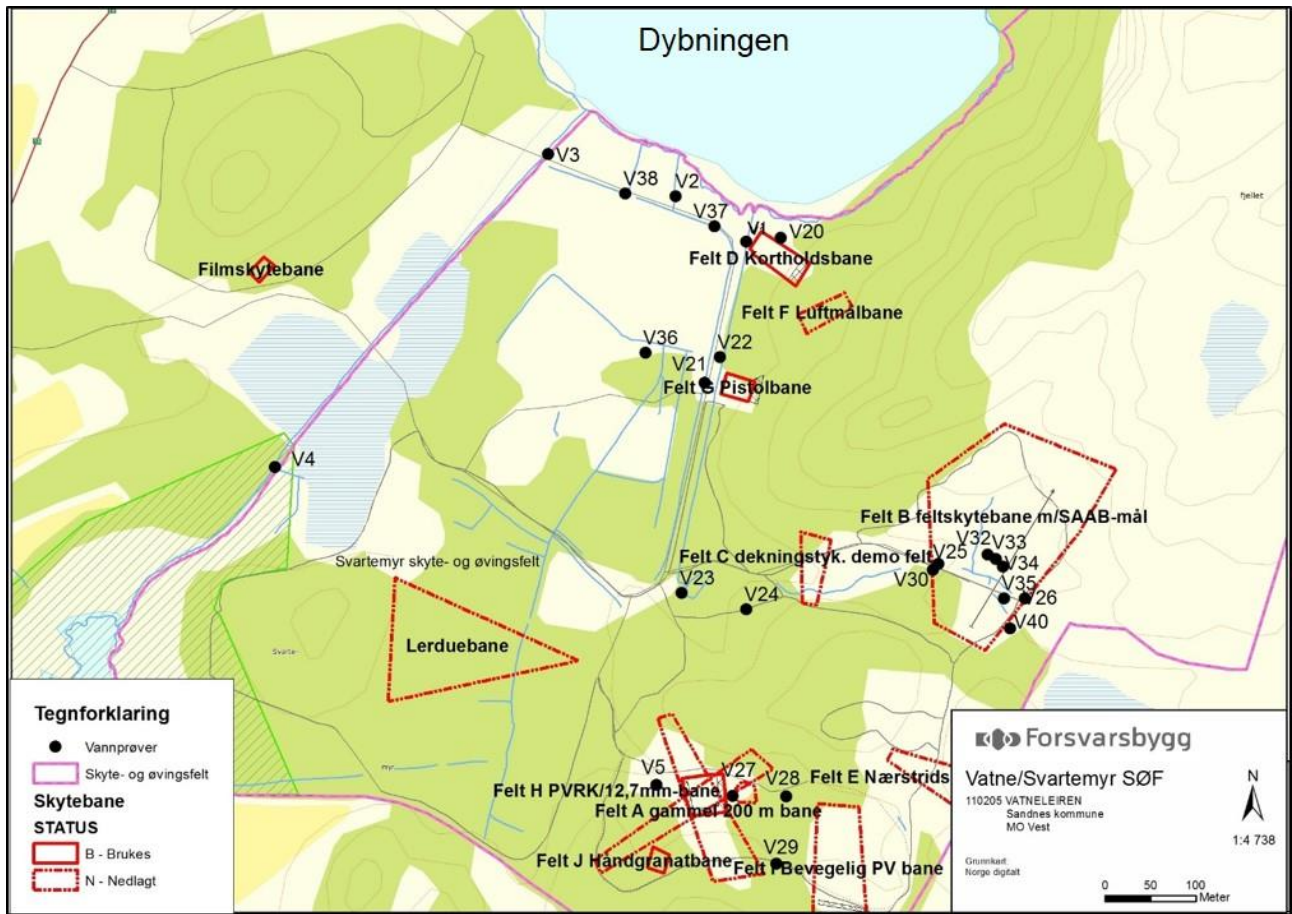
Lokalitet **1102024** - HTSKØ Vatneleiren fyllplass ved idrettsbanen – er en grovavfallsplass som ikke inneholder farlig avfall. Det er oppgitt at det kun er deponert stein, grus o.l.

Lokalitet **1102025** - HTSKØ Vatneleiren brennplass – er en brennplass hvor spillolje og white spirit ble brukt for å få fyr på diverse materialer. Liten sannsynlighet for at det ligger igjen rester etter brenningen. Lokaliteten har i dag status som akseptabel forurensning med dagens areal- og resipientbruk.

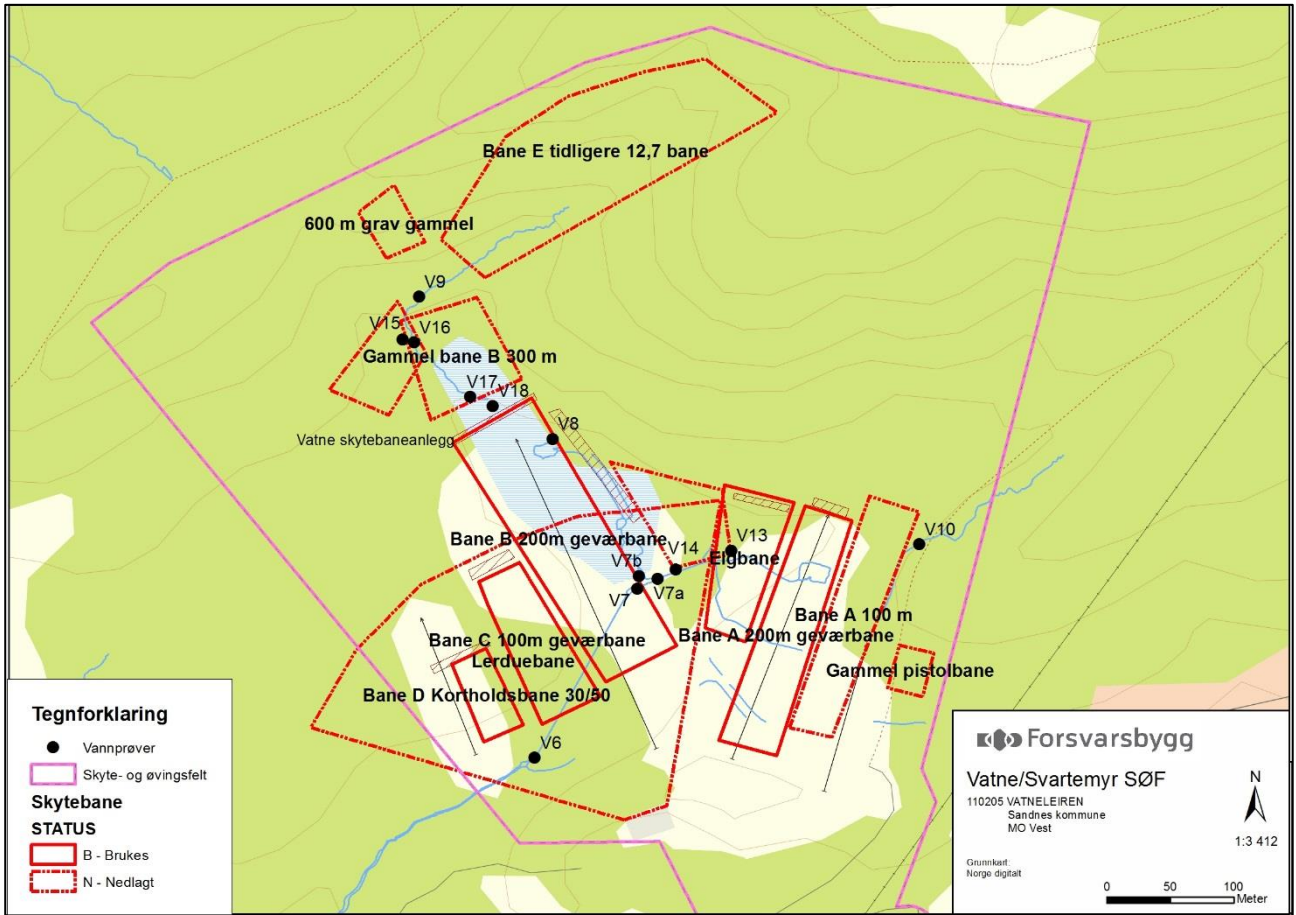
Lokalitet **1102026** - HTSKØ Vatneleiren tank ved bilsmorehall – er et område hvor det har funnet sted en lekkasje på en oljetank som nå er samlet opp. Det var relativt små mengder som lakk ut, og på grunn av leirgrunn i området har oljen mest sannsynlig ikke kommet dypt. Lokaliteten antas å ikke medføre konflikt med dagens arealbruk, med liten sannsynlighet for avrenning til Dybningen. Arealet eies nå av kommunen.



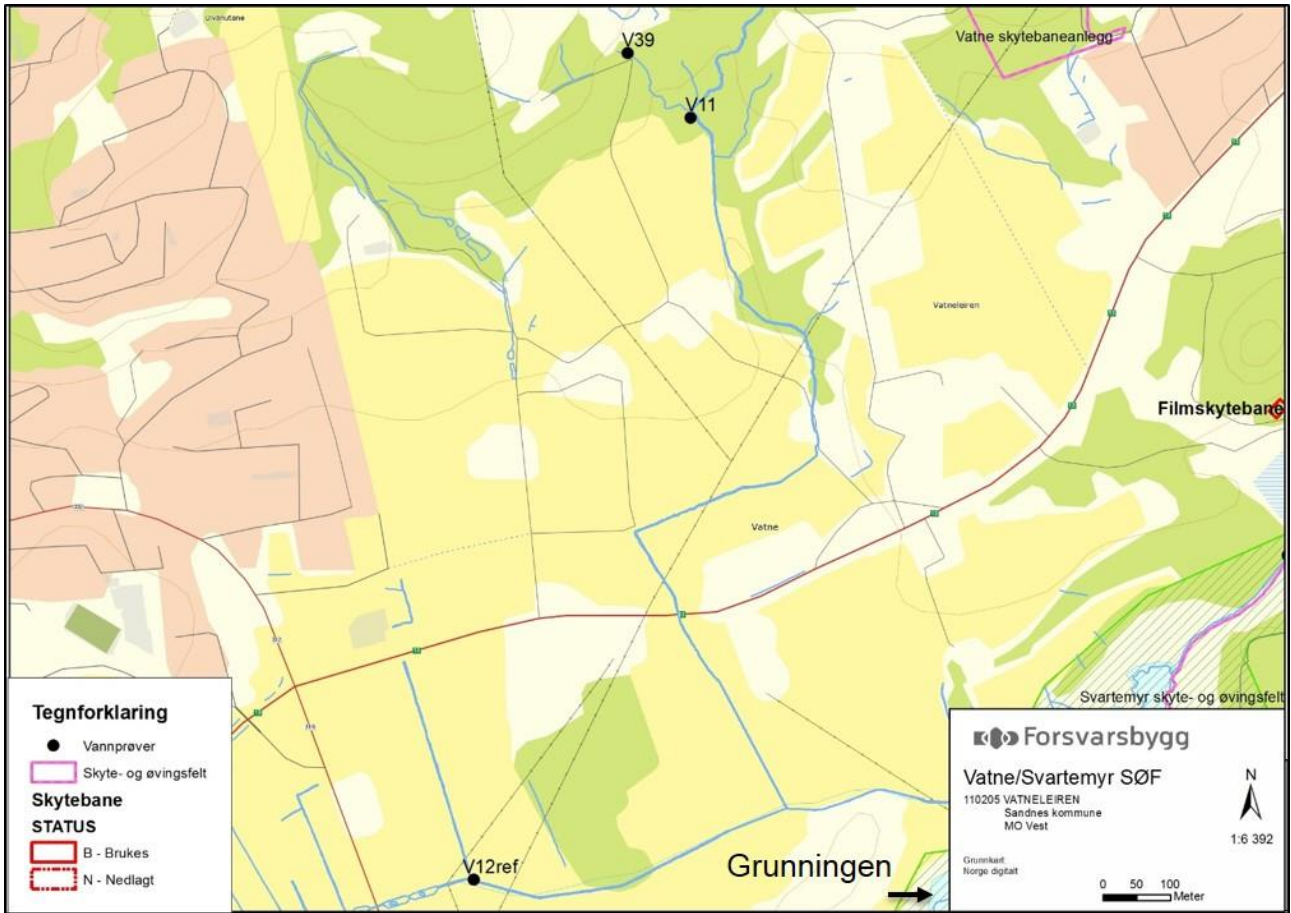
**Figur 2:** Oversikt over arealer med annen forurenset grunn ved Vatne/Svartemyr SØF. ID er relatert til Miljødirektoratets ID nummer i Grunnforurensningsdatabasen



Figur 3: Oversikt over aktive og nedlagte skytebaner, samt prøvepunkt fra tidligere overvåkingsprogram og kildesporing på Svartemyr



Figur 4: Oversikt over aktive og nedlagte skytebaner, samt prøvepunkt fra tidligere overvåkingsprogram og kildesporing, fra Vatnefjell



Figur 5: Prøvepunkt utenfor Vatnefjell med avrenning til Grunningen

## 3 GRUNNFORURENSNING FRA AMMUNISJON

### 3.1 METALLER

I dette kapitlet beskrives hva som generelt kan forventes av forurensning på skytebaner, samt en oversikt over gjennomførte grunnundersøkelser i Vatne/Svartemyr SØF. I forbindelse med denne søknaden har Forsvarsbygg futura miljø gjennomført en befaring av alle nedlagte og aktive skytebaner i Vatne/Svartemyr skytefelt sammen med skytefeltadministrasjonen. Resultater fra befaringen er oppsummert i kapittel 5.

Skyting med håndvåpen har medført akkumulering av hovedsakelig prosjektiler med mindre kaliber (5,56 og 7,62 mm) i kulefang på basisskytebaner og i baneløp og målområder på feltskytebaner. I tillegg blir det brukt ammunisjon av større kaliber innenfor målområdene for tyngre våpen. Forbruket av ammunisjon varierer noe fra år til år avhengig av opplæringsbehov og øvingsaktivitet. Forsvarssektoren har etablert en miljødatabase (TEAMS) hvor ammunisjonsforbruket ved alle Forsvarets avdelinger registreres. Databasen administreres av Forsvarets forskningsinstitutt. Basert på den kunnskapen FFI besitter om hva ammunisjon inneholder av komponenter, beregnes mengde metaller som skytes ut i hvert enkelt SØF. Tabell 2 viser mengde bly, kobber, antimon, sink (bestanddele i håndvåpen), som har blitt skutt på skytebaner i Vatne-Svartemyr SØF i perioden 2007-2014. Mengde metaller som sivile og allierte brukere skyter er ikke med. I tillegg er det store usikkerheter i tallene pga underrapportering. FFI har oppjustert tallene basert på rapporteringsgrad, men denne er beregnet for hele landet og ikke for hvert enkelt skyte- og øvingsfelt (differanse mellom utlevert og innrapportert mengde ammunisjon for hver enkelt ammunisjonsgruppe).

**Tabell 2:** Sum av forurensningsrelevante metaller (i antall kilo) fra ammunisjon brukt i Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt (FFI, 2015) \*. Ammunisjon inneholder i tillegg jern, stål, aluminiumskomponenter og mindre mengder andre metaller.

Metall (kg)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Antimon (Sb)	452	184	139	117	182	137	6	11
Bly (Pb)	3813	1573	1141	970	1755	1710	58	107
Kobber (Cu)	8753	12094	16202	10690	10901	8591	2955	4040
Sink (Zn)	2953	3089	4109	2815	3080	2215	727	1261

\* Ammunisjonsforbruket er underrapportert, men FFI har oppjustert opprinnelig tall for å ta hensyn dette.

Prosjektiler fra håndvåpen (tidl. standard 7,62 mm) har tidligere bestått av en blykjerne (ca. 60 %) som er omgitt av / mantlet med messing (ca. 30 %). Messing er en legering med kobber og sink som hovedelement. Messing inneholder vanligvis 10-40 % sink. For at kjernen skal ha den rette hardheten er blyet leget med antimon (ca. 7 %), og kobberet i messingen er leget med sink (ca. 3 %). Det er imidlertid mange prosjektiltyper og kaliber hvor metallinnholdet avviker fra dette. Forsvaret har i flere år brukt blyfri ammunisjon i tillegg til blyholdig ammunisjon, og faser gradvis ut bruken av blyholdig håndvåpenammunisjon. Dette er årsaken til nedgangen i forbruk av Sb og Pb de siste årene (siden 2012). Blyfri ammunisjon består av en stålkjerne og kobber/sink (messing) mantel. Sivile skytterlag, politi og allierte bruker fortsatt blyholdig ammunisjon. For hagl ammunisjon, som brukes på leirduebaner, er blyhagl erstattet med stålhagl.

På basisskytebaner brukes håndvåpen med ammunisjon av mindre kaliber. På disse banene har man som regel fast standplass og fast mål, og bak målskivene har man som regel et kulefang av sand. Forurensningen er hovedsakelig konsentrert i kulefang, hvor det kan forekomme høye konsentrasjoner av metallene bly og kobber, og forhøyede konsentrasjoner av sink og antimon i området like bak målskivene. På feltskytebaner for håndvåpen-ammunisjon skyter man fra ulike hold, og målskivene plasseres på ulike steder. Dermed blir forurensningen spredt over et større areal, men konsentrasjonene er lavere enn i et kulefang. Hylser fra håndvåpenskyting fra baneanleggene samles i avfallsdunker/kontainere etter hver øvelse. Dette returneres til FLO (Forsvarets logistikk organisasjon) for gjenvinning.

Ved bruk av større kaliber ammunisjon som granater, havner større mengder av jern, stål og aluminium i terrenget. Dette er fordelt på store arealer, og man unngår dermed en oppkonsentrering av metaller på banene. Restene består gjerne av større fragmenter metaller enn på håndvåpen banene, og det er derfor mulig å fjerne disse. Forsvaret gjennomfører en årlig blindgjengerrydding og rydding av prosjektiler, metallrester, og annet ammunisjonsrelatert skrot som ligger i målområder med større kaliber ammunisjon.

### **3.2 EKSPLOSIVER**

Forsvaret benytter et stort antall ammunisjonstyper i sine våpen og ammunisjon som benyttes til håndgranater, bombekastere, artilleri, panservern, flybomber og demolering inneholder sprengstoff. De mest benyttede nitroaromatiske forbindelsene i sprengstoff er trinitrotoluen (TNT), pikrinsyre, tetryl og 2,4-DNT.

Ved Vatne/Svartemyr SØF har det vært en begrenset bruk av ammunisjon som kan inneholde eksplosiver. Det er etablert en håndgranatbane på Svartemyr, som er i dag et inngjerdet blindgjengerfelt. Ved felt J er det etablert et inngjerdet målområde for panservernraketter. Det er også et nedlagt sprengningsfelt på Svartemyr (hvor det var tillatt med ammunisjon inntil 3 kg). Av sikkerhetsmessige årsaker må enkelte eksplosivrester håndteres lokalt. Dette gjelder blindgjengere, som sprenges på funnstedet.

Ved detonerings av sprenggranater frigjøres sprengstoff. I all hovedsak omsettes sprengstoffet til enkle forbindelser som nitrogen, ammonium, ammoniak, karbondioksid og karbonmonoksid. Uforbrente rester av sprengstoff vil kunne forekomme, spesielt ifm ufullstendig detonerings, samt sprengning av blindgjengere. Sprengstoffrester brytes ned over tid av mikroorganismer, lys og andre naturlige prosesser. Undersøkelser gjennomført av FFI på Setermoen viser at det kun finnes små mengder sprengstoffrester etter demolering av blindgjengere (Johnsen et al, 2008).

### **3.3 PRIORITERTE MILJØGIFTER**

FFI har gjennomført en vurdering av ammunisjon, og funnet at det finnes over 400 kjemiske stoffer i ammunisjon (Johnsen, 2009). FFI har i samarbeid med Forsvarets logistikkorganisasjon etablert en database med informasjon om hva ulike typer ammunisjon inneholder (database AMIN).

FFI har i 2016 gjennomgått database AMIN og Teams og funnet hvilke prioriterte stoffer som kan finnes i ammunisjonen som brukes i skyte- og øvingsfeltene våre. Det er bly, kadmium og krom som forefinnes i ammunisjon<sup>1</sup>. Kadmium og krom finnes kun i små mengder. Da bly finnes i håndvåpen ammunisjon hos sivile og allierte, og det fortsatt er en del blyholdig ammunisjon som brukes av Forsvaret, vil det være en del bly i skytefeltet. Det meste blir liggende på skytebanene, og kun en liten andel spres til vann.

---

<sup>1</sup> e-post fra Tove-Engen Karsrud FFI, 02. juni, 2016, Forsvarsbygg e-phorte nr 2016/2605.

## 4 SPREDNING OG EFFEKTER AV AMMUNISJONSRE-LATERT FORURENSNING TIL VANN

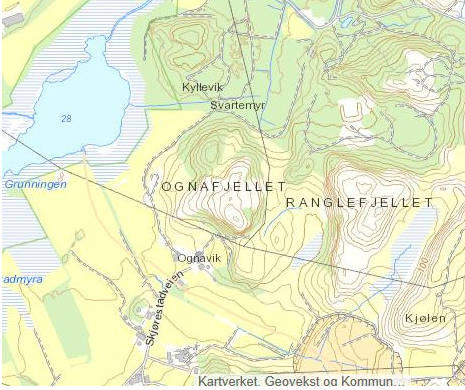
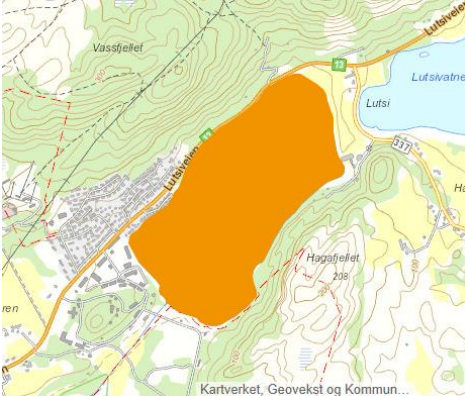
### 4.1 VANNFOREKOMSTER I OG RUNDT VATNE/SVARTEMYR SØF

Tabell 3 beskriver hvilke vannforekomster i og rundt skytefeltet som er registrert i Vann-Nett. Alle vannforekomstene i området ved Vatne/Svartemyr er innenfor det vernede vassdraget Imselva. Av vannforekomstene identifisert i og rundt Vatne/Svartemyr SØF, er den økologiske status i Grunningen og Dybningen dårlig. Det antas at påvirkning fra avrenning fra landbruket er stort, sammen med avløp fra spredt bebyggelse. Avrenning fra skytebaner står ikke oppført som kilde til forurensning. For Grunningen skal gjennomføres en problemkartlegging for å finne evt kilder og gjøre tiltak i forbindelse med avløp fra spredt bebyggelse. Dette er så langt ikke iverksatt.

Tabell 3: Vannforekomster i og rundt Vatne/Svartemyr SØF

ID nr	Navn på forekomst	Risikovurdering
029-19705-L	Grunningen 	Grunningen er en svært grunn innsjø som grenser til Svartemyr skyte- og øvingsfelt i vest. Området er vernet som viktig våtmarksområde. Den økologiske tilstanden er satt til antatt dårlig. Kildene for forurensning står oppført som avrenning fra fulldyrket mark samt avløp fra spredt bebyggelse. Det står i Vann-Nett at det skal iverksettes et tiltak (ID MT324) der det skal gjøres en problemkartlegging for å finne evt kilder og gjøre tiltak i forbindelse med avløp fra spredt bebyggelse. Det er uvisst om dette er igangsatt.
029-67-R	Grunningen bekker 	Bekken som går mellom Grunningen og Dybingen utgjør grensen til Svartemyr skyte- og øvingsfelt i nordvest, og grensen til Vatne leir i sør-øst. Bekkene er vurdert å ha en antatt dårlig økologisk tilstand. Det antas at påvirkningen fra avrenning fra landbruket er stort, mens avløp fra spredt bebyggelse er liten. Problemkartleggingen nevnt under vannforekomst Grunningen vil også gjelde for bekkene.



029-63-R	<p>Grunningen innløpsbekk sør-øst</p> 	<p>Innløpsbekken som renner inn i Grunningen fra sør-øst har en antatt dårlig økologisk tilstand. Det antas at påvirkningen fra avrenning fra landbruket er stort, mens avløp fra spredt bebyggelse er liten. Av andre påvirkninger, er det nevnt bekkelukking som et fysisk inngrep som kan ha hatt en betydning. Problemkartleggingen nevnt under vannforekomst Grunningen vil også gjelde for denne bekken.</p>
029-19657-L	<p>Dybingen</p> 	<p>Dybingen grenser til Svartemyr skyte- og øvingsfelt og Vatne leir i øst. Den økologiske tilstanden er kontrollert og vurdert til å være dårlig. Påvirkningene er vurdert i middels grad å være avrenning fra fulldyrket mark og i liten grad avrenning fra diffuse kilder, som avrenning fra byer/tettsteder. Undersøkelser har vist at det er mye fosfor i vannet og at tilstanden særlig for vannplanter er dårlig.</p>

## 4.2 DRENERINGSVEIER OG VANNFØRING

Basert på anslag av størrelsen av nedbørfeltene for ulike prøvepunkter, kan avrenningen for de ulike delene av skytefeltet beregnes (m<sup>3</sup>/døgn). Skytebanene ligger konsentrert i 2 områder, Vatnefjell og Svartemyr, som drenerer til ulike vannveier. Tabell 4 gir en oversikt over hvilke vannveier de ulike banene drenerer til, og hvor stor avrenningen av hhv vann og metaller det er via de fem ulike dreneringsveiene. Alle banene fra Vatnefjell har avrenning ut i Grunningen. For Svartemyr, går det meste av avrenningen ut i Dybningen, via to utløpsbekker (V1 og V2). Avhengig av vannstand, drenerer alt fra Svartemyr enten via V1 eller V2. På grunn av dette, er det ikke beregnet vannføring for punktene, men estimert at 30 % av den totale avrenningen fra Svartemyr vil renne ut via V1 og 70 % via V2.

**Tabell 4:** Oversikt over bekker og elver som kan bli påvirket av metallavrenning fra Vatne/Svartemyr SØF (Figur 3, Figur 4)<sup>2</sup>

	<b>Baner</b>	<b>Beregnet årlig vannføring (l/s)</b>	<b>% av total vannavrenning til resipient<sup>2</sup></b>	<b>Kommentar</b>
<u>Vatnefjell</u> <i>Dreneringsområde 1</i> Bekk fra Vatnefjell til Grunningen	Bane A-D, pistolbane, alle baner på Vatnefjell	19	54	v/ V6
<u>Svartemyr</u> <i>Dreneringsområde 2</i>				
Delområde 2a Bekk ved Svartemyr	Felt E, Felt I, felt A, felt H	6	17	v/ V5. Delområde 2a flyter sammen med delområde 2b til en bekkestreng i nedre del mot Dybningen. Videre avrenning ut i Dybningen via utløpsbekk v/ V1 eller V2. V1 mottar avrenning fra 30 % av Svartemyrfeltet, V2 mottar avrenning fra 70 % av Svartemyrfeltet.
Delområde 2b Bekk ved Svartemyr	Felt B, Felt C	10	29	v/ V23. Delområde 2a flyter sammen med delområde 2b til en bekkestreng i nedre del mot Dybningen. Videre avrenning ut i Dybningen via utløpsbekk v/ V1 eller V2. utløpsbekk v/ V1 eller V2. V1 mottar avrenning fra 30 % av Svartemyrfeltet, V2 mottar avrenning fra 70 % av Svartemyrfeltet.

Forsvarsbygg har også et prøvepunkt i kanalen som forbinder Grunningen og Dybningen (v/V3), men punktet er ikke tatt med i denne beregningen, da prøvepunktet også fanger opp bidrag fra jordbruksareal og er dermed ikke representativt for avrenning fra skytefeltet alene. Kanalen fungerer i all hovedsak som en transportvei mellom Grunningen og Dybningen.

<sup>2</sup> Et lite bidrag vil også kunne komme fra kortholdsbanene felt D og felt G, men er ikke inkludert med her.

### 4.3 SPREDNING AV EKSPLOSIVER

Forsvarsbygg gjennomførte i perioden 2006-2008 en utvidet overvåking der sprengstoff ble analysert i prøvepunkt V5, som ligger nedstrøms feltbane A og sprengningsfelt (Figur 3) uten at dette ble påvist i vannprøvene (Sweco Norge, 2009).

## 5 EFFEKTER AV AMMUNISJONSRELATERT FORURENSNING TIL VANN

### 5.1 MÅLTE KONSENTRASJONER AV METALLER I VANN

#### 5.1.1 OVERVÅKINGSPROGRAMMET

Overvåking av metallavrenning til bekker og elver ved Vatne/Svartemyr SØF har foregått siden 2007 av Sweco Norge og Bioforsk har gjennomført oppdraget siden 2010 (Bioforsk 2010 tom 2012). Golder Associates AS har overtatt oppdraget f.o.m 2014. Forsvarsbygg/Forsvaret har tatt prøver og konsulenter har sammenstilt og rapportert resultatene. Prøvepunkt som har vært prøvetatt minst tre ganger siden 2007 er vist i Figur 3, Figur 4 og Figur 5. Siste versjon av overvåkingsrapporten er tilgjengelig på Forsvarsbygg sine nettsider (<http://www.forsvarsbygg.no/Vi-tar-vare-pa-miljoet/Grunn-og-vatn/>). Tabell 5 gir en oversikt over laveste (min), høyeste (maks), median og gjennomsnitt konsentrasjon av kobber, bly, antimon og sink i ulike prøvepunkt ifm overvåking av Vatne/Svartemyr SØF. Merk at laveste konsentrasjon stort sett er halve deteksjonsgrensen. I tillegg oppgis vannkjemiske parametere som Ca (kalsium), Fe (jern), TOC (totalt organisk karbon), ledningsevne, pH og turbiditet.

Vi gjennomførte feltarbeid som del av arbeidet med reguleringsplan og tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven sommeren 2014, og denne rapporten ble skrevet like etter. Derfor er analyseresultater fra de fleste tabeller og figurer basert på resultater til og med 2014. I vedlegg 9.1 vises analyseresultater til og med november 2016.

Forsvarsbygg gjennomførte i perioden 2006 – 2008 en utvidet overvåking der den vanlige overvåkingen ble utvidet med analyse av metallene kadmium, nikkel, krom, arsen, aluminium, jern og mangan. Krom var i alle analyser under deteksjonsgrensen. Nikkel og kadmium var stort sett under deteksjonsgrensen, men for kadmium ble det målt opp til 0,36 µg/l. Dette er tilstandsklasse III, iht. SFT 97:04 (moderat forurenset) (Sweco Norge as/Forsvarsbygg, 2009).

**Tabell 5:** Kjemiske og fysiske parametere i vann fra overvåkingspunkter i Vatne/Svartemyr SØF. Gjennomsnitt (middel), minimum (min), maksimum (maks), antall prøver (N) og medianverdier (median). Minimum er laveste målte verdi, så lenge den er over deteksjonsgrensen. Der den er under deteksjonsgrensen, er halve deteksjonsgrensen oppgitt. Prøvepunktene vises i Figur 3, Figur 4 og Figur 5. Det er kun tatt med punkter med minst tre prøvetakinger.

Prøvepunkt	Prøveår	N		pH	TOC	Ledningsevne	Turbiditet	Fe	Ca	Cu	Pb	Sb	Zn
					mg/l	mS/m	FNU	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
V1	2007-2009	9	Min	5,9	1,5	7,8	-	0,1	2,5	1,2	0,3	0,5	2,5
			Maks	7,5	8,9	25,6	-	1,3	7,9	5,0	9,4	1,8	20,0
			Median	6,9	2,5	9,2	-	0,2	2,8	1,9	1,6	0,8	11,0
			Middel	6,8	4,6	11,9	-	0,5	3,7	2,4	2,4	0,9	11,1
V2	2007-2009	9	Min	5,9	4,0	6,9	-	0,5	2,5	2,2	0,3	0,1	13,7
			Maks	7,2	12,0	15,0	-	3,8	14,4	16,3	26,0	5,5	32,0
			Median	6,7	8,1	8,3	-	1,4	3,7	6,8	12,5	2,8	22,0
			Middel	6,7	8,3	9,7	-	1,5	5,3	8,1	11,2	2,6	21,9
V3	2007- 2015	21	Min	6,5	6,0	10,8	3,9	0,7	8,1	1,7	1,0	0,3	2,0
			maks	7,8	16,0	27,2	52,0	2,6	20,6	60,4	6,1	1,4	25,5
			Median	7,2	10,0	18,4	18,5	1,5	14,1	3,0	2,8	0,5	9,6
			Middel	7,1	10,5	18,1	21,0	1,6	14,6	5,9	3,0	0,5	10,8
V4	2007-2008	6	Min	6,5	6,0	12,5	-	0,7	8,3	2,0	1,6	0,4	2,0
			maks	7,8	15,0	19,1	-	2,3	17,8	2,9	4,6	1,2	15,7
			Median	6,8	10,4	15,3	-	1,4	12,0	2,7	2,4	0,5	10,4
			Middel	7,0	10,6	15,6	-	1,4	12,3	2,6	2,9	0,6	9,7
V5	2007-2015	21	Min	6,3	2,0	4,5	0,4	0,2	1,6	7,6	4,0	1,6	23,0
			maks	7,3	7,4	9,7	3,3	2,9	4,9	18,0	32,1	10,7	50,0
			Median	6,7	4,8	7,0	1,8	0,7	3,0	11,0	12,7	6,3	31,0
			Middel	6,7	4,7	6,7	1,8	0,9	3,1	10,9	13,6	6,1	32,3
V6	2007-2008	7	Min	6,1	2,0	8,3	-	0,2	2,8	7,7	10,3	1,6	12,5
			maks	7,8	10,0	17,1	-	4,0	16,3	22,0	59,9	9,5	30,0
			Median	6,7	4,2	10,0	-	0,5	6,0	15,3	44,8	4,2	26,0
			Middel	6,8	5,1	10,9	-	1,1	6,6	15,3	38,5	4,9	23,7
V7a	2008-2015	16	Min	6,2	3,1	5,2	0,4	0,1	1,5	8,5	11,0	1,6	9,7
			maks	7,9	6,8	16,8	1,1	1,8	18,7	27,0	54,0	6,8	26,2
			Median	6,7	4,6	8,4	0,9	0,4	3,8	11,9	25,5	2,0	14,4
			Middel	6,8	4,8	8,8	0,9	0,6	5,6	13,5	26,8	2,7	15,9
V7b	2008-2015	16	Min	6,3	2,2	5,9	0,5	0,1	3,0	8,5	12,0	1,2	9,9
			maks	7,6	6,0	14,9	2,6	270,0	17,8	35,7	81,0	9,6	40,8
			Median	6,8	4,6	8,6	0,8	0,5	4,5	29,6	50,4	7,2	26,2
			Middel	6,9	4,4	9,0	1,3	17,6	6,5	26,4	51,0	6,2	26,3
V8	2008-2009	6	Min	6,0	1,2	6,6	-	0,1	1,2	38,8	82,9	4,4	34,2
			maks	6,9	3,7	8,9	-	0,2	2,5	104,0	258,0	23,1	64,9
			Median	6,4	1,8	7,8	-	0,1	1,7	48,8	174,0	9,6	45,7
			Middel	6,4	2,0	7,9	-	0,1	1,7	61,9	174,0	10,4	47,7
V9	2008	3	Min	5,6	1,7	7,5	-	0,01	1,2	26,7	8,5	0,8	32,6
			maks	6,1	3,3	9,3	-	0,04	1,6	37,4	18,0	1,0	47,6
			Median	5,8	2,0	7,6	-	0,02	1,4	28,6	13,0	0,8	35,5
			Middel	5,8	2,3	8,1	-	0,02	1,4	30,9	13,2	0,8	38,6
V10	2008	4	Min	5,0	1,3	6,8	-	0,01	0,9	0,5	1,9	0,1	10,4
			maks	6,0	3,8	8,5	-	0,04	1,3	3,4	8,1	0,5	12,8
			Median	5,4	2,2	7,3	-	0,01	1,0	0,9	2,5	0,2	11,2
			Middel	5,4	2,4	7,5	-	0,02	1,1	1,4	3,8	0,2	11,4

Prøvepunkt	Prøveår	N		pH	TOC	Ledningsevne	Turbiditet	Fe	Ca	Cu	Pb	Sb	Zn
					mg/l	mS/m	FNU	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
V11	2008-2015	18	Min	6,7	2,4	5,7	0,8	0,1	2,7	3,8	4,4	1,2	5,7
			maks	8,0	6,7	12,5	3,0	0,8	9,5	16,8	27,9	5,4	21,7
			Median	7,3	4,2	9,8	1,5	0,3	5,7	9,6	14,8	3,9	13,1
			Middel	7,3	4,1	9,4	1,6	0,3	6,0	10,3	14,8	3,8	13,7
V12ref	2008-2015	14	Min	6,3	2,5	5,8	6,7	0,1	1,5	1,3	0,3	0,1	6,9
			maks	8,0	22,0	37,1	11,0	3,4	29,0	4,5	3,9	0,6	21,0
			Median	6,8	12,0	21,2	10,0	1,1	18,2	2,6	0,9	0,2	12,0
			Middel	6,9	12,2	20,0	9,4	1,4	16,7	2,8	1,4	0,3	12,7
V23	2008-2015	14	Min	6,5	3,2	4,8	1,0	0,2	2,1	7,2	8,1	1,6	12,0
			maks	7,2	10,2	8,1	2,8	2,3	4,0	13,1	22,9	6,5	21,0
			Median	6,9	7,2	6,7	2,2	0,7	3,4	9,5	13,5	4,2	17,7
			Middel	6,9	6,9	6,7	2,1	1,0	3,3	9,4	14,3	4,1	16,6
V24	2008	4	Min	6,6	3,4	7,0	-	0,2	2,4	7,5	13,4	2,1	14,7
			maks	8,0	8,9	7,9	-	2,2	4,4	13,6	28,0	13,8	25,5
			Median	7,1	7,4	7,3	-	1,4	3,7	10,0	22,0	3,7	17,4
			Middel	7,2	6,8	7,4	-	1,3	3,6	10,3	21,4	5,9	18,8
V25	2008	4	Min	4,7	1,8	7,0	-	1,0	2,7	4,2	4,1	1,5	5,7
			maks	7,1	7,3	7,4	-	8,6	4,5	5,7	12,3	3,4	21,9
			Median	6,6	4,1	7,3	-	1,9	3,7	4,7	7,8	1,7	10,0
			Middel	6,2	4,3	7,3	-	3,4	3,6	4,8	8,0	2,1	11,9
V28	2008-2011	5	Min	2,1	4,3	5,0	-	0,0	0,5	1,1	45,7	0,1	4,8
			maks	6,6	6,2	7,8	-	0,3	3,2	20,0	45,7	9,1	25,3
			Median	4,4	5,3	6,4	-	0,1	1,9	10,5	45,7	4,6	15,1
			Middel	4,4	5,3	6,4	-	0,1	1,9	10,5	45,7	4,6	15,1

For konsentrasjoner som er under deteksjonsgrensen, er halve deteksjonsgrensen benyttet i beregningene av middel og median, og vises derfor som et tall i tabellen. Deteksjonsgrensen har variert med årene, men har stort sett vært Cu 1 µg/l, Pb 0,6 µg/l, Sb 0,2 µg/l og Zn µg/l.

Resultatene fra overvåkingsprogrammet ved Vatne/Svartemyr SØF viser stor variasjon i ledningsevne (4,5-37,1 mS/m), hvor de høyeste verdiene er målt ved V12ref og ved V3 (kanalen mellom Grunningen og Dybningen). V3 fanger avrenningen fra Vatnefjell, samt landbruksarealer rundt. Innholdet av organisk materiale (TOC) er forhøyet ved V12ref og V3 (12-20 mg/l), hvor konsentrasjonen av TOC i resten av feltet er jevnt over moderat lav (3-9 mg/l). Det er også i disse to prøvepunktene at vannprøvene er relativt turbide (10-22 FNU). Konsentrasjonen av kalsium varierer i feltet og ligger gjennomsnittlig på 3,0-15,6 mg/l.

Ved Vatne/Svartemyr er det målt forhøyede konsentrasjoner av kobber, bly og sink i interne bekker, både sør i Svartemyr (V5 og V23) og fra Vatnefjellet (V7a og V7b). Utlekkingen er størst ved høy vannføring i feltet og kan skyldes erosjon. For bly, sink og kobber er konsentrasjonene stort sett forhøyet både i forhold til tilstandsklasser for ferskvann (Tabell 6), tilstandsklasser for biologiske effekter (Tabell 7), og drikkevannsnormen (bly 10 µg/l). Kobber og antimon er lavt ift drikkevannsnormen (100 µg kobber/l og 5 µg antimon/l). Blykonsentrasjonene overstiger flere steder vannforskriftens «miljøkvalitetsstandard» for bly på 1,2 µg bly/l. Denne standarden gjelder for biotilgjengelig konsentrasjonen av stoffet. Våre analyser er på totalt innhold av bly. Da en stor andel av bly normalt er bundet til partikler og kolloider (spesielt ved nøytral og høyere pH), vil biotilgjengelig konsentrasjon sannsynligvis være betydelig lavere enn de konsentrasjonene som er oppgitt i tabellen.

**Tabell 6:** Tilstandsklasser i ferskvann (SFT 97:04). Verdiene gjelder for ufiltrerte prøver.

	Parametere	Tilstandsklasser				
		I	II	III	IV	V
µg/l	Kobber, Cu	<0,6	0,6-1,5	1,5-3	3-6	>6
	Sink, Zn	<5	5-20	20-50	50-100	>100
	Bly, Pb	<0,5	0,5-1,2	1,2-2,5	2,5-5	>5

Tilstandsklasse I: Meget god / Ubetydelig forurenset

Tilstandsklasse II: God / Moderat forurenset

Tilstandsklasse III: Mindre god / Markert forurenset

Tilstandsklasse IV: Dårlig / Sterkt forurenset

Tilstandsklasse V: Meget dårlig / Meget sterkt forurenset

**Tabell 7:** Tilstandsklasser for metaller i ferskvann relatert til biologiske effekter (Lydersen et al, 2002)

Tilstandsklasse		I	II	III	IV
Parameter	kons	Meget lav	Lav	Middels	Høy
Kobber (Cu)	µg/l	<3	3-15	16-30	>30
Sink (Zn)	µg/l	<30	30-60	61-100	>100
Bly (Pb)	µg/l	<1	1-5	6-15	>15

Klasse I: Ingen effekt på biota/humant konsum

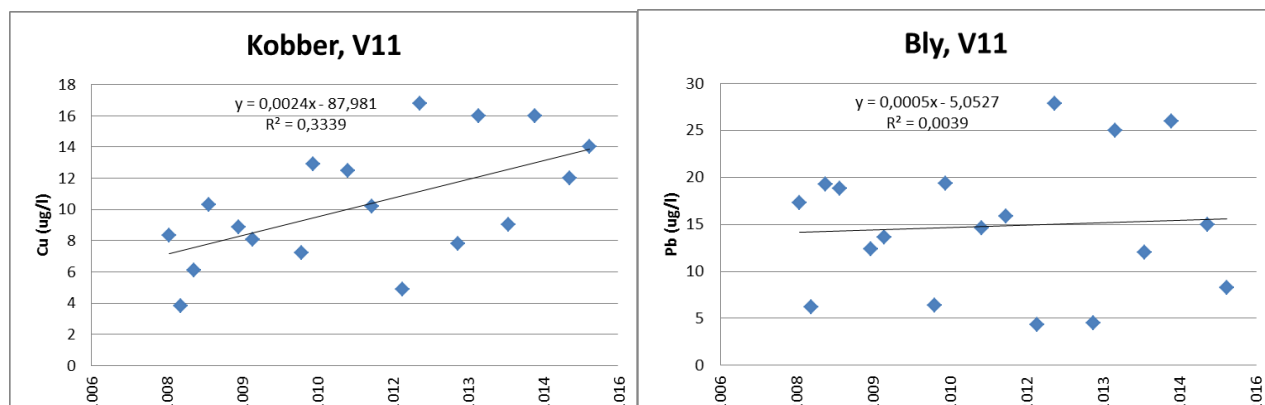
Klasse II: Enkelte følsomme arter kan påvirkes, ingen effekter på fisk

Klasse III: Effekter på laksefisk, artsreduksjoner, tolerable arter dominerer

Klasse IV: Ingen laksefisk, betydelig effekter på mange arter. Økosystem struktur ødelagt.

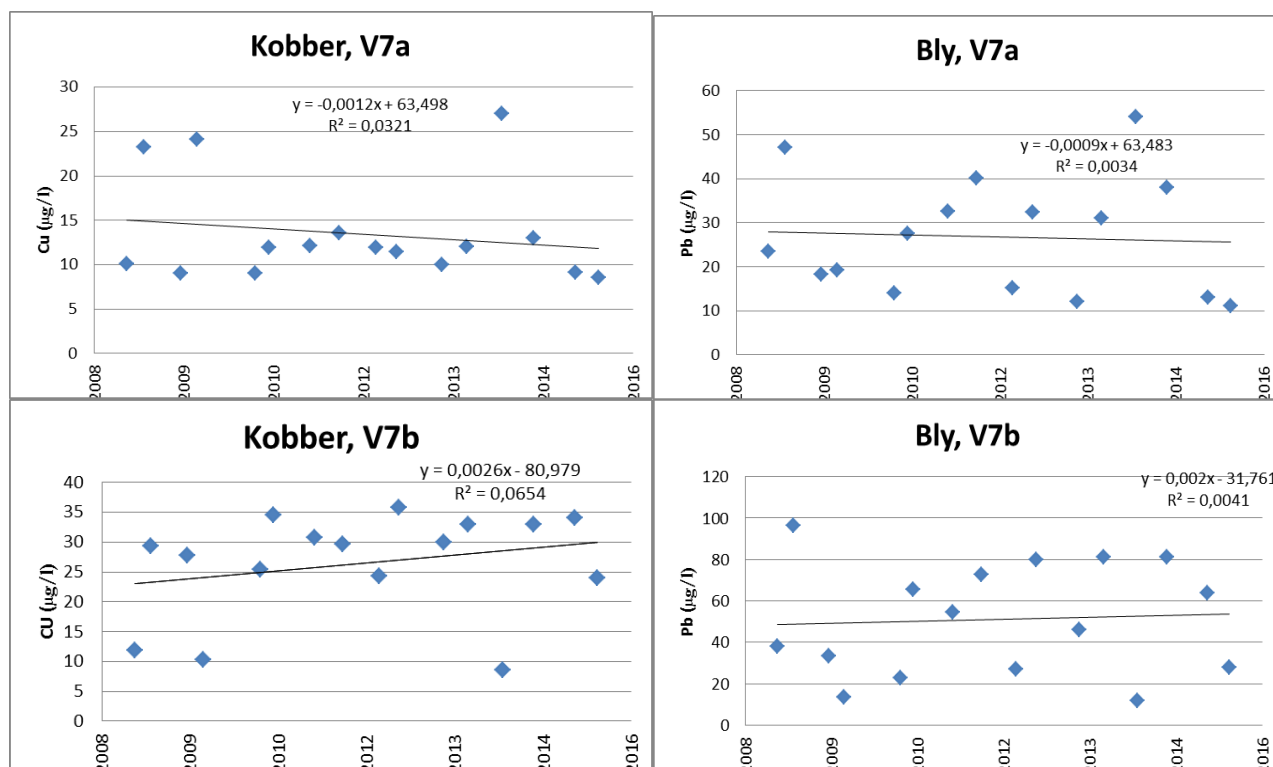
## 5.1.2 KONSENTRASJONSENDRINGER AV METALLER OVER TID

Avrenningen fra banene ved Vatnefjell, bane A-D (V11) viser en økende trend for kobber og ingen tydelig trend for bly i perioden 2008-2015 (Figur 6).



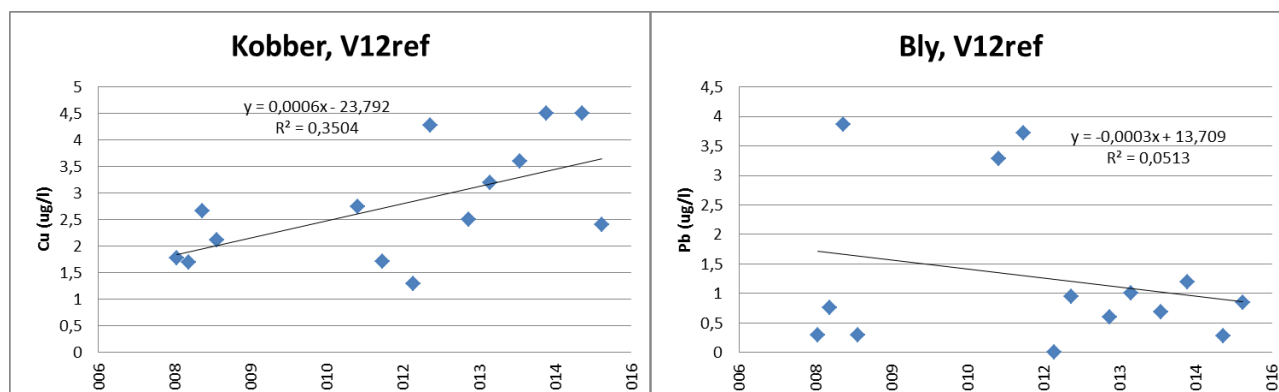
Figur 6: Konsentrasjoner av kobber og bly i avrenning ved V11 ved Vatne/Svartemyr SØF i perioden 2008-2015.

Internt i feltet, ved bane A og B (V7a og V7b) er det ikke observert tydelige trender i avrenningen av kobber og bly (Figur 7).



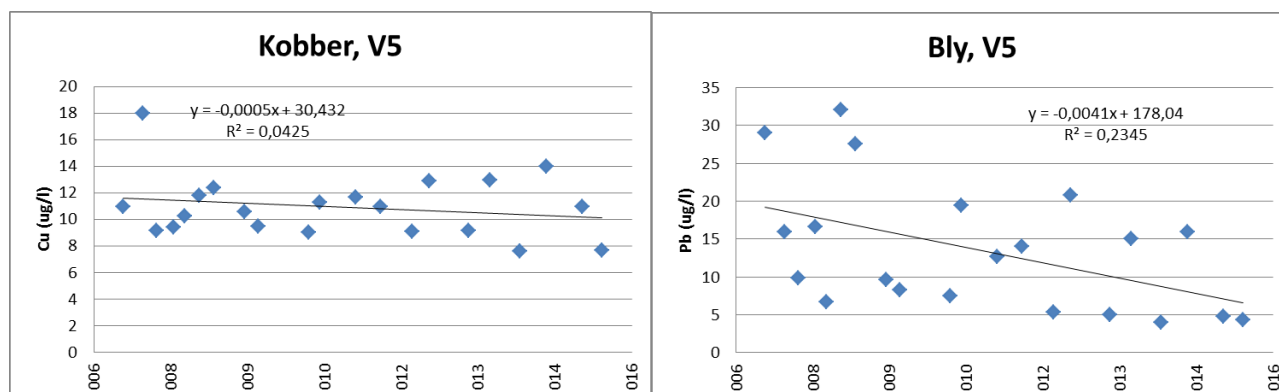
Figur 7: Konsentrasjoner av kobber og bly i avrenning ved V7a og V7b ved Vatne/Svartemyr SØF i perioden 2008-2015.

Konsentrasjonene av kobber i avrenning fra referansestasjonen (V12ref) viser en økende tendens for kobber, men ingen spesiell trend for bly (Figur 8). Analyseresultatene har vist at referansestasjonen er forurenset med hensyn på kobber og er ikke et representativt punkt for feltet. Denne bekken vil motta avrenning fra tilførsel av kobber fra andre kilder enn Vatnefjell SØF. Det er derfor ikke representativt som referansepunkt. Punktet viser derimot at ikke all kobber i V3 kommer fra Vatnefjell.



Figur 8: Konsentrasjonene av kobber og bly i avrenning ved referanseprøvepunkt V12ref ved Vatne/Svartemyr SØF i perioden 2008-2015.

Avrenningen fra felt A, sprengningsfelt, felt I og felt E ved Svartemyr (V5) har en svakt nedadgående trend for bly, men ingen spesiell trend kan observeres for kobber (Figur 9).



Figur 9: Konsentrasjonene av kobber og bly i avrenning ved V5 ved Vatne/Svartemyr SØF i perioden 2008-2015.



### 5.1.3 KILDESPORING

Forsvarsbygg gjennomførte i 2014 en egen befarings tur hvor det ble tatt ekstra vannprøver ifm å få en bedre oversikt over forurensningssituasjonen inni skytefeltet og finne hvilke skytebaner som bidrar med mest utlekking av metaller.

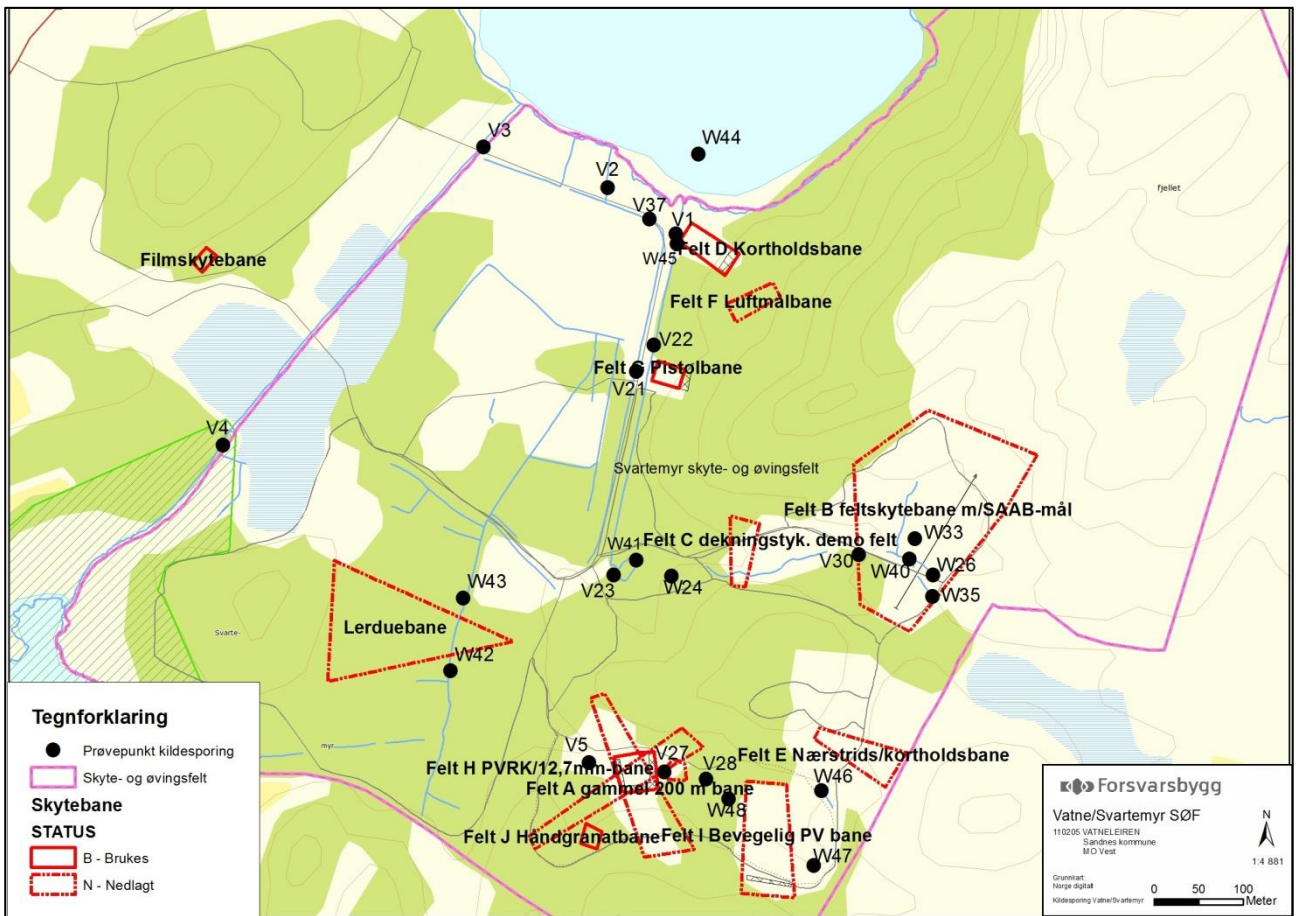
Formålet med befarings turen var å:

1. skaffe oversikt over beliggenhet av de stengte og aktive banene i forhold til overflateresipienter,
2. foreta ekstra prøvetaking av vannforekomster som ikke er prøvetatt ifm overvåkingsprogrammet
3. vurdere behov for, og eventuelle muligheter for, enkle tiltak for å redusere metallavrenning.
4. vurdere hvorvidt dagens overvåkingsprogram fanger opp avrenning fra de aktive skytebanene.

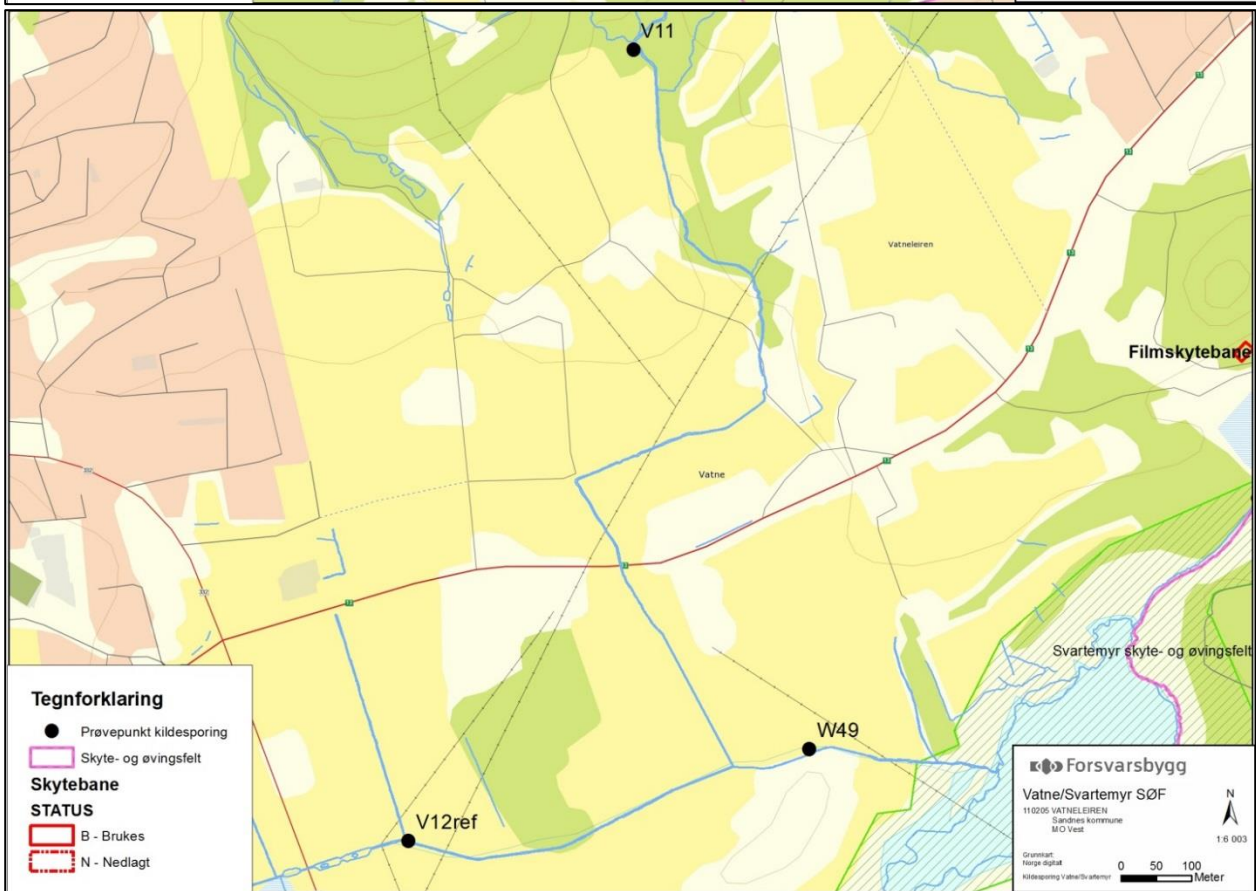
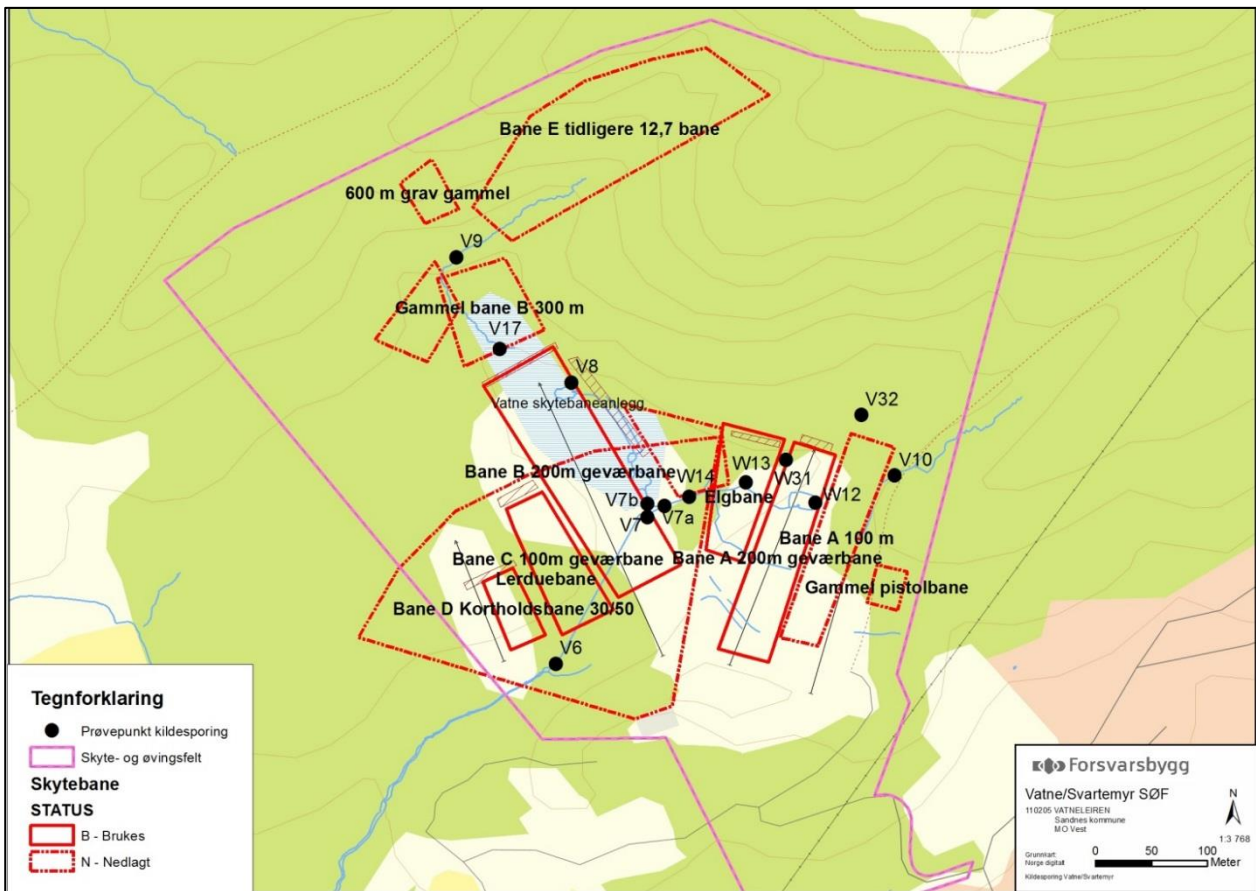
Torgeir Mørch og Lisa Gustavson fra Forsvarsbygg futura miljø gjennomførte befarings turen av skytebanene i Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt sammen med Lars Terje Bjørsvik fra FB (skyttefeltforvalter) 26.11.14 og 27.11.14.

Det ble foretatt befarings tur på samtlige baner. Detaljert informasjon om type bane, informasjon om jordsmonn, type målområde, resipienter, avstand til resipient, informasjon om drift og bruk som kan ha betydning for metallavrenning, med mer, ble registrert for hver enkel bane. Det er utarbeidet en egen intern rapport (Forsvarsbygg, 2015a). Det ble i tillegg tatt vannprøver fra bekker som drenerer en eller flere baner (Figur 10 og Figur 11).

Resultater fra denne undersøkelsen, samt ekstra vannprøvetaking tidlig i november, er gjengitt i Vedlegg 9.2 og Figur 12-Figur 17.



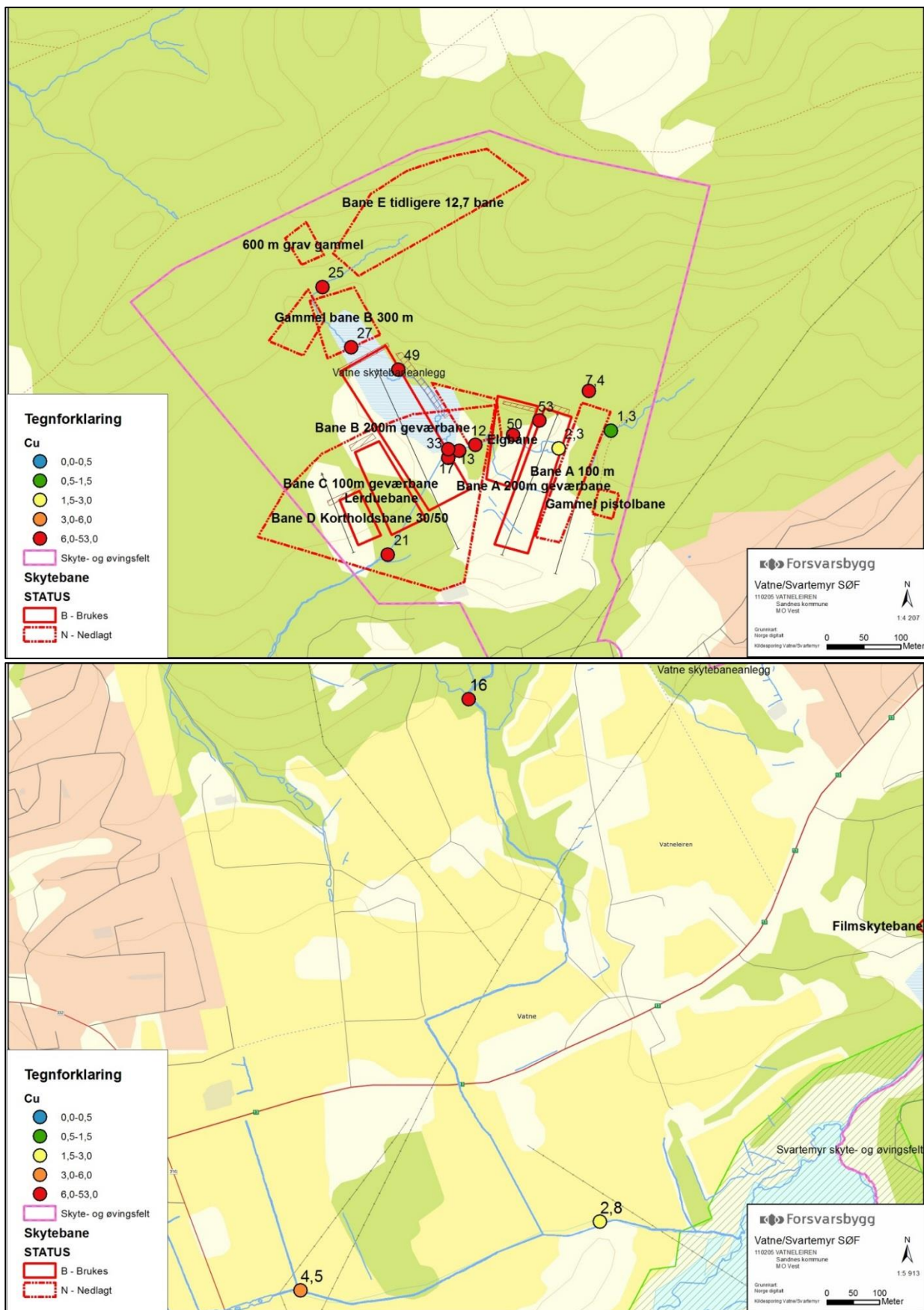
Figur 10: Oversikt over vannprøvepunkt fra kildesporing ved Svartemyr i 2014.



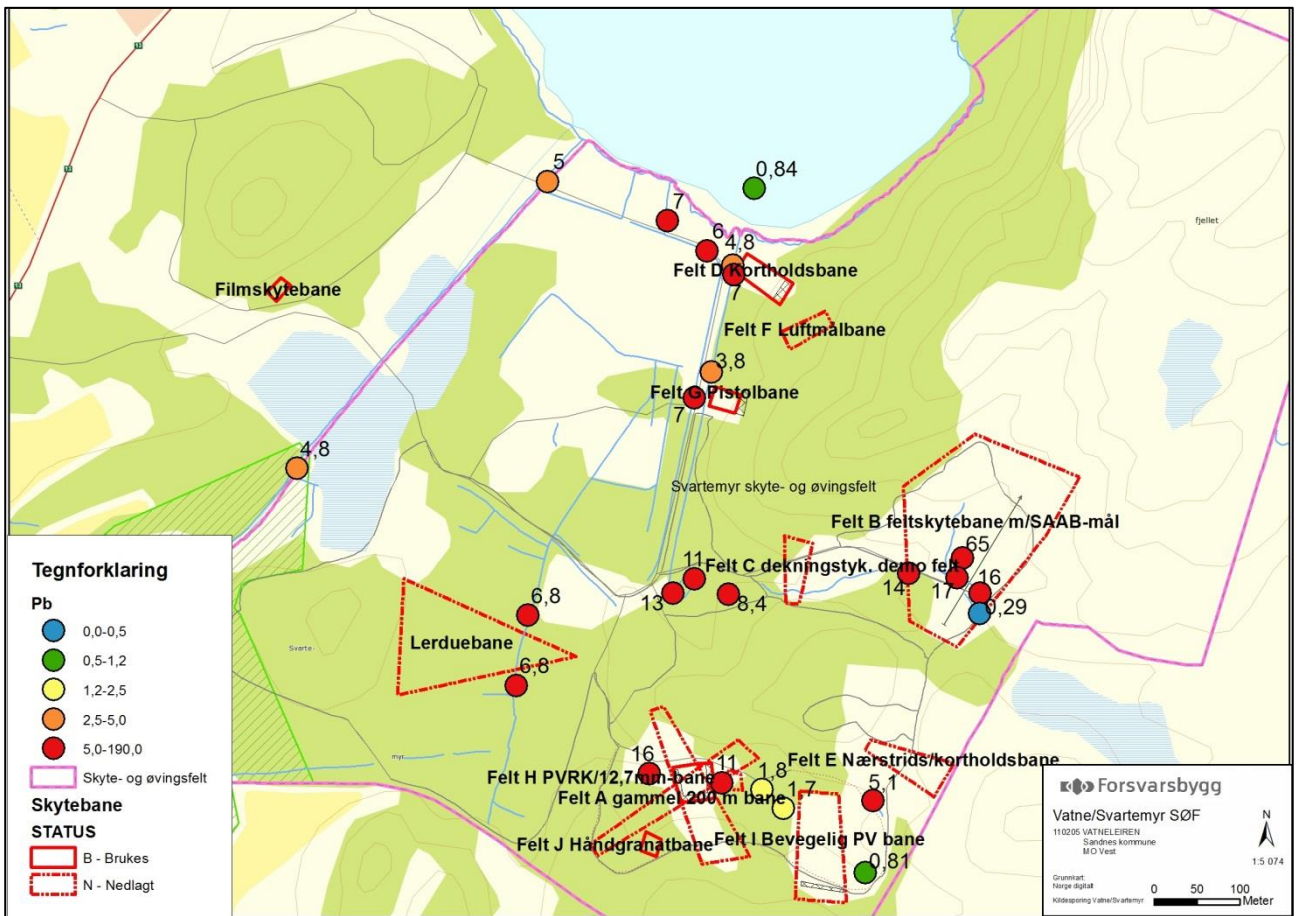
Figur 11: Oversikt over vannprøvepunkter fra kildesporing ved Vatnefjell i 2014.



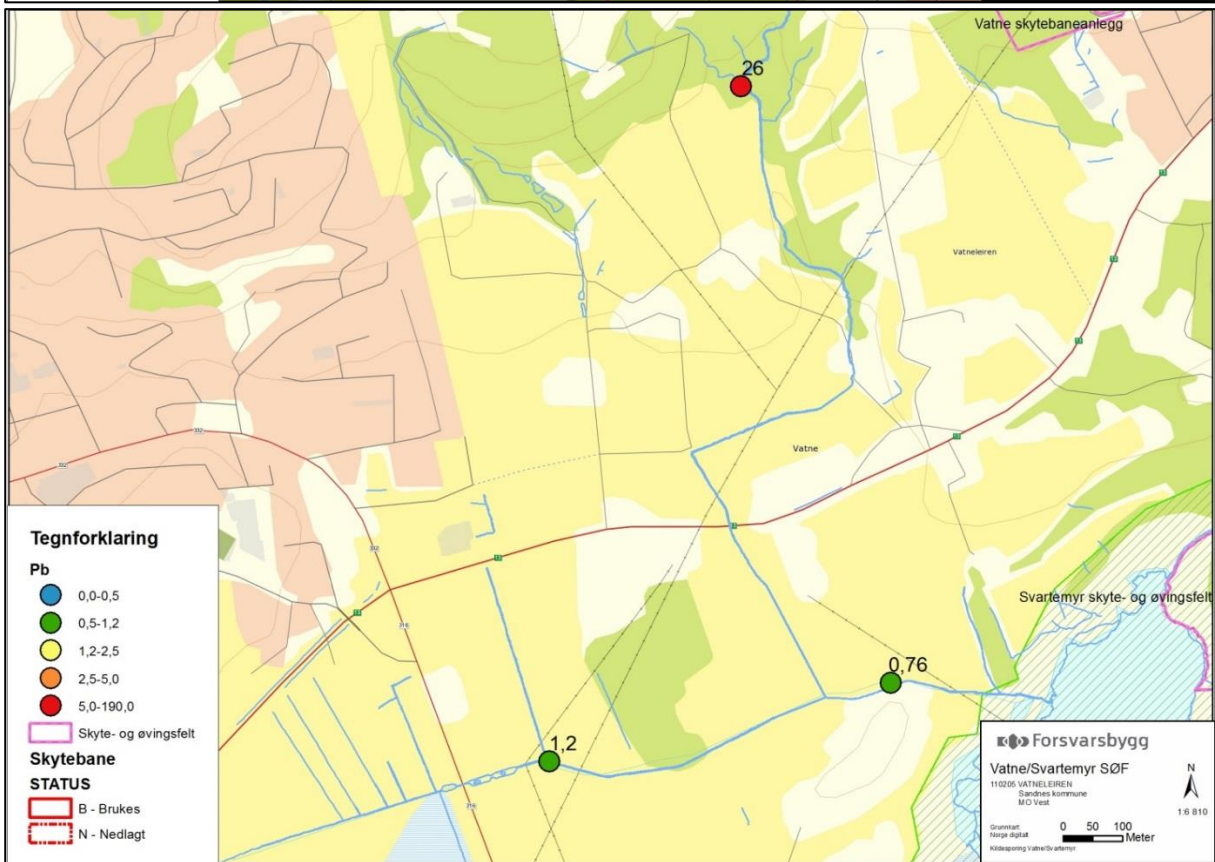
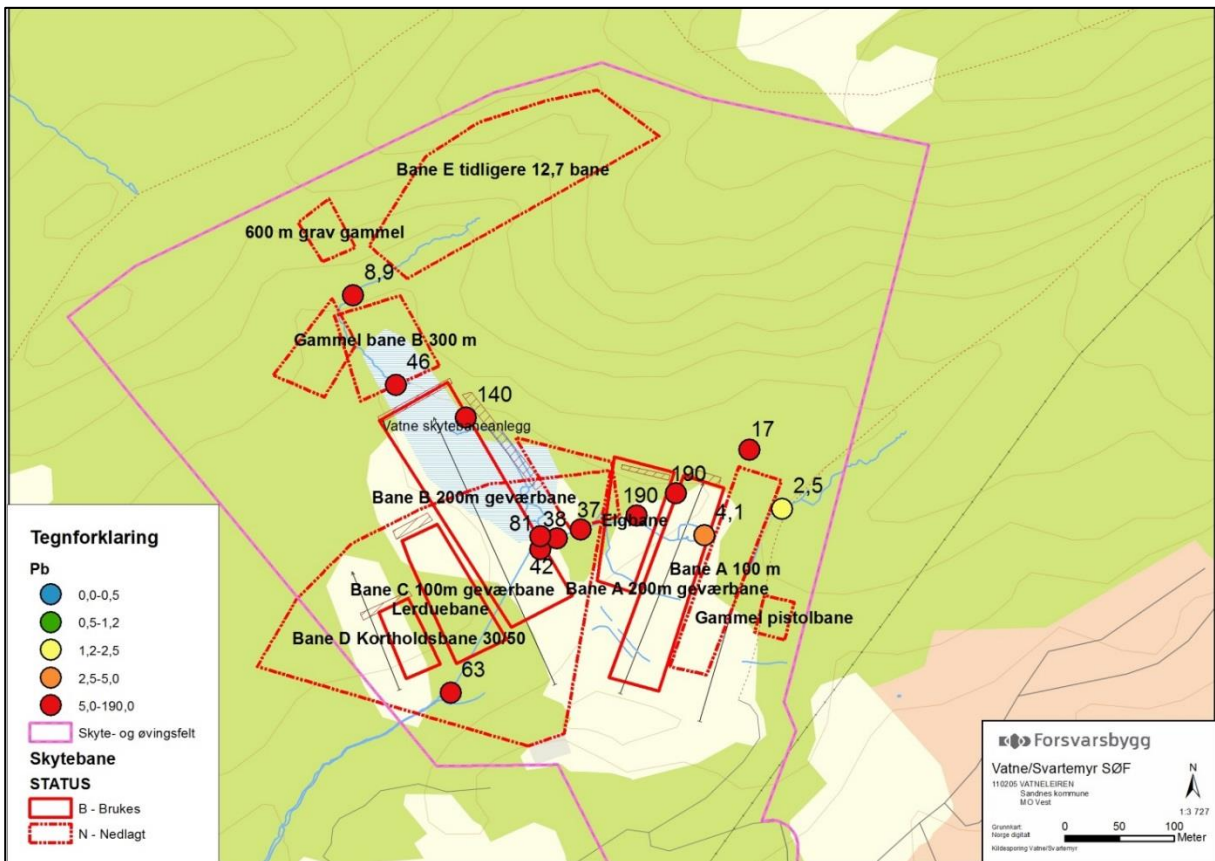
Figur 12: Konsentrasjoner av kobber ( $\mu\text{g/l}$ ) ved Svartemyr 26-27.11, samt 05.11.14. Farge iht TA-1468/1997 (SFT, 1997).



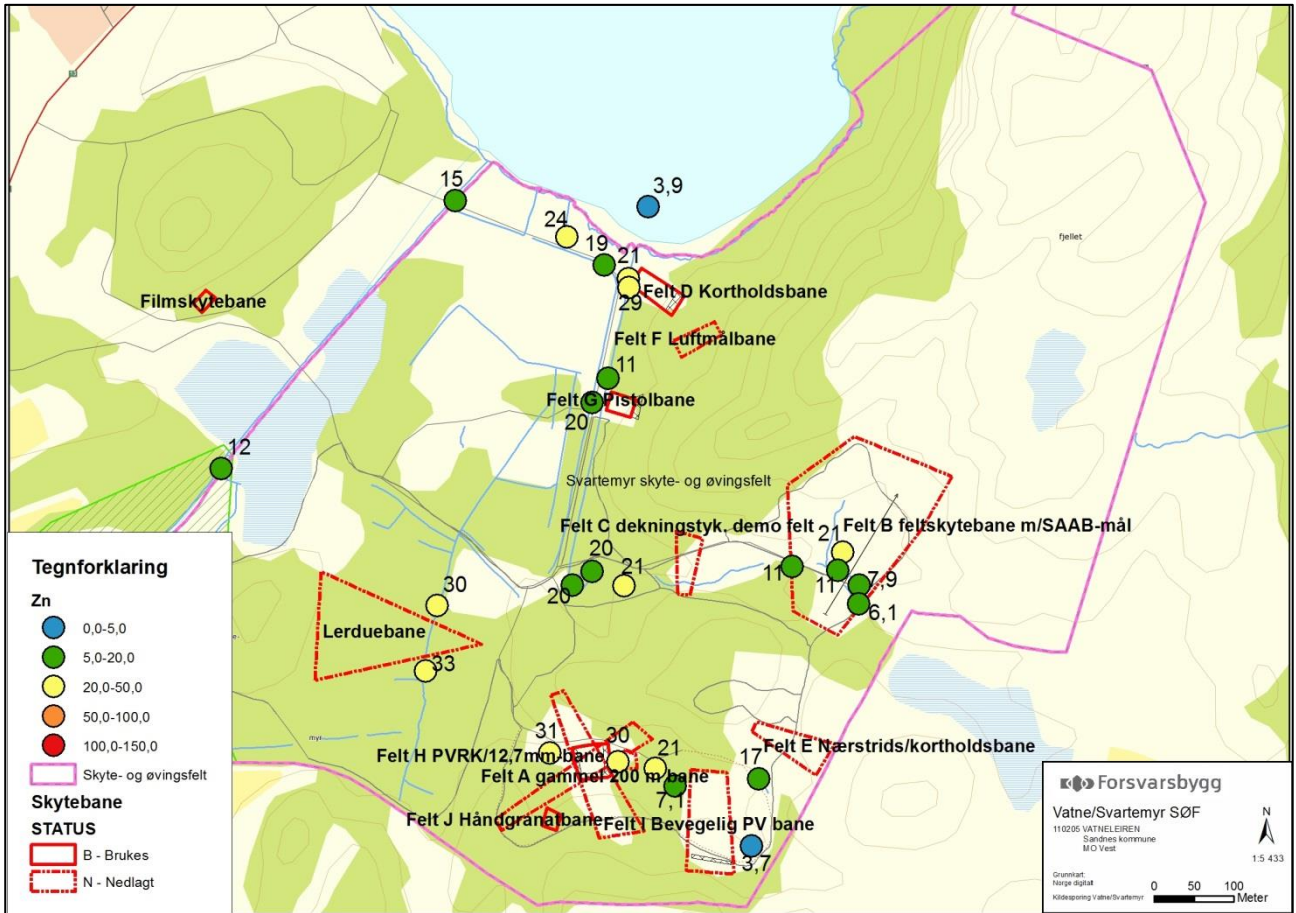
Figur 13: Konsentrasjoner av kobber ( $\mu\text{g/l}$ ) ved Vatnefjell 26-27.11, samt 05.11.14. Farge iht TA-1468/1997 (SFT, 1997)



Figur 14: Konsentrasjoner av bly ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt ved Svartemyr, den 26-27.11.14 og 05.11.14. Farge iht TA-1468/1997 (SFT, 1997)

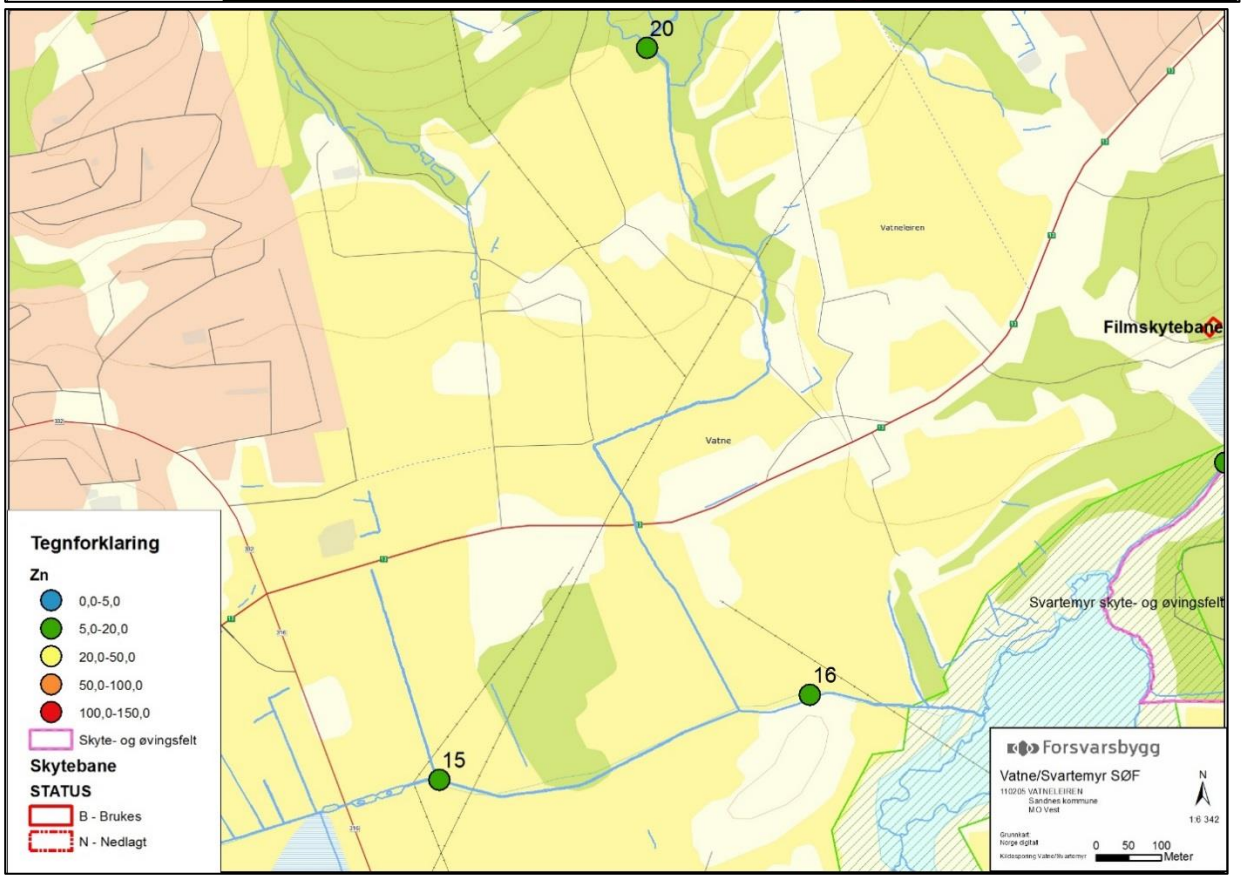
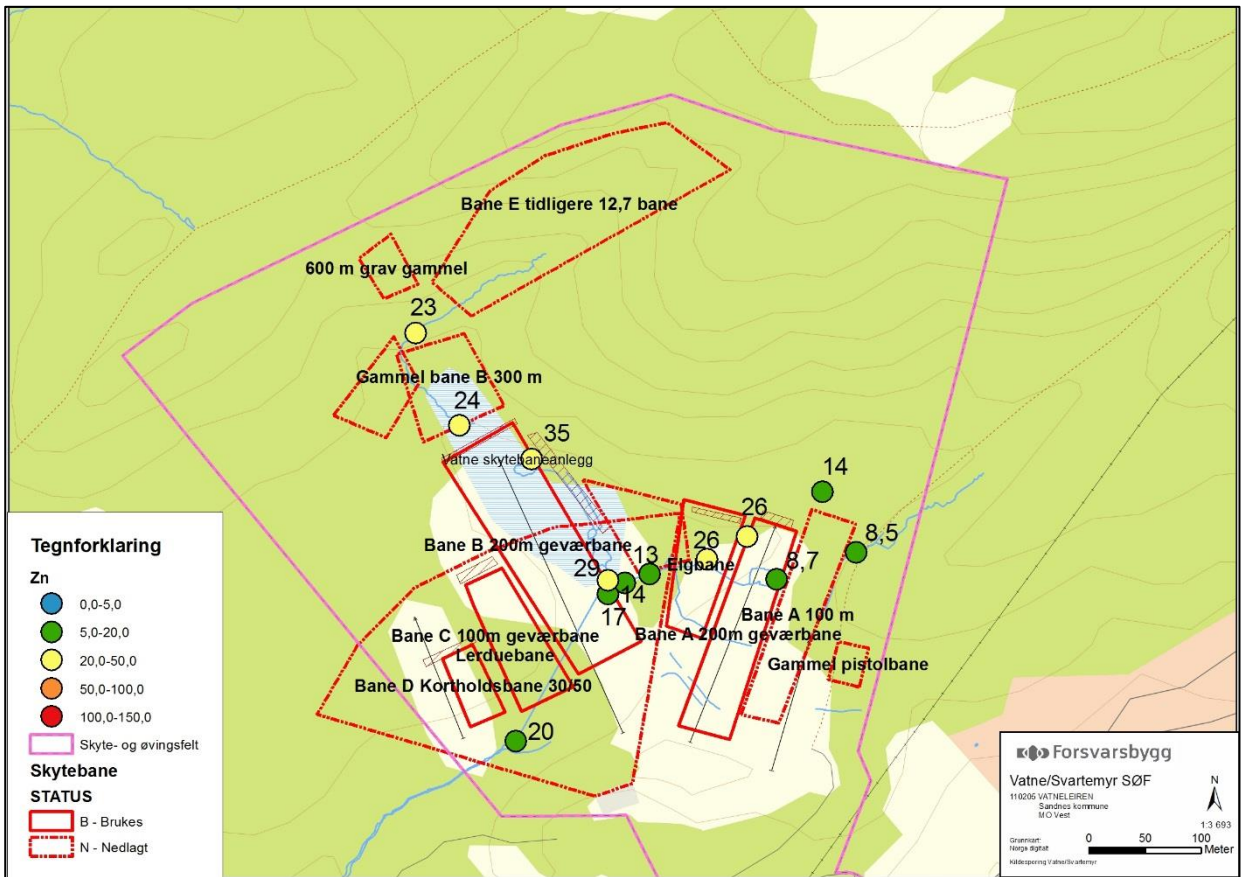


Figur 15: Konsentrasjoner av bly ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt ved Vatnefjell, den 26-27.11.14 og 05.11.14. Farge iht TA-1468/1997 (SFT, 1997)



Figur 16: Konsentrasjoner av sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt ved Svartemyr, den 26-27.11.14 og 05.11.14. Farge iht TA-1468/1997 (SFT, 1997)





Figur 17: Konsentrasjoner av sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i vannprøver tatt ved Vatnefjell, den 26-27.11.14 og 05.11.14. Farge iht TA-1468 (SFT, 1997)

Resultatene fra utvidet kartlegging og kildesporing ved Vatne/Svartemyr SØF viste at avrenningen fra baneanlegget på både Vatne og Svartemyr er betydelig forurenset med hensyn på både kobber og bly (opp mot tilstandsklasse V). Spesielt forhøyede konsentrasjoner av kobber er målt ved bane A (50-53 µg/l) og bane B (33-49 µg/l) på Vatne, samt felt A og B (8,4-14 µg/l) på Svartemyr. Det er også målt forhøyede konsentrasjoner av bly, spesielt ved bane A (38-190 µg/l) og bane B (8,9-140 µg/l) på Vatnefjell, samt felt A og B (14-65 µg/l) på Svartemyr. Banene har hatt flere bruksfaser, hvor det bl.a. har vært skutt uten bakgrunnsvoll og dette har ført til betydelig oppkussning. I tillegg har det vært en del graving og tekniske inngrep som kan ha spredt forurensning i feltet.

I bekken ut av Vatnefjell (V11) ligger konsentrasjonene av bly og kobber i tilstandsklasse V (Pb 26 µg/l, Cu 16 µg/l). 1 km lenger nedstrøms i bekken mot Grunningen (W49) ligger konsentrasjonene av bly og kobber mellom tilstandsklasse II-III (Pb 0,76 µg/l, Cu 2,8 µg/l). Ut av Svartemyr, mot Dybningen, (V1-V3) ligger konsentrasjonene av bly og kobber mellom tilstandsklasse IV-V (Pb 4,8-7 µg/l, Cu 3,6-8 µg/l). Referansestasjonen V12ref er forurenset med hensyn på kobber og prøvepunktet er trolig påvirket av en eller flere eksterne kilder. Punktet vil videreføres, da dette viser at feltet tilføres metaller utenfra. Det er etablert flere nye prøvepunkt for å etablere et bakgrunnsnivå for feltet. Plassering er vist i mer detalj under avsnitt 7.3 og Figur 21. Bioforsk som har overvåket vannforekomstene i feltet, har anbefalt at det gjennomføres tiltak i feltene for å redusere utlekkingen av metaller. Forsvarsdepartementet (FD) har avsatt midler til tiltak mot utlekking av tungmetaller fra Vatne/Svartemyr SØF. På oppdrag fra FD ble det utarbeidet et løsningsdokument med anbefalinger og kostnadsvurderinger av aktuelle tiltak. Forsvarsbygg har i 2014 startet opp forprosjekt for tiltak mot utlekking av tungmetaller fra Vatne/Svartemyr SØF. Det skal videre utarbeides en tiltaksplan for feltet.

## 5.2 MENGDE METALLER OG PÅVIRKNING PÅ VANNFOREKOMSTER OG HOVEDRESIPIENTER

Overvåkingsdataene for avrenning fra Vatne/Svartemyr SØF kan også brukes til å estimere mengdene metall som årlig transporteres i de ulike bekkene (Tabell 8). Det er beregnet høyest utlekking av kobber internt ved bane B på Vatnefjell. Et annet viktig kildeområde for Vatnefjell er bane A. En sentral kilde til utlekking fra disse banene er gammel forurensning bak dagens kulefang. For Svartemyr, er det felt A, B og C som er de viktigste kildeområdene av kobber og bly.

Ved referansepunktet 12ref, som er en viktig tilløpsbekk til Grunningen, er det målt forhøyde konsentrasjoner av flere metaller (Tabell 8). Sammenlignet med de laveste konsentrasjonene målt i vannprøver tatt inne i skytefeltet er det grunn til å tro at bekken er påvirket av andre kilder til metallutlekking enn naturlige forekomster av metaller. Feltet har naturlig forhøyede bakgrunnskonsentrasjoner av sink.

**Tabell 8:** Beregnet mengde metall som transporteres i ulike aktive prøvepunkter (Figur 3, Figur 4, Figur 5). Beregningene er basert på beregnet årlig midlere vannføring i de ulike punktene og gjennomsnittlige konsentrasjoner av metaller i vann målt i vannovervåkingen for Vatne/Svartemyr SØF (2007-2014). Beregnet årlig vannføring er for de fleste punkt beregnet av Sweco (Sweco Norge, 2009). V12ref og V23 er beregnet av Forsvarsbygg.

Prøvepunkt	Bekk/elv/plassering	Cu	Pb	Sb	Zn	Årlig midlere vannføring	Cu	Pb	Sb	Zn
		µg/l				l/sek	kg/år			
V5	Nedstrøms felt A, Svartemyr	11,1	14,5	6,5	32,7	6	2,1	2,7	1,2	6,2
V7a	Ved bane A, Vatnefjell	14,2	28,9	2,8	16,5	6,5	2,9	5,9	0,6	3,4
V7b	Ved bane B, Vatnefjell	26,0	51,7	6,1	25,8	8	6,6	13,0	1,5	6,5
V11	Bekk ut av Vatnefjell**	9,9	15,2	3,8	13,6	14,5	4,5	7,0	1,7	6,2
V23	Bekk nedstrøms felt B og C, Svartemyr	9,4	15,1	4,0	16,2	11	3,3	5,3	1,4	5,7
V1 + V2***	Samlet avrenning fra Svartemyr*	2,4/8,1	2,4/11,2	0,9/2,6	11,1/21,9	5,1/11,9***	3,4	4,6	1,1	10,0
Ref (V12ref)	Referanse i tilløpsbekk Grunningen	2,7	1,5	0,3	13,3	30	2,6	1,4	0,3	12,6

\*Utløp til Dybningen gjennom to kulverter \*\*Utløp til Grunningen \*\*\*Avrenningen fra Svartemyr strømmer ut i Dybningen gjennom to kulverter. Ut fra feltobservasjoner er volumfordelingen vurdert å være 70 % gjennom V1 og 30 % gjennom V2.

Hovedresipienten for Vatne/Svartemyr SØF er Dybningen og det er tatt en vannprøve her i forbindelse med kildesporingen i 2014. I selve Dybningen er det målt moderate konsentrasjoner av kobber (2,4 µg/l, tilstandsklasse III) i overflatevann. Derimot er det lave konsentrasjoner av både antimon (0,64 µg/l) og bly (0,84µg/l) i overflatevannet. Det er videre tatt 2 sedimentprøver (2 grabbprøver) i Dybningen og prøvene hadde lave metallkonsentrasjoner av Pb, Cu og Zn (tilstandsklasse I) med lavt organisk innhold (2,1-4 mg/kg TS).

Vannforekomsten Dybningen utgjør et areal på 0,75 km<sup>2</sup>. Vannet har et gjennomsnittsdyp på 18 m. Det er flere innløpsbekker til Dybningen. Om en teoretisk sier at disse bekkene tilfører Dybningen 23 600 m<sup>3</sup> vann/døgn og at 2200 m<sup>3</sup> eller ca. 10 % av vanttillførselen er avrenning fra Vatne/Svartemyr. Dette medfører ut fra en enkel og konservativ betraktning en ca. 10 ganger fortykning og at konsentrasjonene av bly og kobber som måles på prøvepunktene V11, V1 og V2 teoretisk kan være målbare i konsentrasjoner opp til 1,5 µg/l. Virkeligheten er mer kompleks. Avrenningen fra Vatnefjell strømmer via Grunningen der særlig bly antas å felles ut. Redusert bly/kobberforhold fra V11 til V3 indikerer dette. Vannprøven og sedimentprøvene tatt i Dybningen tyder på at

kobber i liten grad felles ut i sedimentene, men at det holder seg i løst form eller bundet til små partikler som ikke felles ut. For fisk og vannlevende organismer kan kobber være akutt giftig. I Dybningen er det påvist kobberkonsentrasjon tilsvarende tilstandsklasse III. Konsentrasjon for 50 % dødelighet (LC<sub>50</sub>) for regnbueørret er beregnet til 17 µg Cu/l, som ligger langt over det som er påvist i Dybningen (Vedlegg 9.2).

Det er flere kilder til forurensning i både Dybningen og Grunningen og kommunen har planer om å iverksette tiltaksrettede undersøkelser (vannportalen.no). Ut fra dialog med kommunen, er ingen undersøkelser så langt iverksatt.

### 5.2.1 DRIKKEVANNSUTTAK OG EV PÅVIRKNING PÅ DISSE

Det er ingen kjente drikkevannsuttak i området som blir påvirket av aktiviteten på Vatne/Svartemyr SØF.

### 5.2.2 BIOLOGISKE EFFEKTER AV METALLER I VANN

I forbindelse med søknad om tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven har Forsvarsbygg gjennomført en vurdering etter naturmangfoldloven. Den gir mer informasjon om naturmangfold i skytefeltet (Forsvarsbygg, 2015b).

For bl.a. kobber, sink og bly er det utviklet flere modeller (Biotic Ligand Model, BLM) som beregner hvor mye av den totale konsentrasjonen av metaller som faktisk er tilgjengelig, og som gir akutte og kroniske biologiske effekter ved vannkjemien som er i den spesifikke vannforekomsten. I Forsvarsbyggs overvåkingsprogram bestemmes innholdet av total mengde metaller i vannprøvene. Dette er summen av partikkelbundne «utilgjengelige» metaller, metaller bundet til kolloider, og frie biotilgjengelige metallioner og metallkomplekser. Det er de frie metall-forbindelsene som gjerne forårsaker giftvirkning i organismer (Casarett and Doull's, 1992). På bakgrunn av totalmåling av disse metallene og vannkjemien i vannforekomsten, beregner BLM modellen andelen frie metallioner i vannet. Videre beregnes hvorvidt disse ionene vil medføre kroniske eller akutte effekter på akvatiske organismer (fisk og krepsdyr). Dette gjøres på bakgrunn av 13 ulike målte parametere i vannforekomsten, hvor det er surhetsgraden (pH), løst organisk materiale (DOC) og kalsiumioner som i hovedsak bestemmer tilstedeværelsen av biotilgjengelig metall. Det finnes ulike BLM modeller, og flere er beskrevet i Garmo m fl. 2015. I artikkelen kommer det frem at det nylig er utviklet en modell for bly. Denne har Forsvarsbygg forsøkt å bruke for å beregne biotilgjengelig andel bly, men det har så langt ikke gitt troverdige resultater. Deler av årsaken er sannsynligvis at den ikke passer for de vannkemiske forholdene vi har i Norge. Artikkelen gjør en vurdering av ulike modeller, og presiserer at det er en utfordring at opptil 90 prosent av norske vannforekomster har pH eller kalsiumkonsentrasjoner som ligger utenfor området som modellen er validert for. Dette er en begrensning man må ta i betraktning når modellen benyttes. I tillegg mener forfatterne at modellene for kroniske effekter har dårlig datagrunnlag, og ofte beregnet basert på akutte effektnivåer. Artikkelen har fokus på veiavrenning, og foreslår at når det settes grenseverdier ifm utslippstillatelse for veiavrenning brukes 10 ganger BLM grenseverdien.

Dersom det settes grenseverdier for metaller i SØF, ønsker Forsvarsbygg å benytte BLM modeller som støtte, for å vurdere når eventuelle biologiske effekter kan inntre, og f eks finne ut hvorvidt AA-EQS for bly er overskredet. Miljødirektoratet sier det pågår arbeid for å få tilpasset BLM modell for norske forhold.

I forbindelse med vannforskriften er det innført biologiske kvalitetselementer i ferskvann (bunndyr, fytoplankton, strandvegetasjon og fisk). Men i følge Miljødirektoratet (Jon Lasse Bratli og Karen Marie Haug pers.med.) egner disse biologiske kvalitetselementene seg best til å fange opp virkningen av organisk stoff/næringsalter, forurensning eller fysiske endringer. For prioriterte miljøgifter, som bly, er det etablert miljøkvalitetsstandarder (EQS – Environmental Quality Standard). AA-EQS er årlig gjennomsnitt miljøkvalitetsstandard, satt for å beskytte mot negative effekter etter langtids (kronisk) eksponering. MAC-EQS er maksimal verdi miljøkvalitetsstandard, satt for å beskytte mot negative effekter av korttids (akutt) periodevis eksponering. Kobber og sink er per i dag

ikke prioriterte miljøgifter, men Norge har allikevel utarbeidet EQS og tilstandsklasser som vist i Tabell 9 for disse metallene (Miljødirektoratet, 2016). Miljødirektoratet har tatt dem i bruk, men de er per i dag ikke innarbeidet i vannforskriften. Det kommer ikke frem i rapporten hvorvidt verdiene for kobber og sink gjelder for filtrert eller ufiltrert prøve, men vi antar at de gjelder for filtrert prøve.

**Tabell 9:** Forslag til tilstandsklasser for ferskvann (Miljødirektoratet, 2016). AA-EQS er årlig gjennomsnitt miljøkvalitetsstandard. MAC-EQS er maksimal verdi miljøkvalitetsstandard. Verdiene gjelder sannsynligvis for filtrert prøve.

	Klasse I	Klasse II AA-EQS	Klasse III MAC-EQS	Klasse IV	Klasse V (omfattende akutt tox effekt)
Bly	0,02	1,2*	14	57	>57
Kobber	0,3	7,8	7,8	15,6	>15,6
Sink	1,5	11	11	60	>60

\*Miljøkvalitetsstandarden gjelder den biotilgjengelige konsentrasjonen av stoffet

I vedlegg 9.4 har vi sammenstilt analysedata for bly, kobber og sink fra perioden 2014-2016, for de prøvepunktene som ligger i den ene vannforekomsten som mottar avrenning fra skytefeltet, og beregnet AA-EQS og MAC-EQS. For bly har vi beregnet biotilgjengelig andel, og for kobber og sink har vi benyttet analyseresultatene for ufiltrerte prøver.

I vannforekomst «Grunningen bekker» (ID 029-67-R) er det overskridelse av miljøkvalitetsstandard i prøvepunkt 3 og 12ref, og da for sink. Der er konsentrasjonen 15 µg/l sink (Vedlegg 9.4), altså noe over MAC-EQS (Tabell 9). Dette skyldes at feltet har naturlig forhøyede bakgrunnskonsentrasjoner av sink. For kobber, er det ingen overskridelser, verken for MAC-EQS eller AA-EQS (Vedlegg 9.4). For bly, er det ingen overskridelse av MAC-EQS, det er kun overskridelse av AA-EQS for bly i prøve tatt ved utløp til Dybingen (prøvepunkt 3). Gjennomsnittlig konsentrasjon i punktet er 2,6 µg/l, i overkant av 1,2 µg/l som er krav til AA-EQS. Biotilgjengelig andel, beregnet med ligningen i vedlegg 9.4, viser derimot at det er ingen overskridelse av AA-EQS for bly. Oppsummert viser dette at det er ingen overskridelser av miljøkvalitetsstandard for bly, kobber og sink, da beregning av biotilgjengelig andel bly viser ingen overskridelser og konsentrasjonene av sink i punkt 3 er like høyt som i referansepunktet.

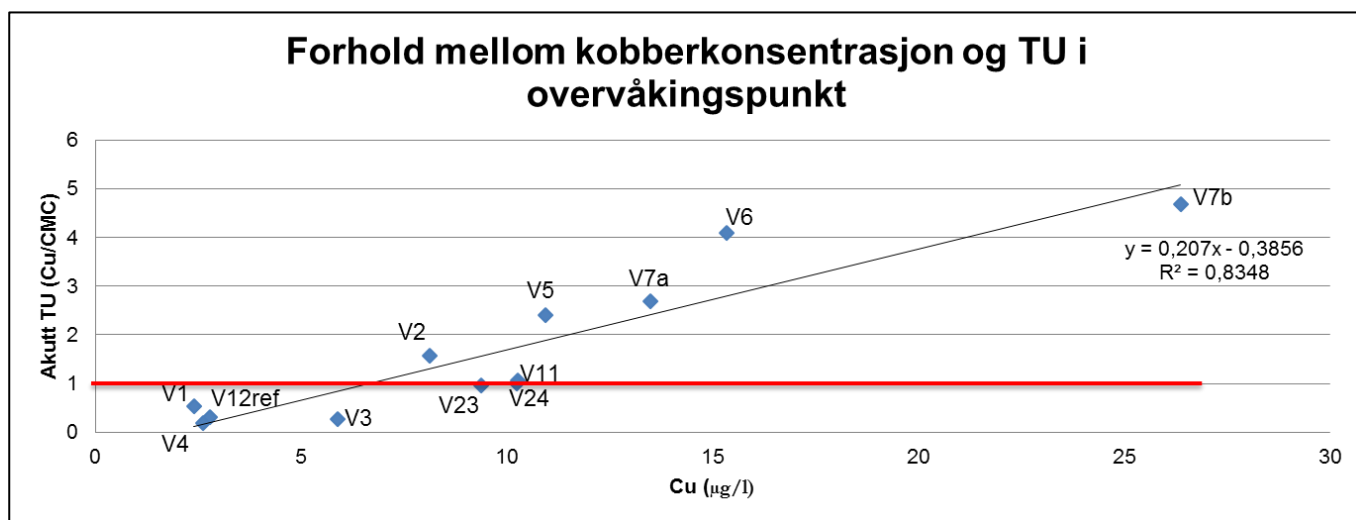
Når det gjelder antimon har forsøk gjennomført ved UMB vist at fisk tåler flere hundre mikrogram per liter. Juvenil laks ble eksponert for 5 mg/l  $K[Sb(OH)_6]$  i 48 timer uten at dødelighet ble observert (Heier et. al upublisert materiale). EURAR 2008 oppgir en PNEC (predicted no effect concentration) for antimon ( $Sb_2O_3$ ) på 113 µg/l. Konsentrasjonene i skytefeltet er langt lavere enn dette.

Vi har benyttet en BLM modell for kobber i flere bekker i Vatne/Svartemyr SØF, for å se hva som er kritiske kobberkonsentrasjoner i disse vannforekomstene (HydroQual, 2007). Konsentrasjoner som er under CMC (Criterion Maximum Concentration) og under CCC (Criterion Chronic Concentration) skal i følge modellen ikke gi hhv akutte og kroniske effekter på organismene. Toksisitetsenheter (TU) beregnes som  $Cu (\mu g/l) / CMC (\mu g/l)$ . I vannprøver hvor  $TU > 1$ , er faren for akutte effekter større enn i vannprøver hvor  $TU < 1$ . Både overvåkingsdata ( $X=218$ ) og prøver fra kildeprobingen i 2014 ( $X=41$ ) ble brukt som input i modelleringene. Beregningene med BLM viser at kobber utgjør et potensielt større biologisk problem enn sink i Vatne/Svartemyr SØF og her diskuteres derfor bare resultatene for kobber. Prøvepunktene inkludert i modelleringen er svært forskjellige og representerer alt fra større bekker til ubetydelige vannsig tett på skytebaner. Det er ikke mulig å beregne BLM for bly i modellen Forsvarsbygg benytter i dag, og derfor har vi ikke gjennomført slike beregninger. Bereg-

ningene gjennomført for kobber ligger i Vedlegg 9.3 og viser at det er spesielt krepsdyr, daphnia, som er følsom for kobberkonsentrasjoner. Spesielt er det episoder med lav pH, lav Ca og organisk innhold (TOC) som øker den akutte toksisiteten til over terskelverdi (TU=1). Høyt innhold av TOC medfører derimot at metallene kan binde seg til partikler og dermed reduseres den giftige løste metallfraksjonen av metallet.

Resultatene viser også at det er variasjoner i hvilke konsentrasjoner som gir effekter i de ulike bekkene og elvene, og det er i tillegg variasjoner ved ulike målinger i samme prøvepunkt (Vedlegg 9.3). I Figur 19 og Figur 20 er det vist eksempler på når effekter inntreffer i hhv mest følsomme organisme i ulike elver. Vannkjemien i vann i Vatne/Svartemyr SØF er innenfor området modellen er validert for (Vedlegg 9.3).

Figur 18 viser forholdet mellom gjennomsnittlig kobberkonsentrasjon og akutt TU i overvåkingspunkter. Figuren viser at det er en lineær sammenheng mellom kobberkonsentrasjoner og mulig biologisk effekt, hvor prøvepunkt V7b, V7a, V6 og V5 har de høyeste beregnede TU-verdiene. Referansestasjonen (V12ref) har TU-verdi under 1.



**Figur 18:** Forhold mellom kobberkonsentrasjon ( $\mu\text{g/l}$ ) og akutt TU i overvåkingspunkter (gjennomsnittlig), kun tatt med prøvepunkter med minst 3 prøvetakingsrunder. Rød linje viser terskelverdi TU=1. To prøvepunkter (V8 og V10) er utelatt fra figuren. Punkt V8 er en uteligger i modellen og er fjernet. Punkt V10 er tatt ut grunnet at dette er et punkt med lav Cu som gir høy TU, og er trolig påvirket av spesielle forhold som grunnvannsutslag. Figuren viser at jo høyere kobberkonsentrasjon, jo høyere sannsynlighet for mulig biologisk effekt.

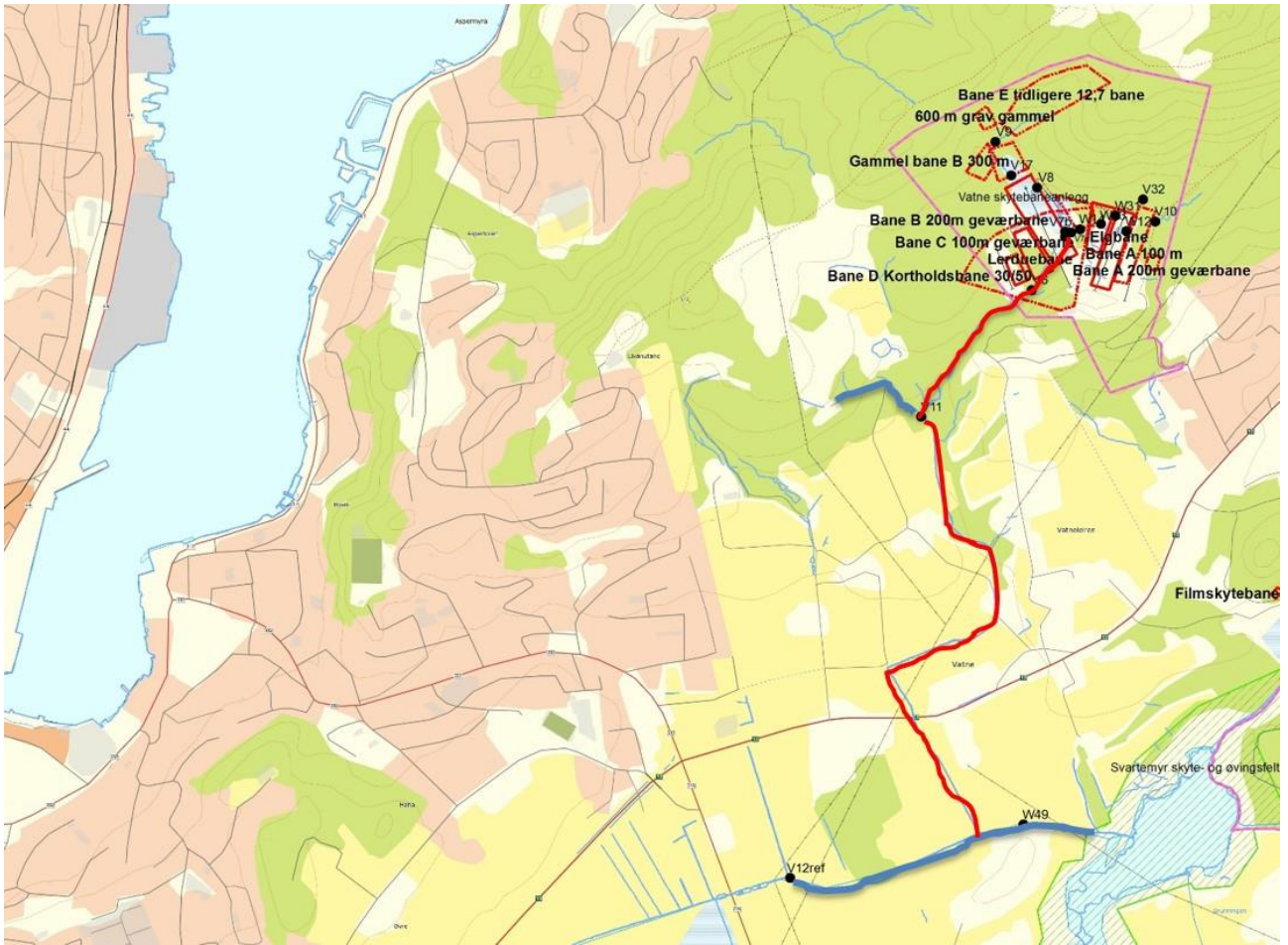
For overvåkingsdataene, er det i visse punkter registrert overskridelser av TU i alle prøvepunkt i hele overvåkingsperioden. For andre punkter er det kun overskridelse for enkelte sesonger (Vedlegg 9.3, Figur 18). Dårlig vannkvalitet og høy TU er registrert ved dagens aktive prøvepunkt V7a, V7b og V11 ved Vatnefjell. Punkt V7a og V7b representerer intern avrenning fra bane A, bane B (hhv 82 og 100 % av prøvene har TU > 1). Punkt V11 representerer avrenning ut fra alle banene på Vatnefjell (44 % TU > 1). Ved Svartemyr, er det registrert dårlig vannkvalitet ved dagens prøvepunkt V5 (86 % TU > 1) og historisk punkt V28 (100 % TU > 1). Punkt V5 representerer i all hovedsak avrenning fra felt A, og øvrige baner (felt I og felt E) oppstrøms. Punkt V28 er et gammelt overvåkingspunkt som representerer avrenning fra nedlagt felt B.

For kildesporingsdataene, er det vist overskridelser av TU (TU > 1) ved 73 % av prøvene. Flere av prøvene er derimot tatt i små sig (vannføring < 1 l/s). For Vatnefjell, er det overskridelser i hele feltet, men ikke i resipienten Grunningen (W49). For Svartemyr, er TU > 1 ved utløpsbekk fra Svartemyr (V1 og V2), men ikke i resipienten Dybningen (W44). Modelleringen er basert på krepsdyr, daphnia, som er de mest følsomme organismene. Spesielt episoder med lav pH øker den akutte toksisiteten til over terskelverdi (TU > 1). Det er generelt registrert

en følsom vannkvalitet i store deler av feltet, som er preget av lav Ca og stedvis lav TOC og pH. Dermed vil en større andel av kobberet være biologisk tilgjengelig.

BLM modelleringen viser at de mest følsomme organismene (krepsdyr) kan påvirkes negativt av kobberkonsentrasjonene ved de mindre bekkene i Svartemyr. I bekkestrengen mot Dybningen (bekk som passerer felt C, D, F og G), er det egnede gyteplasser og dette er en antatt gytebekk for ørret. Det er også gjennomført modellering på regnbueørret. Modellen har derimot ingen utslag (akutte effekter på ørret) basert på dagens aktive punkter, kun ved historiske punkter (punkt V8 og V9) ved bane E og bane B på Vatnefjell. Disse er ikke økologisk relevant som gytebekker. Modelleringen er derimot basert på kun en prøvetakingsrunde og gir et svakt statistisk grunnlag.

Når Forsvarsbygg i fremtiden skal vurdere hvorvidt en eventuell økning i kobberkonsentrasjon faktisk har biologiske effekter, ønsker vi å benytte BLM modellen eller en lignende modell, som faktisk ser på biotilgjengelighet og biologiske effekter.



**Figur 19:** Resultater fra BLM Vafnefjell basert på en prøvetakingsrunde. Rød farge viser områder hvor de målte konsentrasjonene av kobber kan gi negative akutt biologisk effekt på daphnia, blå farge områder hvor dette er lite sannsynlig.





**Figur 20:** Resultater fra BLM Svartemyr basert på en prøvetakingsrunde. Rød farge viser områder hvor de målte konsentrasjonene av kobber kan gi negative akutt biologisk effekt på daphnia, blå farge områder hvor dette er lite sannsynlig.

## 6 VURDERING AV BANEANLEGGENE I VATNE/SVARTEMYR SØF I FORHOLD TIL BEHOV FOR TILTAK

### 6.1.1 BESKRIVELSE AV METALLAVRENNING FRA BANENE

#### **Svartemyr**

Alle banene ved Svartemyr drenerer via ulike bekkesig ut i Dybningen.

Felt A, felt E, felt I, felt J, felt K og felt H har avrenning til prøvepunkt V5. Prøvepunkt V5 har en svakt nedadgående trend i konsentrasjon av bly over tid, men ingen tydelig trend kan ses for kobber. Det er i all hovedsak felt A som er hovedkilden til forhøyet utlekking av kobber i området. Felt A er en gammel feltskytebane, som i dag har en sandig 180 graders voll midt i baneløpet. Det har tidligere blitt skutt betydelig på fjell. Ombyggingen på felt A medførte også en del inngrep i myr ved tidligere byggeperiode.

Felt D er en kortholdsbane med avrenning til V1 som renner ut i Dybningen. Pistolbanen (felt G) kan drenere til både V1 og V2. Disse prøvepunktene fanger opp avrenning fra alle banene på Svartemyr.

Felt B og felt C har avrenning til V23. Ingen av banene er i bruk i dag og prøvepunktet har en nedadgående trend i utlekking av bly. Ingen trend er observert for kobber. Felt B har preg av betydelig bruk. Baneløpet er delvis sterkt erodert og består nå av stein, berg og lite løsmasser (skrint jordsmonn). Det er skutt mye på stein og fjell (harde flater), og dette har medført knusing av prosjektiler. Banen har et betydelig utlekkingspotensiale og noe forurenset jord ligger nok også mellom steiner i ulendt terreng. En del forurensning er vasket ut og sedimentert i branndammen midt i feltet. Ved felt C er det skutt i begge retninger på baneområdet, og det er lokalisert et fyllingsområde ved banen. Miljøtekniske grunnundersøkelser (Vedlegg 9.5 har vist lave konsentrasjoner av organiske forbindelser (PCB, PAH, benzo(a)pyren og oljeforbindelser) og metaller i tilstandsklasse 1-2 (meget god god tilstand) med unntak av et prøvepunkt hvor sink ble målt til tilstandsklasse 3 (moderat forurenset). Fyllingsområdet ligger lokalisert ved felt C. Dette gjør det vanskelig å få tatt en vannprøve som fanger opp avrenning fra kun fyllingsområdet alene. Prøve V1 (feltnummer) har foruten metaller fra håndvåpenammunisjon også påvist høy konsentrasjon av kvikksølv. Det vil tas ytterligere prøver for stedfeste om kvikksølvet stammer fra fyllingen eller om det finnes andre kilder.

Ved gjennomføring av miljøteknisk grunnundersøkelse og sjakting i fyllingsområdet ved felt C ble det observert både jernskrot, kabel/ledninger, vannslange, lampeskjerm, murstein, asfalt og beting. Langs bekkestrengen ved felt C ble det observert et forsøplet område med bl.a. asfalt, gamle batterier og søppelsekker. Elektrisk utstyr kan være kilde til f.eks. kvikksølv. Deponerte plastsekker ble observert over et langstrakt område på 80-100 m og det estimeres et gjenfylt søppelområde på ca. 1700 m<sup>2</sup> (noe usikkert). På en del av deponiområdet vokser det parkslirekne, som er en svartelistet plante. Dette vil gjøre evt. tiltak mer komplekse pga. særlig forholdsregler som må tas.

Det er tatt overflateprøver av sediment med grabb i branndammer og bekker ved Svartemyr, samt hovedresipienten Dybningen (Forsvarsbygg 2014a). I bekkestreng ved Svartemyr er det målt lave konsentrasjoner av metaller i sedimentene (tilstandsklasse I). Det er kun i sedimentene i branndam nedstrøms felt B (Sed2) at det er målt forhøyede metallkonsentrasjoner (8300 mg/kg TS bly). Sedimentprøvene tatt i hovedresipienten Dybningen (Sed6 og 7) viste lave konsentrasjoner av metaller (32-36 mg/kg TS bly). Vannprøve tatt i Dybningen viste moderate overflatekonsentrasjoner av kobber (2,4 µg/l), men lave konsentrasjoner av både antimon og bly.

## **Vatnefjell**

Alle banene ved Vatnefjell drenerer via en bekk ut i Grunningen, og deretter via en kanal ut i Dybningen. Hele feltet på Vatnefjell har avrenning til dagens aktive prøvepunkt V11, som fanger opp avrenning fra bane A-D, samt nedlagt pistolbane og leirduebane på Vatnefjell. Metallkonsentrasjonene for V11 har i perioden 2008-2014 vist en økende trend for kobber, men ingen tydelig trend for bly.

Hovedkilden til metallutlekkingen ved Vatnefjell er bane A og bane B (hhv. 2,9 og 6,6 kg Cu/år). Det er også beregnet stor utlekking av bly ved bane A og B (hhv. 5, 9 og 13 kg Pb). Historisk sett har banene hatt flere bruksfaser hvor det har blitt skutt mot naturlig terreng med en del fjell og berg (knusningsområder). Dette arealet ligger nå bak dagens kulefangervoll og er sterkt forurenset. Det har også foregått en del graveaktivitet, ombygging av baner og flytting på masser som gjør at forurensning kan være spredt over hele området. Tiltak skal gjennomføres ved baneområdet for å redusere den økende trenden med økt utlekking av kobber fra Vatnefjell.

Det er også etablert et referansepunkt på Vatne (V12ref) som er vist seg å være forurenset med hensyn på kobber. Punktet er påvirket av en ekstern kilde. Det er etablert nye referansestasjoner for feltet.

### **6.1.2 OPPSUMMERING**

Hovedkildene til metallavrenning fra Vatne/Svartemyr SØF er bane A og B ved Vatnefjell, samt felt A og B ved Svartemyr. Her har det vært flere bruksfaser og blitt skutt betydelig på fjell og berg. I tillegg har det vært en del gravevirksomhet og ombygging på banene. I følge BLM modellen, er det ikke modellert noen biologisk påvirkning på Grunningen eller Dybningen. Tiltak skal derimot gjennomføres for å redusere den økende trenden med økt utlekking av kobber fra Vatnefjell, samt redusere utlekkingen av bly. I forbindelse med gjennomføring av tiltak, må det utføres overvåking i feltet.

Det er planlagt oppgradering og nyetablering av baner ved Svartemyr og Vatnefjell i 2017/2018. I den forbindelse skal gjennomføres ekstra overvåking for å påse at dette ikke fører til uønskede virkninger i resipientene. Referansepunktet på Vatne (V12ref) er forurenset med hensyn på kobber og viser at feltet tilføres metaller utenfra. Det er etablert nye referansestasjoner for feltet, i tillegg til dagens V12ref.

På oppdrag fra Forsvarsdepartementet er det utarbeidet et løsningsdokument med anbefalinger og kostnadsvurderinger av aktuelle tiltak. I 2014 har Forsvarsbygg startet opp et forprosjekt for tiltak mot utlekking av tungmetaller fra Vatne/Svartemyr SØF. Det skal videre foretas en utvidet kartlegging av feltet i løpet av 2017 og utarbeides en tiltaksplan for feltet.

### **6.1.3 PLANER FOR ENDRET BRUK**

Det foreligger planer om endret bruk for feltet, hvor det skal oppgraderes/nyetableres baner ved Svartemyr og Vatnefjell i løpet av 2017/2018:

- To kortholdsbaner ønskes avvirket pga. støy
- Behov for flere kortholdsbaner
- Ombygging av bane A (200m) til kortholdsbane (-er)

Planen er fortsatt under revidering i 2016.

# 7 OVERVÅKINGSPROGRAM FOR VATNE/SVARTEMYR SKYTE- OG ØVINGSFELT.

## 7.1 AKSEPTKRITERIER OG MILJØMÅL

Forsvarsbygg har som policy at aktiviteten ikke medfører forverring av miljøtilstanden utenfor skyte- og øvingsfeltet. Der dette ikke er mulig er målet å unngå økning i metallutlekking ut fra dagens forurensningsstatus, og på sikt redusere metallavrenningen.

I arbeid med utslippstillatelse og mal for denne, har Miljødirektoratet påpekt at det er viktig å ha fokus på status ved skytefeltgrensen, samt å beskytte hovedvassdragene. Forsvarsbygg foreslår å definere Dybningen som den viktigste resipienten (hovedresipient) som kan påvirkes av skyte- og øvingsaktiviteten.

## 7.2 FORMÅLET MED OVERVÅKINGSPROGRAMMET

Håndvåpenskytebaner er forurenset med metallene bly og kobber, og kan være forurenset med sink og antimon. Derfor vil det normalt være forhøyede metall konsentrasjoner i sig og bekker nær disse skytebanene. I skytefelt som har vært brukt i mange år er utlekkingen allikevel ganske stabil. Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt har vært overvåket med hensyn på metaller i 8 år. Avrenningen er noe forhøyet internt og ut av feltet med dels lav TOC og kalsium i enkelte områder. Selv om Forsvaret skulle endre på treningsmomenter eller mønster på øvinger, forventes det ikke endringer i miljøtilstanden i tiden framover. Overvåking i bekker og elver gjennomføres for å kontrollere at utlekking fra skytebanene ikke øker, og at det er minimal påvirkning i de større resipientene.

## 7.3 FORSLAG TIL OVERVÅKINGSPROGRAM

Overvåkingsprogrammet er vist i Tabell 10, Tabell 11 og Figur 21. Det er vist at dagens referansepunkt (punkt 12ref) er påvirket av en ekstern kilde. Det vil derfor etableres nye referansepunkter for feltet, i tillegg til dagens V12ref.

Vedrørende skytebaner skal prøvepunktene fange opp avrenning fra de aktive skytebanene. Dagens punkt V23 fanger opp avrenning fra to nedlagte baner, men vil likevel videreføres i perioden frem mot tiltak. Dette vil etablere et baseline-nivå av kobber og bly før opprydding tar sted på Svartemyr. Som nevnt over har metallavrenningen vært noe variabel i Vatne/Svartemyr SØF. Det vil bli tatt prøver hvert år, med to prøverunder i det året hvor det tas prøver.

I forbindelse med vedlikehold eller oppgradering på skytebaner og arbeid i forurenset grunn, skal det vurderes å gjennomføre et ekstra måleprogram for å påse at anleggene ikke fører til uønskede virkninger i resipientene.



Figur 21: Forslag til prøvepunkt ifm fremtidig overvåkingsprogram.

Tabell 10: Forslag til analyseparametere og hyppighet av prøvetaking i overvåkingsprogrammet.

	Parametere	Hypighet	Prøvestasjoner	Tiltak ved ev. økende trend i metall-utlekkning
<b>Normal overvåking fra skytebaneavrenning</b>	Ufiltrert prøve. Bly, kobber, antimon, sink, pH, ledningsevne, totalt organisk karbon, jern, kalsium og turbiditet	Hvert år.  To prøverunder i det året hvor en overvåker.	3,5, 7a, 7b, 11, 12ref, 23, 39, 40	Undersøke årsak, vurdere resipientens sårbarhet og bruk av BLM for å vurdere giftighet. Ved behov vurdere mulige tiltak, kost-nytte, ev konsekvenser av tiltaket. Se 4.5.
<b>Ekstra overvåking skal vurderes ved graving/anleggsdrift i forurensede områder</b>	Avhengig av forurensning (metaller, eksplosiver, hvitt fosfor og olje)	Før og etter graving, samt en del prøver under graving.	Avhengig av hvor det utføres anleggsdrift	Ev. stoppe graving, og iverksette tiltak for å redusere forurensning.
<b>Mellomlagring av forurensede masser</b>	Ufiltrert prøve. Bly, kobber, antimon, sink og turbiditet	To ganger årlig, hvert år i perioder der det aktuelle mellomlageret er i bruk.	Avhengig av hvilket lager som brukes.	Forbedre tildekking av massene.

**Tabell 11:** Mer informasjon om prøvepunktene i overvåkingsprogrammet: hvilke bekker og elver de er plassert i, årsmiddel vannføring beregnet ut i fra areal på nedbørsfelt og årlig midlere avrenning, samt oversikt over hvilke baner de mottar avrenning fra.

Prøvepunkt	Bekk/Elv	Årsmiddel vannføring (l/s)	Drenerer banene (aktive baner)	Kommentar
V3	Stor bekk	280	Alle baner fra Vatnefjell, samt landbruksområde.	Ved utløp til Dybningen
V5	Liten bekk	6	Felt A, sprengningsfelt, blindgjengerfelt, felt I og felt E	
V7a	Liten bekk	7	Bane A, elgbane, nedlagt feltskytebane og kortholdsbane	
V7b	Liten bekk	9	Bane B og tre nedlagte baner	
V11	Liten bekk	10	Alle skytebaner på Vatnefjell	
V12ref	Liten bekk	30		Ref
V23	Liten bekk	11		
V39	Liten bekk/vann			Nytt ref.punkt
V40	Branndam			Nytt ref.punkt

## 7.4 BRUK AV GRENSEVERDIER FOR METALLAVRENNING FRA FORSVARETS SKYTE- OG ØVINGSFELT

Forsvarsbygg mener at det vil være rimelig å sette vilkår i forhold til metallutlekking til bekker og elver ifm en tillatelse for virksomhet etter forurensningsloven. Det er imidlertid en del faktorer som gjør det vanskelig å ha en felles grensesetting for alle SØF. Selv om ulike SØF får ulike grenseverdier, mener vi det bør gjøres en vurdering på hva formålet med grenseverdiene er, hva grenseverdiene skal baseres på og hva som er mulig å gjennomføre av tiltak dersom verdien overskrides.

I dette kapitlet foreslår vi hvordan man kan sette vilkår for ulike skyte- og øvingsfelt. Vi håper dette kan danne grunnlag for en diskusjon mellom Forsvarsbygg og myndighetene til å komme frem til en best mulig løsning for hvert enkelt skyte- og øvingsfelt.

#### **7.4.1 DAGENS OPPFØLGING AV SØF**

Forsvarsbygg gjennomfører overvåking i alle SØF, og vurderer hvor det er behov for tiltak. SØF med høyest risiko for negative miljøeffekter blir prioritert ift tiltak og ressurser. I tillegg blir det årlig brukt flere titalls millioner på å sanere forurenset grunn i skyte- og øvingsfelt som skal ut av Forsvarets bruk. Der det bygges nye skytebaner eller gjøres vesentlige oppgraderinger, forsøker Forsvarsbygg å gjøre skytebanene avrennings sikre i den grad dette er mulig og forsvarlig ift kost-nytte.

Forsvarsbygg har gjennom flere års erfaring med overvåking av SØF ervervet kunnskap om hva som øker metallutlekking fra SØF. Forsvarsbygg jobber med å lære opp skytefeltadministrasjon og viktige brukere av skytefeltene slik at de kjenner til hva de selv kan gjøre for å unngå økt metallutlekking, og hva de kan gjøre for å redusere metallutlekking. På denne måten pågår et kontinuerlig arbeid med å redusere metallutlekking fra SØF.

I SØF hvor Forsvarsbygg nå søker om tillatelse, vil vi be myndighetene legge vekt på internkontrollen og prioriteringen Forsvarsbygg har hatt gjennom flere år. Myndighetene må gjerne sette grenseverdier for å ha en viss kontroll og oversikt over hva som lekker ut til omgivelsene. Forsvarsbygg vil ved en overskridelse sjekke ut årsak til overskridelsen, hvilken effekt økningen har på den aktuelle bekken, hvilken effekt det har på resipienter nedstrøms, og vurdere hvilke tiltak som er nødvendige eller mulige. Forsvarsbygg presiserer at selv om en grenseverdi overskrides, er det ikke nødvendigvis mulig å redusere metallkonsentrasjonen i bekken, i alle fall på kort sikt.

#### **7.4.2 FORSLAG TIL BRUK AV GRENSEVERDIER**

Arealet inne i et skyte- og øvingsfelt er avsatt til øving med våpen, og det er med dagens teknologi umulig å unngå forurensning her. Miljødirektoratet har uttalt at eventuelle grenseverdier i bekker og elver er mest fornuftig å bruke ved skytefeltgrensen (Harald Sørby og Roar Gammelsæter, Miljødirektoratet). Forsvarsbygg vil i tillegg, som en del av internkontrollen, overvåke prøvepunkt tettere inntil aktive baner, for å kontrollere og fange opp hvorvidt det er økninger i metallutlekking. Da har vi en mulighet til å iverksette tiltak for å unngå økning i metallutlekking og overskridelser av eventuelle grenseverdier.

#### ***Bekker og elver med lave konsentrasjoner av metaller***

Noen felt har stort sett lave konsentrasjoner av metallene bly, kobber, antimon og sink i bekker og elver pga gunstige grunnforhold som medfører lav korrosjon og lav mobilitet av metallene, og gjerne høy fortykning av metallkonsentrasjonene pga metallene havner i større bekker og elver. Dette gjør det utfordrende å sette vilkår basert på konsentrasjoner, da lave grenseverdier kan bli vanskelige å overholde pga naturlige bakgrunnsforekomster av metaller. I mange SØF er det ikke mulig å verifisere bakgrunnskonsentrasjonene fordi områdene påvirket av ammunisjonsrester er betydelig større enn de naturlige metallforekomstene og det er i praksis umulig å finne bekker som er upåvirket. Høyere grenseverdier kan ha liten funksjon i større elver, fordi det skal store mengder metaller til for å ha en målbar økning i metallkonsentrasjon i elven. Alternative vilkår som sier at metallkonsentrasjoner i bekkene ikke skal øke utover dagens nivå kan sette begrensninger på et SØF som faktisk kan tåle mer intensiv bruk. Der det er praktisk mulig vil det være bedre å øke bruken av robuste felt og redusere belastningen av mer sårbare felt. Da må grenseverdiene settes slik at det er rom for dette.

Anbefaling:

I SØF-bekker/elver med lave konsentrasjoner av metaller, settes et generelt mål om EQS (miljøkvalitetsstandard) for å følge vannforskriften. Dette forutsetter at bakgrunnsnivåer av metallene er godt under EQS.

### **Bekker og elver med middels konsentrasjoner av metaller**

I SØF der forurensningsnivået generelt ligger over EQS, og det ikke er realistisk å oppnå EQS, foreslår vi at grenseverdien baseres på dagens aktivitet og nivå. Formålet er å kontrollere at metallforurensningen ikke øker utover dagens nivå. Her settes en spesifikk grenseverdi for hver enkel bekk/elv som forlater skytefeltet. BLM kan og brukes som eventuell støtte når man setter forslag til grenseverdi, der bekker og elver faktisk har stor økologisk verdi. Garmo m fl (2015) har f eksempel foreslått at grenseverdi ift veiavrenning settes til 10 ganger BLM-grense. Hvorvidt dette er fornuftig for bekker i SØF må vurderes i hvert enkelt tilfelle. I hovedprinsipp gjelder at forurensningen ikke skal øke utover dagens nivå.

Anbefaling:

I SØF-bekker/elver med middels konsentrasjoner av metaller settes spesifikke grenseverdier for hver enkelt bekk/elv, og da fortrinnsvis nær skytefeltgrensen.

### **Bekker og elver med høye konsentrasjoner av metaller**

I enkelte SØF har Forsvarsbygg allerede planlagt tiltak for å redusere forurensningsnivået i bekkene. I disse feltene er det laget en fremdriftsplan som inneholder en mer detaljert kartlegging av forurensningen, vurdering av på hvilke baner det er behov for tiltak, utarbeidelse av tiltaksplan med godkjenning hos kommunen, samt gjennomføring av tiltak. Da det allerede er planer om tiltak er det lite hensiktsmessig å sette grenseverdi. Istedenfor ønsker vi en dialog for å få på plass en tiltaksplan som på sikt skal redusere utlekkingen. En tiltaksplan kan også inneholde tiltak mht. drift og bruk av banene.

Anbefaling:

I SØF-bekker/elver med høye konsentrasjoner av metaller settes ingen grenseverdier. Forsvarsbygg skal i samarbeid med forurensningsmyndighetene etablere tiltaksplaner for reduksjon av utlekkingen.

## **7.5 GRENSEVERDIER FOR METALLAVRENNING FRA VATNE/SVARTEMYR SKYTE – OG ØVINGSFELT**

Vannavrenningen fra Vatne/Svartemyr SØF er preget av høye konsentrasjoner av metaller. Dybningen er en stor resipient, som via flere bekkesystem mottar avrenning fra alle aktive og nedlagte baner i Vatne/Svartemyr SØF. Analysedata av total-analyser (ufiltrerte prøver) har vist overskridelse av miljøkvalitetsstandard for bly (AA-EQS) i bekkesystemet som har utløp til Dybningen. Beregning av biotilgjengelig andel bly viser derimot ingen overskridelser. Kildene til forurensning i Dybningen kan være flere, da Dybningen også er resipient for avrenning fra både landbruk, boligområder, industri og vei. Det er vanskelig å knytte grenseverdier direkte til Forsvarets aktivitet alene.

Forsvarsbygg har planlagt tiltak for å redusere forurensningsnivået i avrenningen fra skytebanene i Vatne/Svartemyr SØF. Forutsatt finansiering og godkjenning av tiltak, skal iverksetting av tiltak starte i 2018. Da det allerede er planer om tiltak er det lite hensiktsmessig å sette grenseverdier i bekkene før tiltak er gjennomført. Istedenfor ønsker vi en dialog for å få på plass en tiltaksplan som på sikt skal redusere utlekkingen. En tiltaksplan kan også inneholde tiltak mht. drift og bruk av banene.



## 8 REFERANSER

- Casarett and Doull's Toxicology. 1992. The Basic Science of Poisons. McGraw-Hill International Editions.
- Cousins, A.P., Jönsson, A. og Iverfelt, Å. 2009. Testing the Biotic Ligand Modell for Swedish surface water conditions – a pilot study to investigate the applicability of BLM in Sweden. IVL, Swedish Environmental Research Institute. 2009.
- FFI - Forsvarets forskningsinstitutt. 2014. Utskrift fra miljødatabasen per. april 2014.
- Forsvarsbygg, 2005. Rasmussen, G. og Søyland, R. Resultater fra historisk kartlegging av bruk av hvitt fosfor i Troms, 21.-23. september 2004.
- Forsvarsbygg 2015a. Banebeskrivelser for Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt. Futura rapport 712/2015.
- Forsvarsbygg 2015b. Vurdering etter naturmangfoldloven for Svartemyr-Vatne skyte- og øvingsfelt. Grunnlagsdokument til søknad om tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven. Futura rapport 741/2015.
- Garmo, Ø., T. Hertel-Aas, S. B. Ranneklev og S. Meland. Vurdering av biotilgjengelighetsmodeller som verktøy for karakterisering av resipienters sårbarhet for metallforurensning fra veg. Vann, 03 2015.
- Gjemlestad, L. J. og S. Haaland. 2010, 2011, 2012, 2013. Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt. Program Tungmetallovervåkning.
- Heier, Lene Sørli. 2014. Post doc student ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- HydroQual, 2007. The Biotic Ligand Model Windows Interface, Version 2.2.1: User's Guide and Reference Manual, HydroQual, Inc, Mahwah, NJ, February 2007.
- Johnsen, A., T. Engen Karsrud, H. K. Rossland, A. Larsen, A. Myran og K. Longva. 2008. Forurensninger av eksplosiver i Forsvarets skyte- og øvingsfelt – forundersøkelse av ulike baner med vekt på prøvetakingsmetoder. FFI-rapport 2008/00535.
- Johnsen, A. 2009. Vurdering av kjemiske stoffer i ammunisjon. FFI rapport 2009/02048, 1. desember, 2009.
- Karsrud, T.E., A. Johnsen, A. Strømseng, M. P. Parmer, H. K. Rossland og E. Mariussen. 2010. Transport av eksplosiver – utlekking av eksplosiver under episode. FFI-rapport 2010/00431.
- Lydersen, E., S. Løfgren, R.T. Arnesen. 2002: Metals in Scandinavian Surface Waters: Effects of Acidification, Liming, and Potential Reacidification, *Env. Sci. & Techn.*, 32(2&3):73-295
- Miljødirektoratet 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn - veileder. TA 2553.
- Miljødirektoratet, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Rapport M-608/2016.
- Rognerud, S. 2006. Overvåking av metallforurensning fra militære skytefelt og demoleringsplasser. Resultater fra 15 års overvåking. NIVA rapp nr. 5162-2006 (utgitt årlige rapporter fra 1992).
- SFT. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. SFT, Veiledning 97:04
- Sweco Norge as/Forsvarsbygg 2006, 2007, 2008 og 2009. Avrenning fra Forsvarets skyte- og øvingsfelt. Overvåking av vannforurensning. Program Grunnforurensning.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Health Advisories for Drinking Water Contaminants, Office of Water Health Advisories. Lewis Publishers, Ann Arbor. 1993.

## 9 VEDLEGG.

### 9.1 ANALYSERESULTATER FRA OVERVÅKINGSPROGRAMMET

Konsentrasjoner av metaller i prøver fra vannprøvepunkt i Vatne/Svartemyr skyte- og øvingsfelt. For konsentrasjoner som er under deteksjonsgrense, er halve deteksjonsgrensen benyttet. Deteksjonsgrensen har stort sett vært Cu 1 µg/l, Pb 0,6 µg/l, Sb 0,2 µg/l og Zn 4 µg/l.

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
1	19.4.2007	2,5	2,3	0,35		3	5,9	0,5	7,4		16
1	23.8.2007	7,9	2,4	0,14	13,3	0,25	6,9	0,5	7,8		2,5
1	20.11.2007	2,8	1,7	0,23	12,7	1,6	6,9	0,5	2,2		11
1	12.3.2008	2,66	1,18	0,1	9,4	0,628	7,16	0,739	2		9,98
1	26.5.2008	3,13	1,92	1,29	9	2,46	6,91	1,15	2,4		9,02
1	25.8.2008	5,83	5	1,23	25,6	9,41	7,54	0,75	8,9		20
1	28.11.2008	2,81	1,59	0,199	9,02	0,883	6,71	1,04	2,54		12,6
1	18.6.2009	2,67	4,21	0,648	7,79	2,34	6,64	0,882	6,48		11
1	17.9.2009	2,7	1,22	0,181	8,53	0,645	6,86	1,82	1,51		7,9
2	19.4.2007	3,8	10	0,5		26	5,9	5,5	8,1		32
2	23.8.2007	3,1	15	1,5	12	17	6,9	4,3	12		22
2	20.11.2007	3,2	5,9	0,51	7,9	6,9	6,2	2,8	5,2		22
2	12.3.2008	2,45	6,81	0,464	7,2	12,5	7,18	3,19	4		25,3
2	26.5.2008	3,73	7,18	1,31	8,7	8,47	6,62	1,67	6,5		16,3
2	25.8.2008	3,21	6,61	1,35	7,8	13,5	7,1	3,16	10,5		13,7
2	28.11.2008	9,96	2,2	2,13	12,2	0,3	6,72	0,05	7,68		22,2
2	18.6.2009	14,4	3,13	3,81	15	0,665	6,98	0,12	9,19		18,5
2	17.9.2009	3,66	16,3	2,04	6,92	15,9	6,57	2,6	11,9		25
3	19.4.2007	11	2,3	0,71		1,7	6,7	0,5	10		12
3	23.8.2007	12	3,1	1,5	16,2	1,7	6,5	0,5	15		9,6
3	20.11.2007	12	2,9	1,1	15,8	2,7	6,5	0,5	8,9		11
3	12.3.2008	8,08	3,8	2,05	12,4	4,73	7,79	0,38	6		15,7
3	26.5.2008	15,6	1,7	1,35	18,9	1,72	7,24	0,452	8,3		4,53
3	25.8.2008	17,8	2,19	1,96	18,9	4,3	7,45	1,44	12,6		2
3	28.11.2008	12,6	2,16	1,18	17,3	2,74	7,11	0,423	7,11		11,9
3	18.6.2009	15,4		1,73	21,5	3,99	7,29	0,372	8,63		21,1
3	17.9.2009	15,5	2,32	2,51	18,2	3,74	7,11	0,462	12,7		8,76
3	8.10.2010	20,6	3,31	1,87	27,2	3,09	7,25	0,957	9,84		9,34
3	22.10.2010	13,6	4,69	1,95	16,7	3,55	7,25	0,378	12,6		15
3	10.6.2011	14,1	2,87	0,978	18,6	1,5	7,23	0,575	10,4		8,64
3	20.11.2011	12	4,66	2,57	14,9	6,11	7,19	0,585	11,7		25,5
3	10.6.2012	19,3	2,11	1,57	20,9	1,38	7,5	0,253	7,66	6,93	4,45

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
3	3.10.2012	9,93	4,1	1,94	10,8	4,17	7,16	0,678	11,3	30,4	16,1
3	12.6.2013	20	2,6	1,2	25,8	1,6	7,2	0,32	9,9	14	6
3	30.10.2013	12	4,7	1,5	13,9	3,6	6,8	0,63	12	27	13
3	13.5.2014	16	2,4	0,98	19,5	1	7	0,4	7,6	3,9	4
3	4.11.2014	13	4,7	1,4	15	5	6,9	0,5	16	52	15
3	26.6.2015	18	3	1,4	19,1	1,6	7,1	0,42	8,8	11	5,2
3	2.11.2015	19	3,8	2,2	20	2,8	6,9	0,34	14	23	7,0
3	23.6.2016	27	1,7	2,8	28,3	1,2	7,1	0,31	10	7,9	3,0
3	22.11.2016	16	3,7	1,8	18	3,7	7	0,34	10	28	11
4	19.4.2007	12	2,7	0,66		1,6	6,8	0,5	11		10
4	23.8.2007	12	2,6	1,7	16,2	1,9	6,5	0,5	15		9
4	20.11.2007	11	2,9	1,1	15,3	2,3	6,5	0,5	8,6		11
4	12.3.2008	8,3	2,81	2,29	12,5	4,64	7,78	0,425	6		15,7
4	25.8.2008	17,8	2	1,78	19,1	4,29	7,5	1,22	13,4		2
4	28.11.2008	12,5	2,67	1,11	15	2,51	6,84	0,369	9,78		10,7
5	19.4.2007	2	11	0,23		29	6,2	7	5,7		32
5	23.8.2007	3,2	18	1,4	7,2	16	6,4	9,9	6,2		50
5	20.11.2007	3	9,2	0,49	7,35	9,8	6,4	7,1	2,3		45
5	12.3.2008	2,36	9,46	0,311	7	16,6	7,28	8,45	2		36,5
5	26.5.2008	4,77	10,3	1,44	9,7	6,69	6,84	2,24	3,4		40,2
5	25.8.2008	3,94	11,8	2,86	7,8	32,1	7,19	8,83	6,5		25,4
5	28.11.2008	2,56	12,4	0,264	7	27,6	6,56	9,74	2,37		41,9
5	18.6.2009	3,39	10,6	0,532	6,71	9,66	7,01	10,7	4,6		32,8
5	17.9.2009	4,17	9,47	1,53	7,01	8,3	6,88	5,12	5,01		30
5	10.8.2010	3,35	9,02	0,829	6,46	7,49	7,13	7,75	5,86		23,2
5	22.10.2010	1,96	11,3	0,325	5,03	19,5	6,72	5,73	5,41		28,4
5	10.6.2011	2,34	11,7	0,529	5,07	12,7	6,79	7,41	4,23		29,3
5	20.11.2011	2,48	11	0,455	5,81	14	6,75	8,54	4,78		38,3
5	10.6.2012	4,91	9,11	1,99	8,68	5,37	7,18	2,62	4,21	3,33	31,5
5	3.10.2012	1,57	12,9	0,748	4,5	20,8	6,71	5,64	7,43	1,75	25
5	12.6.2013	2,7	9,2	0,96	6,25	5	6,6	1,9	4,6	1,9	24
5	30.10.2013	2	13	0,45	5,04	15	6,5	6,3	5,6	0,65	34
5	13.5.2014	4,3	7,6	1,4	7,94	4	6,6	1,6	3,9	2,1	23
5	4.11.2014	2,1	14	0,23	5,23	16	6,5	6	4,8	0,36	31
5	26.6.2015	3,7	11	0,92	7,07	4,8	6,6	1,8	5,7	3	26
5	2.11.2015	3,5	7,7	0,88	7,3	4,3	6,3	3,9	5	1,7	30
5	23.6.2016	4,3	9,5	1,8	7,57	5,6	6,7	2,5	5,2	3,2	22
5	22.11.2016	1,9	11	0,4	5,3	15	6,5	4,3	4,6	2	25

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
6	19.4.2007	2,8	15	0,24		51	6,1	3,1	4,1		30
6	23.8.2007	6	22	1,2	10,4	46	6,5	9,5	10		26
6	20.11.2007	7	16	1,3	10,3	35	6,5	5,7	4,2		25
6	12.3.2008	3,88	18,6	0,544	9,5	59,9	7,78	7,12	2		28,1
6	26.5.2008	16,3	12,8	0,311	17,1	22,2	6,91	3,07	5,6		12,5
6	25.8.2008	6,89	7,72	4	9,6	10,3	7,44	1,58	7,2		14,2
6	28.11.2008	3,55	15,3	0,431	8,34	44,8	6,68	4,17	2,41		30
7	12.3.2008	2,4	10,9	0,239	8,8	32,7	6,62	2,48	3		20,9
7	26.5.2008	9,99	11,1	1,85	13,8	12,3	7,63	2,22	5,8		13,3
7a	25.8.2008	4,93	10,1	1,03	9,3	23,4	7,11	1,75	6,8		10,1
7a	28.11.2008	18,7	23,2	1,54	16,8	47	7,91	4,56	6,5		24,6
7a	18.6.2009	7,61	9,03	0,8	10,2	18,2	7,03	3,16	3,96		14,8
7a	17.9.2009	12,5	24,1	0,695	12,9	19,3	7,18	5,23	3,92		26,2
7a	10.8.2010	3,75	9,07	0,431	7,94	14	6,93	1,59	5,28		9,73
7a	22.10.2010	2,09	11,9	0,147	5,31	27,5	6,64	1,89	5,41		12,8
7a	10.6.2011	3,35	12,1	0,392	7,33	32,6	6,73	2,06	3,12		17,1
7a	20.11.2011	2,52	13,6	0,112	7,15	40,1	6,56	2,02	4,18		21,9
7a	10.6.2012	5,34	11,9	0,46	10,2	15,2	7,19	1,94	3,71	0,88	10,8
7a	3.10.2012	1,5	11,4	0,126	5,18	32,4	6,46	1,93	5,38	0,8	16
7a	12.6.2013	8,2	10	1,8	9,4	12	6,4	1,9	4,2	1	14
7a	30.10.2013	1,9	12	0,14	5,55	31	6,4	2,2	5,4	0,44	15
7a	13.5.2014	8,8	27	0,72	10,6	54	6,9	6,8	4,4	1,1	24
7a	4.11.2014	1,7	13	0,18	5,91	38	6,2	2,3	5,1	0,62	14
7a	26.6.2015	3,3	9,1	0,42	8,1	13	6,4	1,7	4,4	1,1	11
7a	2.11.2015	3,8	8,5	0,44	8,68	11	6,2	1,8	4,8	0,93	12
7a	23.6.2016	3,0	9,8	0,24	7,93	14	6,7	1,8	4,4	0,77	8,7
7a	22.11.2016	2,2	13	0,17	7,04	38	6,3	2,8	4	1,4	16
7b	25.8.2008	3,72	11,8	1,32	8,49	38,1	6,52	1,18	2,58		24,6
7b	28.11.2008	4,01	29,4	0,238	8,67	96,3	6,75	6,13	2,19		41,9
7b	18.6.2009	9,7	27,8	1,19	11,4	33,4	7,21	7,28	4,87		23,6
7b	17.9.2009	9,05	10,3	2,79	8,17	13,3	6,88	1,58	4,2		17,3
7b	10.8.2010	7,88	25,4	0,537	10,8	22,8	7,39	8,4	4,53		16,5
7b	22.10.2010	4,51	34,5	0,213	7,31	65,4	7	8,26	4,99		36,1
7b	10.6.2011	4,42	30,8	0,271	7,45	54,7	7,01	8,93	2,94		24,6
7b	20.11.2011	3,99	29,7	0,108	7,54	72,7	6,86	9,34	4,19		40,8
7b	10.6.2012	17,8	24,3	1,04	14,9	27,1	7,56	2,53	4,53	2,28	16,6
7b	3.10.2012	3,02	35,7	0,175	5,85	79,9	6,82	9,61	4,67	0,74	27,4

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
7b	12.6.2013	13	30	2,3	12,4	46	6,7	3,7	5,8	2,6	25
7b	30.10.2013	3,4	33	0,2	6,43	81	6,8	8,6	4,8	0,45	28
7b	13.5.2014	5,7	8,5	0,43	9,98	12	6,8	1,9	4,1	0,47	9,9
7b	4.11.2014	3,7	33	0,22	7,52	81	6,5	8,3	4,7	0,82	29
7b	26.6.2015	4,9	34	0,67	8,9	64	6,7	7,2	6	2,5	30
7b	2.11.2015	4,5	24	0,27	8,71	28	6,3	6,9	4,7	0,49	30
7b	23.6.2016	6,2	35	1,9	9,53	68	6,5	6,6	6,4	4,1	27
7b	22.11.2016	4,1	28	0,23	8,25	53	6,6	6,9	4	0,75	30
8	12.3.2008	1,66	46,7	0,11	8,8	166	5,95	4,4	2		54,1
8	26.5.2008	2,51	38,8	0,057	8,9	82,9	6,89	23,1	1,2		41,7
8	25.8.2008	1,49	85,5	0,098	8	258	6,68	9,95	3,7		45,3
8	28.11.2008	1,65	45,8	0,154	7,69	182	6,21	5,63	1,68		46
8	18.6.2009	1,7	104	0,073 2	7,59	228	6,42	9,99	1,48		64,9
8	17.9.2009	1,2	50,8	0,153	6,57	127	6,42	9,19	1,82		34,2
9	12.3.2008	1,59	37,4	0,040 6	9,3	18	5,6	0,763	2		47,6
9	25.8.2008	1,35	26,7	0,024	7,5	13	6,11	0,953	3,3		32,6
9	28.11.2008	1,24	28,6	0,01	7,58	8,52	5,8	0,792	1,69		35,5
10	12.3.2008	1,08	0,5	0,01	8,5	1,91	4,97	0,05	2		11,7
10	26.5.2008	1,3	1,23	0,01	7,6	3,09	5,97	0,468	1,3		10,4
10	25.8.2008	0,91	3,36	0,036	6,8	8,08	5,57	0,352	3,8		12,8
10	28.11.2008	0,94 9	0,5	0,01	7	1,97	5,28	0,05	2,39		10,6
11	12.3.2008	4,08	8,36	0,2	9,2	17,3	7	3,41	3		19,7
11	26.5.2008	8,33	3,81	0,413	12,5	6,17	7,67	1,18	2,4		6,25
11	25.8.2008	9,45	6,12	0,488	12,2	19,3	8,01	4,54	4,9		5,88
11	28.11.2008	3,72	10,3	0,214	8,48	18,8	6,72	2,92	2,72		21,7
11	18.6.2009	8,79	8,89	0,628	10,7	12,4	7,4	3,87	4,98		9,74
11	17.9.2009	8,63	8,09	0,83	11,2	13,6	7,5	4,95	3,21		9,26
11	10.8.2010	8,49	7,21	0,388	11,8	6,38	7,69	3,06	4,47		5,71
11	22.10.2010	3,69	12,9	0,258	5,72	19,4	6,81	3,96	6,71		18,4
11	10.6.2011	4,48	12,5	0,246	7,92	14,6	7,1	4,64	3,22		14,1
11	20.11.2011	4,44	10,2	0,244	8,04	15,9	7,2	4,7	4,45		21,1
11	10.6.2012	8,98	4,89	0,277	10,6	4,36	7,67	1,27	2,48	2,96	6,79
11	3.10.2012	2,74	16,8	0,24	5,96	27,9	6,98	4,63	5,28	1,67	19,6
11	12.6.2013	7,4	7,8	0,14	11,1	4,5	7,4	2,9	3,4	0,81	11
11	30.10.2013	3,1	16	0,2	6,52	25	7	5	5,3	0,88	17

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
11	13.5.2014	7	9	0,18	10,7	12	7,4	3,7	3,5	1,1	12
11	5.11.2014	3,3	16	0,24	7,18	26	7	5,4	4,5	1,4	20
11	26.6.2015	5	12	0,35	9,5	15	7,3	3,8	4	2	10
11	2.11.2015	6,3	14	0,37	10,1	8,3	7,1	4,3	4,9		19
11	23.6.2016	5,8	9,8	0,28	10,3	9,1	7,5	3,1	4,2	1,8	8,6
11	22.11.2016	3,5	14	0,18	7,73	19	7	4,4	3,9	1,6	18
12	12.3.2008	14,5	1,78	0,73	18,4	0,3	7,23	0,05	10		9,08
12	26.5.2008	24,9	1,7	3,37	28,1	0,757	8	0,165	9,4		12
12	25.8.2008	3,61	2,66	0,701	8,8	3,87	6,88	0,53	4		9,01
12	28.11.2008	18,3	2,12	0,518	23,9	0,3	6,82	0,05	12,2		13,2
12	10.6.2011	1,46	2,75	0,122	5,77	3,29	6,34	0,425	2,51		9,1
12	20.11.2011	1,49	1,71	0,112	6,78	3,72	6,66	0,55	3,6		16,4
12	10.6.2012	25	1,3	1,76	30,3	0,25	7,57	0,05	8,97	6,73	11,9
12	3.10.2012	11,1	4,28	0,964	11	0,942	6,83	0,181	16,8	11	18,3
12	12.6.2013	29	2,5	3,1	37,1	0,6	6,8	0,1	12	10	21
12	30.10.2013	15	3,2	1,3	15,4	1	6,6	0,1	20	10	13
12	13.5.2014	25	3,6	2,5	27,9	0,68	7	0,05	12	10	12
12	5.11.2014	18	4,5	0,7	16,9	1,2	6,5	0,15	21	7,4	15
12	26.6.2015	22	4,5	1,4	25,3	0,28	6,8	0,21	16	8,7	6,9
12	2.11.2015	24	2,4	3	24,2	0,85	6,4	0,1	22	11	11
12	23.6.2016	28	1,8	2,6	28,9	0,49	6,7	0,1	16	14	7,5
12	22.11.2016	14	3,5	0,8	14,9	0,87	6,5	0,1	15	9,9	11
13	25.8.2008	4,17	2,69	2,16	8,6	3,56	6,58	1,28	4,4		6
13	28.11.2008	1,6	46,6	0,048	7,59	209	5,88	2,93	2,66		37,4
14	25.8.2008	4,16	38,1	0,703	8,7	20,4	6,98	2,02	4,9		10,3
14	28.11.2008	1,95	10,4	0,0973	7,39	33,8	6,13	1,29	2,34		19
15	28.11.2008	1,2	28,2	0,0202	7,33	44,2	5,73	1,72	2,19		33,6
16	25.8.2008	1,65	12,3	0,0025	7,9	12	6,42	1,22	2,6		27,5
16	28.11.2008	1,1	16,7	0,01	7,48	14,1	5,64	0,793	1,82		31,5
17	25.8.2008	1,14	53	0,0025	7,4	138	5,99	5,58	3		42,2
17	28.11.2008	1,09	40,2	0,0217	7,42	132	5,5	2,52	1,72		40,5
18	25.8.2008	1,29	115	0,069	7,5	404	6,05	11,2	2,3		54,1
18	28.11.2008	1,14	47,2	0,0499	7,31	203	5,53	4,44	1,48		45,3

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Led_n_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
20	28.11.2008	1,6	6,43	0,295	7,15	6,53	6,09	1,12	3,4		33,6
21	25.8.2008	3,67	10	1,03	7,3	16,1	7,18	3,23	8,9		13,3
21	28.11.2008	2,26	7,95	0,229	6,87	14,8	6,35	3,51	3,34		17,1
22	25.8.2008	0,5	1,85	1,17	11,9	5,41	6,78	0,439	3,2		2
22	28.11.2008	3,82	10,5	4,37	9,02	51,9	6,53	2,43	1,06		23,1
23	25.8.2008	3,58	9,55	1,89	6,4	22,9	7,21	3,38	6,8		12,1
23	28.11.2008	2,3	7,16	0,237	7,37	16,8	6,55	3,43	3,18		14,5
23	10.8.2010	4,03	11,2	1,78	7,43	15,8	7,07	6,46	10,2		14
23	22.10.2010	3,68	13,1	0,252	5,74	18,6	6,81	4,24	6,88		19
23	10.6.2011	3,13	9,98	0,501	6,27	11,5	7,14	5,55	7,71		14,7
23	20.11.2011	2,92	7,5	0,378	6,62	11,8	6,99	3,97	5,38		21
23	10.6.2012	3,88	9,62	1,76	7,41	14,6	7,2	1,55	5,45	2,25	15,2
23	3.10.2012	2,11	8,19	0,599	4,76	14,7	6,92	4,42	8,48	2,75	16,3
23	12.6.2013	3,6	10	2,3	7,81	17	6,6	4,4	6,4	2,8	19
23	30.10.2013	2,7	9,2	0,55	5,96	14	6,7	3,8	7,8	2,5	16
23	13.5.2014	3,7	7,3	1,3	7,3	9,9	6,9	2,9	4,4	1	12
23	4.11.2014	3	9,4	0,49	6,33	13,0	6,8	3,8	10	1,8	20
23	26.6.2015	3,2	11,0	0,9	6,73	12,0	6,8	5,4	7,4	2,2	20
23	2.11.2015	4	8,2	0,82	8,11	8,1	6,5	4,2	7	1,2	19
23	23.6.2016	4,3	16	2,3	8,13	85	6,7	6,1	8,8	15	23
23	22.11.2016	2,3	11	0,380	6,01	14	6,6	4,2	6,3	2,5	15
24	25.8.2008	4,36	11,8	1,62	7,9	24,5	8	2,11	7,34		25,5
24	28.11.2008	2,43	8,16	0,231	7,04	19,5	6,55	3,78	3,37		17,8
24	18.6.2009	3,56	13,6	1,27	7,39	28	7,08	13,8	7,48		17
24	17.9.2009	3,88	7,45	2,15	7,12	13,4	7,16	3,71	8,89		14,7
24	23.6.2016	4,2	14	0,79	8,35	16	7,2	5,4	7,8	1,0	24
24	22.11.2016	2,3	11	0,360	6	16	6,6	3,9	6,7	2,4	14
25	25.8.2008	4,17	4,69	2,37	7,3	7,92	4,7	1,58	7,29		7,08
25	28.11.2008	2,69	4,68	1,04	7,02	7,74	6,55	3,37	1,81		21,9
25	18.6.2009	3,2	5,73	8,61	7,37	12,3	6,64	1,87	4,55		5,71
25	17.9.2009	4,51	4,15	1,42	7,42	4,12	7,1	1,47	3,73		12,9
26	25.8.2008	0,52	20	0,011	5	45,7	2,1	9,12	6,19		25,3
26	28.11.2008	3,23	1,09	0,261	7,84	<0,6	6,61	0,05	4,31		4,84
27	25.8.2008	2,56	10,2	1,17	6,5	10,6	5,1	1,49	6,68		26,4
27	28.11.2008	1,9	12,1	0,202	6,29	27,1	6,38	4,15	2,33		40,4
28	28.11.2008	1,33	3,61	0,093 2	5,47	1,2	6,21	0,488	2,24		24,1
28	10.8.2010	1,33	7,75	0,251	4,87	2,42	6,6	0,76	4,94		17,6

Prøvepunkt	Dato	Ca (mg/l)	Cu (µg/l)	Fe (mg/l)	Ledn_e vne (mS/m)	Pb (µg/l)	pH (-)	Sb (µg/l)	TOC (mg/l)	Turb (FNU)	Zn (µg/l)
28	22.10.2010	1,17	4,96	0,192	4,31	1,31	6,37	0,488	4,76		17,7
28	10.6.2011	1,07	7,32	0,0732	4,2	1,54	6,41	0,74	3,26		15,8
28	20.11.2011	1,42	5,87	1,65	4,79	2,18	6,32	0,433	5,47		19,5
29	28.11.2008	2,69	2,19	0,0226	5,77	7,32	6,62	1,33	1,69		14,3
30	18.6.2009	3,59	15,7	1,2	7,66	34,6	6,9	15,1	7,74		18,5
30	17.9.2009	4,38	4,9	3,15	7,28	11,2	7,21	5	12		8,96
32	18.6.2009	0,326	25,6	0,0571	3,83	20,8	5,71	3,75	5,28		9,87
32	17.9.2009	0,362	13,8	0,0865	3,98	20,7	5,46	4,27	2,96		9,7
33	18.6.2009	1,23	101	0,01	5,75	456	6,2	99,1	1,4		79,3
33	17.9.2009	0,856	74,3	0,01	4,89	242	6,38	99,4	1,12		49,3
34	18.6.2009	1,84	170	0,0646	6,53	606	6,5	140	1,35		136
34	17.9.2009	1,54	118	0,01	5,36	407	6,5	136	0,9		91,4
35	18.6.2009	5,01	0,5	1,68	9,12	0,729	6,94	0,123	10,6		6,91
35	17.9.2009	5,2	0,5	4,59	7,91	0,622	7,1	0,05	15,1		5,63
36	18.6.2009	3,04	10,1	1,86	6,95	10,3	6,43	6,33	11,5		20,5
36	17.9.2009	3,13	23,8	1,72	6,7	15,9	6,16	1,71	15,3		31,1
36	10.6.2011	2,75	10,6	0,718	5,84	7,64	6,34	3,98	10,1		26,4
36	20.11.2011	2,87	9,25	0,577	6,34	8,93	6,13	4,68	11,2		39,1
37	10.6.2011	3,01	10	0,593	6,18	8,49	6,64	4,84	8,95		19,7
37	20.11.2011	3,14	8,85	0,509	6,55	8,37	6,61	4,19	10,8		33,6
38	10.6.2011	9,94	3,04	3,14	11,5	0,25	7,05	0,123	9,04		18,5
38	20.11.2011	9,23	2,86	2,02	10,2	0,532	6,75	0,163	13,7		30,5
39	26.6.2015	13	3,2	1,8	16,5	1,8	7,2	0,1	5,6	52	16
39	2.11.2015	13	1,4	2,2	15,7	0,86	7,1	0,1	4,7	15	8,3
39	23.6.2016	14	1,0	1,0	15,7	0,1	7,4	0,1	2,9	6,5	3,5
39	22.11.2016	17	1,8	1,6	16,9	0,72	7,3	0,1	7,4	5,9	4,6
40	26.6.2015	5,6	1,4	2,1	8,67	0,61	6,9	0,1	12	5,2	5,8
40	2.11.2015	5,1	1,1	1,1	9,32	0,1	6,5	0,1	9,7	2,3	7
40	23.6.2016	6,3	2,1	1,7	10,4	0,52	6,7	0,1	14	5,3	13
40	22.11.2016	3,1	1,6	0,5	6,37	1,2	6,6	0,1	9,2	3,5	5,7
V1	23.6.2016	4,4	13	0,85	8,66	16	7,2	5,5	8,8	1,3	22
V1	22.11.2016	2,4	10	0,35	5,8	15	6,8	3,9	7,3	1,9	13



## 9.2 ANALYSERESULTATER FRA PRØVETAKING IFM KILDESPORING VAT-NE/SVARTEMYR NOVEMBER 2014

Analyseresultater fra kildeopsporing ved Vatne/Svartemyr i november 2014. Overvåkingspunktene (\*) er ikke tatt samme dato.

Provenavn	pH	Kond mS/cm	TOC mg/l	Turb FNU	Fe mg/l	Ca mg/l	Sb µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cu µg/l
V1	6,2	6,94	4,6	2,3	0,59	2,3	1,7	4,8	21	3,6
V2	6,3	7,27	11	1,5	0,47	3,4	3,9	7	24	8
V3*	6,9	15	16	52	1,4	13	0,5	5	15	4,7
V4	6,9	15,2	11	30	1,4	14	0,44	4,8	12	3,5
V5*	6,5	5,23	4,8	0,36	0,23	2,1	6	16	31	14
V6	6,4	7,02	5,8	1,5	0,25	2,4	4,2	63	20	21
V7	6,4	6,7	5	5,6	1,9	3	3,8	42	17	17
V7a*	6,2	5,91	5,1	0,62	0,18	1,7	2,3	38	14	13
V7b*	6,5	7,52	4,7	0,82	0,22	3,7	8,3	81	29	33
V8	6,3	7,05	2,5	0,19	0,03	1,7	7	140	35	49
V9	6	5,71	3	<0.1	<0.02	0,86	1,4	8,9	23	25
V10	5,2	6,26	5,8	0,19	0,02	0,9	0,13	2,5	8,5	1,3
V11*	7	7,18	4,5	1,4	0,24	3,3	5,4	26	20	16
V12ref*	6,5	16,9	21	7,4	0,7	18	0,15	1,2	15	4,5
V17	5,8	6,02	2,9	<0.1	<0.02	0,77	2,3	46	24	27
V21	6,7	6,53	5,6	1,2	0,37	3,2	4	7	20	7
V22	6	7,38	1,2	0,86	0,34	2,7	3,1	3,8	11	1,3
V23*	6,8	6,33	10	1,8	0,49	3	3,8	13	20	9,4
V27	6,3	4,92	3,9	0,23	0,16	1,8	3,3	11	30	10
V28	5,9	4,73	3	0,2	0,06	1	0,65	1,8	21	5,4
V30	6,8	-	6,3	-	-	-	5,4	14	11	8,4
V32	5,5	-	4,4	-	-	-	0,74	17	14	7,4
V37	6,7	6,6	5,5	1,4	0,37	3,2	3,9	6	19	6,4
W12	6	5,41	4,4	0,47	0,16	1,1	0,56	4,1	8,7	2,3
W13	6,2	5,69	4,8	1,1	0,19	1,5	6,3	190	26	50
W14	6,2	5,72	4,5	0,72	0,38	1,8	2,2	37	13	12
W24	6,8	6,47	5,6	1,2	0,34	3,5	4,5	8,4	21	7,7
W26	6	3,51	1,6	<0.1	<0.02	0,53	4,9	16	7,9	10
W31	5,7	5,36	4,5	0,13	<0.02	0,81	5,4	190	26	53
W33	6,1	4,36	3,9	0,81	0,16	1,5	19	65	21	31
W35	6,7	7,7	7,6	1,8	0,53	4,7	<0.1	0,29	6,1	0,83
W40	6,7	6,74	6,4	1,5	0,41	3,7	5,2	17	11	9
W41	6,4	6,03	7	2,8	0,47	3	3,2	11	20	7,7
W42	6,1	5,57	5,3	0,54	0,34	2	5,1	6,8	33	9,4
W43	6,1	5,48	7,4	0,45	0,33	2,1	5	6,8	30	8,5
W44	7,2	13,3	6,7	3,9	0,26	9	0,64	0,84	3,9	2,4
W45	6	6,08	5,2	2,3	0,86	1,9	1,3	7	29	6,6
W46	5,4	4,62	3,5	12	0,32	0,57	0,6	5,1	17	5,3
W47	6,7	4,65	5,3	0,83	0,31	1,8	<0.1	0,81	3,7	0,86
W48	6,1	4,77	4,1	0,46	0,37	1,6	0,39	1,7	7,1	2,6
W49	5,8	-	23	-	-	-	0,14	0,76	16	2,8

### 9.3 BLM BEREGNING FOR KOBBER

Beregnet konsentrasjon i vann som kan gi akutte effekter av kobber (CMC  $\mu\text{g/l}$ ) i overvåkingspunkt og kildesporingspunkter (Cu  $\mu\text{g/l}$ ) og forholdet mellom målt konsentrasjon og konsentrasjon som kan gi effekt ( $TU = CU/CMC$ ). Alle overskridelser er vist i grøtt. Det kan være akutte effekter dersom TU er større enn 1.

BLM modellering fra overvåkingsresultater (med minst tre prøvetakingsrunder).

Dato	Prøvepunkt	CMC	Cu	Acute Toxic Units	Prosentvis andel TU>1
		( $CMC = FAV/2$ ), ug/L	ug/L	(Acute $TU = Cu/CMC$ )	
19.04.2007	1	1,3392	2,3	1,7174	11 %
23.08.2007	1	13,1826	2,4	0,1821	
20.11.2007	1	3,746	1,7	0,4538	
12.03.2008	1	5,0805	1,18	0,2323	
26.05.2008	1	4,1368	1,92	0,4641	
25.08.2008	1	37,8416	5	0,1321	
28.11.2008	1	3,1052	1,59	0,512	
18.06.2009	1	7,3523	4,21	0,5726	
17.09.2009	1	2,3849	1,22	0,5116	
12.03.2008	10	0,0758	0,5	6,5954	
26.05.2008	10	0,2676	1,23	4,5965	
25.08.2008	10	0,2884	3,36	11,6503	
28.11.2008	10	0,1071	0,5	4,6696	
12.03.2008	11	5,9066	8,36	1,4154	44%
26.05.2008	11	10,9839	3,81	0,3469	
25.08.2008	11	32,2178	6,12	0,19	
28.11.2008	11	3,3393	10,3	3,0844	
18.06.2009	11	16,7348	8,89	0,5312	
17.09.2009	11	12,0674	8,09	0,6704	
10.08.2010	11	21,272	7,21	0,3389	
22.10.2010	11	10,2087	12,9	1,2636	
10.06.2011	11	7,3491	12,5	1,7009	
20.11.2011	11	11,899	10,2	0,8572	
10.06.2012	11	11,3175	4,89	0,4321	
03.10.2012	11	10,6948	16,8	1,5709	
12.06.2013	11	11,3684	7,8	0,6861	
30.10.2013	11	10,9712	16	1,4584	
13.05.2014	11	11,7497	9	0,766	
05.11.2014	11	9,176	16	1,7437	
26.6.2015	11	12,1023	12	0,9915	
2.11.2015	11	11,1237	14	1,2586	
12.03.2008	12ref	27,1691	1,78	0,0655	
26.05.2008	12ref	61,3537	1,7	0,0277	
25.08.2008	12ref	6,6406	2,66	0,4006	
28.11.2008	12ref	18,1456	2,12	0,1168	

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units	
10.06.2011	12ref	1,405	2,75	1,9573	7 %
20.11.2011	12ref	4,2226	1,71	0,405	
10.06.2012	12ref	37,4604	1,3	0,0347	
03.10.2012	12ref	26,397	4,28	0,1621	
12.06.2013	12ref	17,6118	2,5	0,142	
30.10.2013	12ref	21,0178	3,2	0,1523	
13.05.2014	12ref	23,7916	3,6	0,1513	
05.11.2014	12ref	18,2441	4,5	0,2467	
26.6.2015	12ref	23,512	4,5	0,1914	
2.11.2015	12ref	15,8071	2,4	0,1518	
19.04.2007	2	1,4552	10	6,8719	
23.08.2007	2	22,8766	15	0,6557	
20.11.2007	2	2,0557	5,9	2,8701	
12.03.2008	2	10,8124	6,81	0,6298	
26.05.2008	2	6,917	7,18	1,038	
25.08.2008	2	26,6861	6,61	0,2477	
28.11.2008	2	9,4429	2,2	0,233	
18.06.2009	2	17,3385	3,13	0,1805	
17.09.2009	2	12,1945	16,3	1,3367	
25.08.2008	23	19,2386	9,55	0,4964	
28.11.2008	23	2,8767	7,16	2,4889	27%
10.08.2010	23	24,2142	11,2	0,4625	
22.10.2010	23	10,4851	13,1	1,2494	
10.06.2011	23	20,1981	9,98	0,4941	
20.11.2011	23	11,0221	7,5	0,6805	
10.06.2012	23	14,8888	9,62	0,6461	
03.10.2012	23	16,6046	8,19	0,4932	
12.06.2013	23	6,5484	10	1,5271	
30.10.2013	23	10,107	9,2	0,9103	
13.05.2014	23	7,5747	7,3	0,9637	
04.11.2014	23	15,8102	9,4	0,5946	
26.6.2015	23	11,2858	11	0,9747	25%
2.11.2015	23	5,8017	8,2	1,4134	
25.08.2008	24	51,5358	11,8	0,229	
28.11.2008	24	3,0493	8,16	2,6761	
18.06.2009	24	17,7103	13,6	0,7679	
17.09.2009	24	23,8043	7,45	0,313	75%
25.08.2008	25	0,191	4,69	24,5566	
28.11.2008	25	1,5877	4,68	2,9477	
18.06.2009	25	4,9598	5,73	1,1553	
17.09.2009	25	8,5565	4,15	0,485	
28.11.2008	28	0,8944	3,61	4,0362	100%
10.08.2010	28	5,2807	7,75	1,4676	
22.10.2010	28	3,0226	4,96	1,641	
10.06.2011	28	2,2273	7,32	3,2865	
20.11.2011	28	3,0763	5,87	1,9082	

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units	Prosentvis andel TU>1
19.04.2007	3	12,0229	2,3	0,1913	5%
23.08.2007	3	12,6488	3,1	0,2451	
20.11.2007	3	7,1998	2,9	0,4028	
12.03.2008	3	32,3131	3,8	0,1176	
26.05.2008	3	22,6192	1,7	0,0752	
25.08.2008	3	46,0391	2,19	0,0476	
28.11.2008	3	16,1026	2,16	0,1341	
18.06.2009	3	25,2023	60,4	2,3966	
17.09.2009	3	29,5521	2,32	0,0785	
08.10.2010	3	27,401	3,31	0,1208	
22.10.2010	3	35,7764	4,69	0,1311	
10.06.2011	3	28,351	2,87	0,1012	
20.11.2011	3	30,5879	4,66	0,1523	
10.06.2012	3	29,0945	2,11	0,0725	
03.10.2012	3	28,5735	4,1	0,1435	
12.06.2013	3	25,7488	2,6	0,101	
30.10.2013	3	17,3576	4,7	0,2708	
13.05.2014	3	14,6283	2,4	0,1641	
04.11.2014	3	27,7982	4,7	0,1691	
26.6.2015	3	19,7565	3	0,1518	
2.11.2015	3	23,8901	3,8	0,1591	
18.06.2009	36	8,7693	10,1	1,1517	100%
17.09.2009	36	6,1798	23,8	3,8512	
10.06.2011	36	6,1481	10,6	1,7241	
20.11.2011	36	4,0002	9,25	2,3124	
19.04.2007	4	15,8134	2,7	0,1707	0%
23.08.2007	4	12,6488	2,6	0,2056	
20.11.2007	4	6,9424	2,9	0,4177	
12.03.2008	4	31,9319	2,81	0,088	
25.08.2008	4	52,2666	2	0,0383	
28.11.2008	4	14,892	2,67	0,1793	
19.04.2007	5	2,3178	11	4,7458	86%
23.08.2007	5	4,1019	18	4,3882	
20.11.2007	5	1,4406	9,2	6,3863	
12.03.2008	5	6,0559	9,46	1,5621	
26.05.2008	5	5,1345	10,3	2,006	
25.08.2008	5	17,6817	11,8	0,6674	
28.11.2008	5	2,1488	12,4	5,7706	
18.06.2009	5	9,5192	10,6	1,1135	
17.09.2009	5	8,3309	9,47	1,1367	
10.08.2010	5	14,7363	9,02	0,6121	
22.10.2010	5	7,2093	11,3	1,5674	
10.06.2011	5	6,2212	11,7	1,8807	
20.11.2011	5	6,5675	11	1,6749	

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units	
10.06.2012	5	10,8282	9,11	0,8413	
03.10.2012	5	10,1674	12,9	1,2688	
12.06.2013	5	4,6833	9,2	1,9644	
30.10.2013	5	4,7596	13	2,7313	
13.05.2014	5	3,8191	7,6	1,99	
04.11.2014	5	4,0161	14	3,486	
26.6.2015	5	5,77	11	1,9064	
2.11.2015	5	2,5396	7,7	3,032	
19.04.2007	6	1,2245	15	12,2496	86%
23.08.2007	6	8,3499	22	2,6347	
20.11.2007	6	3,279	16	4,8796	
12.03.2008	6	10,7965	18,6	1,7228	
26.05.2008	6	9,2714	12,8	1,3806	
25.08.2008	6	26,3335	7,72	0,2932	
28.11.2008	6	2,7382	15,3	5,5876	
25.08.2008	7a	16,2487	10,1	0,6216	
28.11.2008	7a	38,4771	23,2	0,603	
18.06.2009	7a	7,9337	9,03	1,1382	
17.09.2009	7a	9,5891	24,1	2,5133	
10.08.2010	7a	9,6399	9,07	0,9409	
22.10.2010	7a	6,1481	11,9	1,9356	
10.06.2011	7a	3,9494	12,1	3,0638	
20.11.2011	7a	3,9081	13,6	3,48	
10.06.2012	7a	9,5732	11,9	1,2431	
03.10.2012	7a	4,229	11,4	2,6957	
12.06.2013	7a	2,6251	10	3,8094	
30.10.2013	7a	3,638	12	3,2985	
13.05.2014	7a	7,1743	27	3,7634	
04.11.2014	7a	2,0687	13	6,284	
26.6.2015	7a	2,8342	9,1	3,2108	
2.11.2015	7a	1,8752	8,5	4,5327	
25.08.2008	7b	2,112	11,8	5,5873	100%
28.11.2008	7b	2,8084	29,4	10,4685	
18.06.2009	7b	12,6171	27,8	2,2034	
17.09.2009	7b	6,6088	10,3	1,5585	
10.08.2010	7b	15,0604	25,4	1,6865	
22.10.2010	7b	9,9926	34,5	3,4526	
10.06.2011	7b	5,8431	30,8	5,2712	
20.11.2011	7b	6,6946	29,7	4,4364	
10.06.2012	7b	18,1837	24,3	1,3364	
03.10.2012	7b	7,1521	35,7	4,9915	
12.06.2013	7b	6,7518	30	4,4433	
30.10.2013	7b	7,0536	33	4,6785	
13.05.2014	7b	5,7636	8,5	1,4748	
04.11.2014	7b	3,7969	33	8,6914	
26.6.2015	7b	7,2697	34	4,677	

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units	
2.11.2015	7b	2,3547	24	10,1924	
12.03.2008	8	0,3892	46,7	119,9838	100%
26.05.2008	8	1,9947	38,8	19,4515	
25.08.2008	8	4,5245	85,5	18,8972	
28.11.2008	8	0,6596	45,8	69,4352	
18.06.2009	8	0,9824	104	105,8609	
17.09.2009	8	1,2328	50,8	41,2073	
12.03.2008	9	0,1582	37,4	236,4604	
25.08.2008	9	1,025	26,7	26,0489	
28.11.2008	9	0,2209	28,6	129,46	

BLM resultater fra kildesporing 2014. TU>1 er markert i rodt.

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units
		(CMC=FAV/2), ug/L	ug/L	(Acute TU=Cu/CMC)
Vatne_Svartemyr	V1	1,8269	3,6	1,9705
Vatne_Svartemyr	V2	6,0432	8	1,3238
Vatne_Svartemyr	V3	27,7982	4,7	0,1691
Vatne_Svartemyr	V4	18,5268	3,5	0,1889
Vatne_Svartemyr	V5	4,0161	14	3,486
Vatne_Svartemyr	V6	3,8858	21	5,4042
Vatne_Svartemyr	V7	3,2663	17	5,2047
Vatne_Svartemyr	V7a	2,0684	13	6,285
Vatne_Svartemyr	V7b	3,7969	33	8,6914
Vatne_Svartemyr	V8	1,2569	49	38,9836
Vatne_Svartemyr	V10	0,2325	1,3	5,5918
Vatne_Svartemyr	V11	9,1729	16	1,7443
Vatne_Svartemyr	V12ref	18,2441	4,5	0,2467
Vatne_Svartemyr	V17	0,3883	27	69,54
Vatne_Svartemyr	V21	6,9615	7	1,0055
Vatne_Svartemyr	V22	0,2641	1,3	4,9218
Vatne_Svartemyr	V23	15,8134	9,4	0,5944
Vatne_Svartemyr	V27	2,0065	10	4,9839
Vatne_Svartemyr	V28	0,5233	5,4	10,3191
Vatne_Svartemyr	V30	9,1729	8,4	0,9157
Vatne_Svartemyr	V32	0,2642	7,4	28,0133
Vatne_Svartemyr	V37	6,828	6,4	0,9373
Vatne_Svartemyr	V9	0,6936	25	36,0436
Vatne_Svartemyr	W12	1,0358	2,3	2,2205
Vatne_Svartemyr	W13	1,9458	50	25,6967
Vatne_Svartemyr	W14	1,8022	12	6,6587
Vatne_Svartemyr	W24	8,2928	7,7	0,9285
Vatne_Svartemyr	W26	0,3648	10	27,4157
Vatne_Svartemyr	W31	0,4756	53	111,4284
Vatne_Svartemyr	W33	1,187	31	26,1154
Vatne_Svartemyr	W35	9,3985	0,83	0,0883

Dato	Prøve	CMC	Cu	Acute Toxic Units
		(CMC=FAV/2), ug/L	ug/L	(Acute TU=Cu/CMC)
Vatne_Svartemyr	W40	7,9496	9	1,1321
Vatne_Svartemyr	W41	4,7024	7,7	1,6375
Vatne_Svartemyr	W42	1,6341	9,4	5,7525
Vatne_Svartemyr	W43	2,3525	8,5	3,6132
Vatne_Svartemyr	W44	17,437	2,4	0,1376
Vatne_Svartemyr	W45	1,2166	6,6	5,425
Vatne_Svartemyr	W46	0,1905	5,3	27,8199
Vatne_Svartemyr	W47	6,8312	0,86	0,1259
Vatne_Svartemyr	W48	1,2493	2,6	2,0811
Vatne_Svartemyr	W49	3,5967	2,8	0,7785

Oversikt over hvilke yttergrenser modellen er validert for (fra HydroQual, 2007).

PARAMETER	LOWER BOUND	UPPER BOUND
Temperature (°C)	10	25
pH	4.9	9.2
DOC (mg/L)	0.05	29.65
Humic Acid Content (%)	10	60
Calcium (mg/L)	0.204	120.24
Magnesium (mg/L)	0.024	51.9
Sodium (mg/L)	0.16	236.9
Potassium (mg/L)	0.039	156
Sulfate (mg/L)	0.096	278.4
Chloride (mg/L)	0.32	279.72
Alkalinity (mg/L)	1.99	360
DIC (mmol/L)	0.056	44.92
Sulfide (mg/L)	0	0

## 9.4 BEREGNINGER AV BIOTILGJENGELIG BLY, OG SAMMENLIGNING MED EQS

Tabellen under viser analyseresultater for bly, kobber og sink fra overvåkingsprogrammet gjennomført i årene 2014 til 2016. Vi har kun tatt med resultater fra vannprøvepunkt som ligger i vannforekomster som er definert med egen ID i Vann-nett. Ut fra disse dataene har vi beregnet AA-EQS og MAC-EQS. Vi har i tillegg beregnet biotilgjengelig bly. Beregninger av biotilgjengelig bly er gjort som beskrevet av NIVA, under tabellene. Alle parametere, bortsett fra kalsium og TOC, er innenfor yttergrensen for det modellen er validert for (se vedlegg 9.1 og tekst under tabellen). Overskridelser av MAC-EQS og AA-EQS er markert med tall i kursiv og rød tekst.

Vannforekomst navn og ID	Prøvepunkt	Prøvedato	Bly	Biotilgjengelig bly	Kobber	Sink
			µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Grunningen bekker 029-67-R	3	13.5.2014	1,0	0,13	2,4	4,0
		4.11.2014	5,0	0,31	4,7	15
		26.6.2015	1,6	0,18	3	5,2
		2.11.2015	2,8	0,20	3,8	7
		23.6.2016	1,2	0,12	1,7	3
		22.11.2016	3,7	0,37	3,7	11
		Maks (MAC)	<b>5,0</b>	<b>0,37</b>	<b>4,7</b>	<b>15</b>
		Snitt (AA)	<b>2,6</b>	<b>0,2</b>	<b>3,2</b>	<b>7,5</b>
	12ref	13.5.2014	0,68	0,06	3,6	12
		5.11.2014	1,2	0,06	4,5	15
		26.6.2015	0,28	0,02	4,5	6,9
		2.11.2015	0,85	0,04	2,4	11
		23.6.2016	0,49	0,03	1,8	7,5
		22.11.2016	0,87	0,04	3,5	11
		Maks (MAC)	<b>1,2</b>	<b>0,06</b>	<b>4,5</b>	<b>15</b>
		Snitt (AA)	<b>0,7</b>	<b>0,04</b>	<b>3,4</b>	<b>10,6</b>

Fra rapporten NIVA, 2016. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt. Årsrapport for 2015. Rapport L-NR- 6948-2016:

Biotilgjengelig konsentrasjon av bly ( $[Pb_{biotilgjengelig}]$ ) ble beregnet med ligning 1 (European Commission, 2014, 2011). Her skulle egentlig blykonsentrasjon ( $[Pb_{målt}]$ ) vært målt filtrert prøve. Det samme gjelder konsentrasjonen av organisk karbon ( $[TOC]$ ). Manglende filtrering vil vanligvis ikke gi lavere estimert  $[Pb_{biotilgjengelig}]$  siden størstedelen av det organiske materialet i avrenningen som regel er i løst eller kolloidal frasjon, og løst konsentrasjon av bly er lik eller lavere enn totalkonsentrasjon. Videre så er ligning 1 bare validert i vann der konsentrasjonen av DOC og kalsium er lavere enn hhv 17 og 2 mg/l, og pH er mellom 6,0 og 8,5. Det ble derfor ikke tatt hensyn til evt ytterligere reduksjon av biotilgjengelighet ved konsentrasjoner av TOC over 17 mg/l.

$$[Pb_{biotilgjengelig}] = [Pb_{målt}] \times \frac{1,2}{1,2+1,2([TOC]-1)} \quad (1)$$

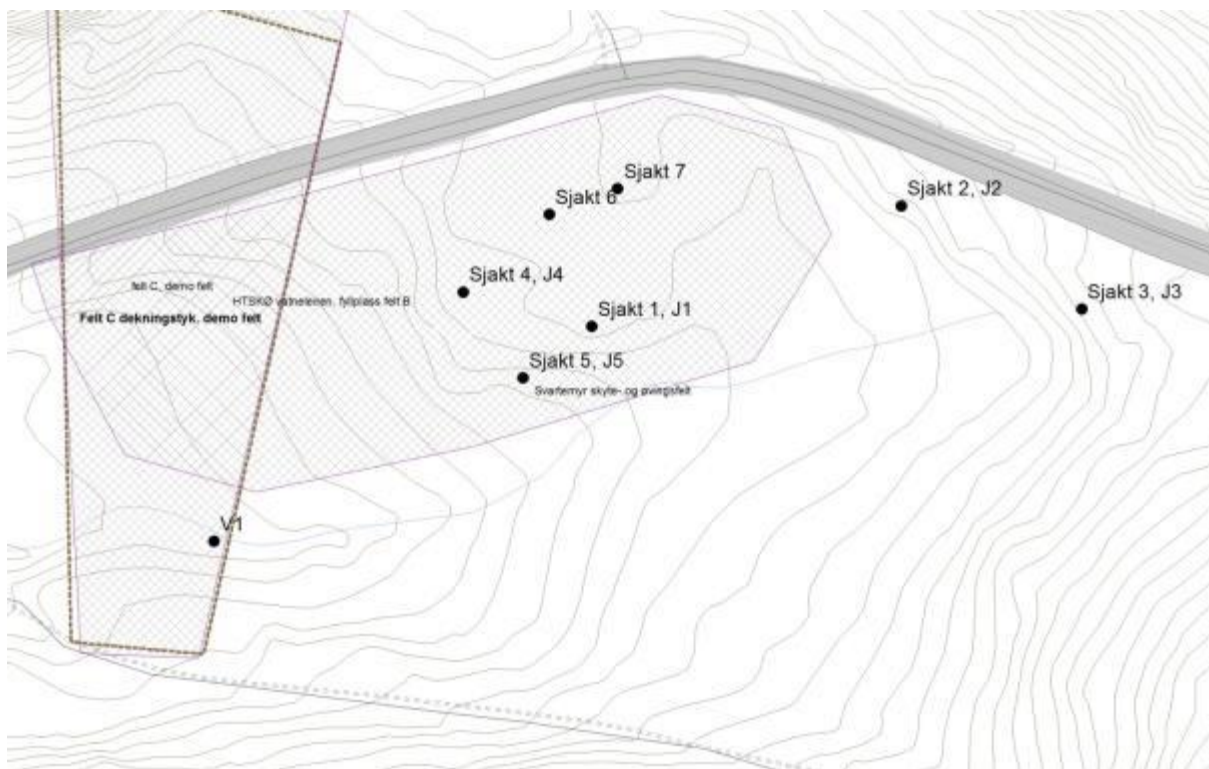
Referanser:

European Commission, 2014. Technical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals.



European Commission, 2011. Lead and its Compounds. EQS sheet.

## 9.5 RESULTATER FRA MILJØTEKNISK GRUNNUNDERSØKELSE VED FYLLINGS-OMRÅDE VED FELT C



*Oversikt over sjaktepunkter og prøvepunkter ved fyllplass ved felt B, Svartemyr (arealet for fyllplassen er skravert og overlapper noe med felt C).  
Undersøkelse er gjennomført 21.11.14.*

Analyseresultater av jordprøver tatt ved fylling ved felt C, Svartemyr (Rogaland). Farge i henhold til normverdier i TA-2553/2009 (Miljødirektoratet, 2009). Prøver er 21.11.14.

Prøve	Metaller								
	Arsen (As)	Bly (Pb)	Kadmium (Cd)	Kobber (Cu)	Krom (Cr)	Nikkel (Ni)	Sink (Zn)	Kvikksølv (Hg)	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
J5	5,6	51	0,43	16	13	4,7	350	0,06	
J4	4,3	41	0,25	23	15	6,2	240	0,042	
J3	<2.4	23	<0.19	9,9	8,6	3,7	41	0,021	
J2	9,5	47	0,55	97	24	8,3	540	0,096	
J1	2,4	62	0,23	22	13	6,7	89	0,031	

For de organiske parameterne ble det kun påvist konsentrasjoner av PCB<sub>7</sub>, PAH<sub>16</sub> og oljeforbindelser i tilstandsklasse 1-2 (meget god-god).

Analyseresultater av organiske parametere i jordprøver ved fylling ved felt C, Svartemyr (Rogaland). Farge i henhold til normverdier i TA-2553/2009 (Miljødirektoratet, 2009). Prøver er tatt 21.11.14.

Prøve	Organiske parametere										
	PCB <sub>7</sub>	PAH <sub>16</sub>	Benzo(a)pyren	Sum oljeforbindelser (C5-C35)	Sum BTEX	Benzen	C5-C6	C6-C8	C8-10	C10-C12	C12-C35
J5	0,0022	2,1	0,18	<87	<0.15	<0.003	<2	<2	<5	<10	68
J4	0,013	<0.5	0,066	<54	<0.15	<0.003	<2	<2	<5	<10	35
J3	0,0031	<0.5	<0.03	<70	<0.15	<0.003	<2	<2	<5	<10	51
J2	0,0053	<0.5	0,076	<72	<0.15	<0.003	<2	<2	<5	<10	53
J1	0,0054	<0.5	<0.03	<68	<0.15	<0.003	<2	<2	<5	<10	49

Det er også tatt en vannprøve nedstrøms det registrerte deponiet, som fanger opp eventuelt sigevann fra fyllingen (men også felt C). Resultatene er sammenlignet med normverdier gitt i TA-1468/1997 (SFT, 1997). Vannprøven viste forhøyede konsentrasjoner av både bly, kobber og kvikksølv (tilstandsklasse V, meget sterkt forurenset) nedstrøms fyllingen. For de organiske parameterne, var det så vidt sporbare mengder av PCB, PAH og oljeprodukter.

*Analyseresultater av metaller i sigevann fra fyllplassen ved Svartemyr. Analysen indikerer en særlig høy utlekking av kvikksølv. Kilden kan være deponiet eller evt. en ukjent kilde i felt C eller felt B. Resultater sammenlignet med resultater i TA-1468/1997 (SFT, 1997). Proven er tatt 21.11.14.*

Metaller									
Prøve	Arsen (As)	Bly (Pb)	Kadmium (Cd)	Kobber (Cu)	Krom (Cr)	Nikkel (Ni)	Sink (Zn)	Kvikksølv (Hg)	
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
V1	0,23	13	0,03	8,1	0,24	0,38	20	3	

*Analyseresultater av organiske parametere i sigevann fra fyllplassen ved Svartemyr. Proven er tatt 21.11.14.*

Organiske parametere										
Prøve	PCB <sub>7</sub>	PAH <sub>16</sub>	Benzo(a)pyren	Bensen	C5-C6	C6-C8	C8-10	C10-C12	C12-C35	
V1	<0.02	<0.002	<0.0001	<0.0001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	

## 9.6 KOORDINATER FOR OVERVÅKINGSPUNKTER

*Koordinater for dagens overvåkingspunkter (UTM33)*

<b>Prøvepunkt</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
V3	-29572	6560958
V5	-29453	6560265
V7a	-30390	6561713
V7b	-30405	6561715
V11	-30758	6561262
V12ref	-31079	6560133
V23	-29425	6560476
V39	-30851	6561358
V40	-29064	6560437



**Forsvarsbygg Futura**