



FORURENSNING I GRUNN OG VANN I HENGSVANN SKYTE- OG ØVINGSFELT

*Grunnlagsdokument til søknad om tillatelse til
virksomhet etter forurensningsloven*

FUTURA 788/2015

Foto forside: bane 5

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

DOKUMENTINFORMASJON

Publ./Rapportnr:

788/2015

Prosjektnr:

100257

Tittel:

Forurensning i grunn og vann i Hengsvann skyte- og øvingsfelt. Grunnlagsdokument til søknad om tillatelse til virksomhet etter forurensningsloven.

Forfatter:

Geir Henrik Sund Sæther

Oppdragsgiver/kontaktperson:

Forsvarsbygg utvikling v/ Are Vestli

Stikkord (norsk):

Miljøtilstand, vannkvalitet, metaller, grunnforurensning, overvåking.

Key word (English):

Environmental status, water quality, metals, soil pollution.

Sammendrag:

Hengsvann skyte- og øvingsfelt (SØF) ble etablert i mot slutten av 1950-tallet, og har i dag 16 aktive skytebaner. Banene har avrenning til to ulike nedbørsfelt. I øst drenerer banene til Brånabekken (seinere Helgevassbekken), og i vest drenerer banene til hhv Hengsvannet og Diplemyr og videre til Hengselva. Metallavrenning fra skytefeltet har vært overvåket siden 1999. I tillegg er det gjennomført undersøkelser etter hvitt fosfor og sprengstoff i jord, vann, sediment og fisk i blindgjengerfeltet og i selve Hengsvannet. Konklusjonene fra de sistnevnte metallundersøkelser i vann viser at forurensningene ikke utgjør noen fare for mennesker som bruker fisk i fra skytefeltet til konsum. Blindgjengerfaren i selve Hengsvannet gjør at innsjøen ikke egner seg til rekreasjonsaktivitet.

Konsentrasjonene av bly, kobber, antimon og sink er relativt høye i to bekker inni skytefeltet, mens de er stort sett lave ved skytefeltgrensen. Forsvarsbygg gjennomførte sommeren 2014 tiltak for å redusere metallavrenning fra skytebanene ved Diplemyr (avrenning til Hengselva) og banene 5 og 6 (avrenning til Brånabekken).

I Vann-Nett er det registrert 14 vannforekomster som er i eller like utenfor Hengsvann SØF. Konsentrasjonen av den prioriterte miljøgiften bly er stort sett under miljøkvalitetsstandard med unntak av en liten del av hhv Hengselva bekkefelt (Diplemyr) og Helgevassbekken bekkefelt (øverst i Brånabekken). I området Diplemyr er det i tillegg overskridelse av

kobber, og i Helgevassbekken bekkefelt er det overskridelse av både kobber og sink øverst i bekken. Bekkene ligger helt inntil skytebaner. Forsvarsbygg har allerede gjennomført tiltak på banene som bidrar til høy metallutlekking, og forholdsvis vil metallkonsentrasjonene reduseres ytterligere over tid.

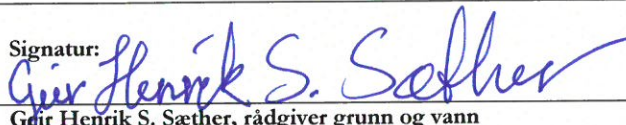
I referanseprøve tatt i Villingubekken er det en overskridelse av miljøkvalitetsstandard for sink. Dette er et referansepunkt, og de forhøyede sink konsentrasjonene i alle prøvepunkt kan delvis skyldes naturlige forekomster av sink.

Det er ingen overskridelser av miljøkvalitetsstandardene ved skytefeltgrensen. Vi vil anbefale at deler av bekkefeltene skilles ut, slik at ikke hele vannforekomstene markeres som «risiko for ikke å nå god kvalitet». Vi søker om å få tillatelse til å overskride miljøkvalitetsstandard i disse bekkefeltene.

For Hengsvann SØF er det per i dag vanskelig å foreslå konkrete grenseverdier, da vi allerede har identifisert to områder med høy metallutlekking som vi har fulgt opp med tiltak. Tiltak ble gjennomført i 2014. Under og etter tiltak var det graving på enkelte baner, og dermed økte metallutlekkingen en periode. Metallkonsentrasjonene i Brånabekken har gått noe ned i området tiltakene ble gjennomført i 2014, men er fortsatt høy. For resten av bekken (overvåkingspunkt 10) er det ikke målt markante endring etter tiltakene i 2014. I utløpsbekken ut i fra Diplemyr øvingsområde er det foreløpig ingen tydelig nedgang i metallutlekkingen etter tiltak. Dersom myndighetene ønsker å sette grenseverdier til vannkvalitet, anbefaler vi at dette gjøres om noen år, når vi kjenner til ny tilstand i vannforekomstene.

Foreløpig Dato: 21.12.2016

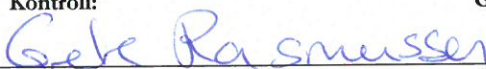
Signatur:



Gør Henrik S. Sæther, rådgiver grunn og vann

Kontroll:

Godkjent:



Grete Rasmussen, fagleder grunn- og vann



Grete Rasmussen, fagleder grunn- og vann

Innhold

1	NATURGRUNNLAG OG BESKRIVELSE AV HENGSVANN SKYTE- OG ØVINGSFELT	2
2	FORURENSNING I GRUNN OG VANN	4
2.1	GRUNNFORURENSNING FRA AMMUNISJON	4
2.1.1	METALLER.....	4
2.1.2	EKSPLOSIVER.....	5
2.1.3	HVITT FOSFOR	6
2.1.4	BRUK AV HVITT FOSFOR I HENGSVANN SØF.....	6
2.2	PRIORITERTE MILJØGIFTER	6
2.3	SPREDNING OG EFFEKTER AV AMMUNISJONSRELATERT FORURENSNING TIL VANN	6
2.3.1	VANNFOREKOMSTER I OG RUNDT HENGSVANN SØF	6
2.3.2	DRENERINGSVEIER OG VANNFØRING	8
2.3.3	SPREDNING AV EKSPLOSIVER OG HVITT FOSFOR.....	9
2.3.4	MÅLTE KONSENTRASJONER AV METALLER I VANN	9
2.3.5	KILDESPORING	15
2.3.6	MENGDE METALLER OG PÅVIRKNING PÅ BEKKER OG HOVEDRESIPIENTER	16
2.3.7	DRIKKEVANNSUTTAK OG EV PÅVIRKNING PÅ DISSE	17
2.3.8	BIOLOGISKE EFFEKTER AV METALLER I VANN.....	17
2.3.9	BEREGNING AV TOKSISITET AV KOBBER, VED BRUK AV BLM MODELL	21
3	OVERVÅKINGSPROGRAM FOR HENGSVANN SKYTE- OG ØVINGSFELT.	23
3.1	AKSEPTKRITERIER OG MILJØMÅL	23
3.2	FORMÅLET MED OVERVÅKINGSPROGRAMMET.....	23
3.3	FORSLAG TIL OVERVÅKINGSPROGRAM	23
3.4	FORSLAG TIL GRENSEVERDIER	28
4	REFERANSER	29
5	VEDLEGG.....	31
5.1	VEDLEGG 1	31
	ANALYSERESULTATER FRA PRØVETAKING IFM. KILDESPORING	31
5.2	VEDLEGG 2	32
	ANALYSERESULTATER FRA OVERVÅKINGSPROGRAMMET 2015-2016	32
	KOORDINATER FOR OVERVÅKINGSPUNKT	34
5.3	VEDLEGG 3	36
	OVERSIKT OVER PRØVEPUNKTER FRA KILDESPORING	36

5.4	VEDLEGG 4	38
	METALLKONSENTRASJONER FRA KILDESPORING 2014.	38
5.5	VEDLEGG 5	45
	OVERSIKT OVER BLM-VERDIER FOR KOBBER IFB. MED KILDESPORING I 2014.	45

1 NATURGRUNNLAG OG BESKRIVELSE AV HENGSVANN SKYTE- OG ØVINGSFELT

Hengsvann skyte- og øvingsfelt (SØF) er lokalisert nord for Europaveg 134 midt i mellom Kongsberg og Notodden i Buskerud fylke. Skyte- og øvingsfeltet ligger innenfor begge kommunegrensene. Feltet ble etablert i mot slutten av 1950-tallet. Skyte- og øvingsfeltet har et areal på 37 km².

Landskapet i feltet er myrlendt med lyng og barskog. Gran dominerer med innslag av furu. Løsmassedekket er stort sett relativt tynt.

De høyeste punktene i feltet er Tyssjønatten på 728 moh. (blindgjengerfelt) og Raudtjernfjellet på 771 moh. Det lavest liggende punktet i SØFet er Hengsvannet på 453 moh.

Den østre delen av skyte- og øvingsfeltet drenerer til Brånabekken. Geologien øst for Hengsvannet består hovedsakelig fra diorittisk til granittisk gneis og migmatitt. I tillegg kommer granitt og grandioritt. Grunnfjellet her består hovedsakelig av øyegneis med innslag av gabbro/amfibolitt.

Skyte og øvingsfeltet drenerer i hovedsak til to ulike nedbørsfelt. Den vestre delen av feltet, drenerer i hovedsak til Hengselva. Hengselva renner ut av Hengsvannet. Det er lokalisert flere baner i umiddelbar nærhet til Hengsvannet (Figur 1).

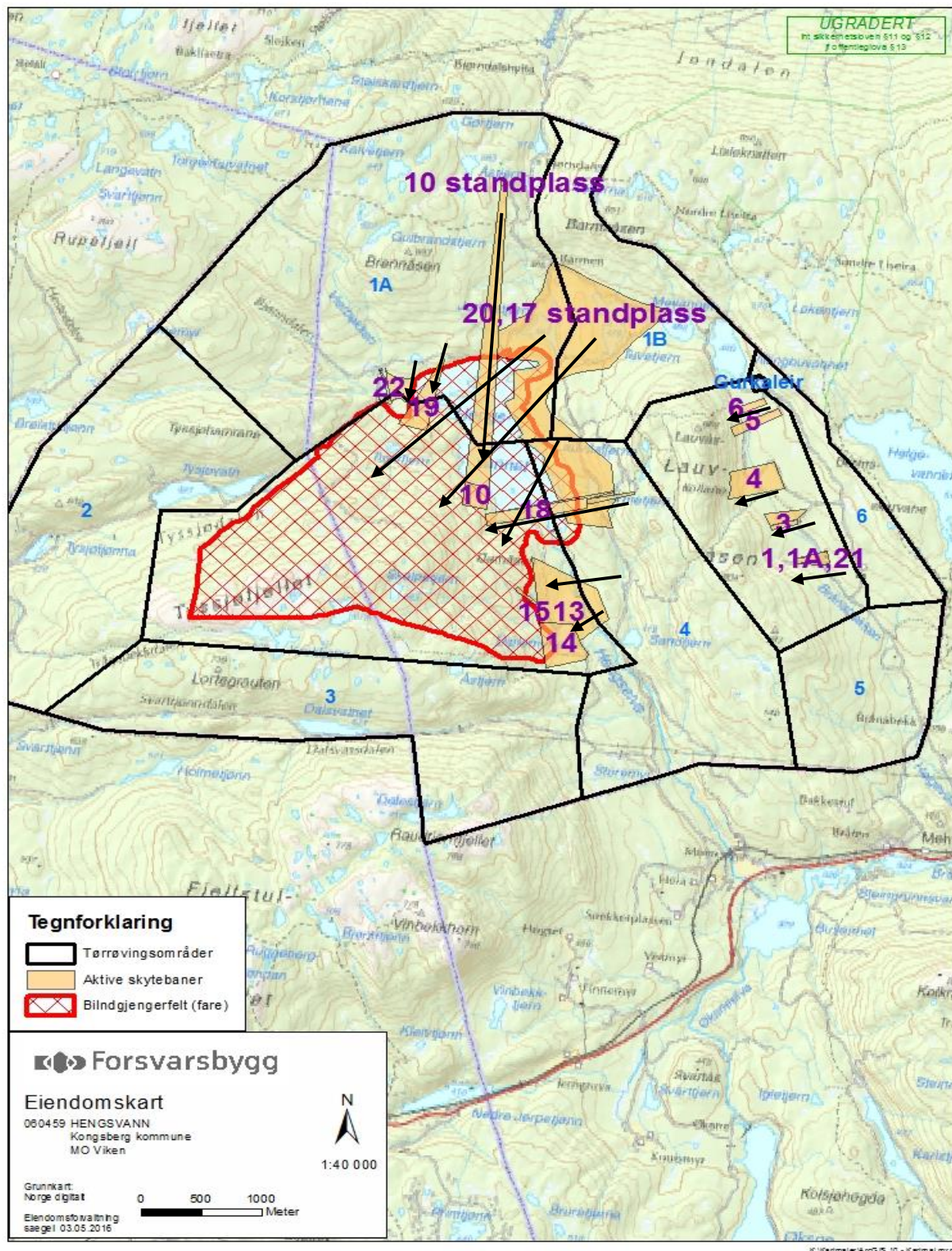
Feltet består per dags dato av 16 aktive baner. På banene benyttes det alt fra håndvåpen, til våpen med blindgjengerførende ammunisjon som bombekaster, rekylfri kanon (RFK), GUR 40 mm (granatutskytningsrør), 12.7MP (multipurpose), JAVELIN, M72 og håndgranat. Det er også en sprengings-/tilvenningsbane lokalisert i nærheten av Hengsvannet.

Det skytes fortsatt med bombekaster (BK) 81 mm i SØFet (1-2 ganger per år). Denne praksisen er gjennomført siden år 2000. Tidligere er det skutt med hvitt fosfor i feltet, og det er da brukt BK 81 mm av norske styrker, og britiske styrker har brukt BK 60 mm og 120 mm. Det er ikke brukt hvitt fosfor i feltet siden 2001. Det er skutt med hvitt fosfor granater (varm røyk) både i blindgjengerfeltet (Hengsvann har kun et blindgjengerfelt) og på øyene i selve Hengsvannet. Vannet har blitt ryddet for blindgjengere i forbindelse med nedtapping av vannet (da det skal utføres vedlikehold av demningen til og med 2016). Det er allikevel igjen blindgjengere i selve vannet, og muligens på øyene i vannet.

Hovedrydding i blindgjengerfeltet skjer hvert 5 år. Sist rydding ble gjennomført i 2011. Deler av blindgjengerområdet ryddes årlig. I tillegg til at brukerne skal rydde (fjerne tomhylser, plast og annet avfall) etter endt øving, rydder SØF administrasjonen i områder der det har vært gjentatte øvinger.

Feltet er overvåket i det nasjonale vannovervåkingsprogrammet for aktive skyte- og øvingsfelt siden 1999.

Brukerne av arealet er hovedsakelig Heimevernet, ulike avdelinger fra Hæren og Luftforsvaret, med Forsvarets logistikkorganisasjon (FLO). Forsvaret utgjør 90% av brukerne. I tillegg er det sivile brukere som Politiet, våpenindustrien, Norsk reserveoffiserers forbund (NROF) og Det frivillige skyttervesen (DFS). Våpenindustrien er i hovedsak eneste bruker av bane 22. Det frivillige skyttervesen bruker Hengsvann SØF 1-2 ganger per år.



Figur 1: viser aktive skytebaner (lilla nummer) og tørrevingsområdene 1A-6 (blått nummer). Svarte piler indikerer skuddretningen.

2 FORURENSNING I GRUNN OG VANN

I Hengsvann SØF finnes det forurensning i grunnen på skytebaner. Aktive skytebaner er vist i Figur 1. Det er ikke registrert deponier eller annen forurenset grunn i skytefeltet.

2.1 GRUNNFORURENSNING FRA AMMUNISJON

Som beskrevet over brukes det både lette og tunge våpen i Hengsvann SØF, med tilhørende ammunisjon. Kaliber som brukes er fra 4,6 mm (pistol) til 84 mm (rekylfri kanon).

2.1.1 METALLER

I dette kapitlet beskrives hva som generelt kan forventes av forurensning på skytebaner, samt en oversikt over gjennomførte grunnundersøkelser i Hengsvann SØF. I forbindelse med denne søknaden har Forsvarsbygg futura miljø gjennomført en befaring av alle stengte og aktive skytebaner i Hengsvann skytefelt sammen med skytefelt-administrasjonen. Resultater fra befaringen er oppsummert i kapittel 3.

Skyting med håndvåpen har medført akkumulering av prosjektiler med mindre kaliber i kulefang på basisskytebaner og i baneløp og målområder på feltskytebaner. I tillegg blir det brukt ammunisjon av større kaliber innenfor målområdene for krumbaneskyts og rakettvåpen. Forbruket av ammunisjon varierer noe fra år til år avhengig av opplæringsbehov og øvingsaktivitet (Tabell 1). 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 1 viser mengde bly, kobber, antimon, sink (bestanddele i håndvåpen), som har blitt skutt på skytebaner i Hengsvann SØF de siste ni årene. 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 1: Sum av forurensningsrelevante metaller og prioriterte stoff (i antall kilo) fra ammunisjon brukt i Hengsvann skyte- og øvingsfelt (FFI, 2014). Mengder for bly for perioden 2011 – 2015 er fra FFI, 2016. Ammunisjon inneholder i tillegg jern, stål, aluminiumskomponenter og mindre mengder andre metaller. Ammunisjonsforbruket er underrapportert, men FFI har oppjustert opprinnelig tall for å ta hensyn dette.

Metall (kg)	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015*
Antimon (Sb)	223	284	444	165	327	179	103	44	
Bly (Pb)	1886	2623	4432	1563	4992	1866	1214	457	579
Kobber (Cu)	8425	12919	25128	14292	18607	8944	8871	6535	
Sink (Zn)	2799	4086	8196	4532	5951	2876	2768	2116	

Forsvaret har i de seinere år gått gradvis over til blyfri ammunisjon. Derfor er antall kg av bly og antimon noe lavere de siste årene, og er kraftig redusert siden 2012, noe som forklarer nedgangen i bly og antimon fra 2011. Det skytes fortsatt noe blyholdig ammunisjon.

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 messing er leget med sink (ca. 3 %). Det er imidlertid mange prosjektiltyper og kaliber hvor

metallinnholdet avviker fra dette. Blyfri ammunisjon består av en stålkjerne og kobber/sink (messing) mantel. Sivile skytterlag, politi og allierte bruker fortsatt blyholdig ammunisjon.

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 håndvåpenammunisjon 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).

Ved bruk av større kaliber ammunisjon som bomber og 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.

2.1.2 EKSPLOSIVER

Ved detonering av sprenggranater frigjøres sprengstoff. I all hovedsak omsettes sprengstoffet til enkle forbindelser som nitrogen, ammonium, ammoniakk, karbondioksid og karbonmonoksid. Uforbrente rester av sprengstoff vil kunne forekomme, spesielt ifm. ufullstendig detonering, 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 med flere, FFI-rapport 2008/00535). Det ble derimot funnet områder med høye konsentrasjoner av eksplosiver på standplass for artilleri, grunnet ufullstendig brenning av overskudd av kruttposer. Dette skyldtes at kruttoverskuddet ikke var brent iht. Forsvarets egne retningslinjer.

I nesten alle områdene som er blitt undersøkt er det blitt påvist rester av eksplosiver, men konsentrasjonene er generelt lave. Hovedtyngden av eksplosivrestene befinner seg i det øvre sjiktet av jorda i form av større eller mindre partikler.

Det er et blindgjenger felt i Hengsvann SØF som er lokalisert sør og vest for Hengsvannet (Figur 1).

Per i dag er det banene i nærhet til Hengsvannet som det skytes med blindgjengerførende ammunisjon.

- Bane 10 JAVELIN (tidligere TOW-bane). TOW (Tube-launched optically-tracked, wireguided missile).
- Bane 14 Bevegelig målbane (RFK-84mm HEAT m.fl.). RFK (Rekylfri kanon) HEAT (High Explosive Anti-Tank).
- Bane 16A Håndgranatbane.
- Bane 16 PV-bane (M72 og GUR 40mm.). M72 (66mm panservernrakett, GUR - Granat utskyttningsrør).
- Bane 17 BK felt. I dagens bane 17 er de tidligere BK stillingene innlemmet; bane 7 Tjuvtjern midtre, bane 8 Tjuvtjern fremre, bane 9 Barmen, bane 11 Båthuset og Bane 12 rundkjøringen.

Andre baner der det er brukt eksplosiver: Sprengingsfeltet ved Diplemyr ble anlagt i 1982. Feltet har en begrensning til bruk av frittliggende ladninger inntil 15 kg. Det er i tillegg en tilvenningssprengingsbane nord for Hengsvannet, bane 20 (frittliggende ladninger inntil 15 kg).

Det er kan også forekomme blindgjengere i og rundt Hengsvannet (figur 1). Av sikkerhetsmessige årsaker må enkelte eksplosivrester håndteres lokalt. Dette gjelder blindgjengere, som sprenges på funnstedet, samt overskudd av krutt ifm bruk av bombekaster.

2.1.3 HVITT FOSFOR

Når hvitt fosfor reagerer med luft dannes en tett, varm, ufarlig røyk som skjermer de militære styrkene. Hvitt fosfor som havner i våte områder kan bli liggende uforbrent. Da hvitt fosfor som ikke er omdannet kan være giftig ved inntak i relativt lave konsentrasjoner, har konsulenter på oppdrag fra Forsvarsbygg gjennomført undersøkelser i de SØF der det er brukt mest hvitt fosfor (Mauken, Blåtind, Setermoen, Halkavarre, Hengsvann). Alle rapporter er tilgjengelige på (<http://www.forsvarsbygg.no/Vi-tar-vare-pa-miljoet/Grunn-og-vatn/>). Konklusjonen fra alle risikovurderingene er at de forekomstene som ev finnes der ikke medfører ekstra risiko for mennesker, verken mot å oppholde seg i målområdene, eller at vannene brukes til fiske og rekreasjon.

Hvitt fosfor kan finnes der det er skutt med bombekastere/artilleri – altså i blindgjengerfelt. Ved undersøkelser av hvitt fosfor i vann er det imidlertid ikke funnet spor av stoffet. Ved graving og kjøring kan hvitt fosfor komme frem «i dagen» og bli tilgjengelig for fugl eller dyr, og kan ved nedbør spres til bekker og vassdrag.

2.1.4 BRUK AV HVITT FOSFOR I HENGSVANN SØF

Fra 1993 til 2001 brukte Forsvaret granater med hvitt fosfor i Hengsvann SØF. Det ble benyttet 7,6 tonn hvitt fosfor i perioden 1993-2001 (Akvaplan-niva, 2009). FFI undersøkte i 2009 målområdene i Hengsvann SØF, uten å finne spor av hvitt fosfor i krater i nedslagsområdene for hvitt fosfor granater (FFI, 2011).

2.2 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).

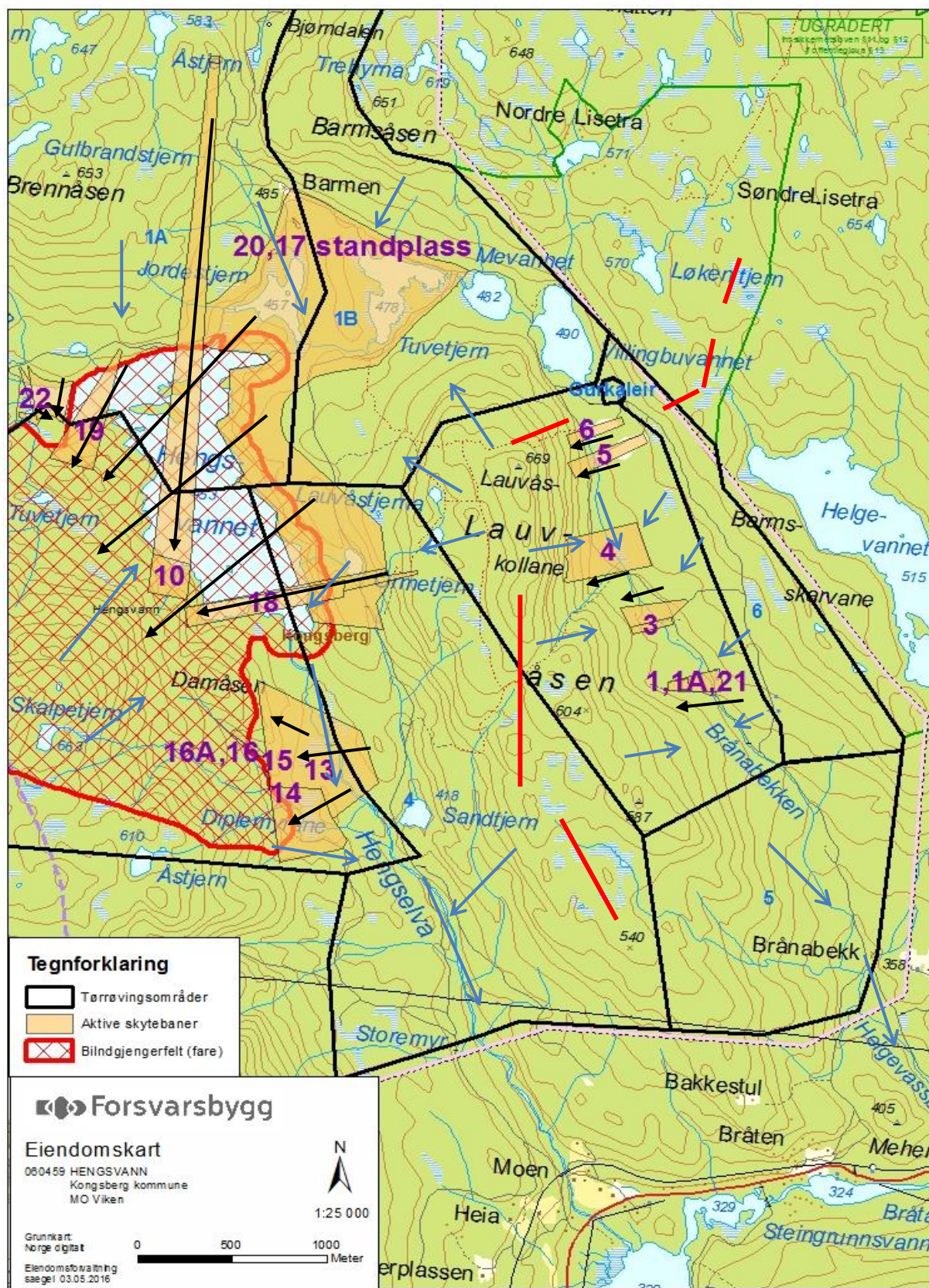
FFI har i 2016 gjennomgått database AMIN og Teams og funnet hvilke prioriterte stoffer som kan finnes i ammunisjonen som brukes i skyte- og øvingsfeltene våre. Det er bly, kadmium og krom som forefinnes i ammunisjon. Kadmium og krom finnes kun i små mengder. Da bly finnes i håndvåpen ammunisjon hos sivile 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.

2.3 SPREDNING OG EFFEKTER AV AMMUNISJONSRELATERT FORURENSNING TIL VANN

2.3.1 VANNFOREKOMSTER I OG RUNDT HENGSVANN SØF

Forsvarsbygg futura, 2015, gir en vurdering etter naturmangfoldloven for Hengsvann skyte- og øvingsfelt, og beskriver nærmere de 14 vannforekomstene som er registrert i Vann-Nett.

Brånabekken og Hengselva renner gjennom deler av skytefeltet og videre sørover ut av feltet. Disse vannforekomstene er nevnt under avsnitt 2.1.4 Vannforekomster (Forsvarsbygg, 2015). Nær utløpet av Hengselva er det registrert ål og i Buvannet som Hengselva munner ut i, er det en gammel registrering av edelkreps (rødlistearter).



Figur 2: Plassering av skytebaner i Hengsvann skytte- og øvingsfelt. Blå piler markerer vannet sin dreneringsretningen. Svarte piler markerer skuddretingen. Røde piler markerer skillet i mellom det vestre og østre nedbørsfeltet (vannskillet) i Hengsvann SØF.

2.3.2 DRENERINGSVEIER OG VANNFØRING

Skytebanene i Hengsvann ligger som beskrevet i to ulike nedbørsfelt (figur 2). Felles for begge nedbørsfeltene er at det er to vannstrenger (Hengselva og Brånabekken) som mottar forurensningsbidraget i fra alle banene. For den vestlige delene er det Hengselva som får belastningen. Bidraget kommer i fra kulefang som ligger like inntil Hengsvannet (banene 10, 18, 19 og 22), samt fra skytebaner i delnedbørsfeltet i fra Diplemyr (banene 13-16). Hengselva renner videre sørover til utløpet ved Buvannet.

For det østlige nedbørsfeltet er det Brånabekken som får forurensningsbidraget i fra banene 1-6. Bekken går sammen med Helgevassbekken før den renner ut av feltet. Helgevassbekken mottar avrenning i fra et tidligere gruvefelt øst for Hengsvannet SØF. Dette preger også den kjemiske sammensetningen i Helgevassbekken.

Basert på anslag av størrelsen av nedbørsfeltene for ulike prøvepunkter, kan avrenningen for de ulike delene av skytefeltet beregnes ($\text{m}^3/\text{døgn}$). Tabell 2 og tabell 3 gir en oversikt over hvilke vannveier de ulike banene drenerer til, og hvor stor avrenningen av hhv. vann og metaller det er via de fire ulike dreneringsveiene.

Tabell 2: Beskrivelse av dreneringsveier for vestre del av Hengsvann SØF (Hengselva) (Figur 2). *Prøvepunkt vises i figur 3 og figur 4.*

Prøvepunkt med dreneringsvei	Avrenning i fra baner	Vann I.D.nr:	Estimert årlig vannføring (l/s)	% av total vannavrenning (nedbørsfelt km^2)	Kommentar
Prøvepunkt 7, Dreneringsvei 1. Hengselva (punkt ved SØF-grensen, drenerer hele vestfelt. et).	Avrenning i fra banene 10 til 22 (totalt 11 baner).	Hengselva: vann I.D.nr: 015-1082-R	766	100 (31,7 km^2)	Vannforekomsten er navngitt som Hengselva. For flere vannforekomster i nedbørsfeltet se Forsvarsbygg, 2015.
Prøvepunkt 5, Dreneringsvei 2. Diplemyr baneanlegg (drener deler av vestfeltet).	Avrenning i fra bane 13, 14, 15, 16, 16A og 17 (totalt 6 baner)	Hengselva bekkefelt: vann I.D.nr: 015-1073-R.	56	6,9 (2,0 km^2)	Vannforekomsten er navngitt som Hengsvannet bekkefelt. Diplemyr er en liten del av dette feltet.

Tabell 3: Beskrivelse av dreneringsveier for østre del av Hengsvann SØF (Brånabekken) (Figur 2). *Prøvepunkt vises i figur 3 og figur 4.*

Prøvepunkt med dreneringsvei	Avrenning i fra baner	Vann I.D.nr:	Estimert årlig vannføring (l/s)	% av total vannavrenning (nedbørsfelt km ²)	Kommentar
Prøvepunkt 10, Dreneringsvei 1. Brånabekken	Avrenning i fra bane 1 til 6, med helikopterbane 21 (totalt 7 baner).	Brånabekken Vann I.D.nr: 015-1126-R	128	100 (4,9 km ²)	Helgevassbekken (bekkefelt): Feltet er navngitt som Helgevassbekkenbekkefelt. Brånabekken er den største bekken innenfor feltet.

2.3.3 SPREDNING AV EKSPLOSIVER OG HVITT FOSFOR

Forsvarsbygg gjennomførte i perioden 2006-2008 en utvidet overvåking der sprengstoff og hvitt fosfor ble analysert i alle prøvepunkt, uten at disse stoffene ble påvist i vannprøvene (Sweco Norge, 2009). Akvaplan-niva tok i 2008, på oppdrag av Forsvarsbygg, prøver av fisk og sediment i Hengsvannet. Selv om det ble funnet spor av sprengstoffrester og hvitt fosfor, var mengdene så små at Akvaplan-niva konkluderte med at ikke utgjør noen fare for mennesker som bruker Hengsvannet til rekreasjon, eller gjennom konsum av fisk fra vannet (Akvaplan-niva, 2009). FFI fulgte opp med undersøkelser i 2009 og 2010 (FFI, 2011), og fant da spor av hvitt fosfor i enkelte bekkeprøver i selve blindgjengerfeltet. Det ble ikke funnet spor av eksplosiver verken i bekkene eller i sediment. FFI gjennomførte risikovurdering, og endte opp med samme konklusjon som Akvaplan-niva.

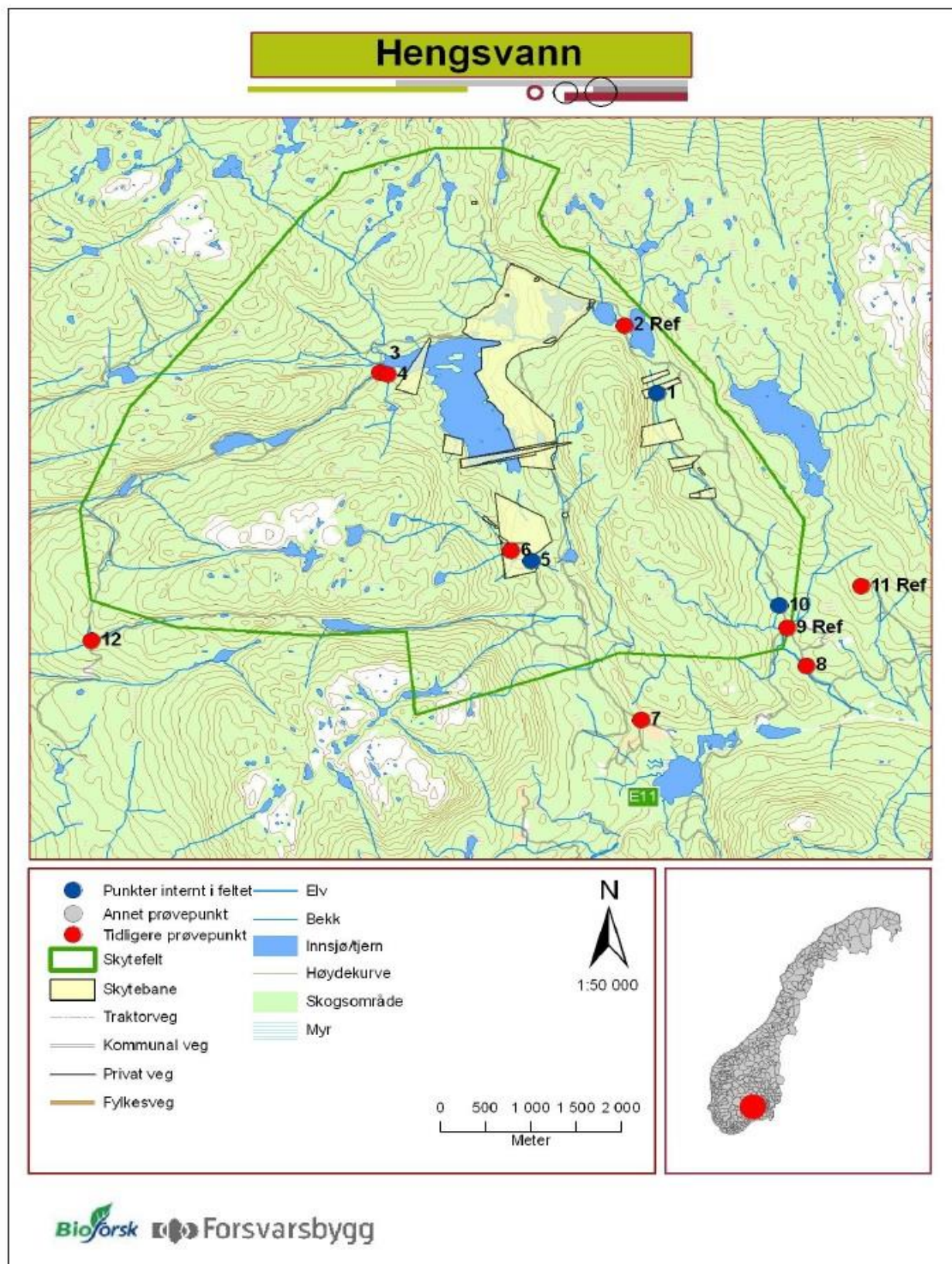
2.3.4 MÅLTE KONSENTRASJONER AV METALLER I VANN

Overvåkingsprogrammet

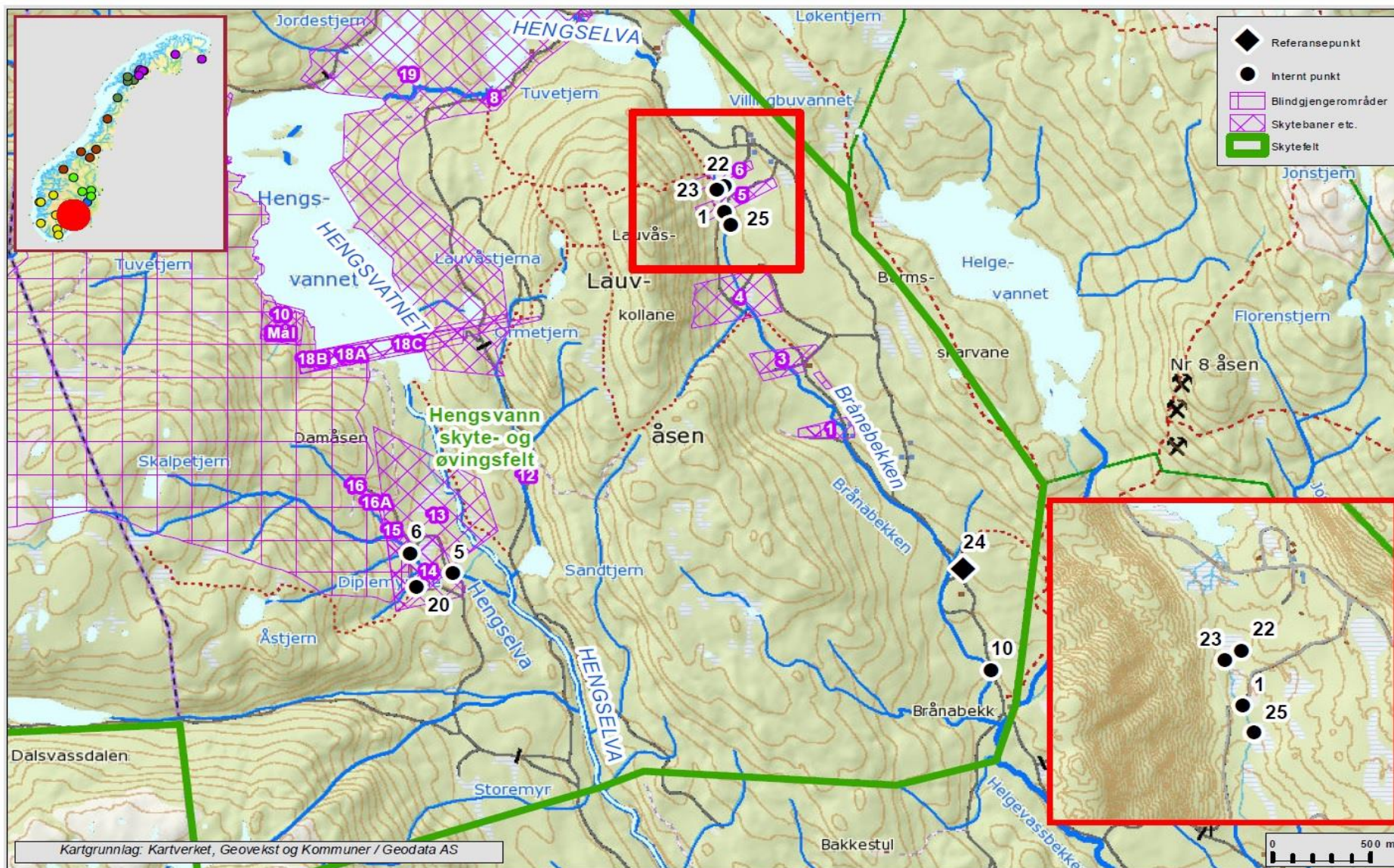
Overvåking av metallavrenning til bekker og elver har foregått siden 1999, med bistand fra ulike konsulenter; NIVA 1999 – 2005, Sweco Norge 2006 – 2009, Bioforsk 2010 – 2013. Golder Associates AS har overtatt oppdraget f.o.m 2014. Forsvarsbygg/Forsvaret har tatt prøver, og konsulenter har sammenstilt og rapportert resultatene. De første årene var det Norsk institutt for Vannforskning (NIVA) (Rognerud, 2006) som utførte dette på oppdrag fra Forsvarsbygg 1999-2005. Elvemose ble benyttet som biologiskindikator istedenfor vannprøver. I 2006 tok Sweco Norge as over (Sweco Norge, 2007 tom 2009), og Bioforsk har gjennomført oppdraget siden 2010 (Bioforsk 2010 tom 2012). Prøvepunkt som har vært prøvetatt minst en gang siden 2006 er vist i Figur 3. Alle analyser er gjennomført på ikke-filtrert (ufiltrert) prøve.

Det ble gjennomført tiltak i Hengsvann SØF i 2014, for å redusere metallavrenningen fra bane 5 og 6, og i fra flere baner på Diplemyr. Det er tatt ekstra prøver i 2015 på grunn av oppfølging av gjennomførte tiltak. Figur 4 viser prøvepunktene som ble prøvetatt i 2015 og 2016. De fleste data vi har fra overvåkingen er fra FØR tiltak ble gjennomført. Derfor er ikke tidligere kartlegginger og overvåking nødvendigvis representativt for dagens situasjon. Noen av resultatene presenteres allikevel her. Det kan ta lang tid før effekter av tiltak faktisk kan måles i bekken, og overvåking av gjennomførte tiltak vil derfor fortsette i fremtiden. Data fra 2015/2016 vil derfor heller ikke nødvendigvis være representativt for hvordan miljøstatus er i Hengsvann SØF i fremtiden.

Resultater fra nye prøvepunkt innført på grunn av oppfølging av tiltak (pkt. 20 til 25, Figur 4) er ikke presentert i denne rapporten, men presenteres i Golder 2016 (under arbeid).



Figur 3: Overvåkingspunkter (blå) aktive og (røde) tidligere prøvepunkt. Kart er hentet i fra Bioforsk rapport 2013 (MO-Viken, Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt Program Tungmetallovervåking).



Figur 4: Kartet viser prøvepunktene prøvetatt i Program Tungmetallovervåking i 2015. Kartet er hentet i fra Golder Associates upubliserte overvåkingsrapport for 2016.

Siste versjon av overvåkingsrapporten er tilgjengelig på Forsvarsbygg sine nettsider (<http://www.forsvarsbygg.no/Vi-tar-vare-pa-miljoet/Grunn-og-vatn/>). Tabell 4 gir en oversikt over resultater i fra vannovervåking (i utvalgte punkter) Hengsvann for perioden 1999-2015. Tabellen viser gjennomsnitt konsentrasjon av kobber, bly, antimon og sink i ulike prøvepunkt, sammen med laveste (min), høyeste (maks) og medianverdi. Antall prøvetakinger er også beskrevet i tabellen. I tillegg oppgis vannkjemiske parametere som Ca (kalsium), Fe (jern), TOC (totalt organisk karbon), ledningsevne, pH og turbiditet. I og med at det er gjennomført tiltak i 2014 er noen prøvepunkt presentert med resultater til og med 2014. De er tillegg lagt inn gjennomsnittsverdier av målingene etter tiltak 2015 og vår 2016. Alle parametrene for 2014 overvåkingen kan sees i **Vedlegg 1**, og **Vedlegg 2** for 2015 og 2016 målingene.

Tabell 4: 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. Verdiene er benyttet i beregningene av snitt, 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 4 µg/l. Prøvepunktene vises i figur 3 og figur 4. Analyse er gjennomført på ufiltrerte prøver. Gule celler markerer prøvepunkt som kan være påvirket av gjennomførte tiltak i 2014. Brune celler markerer at det ikke er analysert for den aktuelle parameteren. Gjennomsnittskonsentrasjonen i overvåkingspunktene i Hengsvann varier innenfor følgende intervaller pH fra 4,9-6,4. TOC fra 6,3-13,0 mg/l og Kalsium 0,8-3,0 mg/l. Overvåkingsdata fra før 2014, er hentet fra overvåkingsrapporter oppgitt i kapittel 4. Referanser.

Prøvepunkt	Prøveår	N		pH	TOC	Lednings- evne (kond.)	Turbi- ditet	Fe	Ca	Cu	Pb	Sb	Zn
1 Brånabekken Nedstrøms Bane 5 og 6 Vann I.D.nr: 015-1126-R	1999- 2014**	44	Min	5,8	4,8	1,8	0,3	0,2	1,6	3,3	1,2	0,1	15
			Maks	6,9	21,0	4,9	26,0	25	5,5	79	130	10	53
			Median	6,3	8,5	2,5	2,1	0,5	2,6	27,5	12,3	4,5	28
			Gjennomsnitt	6,3	9,4	2,7	4,8	2,7	2,7	32,4	23,9	5,3	30
1	2015-2016*	4	Gjennomsnitt	6,2	10,2	2,8	2,4	1,9	3,0	29,5	16,3	3,0	30
2 Ref Villingbuvann Innløpsbekk	2006-2012	16	Min	5,1	5,0	1,2	0,6	0,1	1,6	0,5	0,3	0,1	2,0
			Maks	7,1	12,0	4,7	0,9	0,5	2,7	1,7	0,7	0,5	15
			Median	6,5	8,5	1,7	0,7	0,3	1,8	0,5	0,3	0,1	5,5
			Gjennomsnitt	6,4	8,1	1,9	0,7	0,3	2,0	0,6	0,4	0,2	5,7
3 Hengsvann Innløpsbekk	2006-2007	3	Min	6,0	7,4	1,3		0,3		0,4	0,1	0,1	5,3
			Maks	6,3	7,4	1,4		0,5		0,5	0,3	0,5	6,4
			Median	6,0	7,4	1,3		0,4		0,5	0,3	0,5	5,4
			Gjennomsnitt	6,1	7,4	1,3		0,4		0,5	0,2	0,4	5,7
4 Hengsvann Innløpsbekk	2006-2007	3	Min	5,0	13,0	1,3		0,3		0,5	0,3	0,1	5,1
			Maks	7,1	13,0	1,4		0,5		1,7	0,6	0,5	12
			Median	5,3	13,0	1,4		0,4		0,5	0,6	0,5	5,7
			Gjennomsnitt	5,8	13,0	1,4		0,4		0,9	0,5	0,4	7,6
5 Diplemyr Utløpsbekk Vann I.D.nr: 015-1073-R.	1999- 2014**	55	Min	4,5	6,0	1,1	0,2	0,2	0,3	0,5	1,7	0,1	5,5
			Maks	5,7	17,0	2,3	2,2	5,0	1,5	21,0	14,0	1,5	33
			Median	5,1	9,0	1,5	0,4	0,5	0,6	8,1	3,3	0,3	9,1
			Gjennomsnitt	5,2	9,5	1,5	0,7	0,8	0,7	8,5	4,0	0,4	10

5	2015-2016*	4	Gjennomsnitt	5,0	10,3	1,3	0,4	0,6	0,6	9,3	3,8	0,4	9,0
6 Diplemyr internpunkt Vann I.D.nr: 015-1073-R.	2006-2008	8	Min	4,8	2,7	1,1		0,2	0,3	0,5	0,3	0,1	6,1
			Maks	6,2	11,4	5,2		0,6	5,8	8,9	2,3	0,5	12
			Median	4,8	7,8	1,6		0,3	0,4	6,4	1,2	0,4	8,8
			Gjennomsnitt	5,1	7,8	2,0		0,4	2,2	5,5	1,3	0,4	8,9
6	2015-2016*	4	Gjennomsnitt	4,9	10,3	1,3	0,3	0,4	0,6	7,9	2,4	0,2	8,2
7 Hengselva Før samløp m/ Buvannet Vann I.D.nr: 015-1082-R	2006-2011	8	Min	5,8	4,6	0,8		0,1	1,0	0,5	0,2	0,1	2,0
			Maks	6,2	7,3	1,6		0,3	1,5	1,7	0,6	0,5	7,8
			Median	6,0	6,5	1,4		0,2	1,2	0,5	0,3	0,3	6,0
			Gjennomsnitt	6,0	6,3	1,3		0,2	1,2	0,8	0,3	0,3	5,5
8 Helgevannsbekken Etter samløp med Brå- nabekken Vann I.D.nr: 015-1128-R	2006-2007	3	Min	5,7	7,5	1,4		0,2		0,5	1,2	0,3	7,3
			Maks	6,1	7,5	1,6		0,2		3,3	1,5	0,5	10,0
			Median	6,0	7,5	1,5		0,2		1,3	1,3	0,5	9,1
			Gjennomsnitt	5,9	7,5	1,5		0,2		1,7	1,3	0,4	8,8
9 Ref Helgevassbekken før sam- løp med Brånbekken	2006-2007	3	Min	5,7	6,7	1,3		0,2		0,5	1,7	0,1	6,0
			Maks	6,8	6,7	1,4		0,2		0,6	2,1	0,5	9,8
			Median	6,2	6,7	1,3		0,2		0,5	1,9	0,5	7,3
			Gjennomsnitt	6,2	6,7	1,3		0,2		0,5	1,9	0,4	7,7
10 Brånbekken Vann I.D.nr: 015-1126- R	1999-2013	21	Min	5,6	3,7	1,2	0,4	0,1	1,2	0,5	0,3	0,1	4,9
			Maks	6,5	8,5	2,6	0,6	0,4	2,3	13,0	5,4	0,5	10,7
			Median	6,2	7,5	1,5	0,5	0,2	1,7	2,2	1,3	0,4	8,1
			Gjennomsnitt	6,2	6,8	1,6	0,5	0,3	1,7	2,8	1,5	0,4	7,9
10	2015-2016*	4	Gjennomsnitt	6,1	6,9	1,7	0,5	0,2	1,9	2,3	1,5	0,2	5,3
23 (intern punkt Bråna bek- ken)	2015-2016*	3	Gjennomsnitt	6,1	9,7	2,6	10,6	4,1	2,8	31,5	18,5	2,9	20,5
24 (referansepunkt Brå- nabekken)	2015-2016*	4	Gjennomsnitt	5,4	8,5	1,3	0,5	0,5	0,8	1,1	0,7	0,1	7,2
25 (intern punkt Bråna bek- ken)	2015-2016*	3	Gjennomsnitt	5,3	11,4	2,1	1,0	0,8	1,5	16,2	5,2	1,6	16,7
11 Ref Bekk utenfor skytefeltsgren- sen	2007	1						0,2		0,5	0,3	0,5	6,3
12 Svarttjønnbekken (referanse punkt utenfor SØFet).	2007-2008	4	Min	5,7	5,7	1,0		0,2	0,8	0,5	0,3	0,1	6,6
			Maks	6,0	12,9	1,8		3,3	1,5	1,8	1,8	0,5	11,0
			Median	5,7	8,4	1,6		0,6	1,2	1,1	0,3	0,1	8,7
			Gjennomsnitt	5,8	8,9	1,5		1,2	1,2	1,1	0,7	0,2	8,7

* På grunn av gjennomførte tiltak i 2014, er 2015 og 2016 resultatene presentert for seg. **Analysedata i fra før, under og etter tiltak på Diplemyr og bane 5 og 6 ved Brånbekken er benyttet i utregningene. Median brukes som et mer representativt uttrykk for metallkonsentrasjonen i vannforekomsten over tid, i forhold til gjennomsnitt konsentrasjoner som også inkluderer alle ekstreme analyseverdier.

For å vurdere miljøtilstanden ved prøvepunktene for vann, er konsentrasjonen av tungmetaller vurdert mot tilstandsklasser for ferskvann fra 97:04 i våre overvåkingsrapporter (tabell 5). De har og vært sammenlignet med tilstandsklasser for metaller i ferskvann relatert til biologiske effekter etter Lydersen et al, 2002) i Sweco Norge,

2009. Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt Program Tungmetallforurensning 1991-2009. Antimon har ikke tilstandsklasser. For antimon brukes derfor drikkevannsforskriften ($> 5 \mu\text{g/l}$). Drikkevannsforskriftsgrensen for bly er $10 \mu\text{g/l}$ og for kobber $100 \mu\text{g/l}$.

Tabell 5: Tilstandsklasser for bly, kobber og sink i vann i henhold til TA 1468/1997 (SFT, 1997). Gjelder ufiltrerte prøver.

Tilstandsklasse	I	II	III	IV	V
Parameter ($\mu\text{g/l}$)	Meget god (ubetydelig forurensset)	God (moderat forurensset)	Mindre god (markert forurensset)	Dårlig (sterkt forurensset)	Meget dårlig (sterkt forurensset)
Bly	$<0,5$	$0,5-1,2$	$1,2-2,5$	$2,5-5$	>5
Kobber	$<0,6$	$0,6-1,5$	$1,5-3$	$3-6$	>6
Sink	<5	$5-20$	$20-50$	$50-100$	>100

Det finnes nå nye forslag til tilstandsklasser for vann, samt miljøkvalitetsstandarder. Sammenligning med disse gjøres i kapittel 2.3.3.

Vestre nedbørsfelt (Hengsvannet, Hengselva og Diplemyr)

Resultatene fra det Nasjonale overvåkingsprogrammet for aktive SØF i Hengsvann (1999-2014) (tabell 4) viser at for vannforekomsten Hengselva varierer metallkonsentrasjonene med hvor prøvepunktet er plassert. Referansepunktene representerer den naturlige bakgrunnsverdi, mens internpunkt overvåker metallavrenning nær skytebaner/inni skytefeltet. Kontrollpunktene er plassert ved grensen til skytefeltet.

Referansepunktet 2 Ref. for Hengsvannet/elva (figur 3), ligger i innløpet til Villingbuvannet. Beregnet vannføring i punktet er 34 l/s . Gjennomsnittskonsentrasjonen for bly, kobber og sink etter 16 vannprøver er henholdsvis i tilstandsklasse I, II og II iht. tabell 5.

I utløpet av bekken fra Diplemyr, punkt 5 har konsentrasjonene av bly, kobber og sink vært relativt høye, og for kobber og bly har tilstanden vært i klasse VI til V. Det ble som tidligere nevnt gjennomført tiltak for å bedre forurensningssituasjonen på Diplemyr i 2014. I tabellen er det også vedlagt resultater etter tiltak (2015 og 2016). Det er ikke stor forskjell i mellom gjennomsnittskonsentrasjonene i fra 1999 til 2014. Målingene i fra de to siste årene viser en markant økning i utlekkingen av bly internt på Diplemyr (punkt 6), mens punktet ut (representerer hele delnedbørsfeltet) viser en marginal nedgang av bly. Det er ennå ingen klar respons på tiltakene som ble gjort på Diplemyr for å redusere av metallutlekkingen. Det kan ta flere år før vi observerer positive effekter i bekken.

For det tidligere kontrollpunktet i Hengselva, punkt 7, (2006-2011) er metallkonsentrasjonene samme tilstandsklassene som i referansepunktet 2. Beregnet vannføring i dette punktet for Hengselva er 655 l/s . Bly i tilstandsklasse I, kobber tilstandsklasse II og sink i tilstandsklasse II (tabell 5, SFT 1997).

Østre nedbørsfelt (Brånabekken)

Øverst i Brånabekken er det tatt vannprøve siden 1999 (prøvepunkt 1). Punktet ligger like nedstrøms bane 5 og 6, og Brånabekken har her beregnet vannføring på ca. 7 l/s . Resultatene viser en gjennomsnittskonsentrasjon for bly og kobber i tilstandsklasse V, og for sink i tilstandsklasse III. De høyeste målte konsentrasjonene for hhv. bly og kobber har vært 130 og $79 \mu\text{g/l}$. Sommeren 2014 ble det gjennomført tiltak ved bane 5 og 6 for å redusere metallavrenningen. Gjennomsnittet av 2015-2016 prøvene viser en noe lavere konsentrasjon av kobber, bly og antimon enn før tiltak, men gjennomsnittskonsentrasjonene er fortsatt relativt høye, med $16,3 \mu\text{g/l}$ bly og $29,5$

µg/l kobber. Sink konsentrasjonen er lik før og etter tiltak. Forhåpentligvis vil metallavrenningen avta mer over tid.

I overvåkingspunkt 10 (beregnet vannføring 95 l/s) i Brånabekken før samløpet med Helgevassbekken er det tatt 21 vannprøver i perioden 1999 til 2013. I 2015-2016 (4 prøver) var gjennomsnittskonsentrasjoner for bly, kobber og sink på hhv 1,5 µg/l, 2,0 µg/l og 5,3 µg/l. Det er noe lavere gjennomsnittskonsentrasjon for kobber og sink sammenlignet med perioden 1999-2013 (før tiltak) kobber 2,8 µg/l og sink 7,9 µg/l. Blyverdiene er tilstandsklasse 3, kobber tilstandsklasse 3 og sink tilstandsklasse 2 etter tabell 5, SFT 1997. Etter en nærmere beregning (tabell 10) var det biotilgjengelige blyet under AA-EQS (tilstandsklasse II), tabell 9, Miljødirektoratet 2016.

Overvåkingspunkt 8

I overvåkingspunkt 8 (Brånabekken etter samløp med Helgevassbekken) er konsentrasjonen av bly omtrent det samme som i overvåkingspunkt 10 (0,5 µg/l høyere). Dette er overraskende da Helgevassbekken har en estimert vannføring på 281 l/s noe som er over dobbelt så mye som den beregnede vannføringen i Brånabekken 95 l/s. Det kommer mest sannsynlig av at det tidligere har vært gruvedrift nord i nedbørsfeltet til Helgevassbekken. Brånabekken går inn i Helgevassbekken like før den renner ut Storelva, en kilometer sør for skytefeltsgrensen.

2.3.5 KILDESPORING

Forsvarsbygg har gjennomført en del undersøkelser i Hengsvann SØF, både i grunn og vann. Forsvarsbygg gjennomførte blant annet den 29.april 2014 en egen befarings 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 befaringen 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 driftstiltak for å redusere metallavrenning.
4. vurdere hvorvidt dagens overvåkingsprogram fanger opp avrenning fra de aktive skytebanene.

Lena Frøyland fra Forsvarsbygg futura miljø gjennomførte befaringen av skytebanene i Hengsvann skyte- og øvingsfelt sammen med skytefeltadministrasjonen (Operasjonsstøtte).

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 2014). Det ble i tillegg tatt vannprøver fra bekker som drenerer en eller flere baner. Det er i tillegg utarbeidet en tiltaksplan (Tiltaksvurderinger-tungmetaller, Hengsvann SØF Futura rapport nummer 2013/414). Det ble anbefalt å gjennomføre tiltak i bane 5 og 6 og på bane 14 Diplemyr, etter at det ble påvist høy metallutlekking som en følge av militærbruk i fra disse områdene. Tiltaksområdene vil i fremtiden bli overvåket og det vil bli utarbeidet en rapport som oppsummerer effekter av tiltakene.

Da kildesporingen ble gjennomført FØR tiltak, er sannsynligvis ikke resultatene representative for dagens og fremtidig forurensningssituasjon (tabell 4).

Oversikten over prøvepunktene prøve tatt under kildesporing 2014 er gitt i Vedlegg 1. Resultatene i fra undersøkelsen gjengitt i vedlegg 4, figur 9-10 (kobber), figur 11-12 for (bly), figur 13-14 (sink), og figur 15 (antimon). Resultatene i fra kildesporingsundersøkelsen er klassifisert etter tilstandsklassene for ferskvann (SFT, 1997) vist i tabell 4. Konsentrasjonene, samt andre støtteparametere i fra undersøkelsen er gjengitt i Vedlegg 1.

Andre undersøkelser av metall i vann

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. Disse metallene lå i tilstandsklasse I (meget god) og II (god) i alle vannprøver (Sweco Norge as/Forsvarsbygg, 2009).

Akvaplan-niva analyserte for metallene bly, antimon, kobber og sink i sediment i Hengsvann, og konkluderte at nivåene var for det meste lave og reflekterte bakgrunnsnivåer (Akvaplan-niva, 2009). For kobber og sink lå konsentrasjonene noe over det som er funnet i andre innsjøer i regionen. FFI fulgte opp disse undersøkelsene i 2009 og 2010, og fant da noe bly i selve Hengsvannet (kun ett av fem prøvepunkt), og forhøyede konsentrasjoner av kobber og sink. I henhold til tilstandsklasser for ferskvannssedimenter (SFT 97:04) var sedimentenes tilstand i klasse I og klasse II.

2.3.6 MENGDE METALLER OG PÅVIRKNING PÅ BEKKER OG HOVEDRESIPIENTER

Overvåkingsdataene for avrenning fra Hengsvann SØF (Tabell 4) kan brukes til å estimere mengdene metall som årlig transporteres i de ulike bekkene (tabell 6 og tabell 7). I og med at det er gjennomført tiltak i Hengsvann SØF, er det tatt utgangspunkt i 2015 målingene for å beregne metallbidraget i fra skytebanene til elvene i feltet. Disse målingene er brukt for å få et mest representativt bilde på dagens forurensningssituasjon. Som nevnt tidligere forventer vi at metallavrenningen avtar ytterligere over tid.

Prøvepunkt 7 (Hengselva) ble ikke prøvetatt i 2015 og 2016, derfor er gjennomsnittet i fra tidligere målinger i tabell 4 benyttet. Det tidligere overvåkingspunktet er lokalisert ca. 1 km nedstrøms skytefeltgrensen (**Figur 3**). Metallverdiene er historisk sett betydelig lavere i punkt 7 enn i punktet ut i fra Diplemyr punkt 5. Metallverdiene i punkt 7 ble målt til 0,3 µg/l bly, 0,8 µg/l kobber, 5,5 µg/l sink og 0,3 µg/l antimon. Bly i tilstandsklasse I, kobber tilstandsklasse II og sink i tilstandsklasse II (tabell 4).

Tabell 6: metallbidraget fra Diplemyr til Hengselva. Den naturlige bakgrunns konsentrasjonen målt i pkt. Metallmengder i referansen (Ref 2) er trukket i fra.

	Bidrag fra bane		Pb	Cu	Sb	Zn	Middelvann-føring NVE	Pb	Cu	Sb	Zn
Prøvenavn		Resipient	µg/l				l/sek	gram/år			
Ref 2*	Ingen	Villingbuvannet (renner ut i Hengsvannet)	0,4	0,6	0,2	5,7	34	429	643	214	6 112
5 (Diplemyr)	13, 14, 15, 16, 16A og 17.	Hengselva	3	8,5	0,4	8	56	5 084	14 903	701	14 552
Nettobidraget av metaller i fra Diplemyr til Hengselva								4 655	14 259	487	8 440

*Ref 2 ble ikke prøvetatt i 2015.

Tabell 7: metallbidraget i fra Brånabekken til Helgevassbekken. Den naturlige bakgrunns konsentrasjonen målt i pkt. Ref 24 er trukket fra.

	Bidrag fra bane		Pb	Cu	Sb	Zn	Middelvann-føring NVE	Pb	Cu	Sb	Zn
Prøvenavn		Resipient	µg/l				l/sek	gram/år			
Ref 24	ingen	Brånabekken	0,3	1,2	0,1	8,2	34	365	1233	107	8739
10	6, 5, 4, 3, og 1.	Helgevassbekken	1,5	2,3	0,2	5,3	95	4499	6898	600	15896
Nettobidraget av metaller i fra Brånabekken til Helgevassbekken								4134	5665	493	7157

Metallkonsentrasjonene er relativt lave i Brånabekkens punkt 10, ved skytefeltets grense, med 2,3 µg/l kobber, 1,5 µg/l bly, 0,2 µg/l antimon og 5,3 µg/l sink.

Tabell 8 gir en oversikt over hvor mye metallbidragene beregnet i tabell 6 og 7, medfører av økning av konsentrasjon i resipientene Hengselva og Helgevassbekken.

Tabell 8: Beregning av økning i metallkonsentrasjon i resipientene Hengselva (i pkt 7) og Helgevassbekken (etter samløp med Brånabekken) som følge av metalltilførsel fra hhv. Diplemyr (pkt 5), banene ved Brånabekken (pkt 10) samt referansestasjoner.

Prøvenavn	Vannføring i prøvepunktet l/s	Nedbørsfelt (prøvenavn)	Vannføring i prøvepunktet l/s	Pb	Cu	Sb	Zn
				ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
Ref 2	31	Hengselva (7)	766	0,016	0,024	0,008	0,231
5	56	Hengselva (7)	766	0,219	0,621	0,029	0,585
Ref 24	5	Helgevassbekken (etter samløp med Brånabekken)	281	0,005	0,021	0,002	0,002
10	128	Helgevassbekken (etter samløp med Brånabekken)	281	0,456	1,048	0,137	2,278

Helgevassbekken og Hengselva renner ut i Storelva. Storelva renner videre østover, inn i Numedalslågen. Storelva har i punktet etter innløpet fra Helgevassbekken en beregnet årlig middelvannføring på 2494 l/s. I punktet hvor Helgevassbekken renner inn Storelva blir konsentrasjonene i Helgevassbekken (etter samløp med Brånabekken) Tabell 8 fortennnet ytterligere ni ganger, og konsentrasjonene i Hengselva (pkt 7) blir fortennnet ytterligere 3 ganger.

2.3.7 DRIKKEVANNSUTTAK OG EV PÅVIRKNING PÅ DISSE

Det er 3 grunnvannsbrønner i Hengsvann SØF. En ved skytefeltsadministrasjonen sitt kontor (Majorstua), en ved den såkalte Gurkaleiren, og en ved standplasshus til den sivile banen 22. Vannet brukes som blant annet drikkevann for brukerne av skytefeltet. Alle grunnvannsbrønnene har installert et UV-anlegg for rensing (hydrologisk barriere). Alle brønnene ligger i god avstand fra skytebanenes målområder, og det er derfor minimal risiko for at metallavrenning forurensrer vannet. Det ligger noen grunnvannsbrønner utenfor skytefeltet, og disse omtales i søknaden.

2.3.8 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, 2015.

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 vannkjemiske 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 en modell 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.

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 effekt concentration) for antimon (Sb_2O_3) på 113 µg/l. Konsentrasjonene i skytefeltet er langt lavere enn dette.

I forbindelse med vannforskriften er det innført biologiske kvalitetselementer i ferskvann (bunndyr, fytoplankton, strandvegetasjon og fisk). Men ifølge 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, forsurende 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 eksponeringer. 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

Tabell 10 viser en sammenligning av metallkonsentrasjoner i vannovervåkingspunkt i vannforekomster med EQS fra tabell 9. Analyseresultater for bly, kobber og sink er fra overvåkingsprogrammet gjennomført i årene 2006 til 2016. Vi har kun tatt med resultater fra vannprøvepunkt som ligger i vannforekomster som er definert med egen

ID i Vann-nett, og i prøvepunkt som er berørt av gjennomført tiltak har vi kun tatt med resultater fra etter gjennomført tiltak. Ut fra disse dataene har vi beregnet AA-EQS og MAC-EQS. Vi har i tillegg beregnet biotilgjengelig bly med en modell NIVA bruker (tatt fra European Commission, 2011 og 2014). Fra rapporten NIVA, 2016. Overvåking av avrenning fra nedlagte skyte- og øvingsfelt. Årsrapport for 2015. Rapport L-NR- 6948-2016:

Biotilgjengelig andel bly:

$$[Pb_{biotilgjengelig}] = [Pb_{m\ddot{a}lt}] \times \frac{1,2}{1,2 + 1,2([TOC] - 1)}$$

Blykonsentrasjon $[Pb_{m\ddot{a}lt}]$ er basert på resultater fra 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 fraksjon, og løst konsentrasjon av bly er lik eller lavere enn totalkonsentrasjon. Videre så er ligningen bare validert i vann der konsentrasjonen av DOC er lavere enn hhv 17 og konsentrasjonen av kalsium er høyere enn 2 mg/l, og pH er mellom 6,0 og 8,5. Biotilgjengelighet av metaller er beregnet for bly i overvåkingspunkt i Helgevassbekken bekkefelt og Hengselva bekkefelt utløp. For resterende punkt i Hengselva bekkefelt er det ikke beregnet biotilgjengelig bly, da pH i avrenningsvannet fra Diplemyr (punkt 5) er for lav til at ligningen for beregning av biotilgjengelig andel bly er gyldig.

2.3.8.1 Sammenligning av metallkonsentrasjoner i vannforekomster med miljøkvalitetsstandard

I Hengselva bekkefelt overskrider bly og kobberkonsentrasjonene miljøkvalitetsstandardene i prøvepunkt 5 og 6 (tabell 10). Da pH er lav i disse punktene kan vi ikke benytte ligningen til å beregne biotilgjengelig bly. Overvåkingspunkt 6 ligger i en liten bekk like nedstrøms skytebanene 13, 14, 15 og 16, og punkt 5 ligger ca. 250 meter lenger nedstrøms. Som nevnt tidligere er det gjennomført tiltak i dette området, og forhåpentligvis vil konsentrasjonene reduseres over tid. Lenger nedstrøms, ved punkt Hengselva 7, er det ingen overskridelser.

I Helgevassbekken bekkefelt overskrider alle metallene miljøkvalitetsstandardene i prøvepunkt 1. Punktet ligger helt inntil skytebane 5. Ca 100 meter lenger nedstrøms, i punkt 25, er det overskridelse (både AA-EQS og MAC-EQS) av kobber og sink, mens det for bly er ingen overskridelse av verken AA-EQS eller MAC-EQS. Forsvarsbygg har allerede gjennomført tiltak på bane 5 og 6, og forhåpentligvis vil metallkonsentrasjonene reduseres ytterligere over tid. I samme bekkefelt, ved punkt 10, er det ingen overskridelser.

I Villingbubekken, Ref 2, er det overskridelse av MAC-EQS for sink. Dette er et referansepunkt, og de forhøyede sink konsentrasjonene i alle prøvepunkt kan delvis skyldes naturlige forekomster av sink.

Punkt 3 og 4 er tatt med i tabellen, men da datamaterialet er så gammelt, kommenteres det ikke her.

Vi vil foreslå at vannforekomsten Hengsvannet bekkefelt (Vann I.D.nr:015-1073-R) og Helgevassbekken bekkefelt (Vann ID nr: 015-1126-R) deles i to, slik at de delene som er påvirket av metallavrenning fra skytefeltet får egne ID og navn, med risiko for ikke å nå mål om god tilstand. Vi foreslår at bekken som renner i fra Diplemyr blir utskilt som en egen vannforekomst fra der den renner inn i Hengselva. For Brånabekken gjelder dette helt til den renner inn i Helgevassbekken. Det er kun en liten del av vannforekomsten som påvirkes av avrenning fra skytefeltet. Forsvarsbygg ser at det er lite realistisk å nå mål om god tilstand fordi det er et område med en konsertert øvingsaktivitet samt avrenning i fra myr. Vi har allerede gjennomført fysiske tiltak for å redusere metallavrenning.

Tabell 10: Konsentrasjoner av bly, kobber og sink fra tabell 4, sammenlignet med AA-EQS og MAC-EQS (tabell 9). Røde felt markerer overskridelser. Analyser er gjennomført på ufiltrerte prøver. Biotilgjengelig andel bly er beregnet med en egen ligning*. AA-EQS er ikke utregnet i punkter der gjennomsnittskonsentrasjonen målt til under AA-EQS.

Provepunkt med navn vannforekomst	Vannfø- ring l/s	Prøveår	N		Cu	Pb	Bio-til- gjengelig Pb*	Zn
2 Ref (Villingbuvannet bekkefelt)	34	2006-2012	16	Min	0,5	0,3		2
				Maks (MAC- EQS)	1,7	0,7		14,7
				Median	0,5	0,3		5,5
				Gjennom- snitt (AA- EQS)	0,6	0,4		5,7
1 Helgevassbekken bekkefelt	7	2015-2016	4	Min	22	8,2		27
				Maks (MAC- EQS)	34	29		34
				Median	31	14		28,5
				Gjennom- snitt (AA- EQS)	29,5	16,3	1,54	29,5
25 Helgevassbekken bekkefelt	9	2015-2016	3	Min	4,6	3,7		7,0
				Maks (MAC- EQS)	23,0	6,5		22,0
				Median	21,0	5,3		21,0
				Gjennom- snitt (AA- EQS)	16,2	5,2	0,33	16,7
10 Helgevassbekken bekkefelt	95	2015-2016	4	Min	1,3	0,7		2,7
				Maks (MAC- EQS)	3,1	3,3		8,9
				Median	2,3	1,1		4,8
				Gjennom- snitt (AA- EQS)	2,3	1,5	0,14	5,3
3 Hengsvannet bekkefelt	29	2006-2007	3	Min	0,4	0,1		5,3
				Maks (MAC- EQS)	0,5	0,3		6,4
				Median	0,5	0,3		5,4
				Gjennom- snitt (AA- EQS)	0,5	0,2		5,7
4 Hengsvannet bekkefelt	29	2006-2007	3	Min	0,5	0,3		5,1
				Maks (MAC- EQS)	1,7	0,6		12
				Median	0,5	0,6		5,7

				Gjennomsnitt (AA-EQS)	0,9	0,5		7,6
5 Hengselva bekkefelt (utløp)	56	2015-2016	4	Min	7,6	2,8		8,2
				Maks (MAC-EQS)	11,0	5,6		10,0
				Median	9,4	3,4		8,9
				Gjennomsnitt (AA-EQS)	9,3	3,8	pH for lav	9,0
6 Hengselva bekkefelt (intern punkt)	44	2015-2016	4	Min	5,6	1,8		6,3
				Maks (MAC-EQS)	9,0	3,5		9,0
				Median	8,5	2,2		8,7
				Gjennomsnitt (AA-EQS)	7,9	2,4	pH for lav	8,2
7 Hengselva	655	2006-2011	8	Min	0,5	0,2		2
				Maks (MAC-EQS)	1,7	0,6		7,8
				Median	0,5	0,3		6
				Gjennomsnitt (AA-EQS)	0,8	0,3		5,5

* Biotilgjengelig andel, beregnet med ligningen: $[Pb_biotilgjengelig] = [Pb_m\ddot{a}lt] \times (1,2 / (1,2 + 1,2([TOC] - 1)))$. Utgangspunkt i gjennomsnittsverdi av bly (tabell 4 og tabell 10) og TOC (2015-2016) tabell 4. Beregnet biotilgjengelig andel bly for enkeltmålinger i 2015 og 2016, kan sees i tabell 19, i vedlegg 5.

2.3.9 BEREGNING AV TOKSISITET AV KOBBER, VED BRUK AV BLM MODELL.

Vi har benyttet en BLM modell for kobber og sink i flere bekker i Hengsvann SØF, for å se hva som er kritiske kobber og sinkkonsentrasjoner i disse vannforekomstene (HydroQual, 2007). Dette er kun gjennomført for data samlet under kildesporing, og da FØR gjennomførte tiltak. Konsentrasjoner som er under CMC (Criterion Maximum Concentration) og under CCC (Criterion Cronic Concentration) skal ifølge modellen ikke gi hhv akutte og kroniske effekter på organismene. Beregningene med BLM viser at kobber utgjør et potensielt større biologisk problem enn sink i Hengsvann SØF og her diskuteres derfor bare resultatene for kobber. Beregningene gjennomført for kobber ligger i Vedlegg 5, tabell 17-18 med figur 16. Vannkjemien for vannprøvene tatt under kilde-sporingen i Hengsvann SØF var innenfor intervallene som modellen er validert for. For resultatene se tabell 13 (vedlegg 1), for intervallgrensene for BLM se figur 18 (vedlegg 5).

Prøvepunktene (3 og 21) er lokalisert i mindre bekker vest i Hengsvannet i nærhet av bane 19 og 21 (Figur 4) I punkt 3 var det ingen fare for vannorganismer med tanke på kobberutlekking. For punkt 21 er det en vis risiko for de mest følsomme vannorganismene. For prøvepunkt 7 i Hengselva var grensen for biologisk stress/akutte skader ikke oversteget. På Diplemyr var det fare for akutte skader på mest følsom organisme i flere småbekker, inkludert bekken som renner ut fra Diplemyr (pkt 5). For regnbueørret (*Oncorhynchus mykiss*) var det ingen fare for akutte påvirkninger i de samme prøvepunktene. Det ble gjennomført tiltak på Diplemyr sommeren 2014, og det er ikke gjennomført BLM modeller for vannkvalitet etter tiltak. Dette fordi vi tror det fortsatt vil ta tid før vi oppnår stabile metallkonsentrasjoner i bekken ut fra Diplemyr.

Tabell 18 i Vedlegg 5 viser BLM beregninger for det østre-nedbørsfeltet (Brånabekken). Det ble ikke påvist noen akutt giftighet for fisk (*Oncorhynchus mykiss*). For kobber ble derimot påvist fare for akutte giftighet for vannloppen *Daphnia Pulex* (mest følsomme organisme) i alle prøvepunktene utenom referanseprøven. Kobberprø-

ven i prøvepunkt 10 var spesielt. Det ble også i dette vassdraget gjennomført tiltak for å begrense metallutlekingen sommeren 2014. For nærmere detaljer se Futura rapport 2013/414, Hengsvann SØF – miljøteknisk beskrivelse og forslag til tiltak mot utleking og Forprosjekt Hengsvatn – redusere utleking av metaller (Forsvarsbygg utvikling 2013). Det arbeides med en rapport som beskriver forurensningssituasjonen før og etter tiltakene på Diplemyr og på bane 5 og bane 6 Brånabekken.

3 OVERVÅKINGSPROGRAM FOR HENGSVANN SKYTE- OG ØVINGSFELT.

3.1 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.

3.2 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. Hengsvann skyte- og øvingsfelt har vært overvåket med hensyn på metaller i 16 år. Avrenningen er har i enkelte områder vært forhøyet, pga. de ugunstige kjemiske forholdene i Hengsvann som nevnt tidligere. 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.

3.3 FORSLAG TIL OVERVÅKINGSPROGRAM

Overvåkingsprogrammet er vist i tabell 11, tabell 12 og figur 5 og figur 6. Prøvetakingsprogrammet er utvidet for de kommende årene for å dokumentere effekten av tiltakene gjennomført på Diplemyr og bane 5 og 6 sommeren 2014. For prøvetakingen i 2016 er 12 punkter foreslått i overvåkingsprogrammet figur 5. Seks av overvåkingspunktene drener til Hengselva. De resterende seks punktene drenerer til Brånabekken (Helgevassbekken bekkefelt).

I forbindelse med vedlikehold eller oppgradering på skytebaner og arbeid i forurenset grunn, skal det vurderes å gjennomføre et ekstra måleprogram.

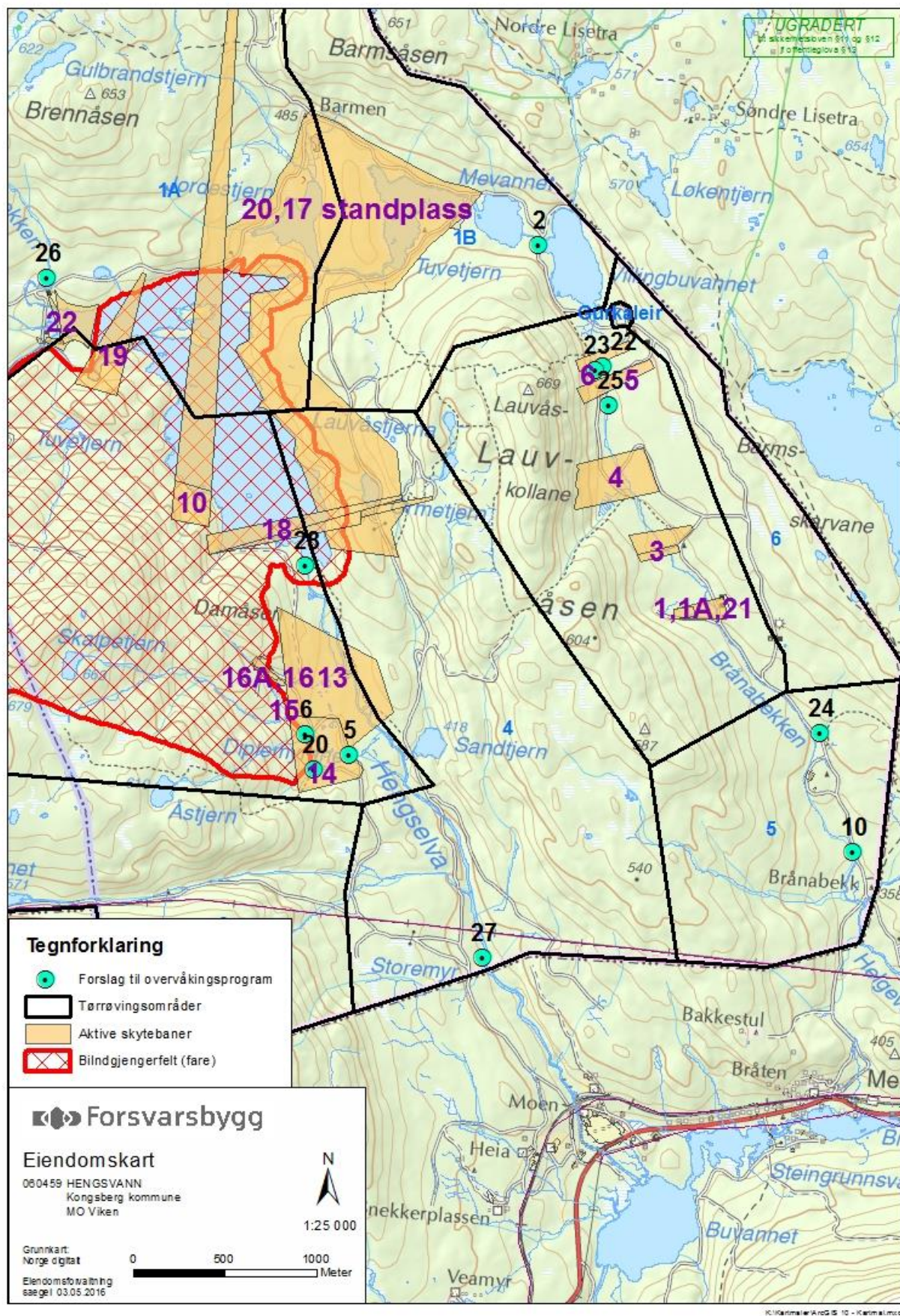
Tabell 11: Forslag til analyseparametere og hyppighet av prøvetaking i overvåkingsprogrammet.

	Parametere	Hyppighet	Prøvestasjoner	Tiltak ved ev. økende trend i metallutlekking
Normal overvåking fra skytebaneavrenning	Ufiltrert prøve. Bly, kobber, antimon, sink, pH, ledningsevne, totalt organisk karbon, jern, kalsium og turbiditet	Prøvetaking årlig. To prøvetakingsrunder per år.	Drenerer til Hengselva: 2, 5, 6, 20, 26 og 27 Drenerer til Brånabekken: 1, 10, 22, 23, 24 og 25.	Undersøke årsak, vurdere resipientens sårbarhet og bruk av BLM for å vurdere giftighet. Ved behov vurdere mulige tiltak, kost-nytte, ev konsekvenser av tiltaket.
Ekstra overvåking skal vurderes ved graving/anleggs-drift i forurensede områder	Avhengig av forurensning (metaller, eksplosiver, hvitt fosfor og olje)	Før og etter graving, samt en del prøver under graving.	Avhengig av hvor det gjennomføres graving/anleggs-drift.	Ev. stoppe graving, og iverksette tiltak for å redusere forurensning.

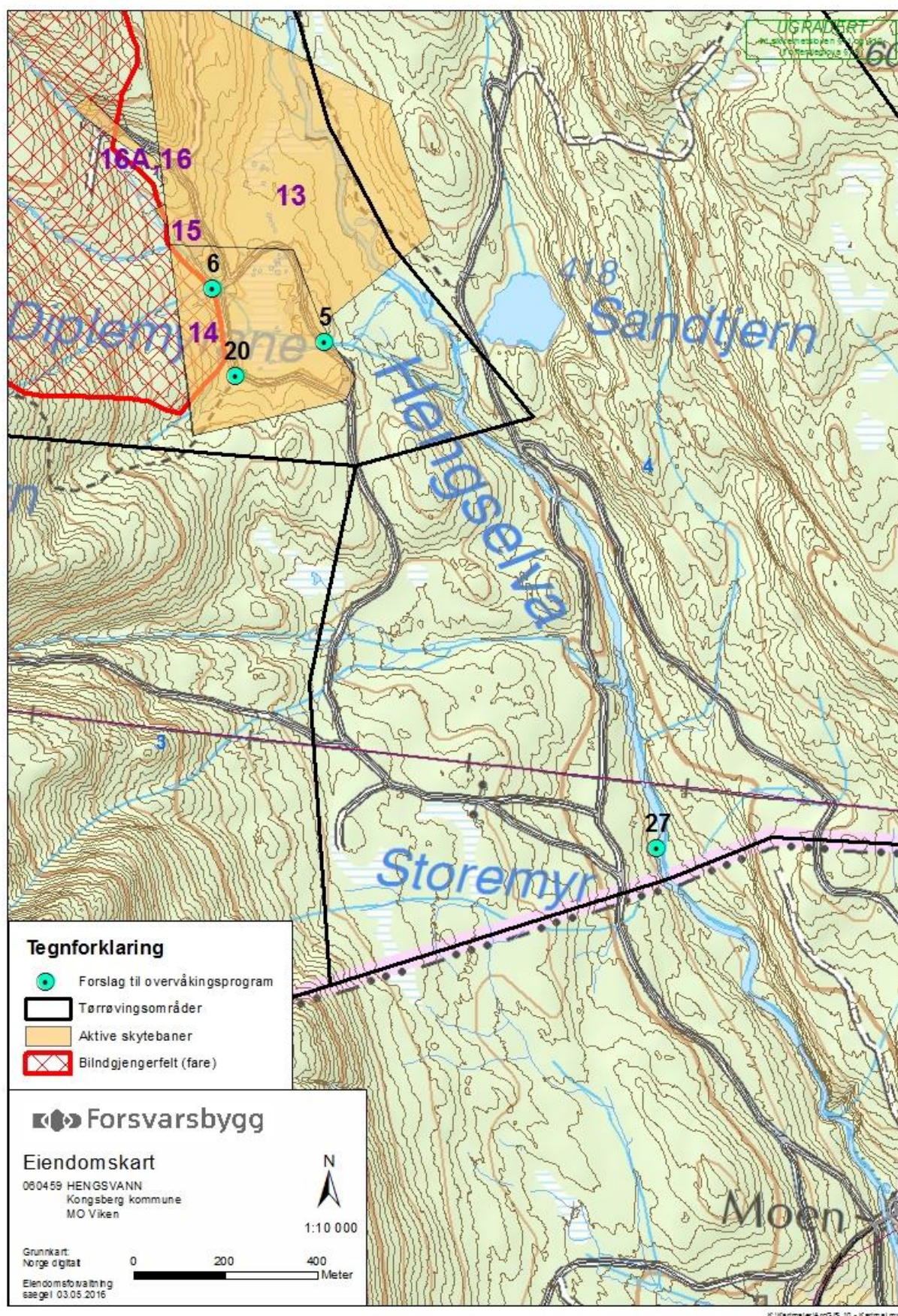
Tabell 12: Mer informasjon om prøvepunktene i overvåkingsprogrammet: hvilke bekker og elver de er plassert i, årsmiddel vannføring beregnet ut i fra areal på nedbørsfelt og årlig midlere avrenning, samt oversikt over hvilke baner de mottar avrenning fra. Kontrollpunkter ut av feltet er markert med rød farge.

Prøvepunkt	Bekk/Elv	Årsmiddel vannføring (l/s)	Drenerer banene (aktive baner)	Kommentar
<u>Vestre nedbørsfelt (Hengsvannet med Hengselva)</u>				
2 Ref	Bekk	31	Ingen	Punktet er en referanse for vannkvaliteten i Hengselva
5	Bekk	56	Bane 13, 14, 15, 16, 16A med blindgjengerfeltet	Utløp Diplemyr.
6	Bekk	44	Bane 13,14, 15, 16, 16A med blindgjengerfeltet	Bekkeinnløp i nordvestre hjørne på Diplemyr.
20	Bekk	5	Mindre avrenning fra blindgjengerfeltet	Referanse prøve.
26	Bekk	128	Referanse for bane 22	Prøven bekken tas i er en av Hengsvann sine viktige gytebekker.
<u>27</u>	Elv	766	Hengselva (skytefeltsgrensa). Bane 10, 13, 14, 15, 16, 16A, 18, 19, 22 med blindgjengerfeltet	Prøven tas like ved skytefeltsgrensa. Prøven representerer avrenning i fra hele det vestre nedbørsfeltet. Øst for Lauvåsen.
28	Elv	540	Bane 10, 18, 19 og 22.	Hengsvannet (utløp/starten av Hengselva)
<u>Østre nedbørsfelt (Helgevassbekken med Brånabekken)</u>				
<u>10</u>	Bekk	95	Bane 1/21, 3, 4, 5 og 6.	Utløp Brånabekken innenfor feltet. Prøven representerer avrenning i fra alle banene øst for Lauvåsen.

Prøvepunkt	Bekk/Elv	Årsmiddel vannføring (l/s)	Drenerer banene (aktive baner)	Kommentar
22	Bekk	4		Referanse for Brå-nabekken. Oppstrøms bane 6. Opprettet i 2014.
23	Bekk	5	Bane 6	Nedstrøms bane 6. Oppstrøms bane 5. Opprettet i 2014.
24	Bekk	5		Referansepunkt for vannkvaliteten i Brå-nabekken.
25	Bekk	9	Bane 5 og 6	Nedstrøms bane 5 og 6. ca. 100 m sør for tidligere overvåkingspunkt 1. Opprettet i 2014.



Figur 5: Foreslåtte overvåkingspunkter i det fremtidige overvåkingsprogrammet for Hengsvann SØF.



Figur 6: detaljert oversikt over forslag til overvåkingspunkter på Diplemyr med Hengselva.

3.4 FORSLAG TIL GRENSEVERDIER

For Hengsvann SØF er det per i dag vanskelig å foreslå konkrete grenseverdier, da vi allerede har identifisert to områder med høy metallutlekking som vi har fulgt opp med tiltak. Tiltak ble gjennomført i 2014. Under og etter tiltak var det graving på enkelte baner, og dermed økte metallutlekkingen en periode. Metallkonsentrasjonene i Brånabekken har gått noe ned i området tiltakene ble gjennomført i 2014, men er fortsatt høy. For resten av bekken (overvåkingspunkt 10) er det ikke målt markante endring etter tiltakene i 2014. I utløpsbekken ut i fra Diplemyr øvingsområde er det foreløpig ingen tydelig nedgang i metalutlekkingen etter tiltak. Det tar tid for vegetasjon å etablere seg på ny, og for massene å stabilisere seg, og dermed vil det ta tid før vi eventuelt ser positive effekter av tiltakene. Dersom myndighetene ønsker å sette grenseverdier til vannkvalitet, anbefaler vi at dette gjøres om et par år, når vi kjenner til ny tilstand i vannforekomstene. Alternativt kan det settes krav til EQS ved skytefeltgrensen, i prøvepunktene 10 og 27.

4 REFERANSER

- Akvaplan-niva, 2009. Kartlegging av hvitt fosfor, sprengstoff og metaller i fisk og sediment i Hengsvann skyte- og øvingsfelt, Kongsberg kommune. Akvaplan niva rapport: 4685-01.
- Akvaplan-niva. 2009. Miljøundersøkelser i vannområdet Bardu/Målselvvassdraget – Malangen Troms 2008. Akvaplan niva rapport: 4038-01.
- 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.
- Dahl-Hansen, G. A. og A Hamnes. 2008. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2007, Akvaplan-niva rapport 3744-01
- Dahl-Hansen, G. A. og A Hamnes. 2009. Kartlegging av hvitt fosfor i fisk i militære øvings- og skytefelt i Troms 2008, Akvaplan-niva rapport 4328-01
- European Commission, 2014. Technical guidance to implement bioavailability-based environmental quality standards for metals.
- European Commission, 2011. Lead and its Compounds. EQS sheet.
- EURAR. 2008. European Union Risk Assessment Report. Diantimony trioxide. CAS no: 1309-64-4, EINECS No:215-175-0, risk assessment.
- FFI, 2011. Undersøkelser av ammunisjonsrelatert forurensning i Hengsvann skyte- og øvingsfelt. FFI rapport 2011/00758.
- FFI - Forsvarets forskningsinstitutt. 2014. Utskrift fra miljødatabasen per. april 2014.
- Forchhammer, K./Laastad E.S. 2016, 2015, 2014. Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt, Program tungmetallovervåking, Markedsområde Viken.
- Forsvarsbygg futura rapport 2013/414, Hengsvann SØF – miljøteknisk beskrivelse og forslag til tiltak mot utlekking og Forprosjekt Hengsvatn – redusere utlekking av metaller (Forsvarsbygg utvikling 2013).
- Gjemlestad, L. J. og S. Haaland. 2010, 2011, 2012. Forsvarsbyggs skyte- og øvingsfelt. Program Tungmetallovervåking.
- Heier, Lene Sørli. 2014. Post doc. student ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.
- Hoell, G.S. Vurdering etter Naturmangfoldloven for Hengsvann skyte- og øvingsfelt. Futura rapport 728/2015.
- Johnsen, A. 2009. Vurdering av kjemiske stoffer i ammunisjon. FFI rapport 2009/02048, 1. desember, 2009.
- 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, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota. Rapport M-608/2016.
- Pers.med., Karsrud, Tove-Engen FFI, 02. juni, 2016, Forsvarsbygg e-phorte nr 2016/2605.

Rasmussen, G. og F. Engelstad. 2010. Kartlegging og oppfølging av hvitt fosfor i tre skyte- og øvingsfelt i Troms. Oppsummering av undersøkelser 2004-2008 og anbefalinger. Litteraturstudie av undersøkelser og tiltak i Alaska. Forsvarsbygg Futura rapport 131/2010.

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.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet. Risk Assessment of White Phosphorus. 13.09.2006

5 VEDLEGG.

5.1 VEDLEGG 1

ANALYSERESULTATER FRA PRØVETAKING IFM. KILDESPORING

Tabell 13: Analyseresultater vannprøver juni 2014 (overvåkingspunkter). Provenavnet til venstre er fra kildesporingen sommeren 2014, mens navnet til høyre er ift. det Nasjonale overvåkingsprogrammet for aktive SØF. Punkter i fra det Nasjonale overvåkingsprogrammet er markert med fet skrift.

Prøvenavn	Konduktivitet	pH	Turbiditet	Fe	Ca	Sb	Pb	Cu	Zn	TOC
	mS/m		FNU	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	mg/l
B5-5 (1/NIVA2)	1,58	6,5	0,22	0,11	1,5	6,9	9,5	28	18	5,5
B6-5 (22)	1,37	6,4	0,21	0,04	1	<0,1	0,37	0,5	1,9	5,5
B6-7 (23)	1,46	6,3	0,27	0,14	1,2	4,8	7,2	26	14	5,7
Hengsvann_3	1,14	6	0,51	0,48	0,95	<0,1	0,18	0,23	3,5	5
Hengsvann_5	1,26	4,9	0,25	0,17	0,21	0,2	2,4	5,8	6,3	6
Hengsvann_6	1,31	4,9	0,37	0,11	0,19	<0,1	0,68	2,8	3,9	6
Hengsvann_7	1,19	5,6	0,36	0,21	1	<0,1	0,32	0,76	4,8	6,9
Hengsvann_10	1,49	6	0,28	0,16	1,3	1,4	0,89	7,2	6,5	6,5
Hengsvann_12	1,52	6,3	0,74	0,15	1,5	4,5	2	13	9,9	5,8
Hengsvann_13	1,48	6,3	0,6	0,15	1,5	2,5	1,8	9,8	8,3	6,4
Hengsvann_14	1,44	6,4	0,19	0,15	1,5	2,3	1,8	9,7	9	6,1
Hengsvann_15	1,49	6,1	0,26	0,17	1,4	2,3	1,8	10	8,9	6,6
Hengsvann_16	1,49	6,4	0,55	0,23	1,4	2,2	1,5	9,6	8,5	6,5
Hengsvann_17	1,42	6	0,24	0,17	1,3	1,8	2,1	10	8,4	6,2
Hengsvann_18	1,26	4,9	0,28	0,18	0,23	0,22	2,7	6,1	5,6	6,2
Hengsvann_19	1,27	4,8	0,49	0,17	0,23	0,22	2,8	5,6	6	6,1
Hengsvann_20	1,44	4,6	0,21	0,31	0,25	<0,1	0,74	0,76	6,5	7,1
Hengsvann_21	1,25	5,6	0,46	0,24	1,1	<0,1	0,27	0,49	4,5	5

5.2 VEDLEGG 2

ANALYSERESULTATER FRA OVERVÅKINGSPROGRAMMET 2015-2016

Tabell 14: analyseresultater Hengsvann metallovervåking 2015-2016.

Prøve-punkt	Prøveta-king	Antimon ug/l	Bly ug/l	Jern mg/l	Kalsium mg/l	Kobber ug/l	Ledningsevne mS/m	pH	Sink ug/l	TOC mg/l	Turbiditet FNU
1	2015-07-16	2,8	29	4,5	3,5	34	3,35	6,1	29	13	5,2
1	2015-11-03	3,9	8,2	0,54	2,6	22	2,6	6	28	6,7	0,98
1*	2016-06-28	2,2	8,7	1,1	3,2	29			27		
1	2016-06-28	2,4	16	2,4	3,8	34	3,09	6,5	34	10	3
2	2016-06-28	< 0,20	1,4	0,16	1,7	0,57	1,24	6,3	3,3	6,9	0,84
5	2015-07-16	0,39	2,9	0,67	0,76	9,3	1,38	5,4	8,2	9,7	<0,1
5	2015-11-03	0,32	2,8	0,7	0,68	7,6	1,26	5,2	8,4	8,6	<0,1
5	2016-06-28	0,43	3,9	0,56	0,72	9,4	1,33	5	10	12	0,41
6	2015-07-16	0,25	2,3	0,38	0,66	9	1,28	5,1	9	9,4	<0,1
6	2015-11-03	< 0,20	2,1	0,42	0,56	8,5	1,14	5,1	8,4	8,9	<0,1
6	2016-06-28	0,25	3,5	0,34	0,63	8,4	1,31	4,9	8,9	13	0,55
10	2015-07-16	0,22	0,73	0,19	2,1	2,1	1,82	6,3	4,1	5,7	<0,1
10	2015-11-03	0,3	0,96	0,27	2,3	2,5	1,99	6,2	5,5	6,1	0,28
10	2016-06-28	< 0,20	1,2	0,17	1,6	1,3	1,35	6,3	2,7	5,7	0,52
20	2015-07-16	0,2	1,9	0,96	0,45	3,1	1,31	4,9	8,4	11	0,23

20	2015-07-16	0,2	1,9	0,96	0,45	3,1	1,31	4,9	8,4	11	0,23
20	2015-11-03	0,22	1,8	0,56	0,45	3,3	1,18	5	8,3	9,8	<0,1
20	2016-06-28	0,27	1,9	1,3	0,66	4,5	1,55	5	10	9,9	0,7
23	2015-11-03	2,6	10	2,5	2,2	24	2,38	6	18	8,3	5,1
23	2016-06-28	3,2	27	5,6	3,3	39	2,79	6,2	23	11	16
24	2015-07-16	< 0,20	0,32	0,84	0,79	1,1	1,31	5,4	9,7	9,8	<0,1
24	2015-11-03	< 0,20	0,36	0,81	0,72	1,2	1,31	5,5	6,6	7,6	0,29
24	2016-06-28	< 0,20	1,4	0,13	0,9	1,2	1,23	5,7	6,7	5,7	0,45
25	2015-11-03	(0,36)	(3,7)	(0,95)	(0,29)	(4,6)	(1,61)	(4,4)	(7)	(16)	(0,52)
25	2016-06-28	1,8	5,3	1,1	3,3	21	2,67	6,5	22	9,3	2
26	2016-06-28	< 0,20	1,3	0,27	0,91	0,55	0,93	5,6	2,2	7,7	0,58
27	2016-06-28	< 0,20	0,28	0,19	1,3	1,9	1,22	6,1	2,3	6	0,62

KOORDINATER FOR OVERVÅKINGSPUNKT

Tabell 15: koordinater prøvepunkter overvåkingsprogram (med punkter fir kildesporing prøvetatt sommeren 2014). Punkter markert med rødt er bestemt tatt ut i fra det nasjonale overvåkingsprogrammet. Blå punkter er foreslått videreført.

Provenavn (kildesporing april 2014)	UTM33_Y	UTM33_X
17	6625656	189248
10	6624427	189988
7	6623076	188468
5	6624953	187251
B6-7 (23)	6627047	188590
B6-5 (22)	6627071	188631
B5-5 (Hengsvann_1/NIVA2)	6626922	188637
21	6627154	185667
20	6624878	187060
19	6624931	187203
18	6624919	187178
16	6625816	189179
15	6626024	188994
14	6626184	188876
13	6626357	188801
12	6626587	188678
6	6625069	187010
3	6627174	185565

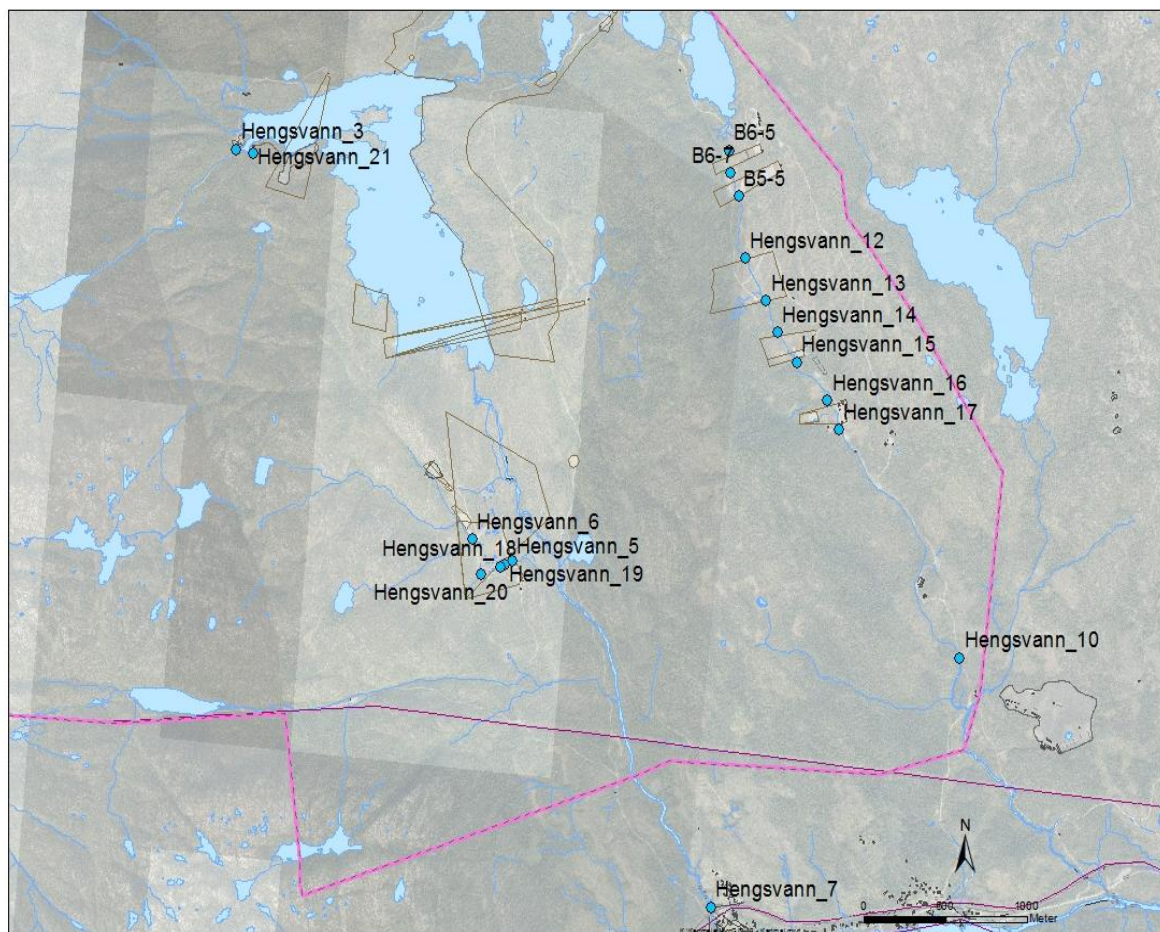
Tabell 16: koordinater foreslått for prøvepunkt i fremtidig overvåkingsprogram.

Provenavn (resterende punkter forslag til overvåkingsprogram)	UTM33_Y	UTM33_X
2	6627726	188282
5	6624953	187251
24	6624984	189847
25	6626855	188662
26	6627550	185601
27	6623851	187973

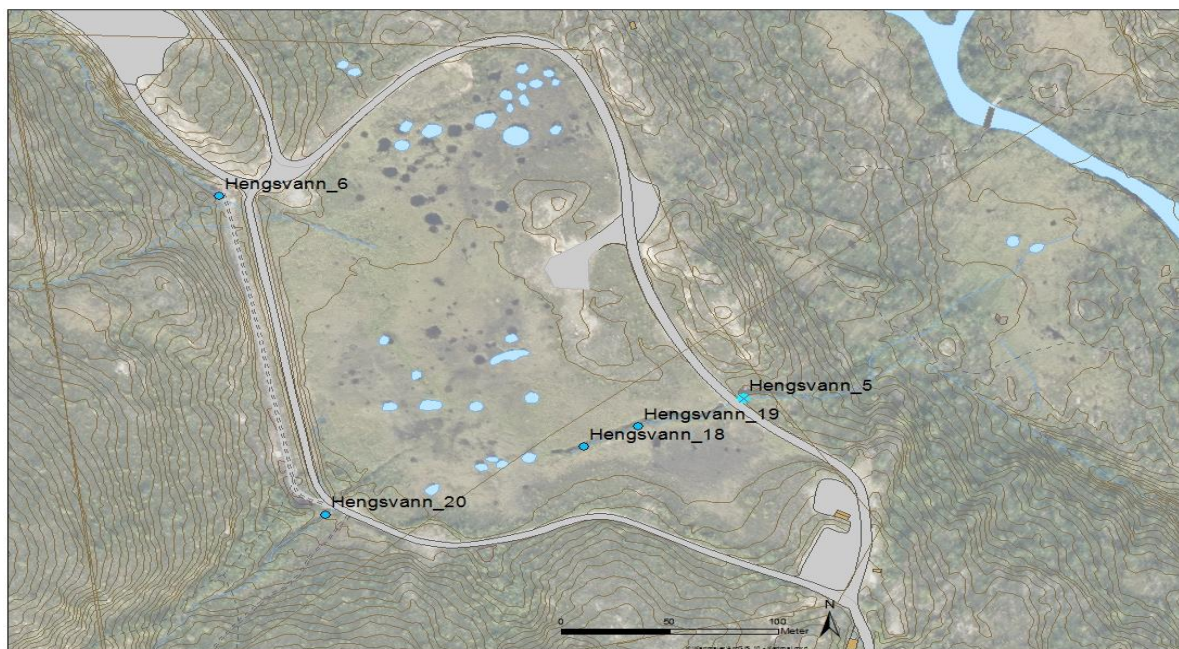
5.3 VEDLEGG 3

OVERSIKT OVER PRØVEPUNKTER FRA KILDESPORING

Figur 7 viser at det vestre nedbørsfeltet Hengselva har 8 prøvepunkter for kildesporingen i april 2014. Figur 8 viser en detaljert oversikt over kildesporingspunktene på Diplemyr. Det østre nedbørsfeltet har 10 kildesporingspunkter.



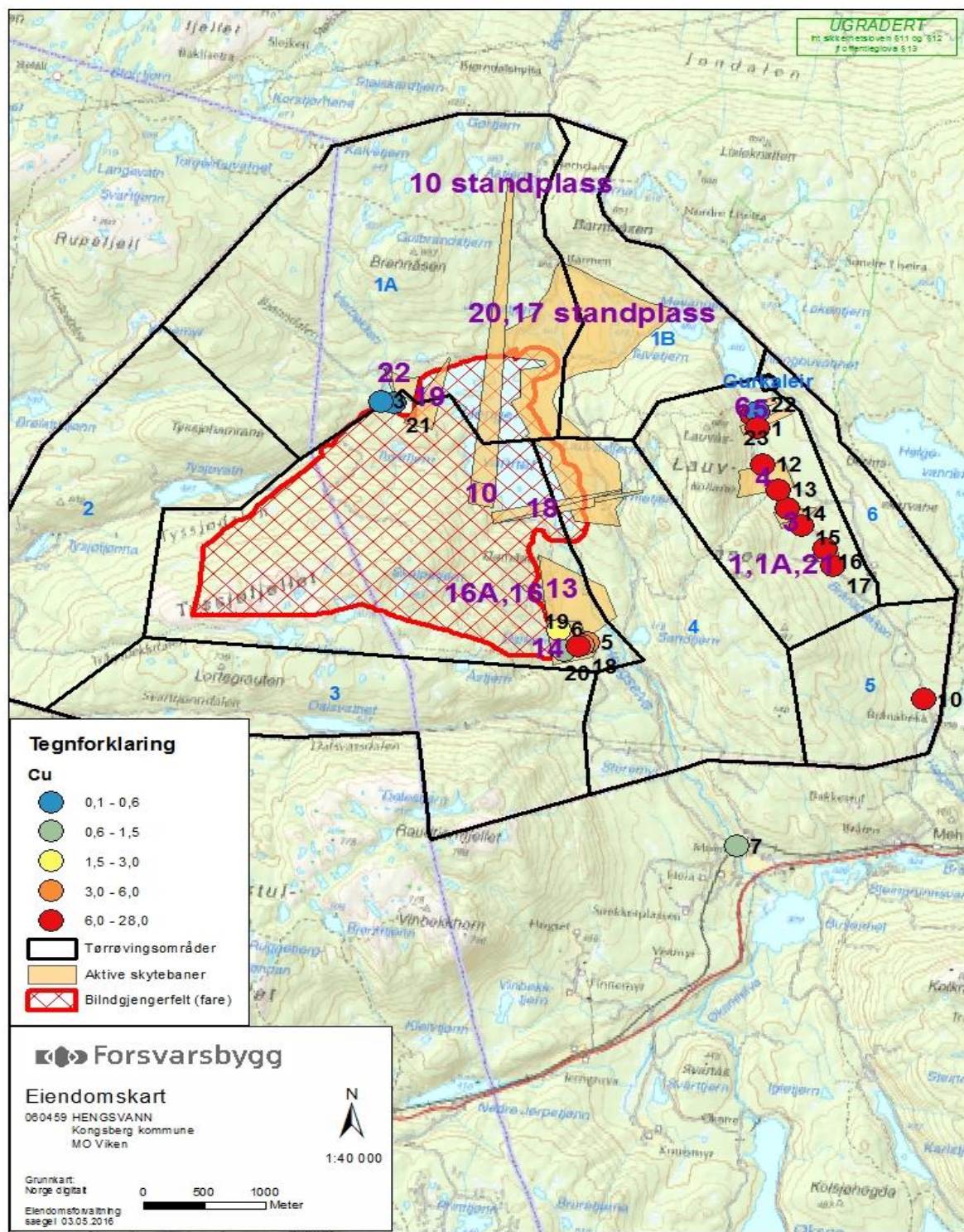
Figur 7: prøvepunktene i fra kildesporingene 2014. Numrene som er brukt er de samme som i fra vannovervåkingen som startet i 1999 (Kun enkelte av punktene).



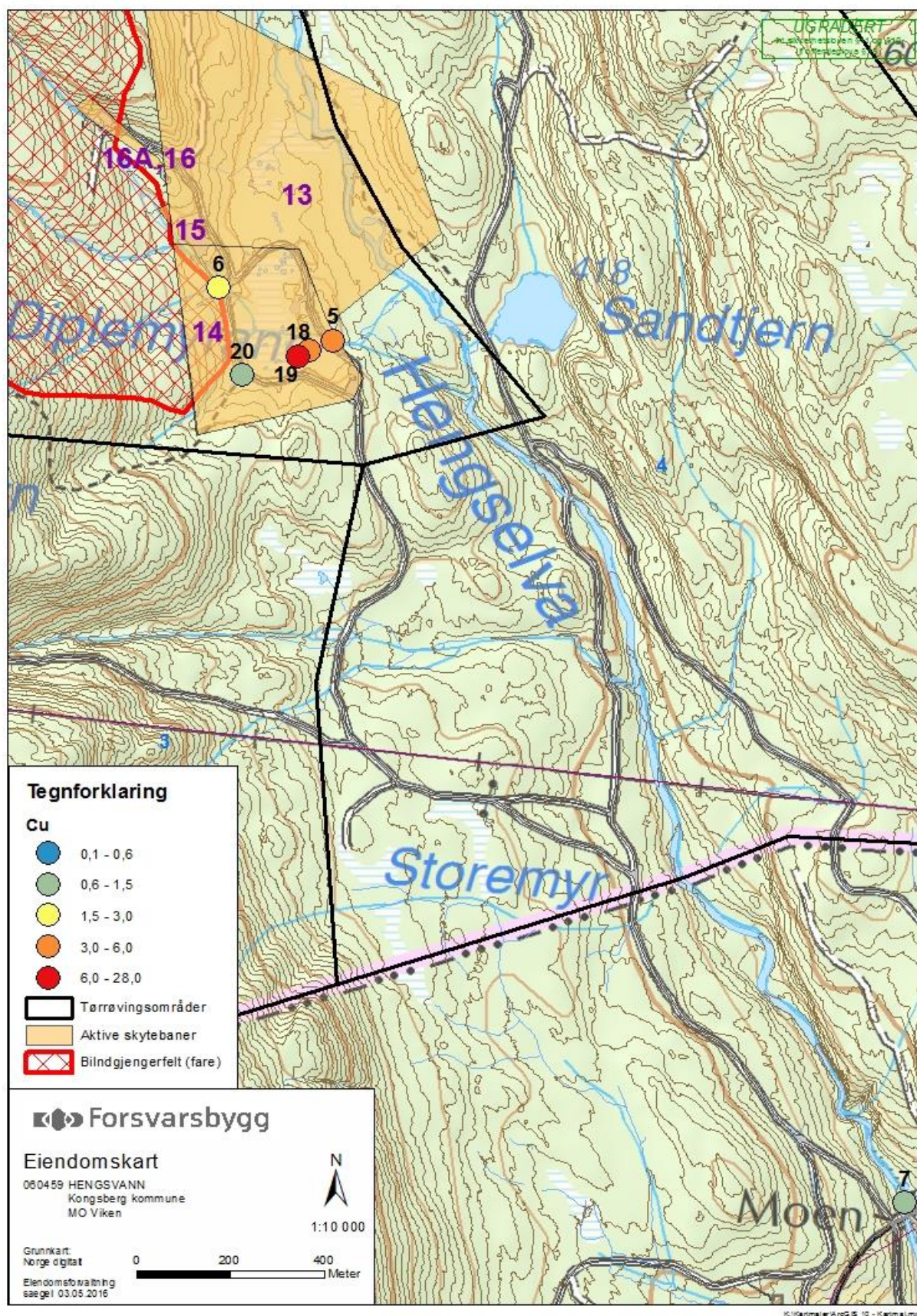
Figur 8: Prøvepunkt på Diplemyr. Punkt 5 og 6 på Diplemyr er prøvetatt innenfor Program Tungmetallovervåking som startet i 1999.

5.4 VEDLEGG 4

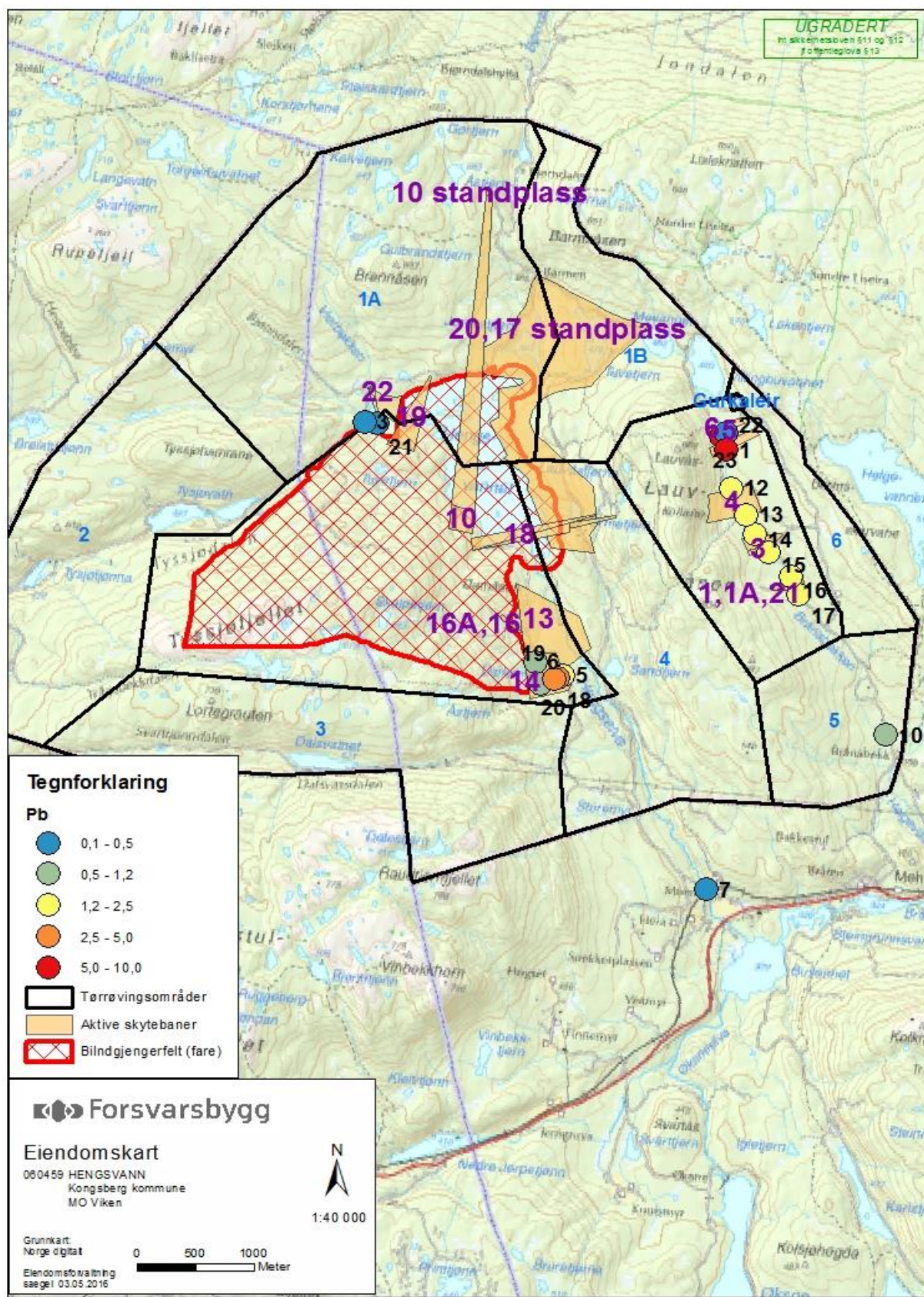
METALLKONSENTRASJONER FRA KILDESPORING 2014.



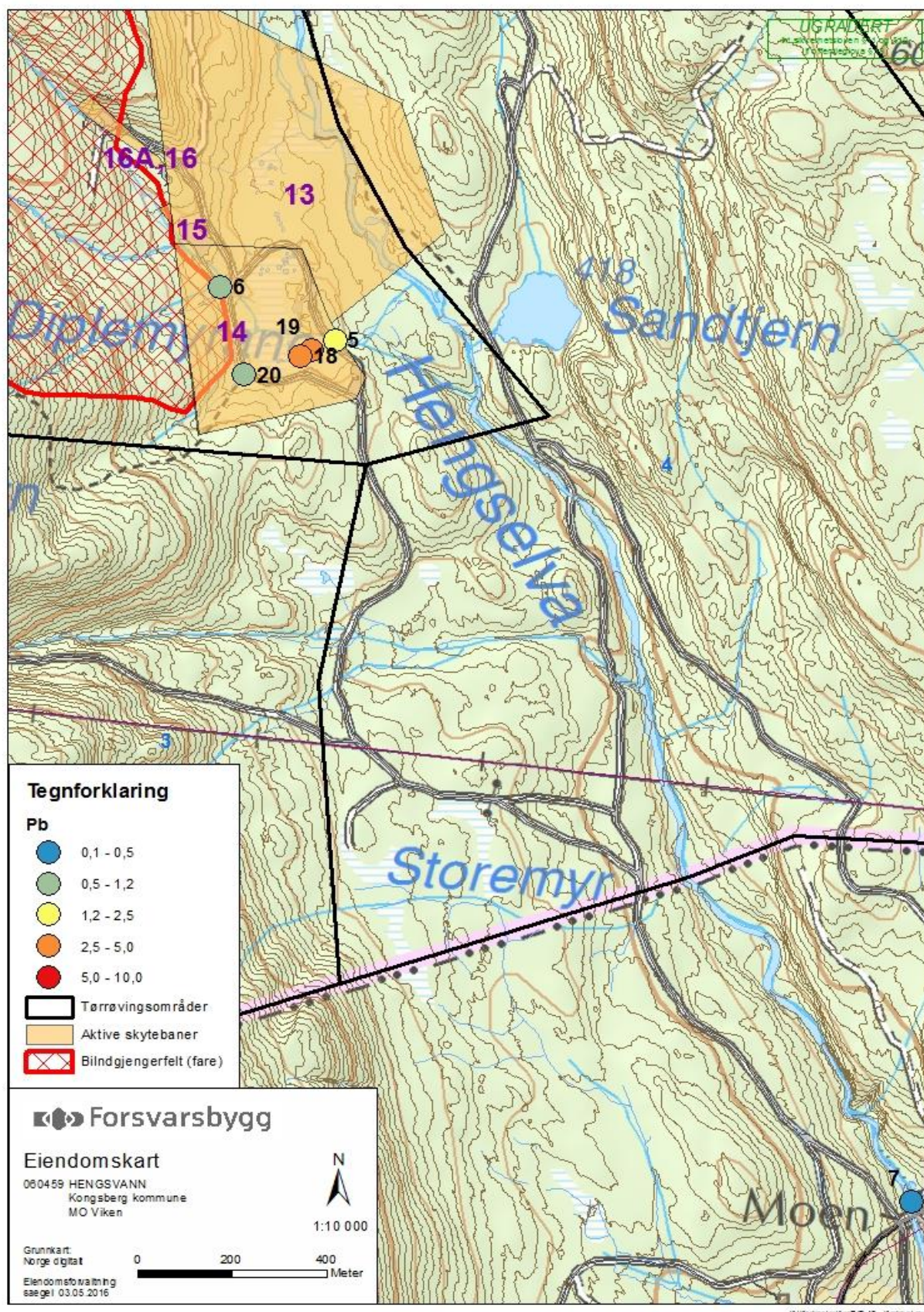
Figur 9: Konsentrasjoner av kobber (Cu µg/l) i ulike prøvepunkt (Diplemyr og Hengselva). Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



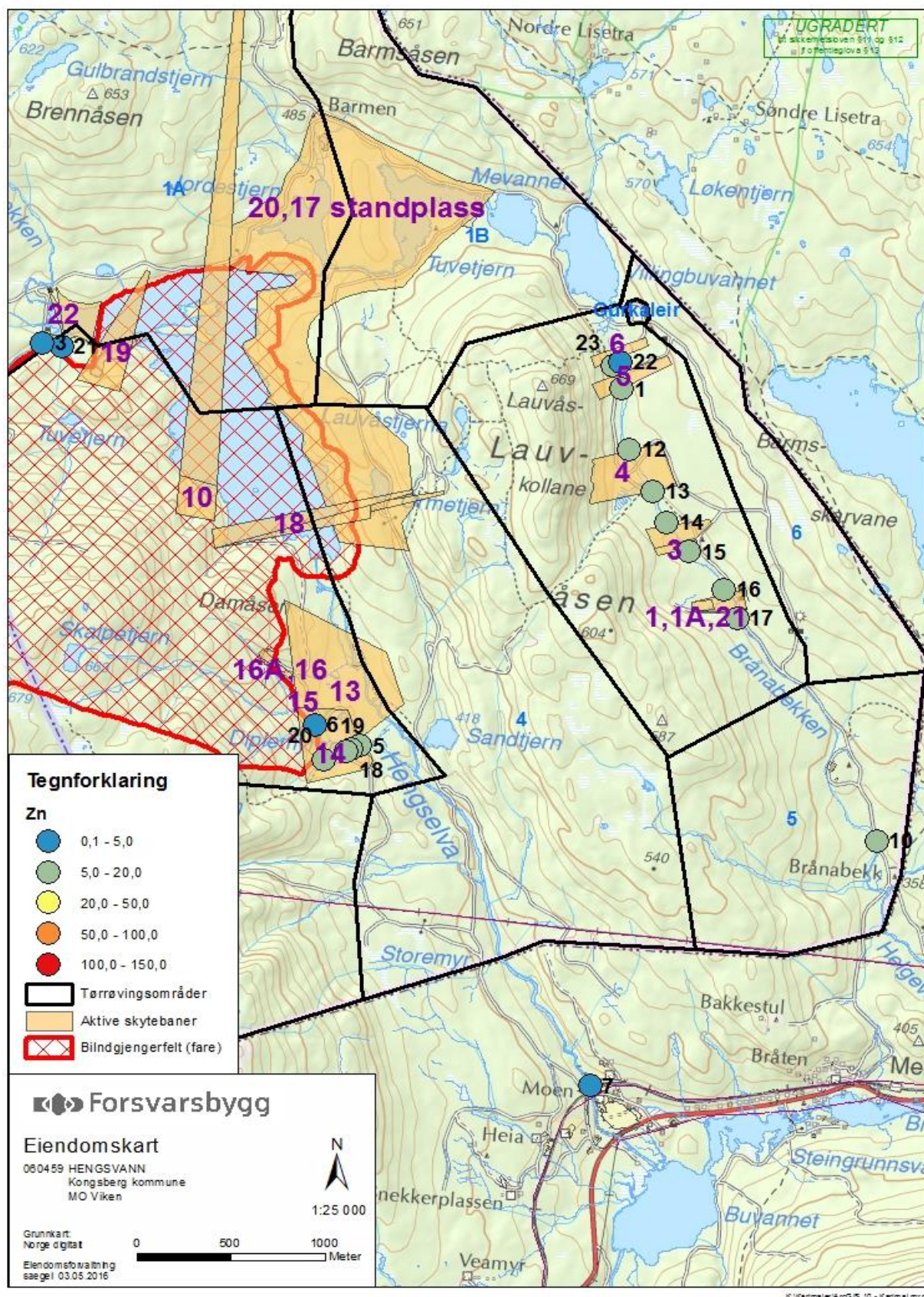
Figur 10: Konsentrasjoner av kobber (Cu µg/l) i ulike prøvepunkt (Diplemyr og Hengselva). Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



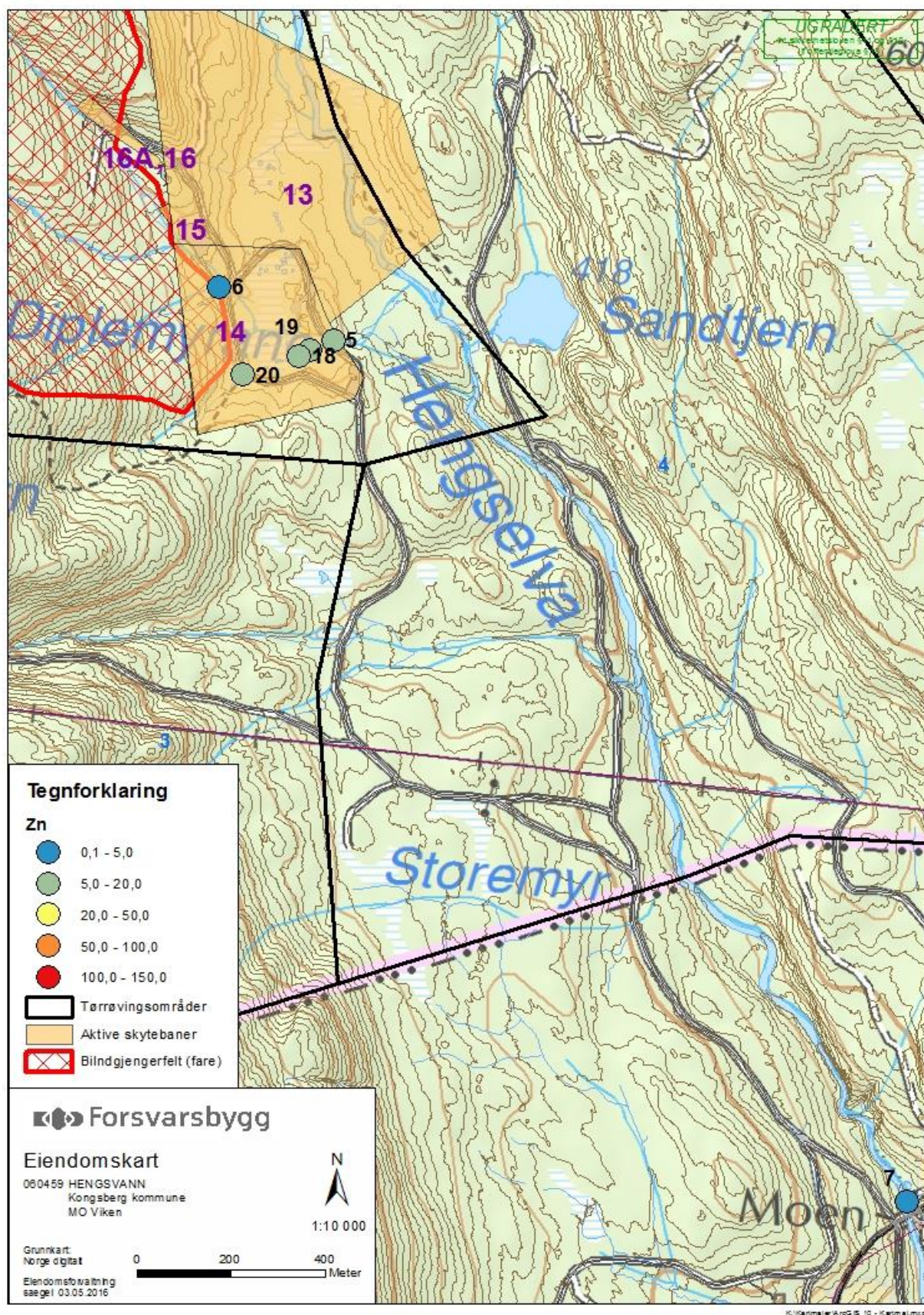
Figur 11: Konsentrasjoner av bly (Pb µg/l) i ulike prøvepunkt. Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



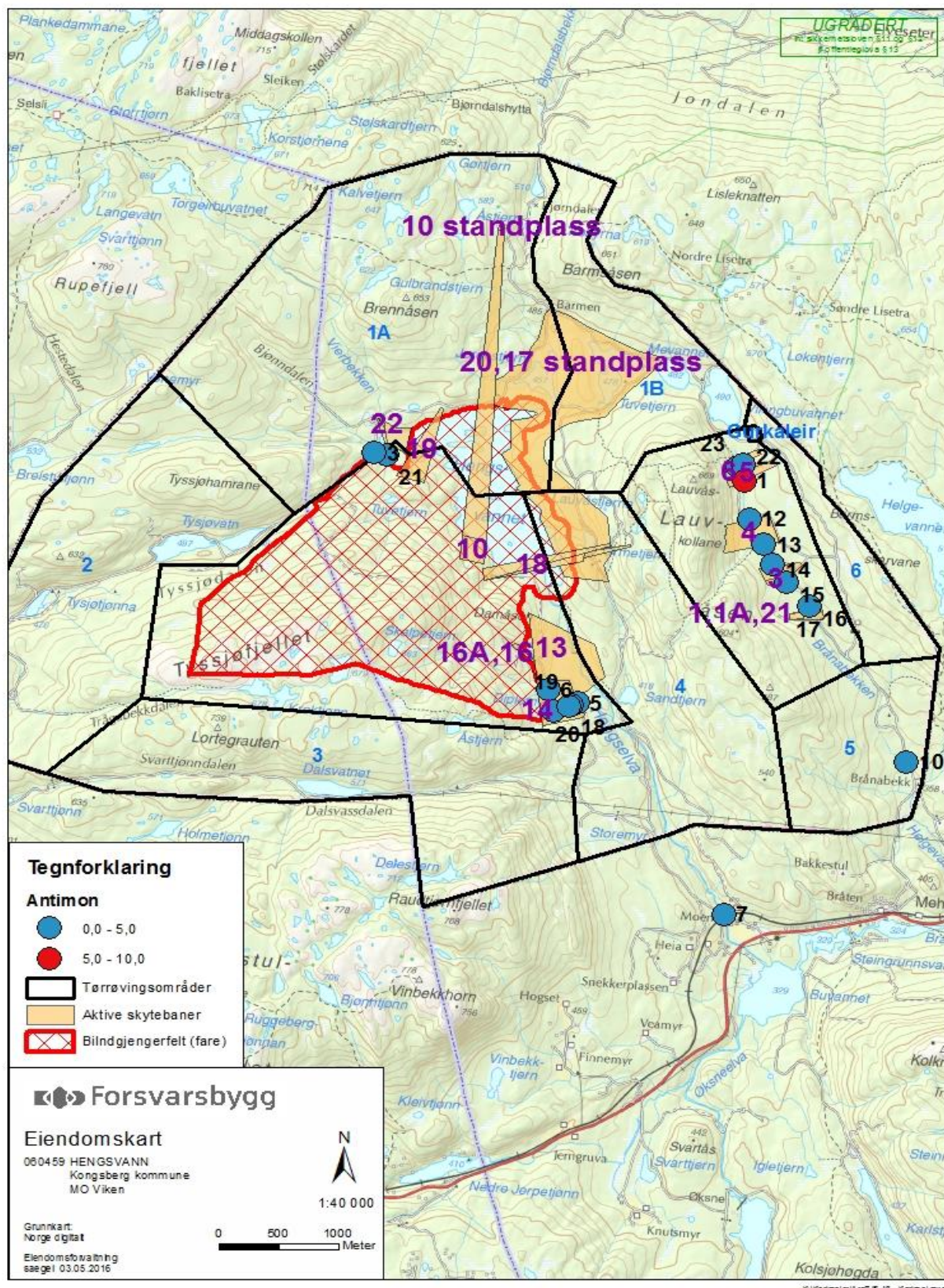
Figur 12: Konsentrasjoner av bly (Pb $\mu\text{g/l}$) i ulike prøvepunkt (Diplemyr og Hengselva). Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



Figur 13: Konsentrasjoner av sink (Zn µg/l) i ulike prøvepunkt. Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



Figur 14: Konsentrasjoner av sink (Zn $\mu\text{g/l}$) i ulike prøvepunkt (Diplemyr og Hengselva). Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra tilstandsklassene for ferskvann (SFT 97:04).



Figur 15: Konsentrasjoner av antimon (Sb µg/l) i ulike prøvepunkt. Konsentrasjonen er inndelt etter fargekoder i fra drikkevannsforskriften. Pøvepunkt 1 og 23 (Brånabekken) hadde verdier over tillatt grenseverdi.

5.5 VEDLEGG 5

OVERSIKT OVER BLM-VERDIER FOR KOBBER IFB. MED KILDESPORING I 2014.

Tabell 17: Vestre nedbørsfelt Hengsvann, Hengselva med Diplemyr (**Figur 7**). Vannprøvene er tatt under kildesporingen 29.april 2014. CMC beskriver tålegrensen (kobberkonsentrasjon) til den mest følsomme organismen i det enkelte punktet. Når kobberkonsentrasjonene er over tålegrensen >1TU. Med en TU på over 1 kan det forventes toksiske effekter på den mest følsomme vannorganismen (*Daphnia pulex*). I det vestre nedbørsfeltet er TU oversteget i 6 av 8 prøvepunkt. For alle data fra kildesporingen se Tabell 13.

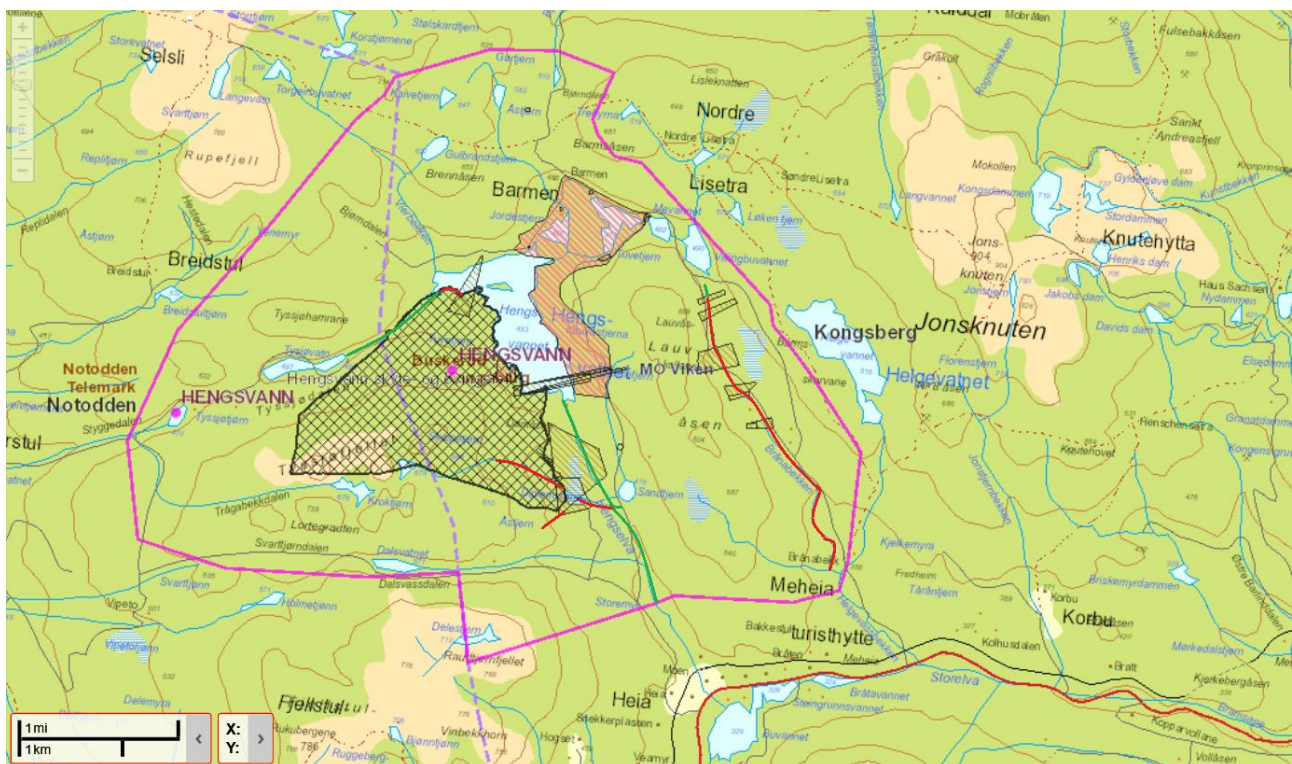
Prøve- navn	Beskrivelse	CMC (µg/l)	Cu (µg/l)	Acute Toxic Units (TU= Cu/CMC)
3	Drener deler av blindgjengerfeltet (punktet er lokalisert vest for målområdet til bane 22).	1,3	0,23	0,17
5*	Utpunktet Diplemyr. Drenerer banene 13-16, med målområdet på Diplemyr.	0,76	5,8	7,67
6	Punktet ligger nedstrøms blindgjengerfeltet og sprenningsfeltet. Det er også mulig at feltet mottar drenering i fra M72 banen.	0,57	2,8	4,93
7*	Punktet er lokalisert i Hengselva rett før utløpet til Buvatnet. Punktet drenerer alle banene (7 til 21) på vestsiden av Hengsvann SØF.	0,82	0,76	0,92
18	Punktet er et referansepunkt for tiltaksarbeidet som ble gjennomført på diplemyr i 2014. Punktet er plassert i en vannstreng i myra.	0,57	6,1	10,61
19	Punktet ble opprett ifb. med kortholdskyting som ble gjort på Diplemyr. Standplassen og målområdet er nå flyttet.	0,51	5,6	11,00
20	Punktet drenerer sørlige del av bane 13 og 14. Punktet er opprettet ifb. med tiltak som ble gjort på Diplemyr i 2014.	0,50	0,76	1,52
21	Punktet drenerer blindgjengerfeltet og muligens deler av målområdet for bane 19 og bane 22.	0,48	0,49	1,02

* Det ble tatt utvidet kjemiske analyser ved disse målestasjonen med tanke på beregning av metallgiftighet BLM.

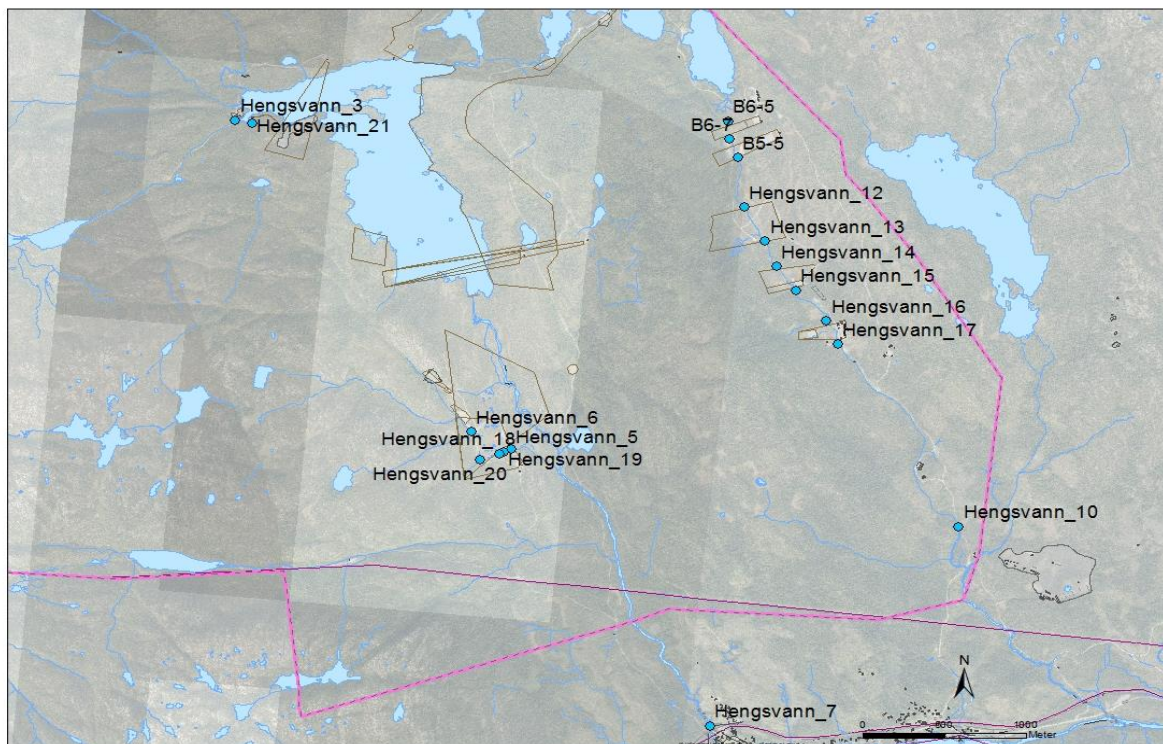
Tabell 18: Østre nedbørsfelt Brånabekken (Helgevassbekken, bekkefelt) (**Figur 8**). Vannprøvene er tatt under kildesporingen 29.april 2014. CMC beskriver tålegrensen (kobberkonsentrasjon) til den mest følsomme organismen i det enkelte punktet. Når kobberkonsentrasjonene er over tålegrensen >1TU. Med en TU på over 1 kan det forventes toksiske effekter på den mest følsomme vannorganismen (*Daphnia pulex*). I det vestre nedbørsfeltet er TU oversteget i 9 av 10 prøvepunkt. For alle data fra kildesporingen se Tabell 13.

Prøvenavn	Beskrivelse	CMC (µg/l)	Cu (µg/l)	Acute Toxic Units (TU= Cu/CMC)
22 (B6-5)	Punktet ligger oppstrøms bane 6. Punktet er et referansepunkt.	4,5	0,5	0,11
1/NIVA 2 (B5-5)	Punktet ligger rett nedstrøms bane 5.	5,2	28	5,42
23 (B6-7)	Punktet ligger nedstrøms bane 6.	3,4	26	7,60
10*	Punktet ligger nedstrøms bane 1-6. Rett før Brånabekken renner inn i Helgevassbekken.	1,7	7,2	4,27
12	Punktet er plassert rett oppstrøms bane 4 og drenerer bane 5 og 6.	3,3	13	3,92
13	Punktet er plassert rett nedstrøms bane 4. Punktet drenerer bane 4-6.	3,8	9,8	2,61
14	Punktet er plassert rett oppstrøms bane 3 drenerer bane 4-6.	4,6	9,7	2,12
15	Punktet er lokalisert nedstrøms bane 3. H14 ligger rett oppstrøms.	2,3	10	4,36
16	Punktet ligger rett oppstrøms bane 1. Punktet drenerer bane 2-6.	5,1	9,6	1,90
17*	Punktet ligger rett nedstrøms for bane 1. Tar imot avrenning i fra bane 1-6.	1,6	10	6,36

* Det ble tatt utvidet kjemiske analyser ved disse målestasjonen med tanke på beregning av metallgiftighet BLM.



Figur 16: Rød farge viser områder hvor de målte konsentrasjonene av kobber kan gi negative biologisk effekt på mest følsom organisme, grønn farge områder hvor dette er lite sannsynlig. Det var betydelig høyere kobberverdier underkildesporingen i 2014 (Tabell 13), enn i 2015-2016 (Tabell 14).



Figur 17: vannprøvepunkter tatt under kildesporingen 2014.

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

Figur 18: Yttergrensene for modellen benyttet for å beregne BLM for kobber (Cu) og sink (Zn).

Tabell 19: Analyseresultater vannprøver etter tiltak Hengsvann. Tabellen viser parametrene brukt til beregning av bio-tilgjengelig bly (ligning NIVA, 2016). Den beregnede andelen biotilgjengelig bly er markert uthevet skrift. Ligning Krever at pH er innenfor 6,0 og 8,5. TOC er lavere enn 17 mg/l og kalsium er høyere enn 2 mg/l. Ruter der støtteparameterne faller utenfor angitt intervall er merket med gult. Det samme gjelder for den beregnede mengden biotilgjengelig bly, der støtteparameterne faller utenfor (underestimat av biotilgjengelig bly). Rød farge markert der det er overtredelse av AA-EQS.

PunktID	Prøvetaking	TOC mg/l	Bly µg/l	Bio- til- gjengelig Bly	pH	Kalsium mg/l
HENG_01	2015-07-16	13	29	2,23	6,1	3,5
HENG_01	2015-11-03	6,7	8,2	1,22	6,0	2,6
HENG_01	2016-06-28	10	16	1,60	6,5	3,8
HENG_01	2016-11-15	11	12	1,09	6,1	2,2
HENG_05	2015-07-16	9,7	2,9	0,30	5,4	0,8
HENG_05	2015-11-03	8,6	2,8	0,33	5,2	0,7
HENG_05	2016-06-28	12,0	3,9	0,33	5,0	0,7
HENG_05	2016-11-15	11	5,6	0,51	4,5	0,4
HENG_06	2015-07-16	9,4	2,3	0,24	5,1	0,7
HENG_06	2015-11-03	8,9	2,1	0,24	5,1	0,6
HENG_06	2016-06-28	13,0	3,5	0,27	4,9	0,6
HENG_06	2016-11-15	10	1,8	0,18	4,5	0,37
HENG_10	2015-07-16	5,7	0,73	0,13	6,3	2,1
HENG_10	2015-11-03	6,1	0,96	0,16	6,2	2,3
HENG_10	2016-06-28	5,7	1,2	0,21	6,3	1,6
HENG_10	2016-11-15	10	3,3	0,33	5,5	1,7
HENG_20	2015-07-16	11,0	1,9	0,17	4,9	0,5
HENG_20	2015-11-03	9,8	1,8	0,18	5,0	0,5
HENG_20	2016-06-28	9,9	1,9	0,19	5,0	0,7
HENG_20	2016-11-15	14	3,3	0,24	4,4	0,41
HENG_23	2015-11-03	8,3	10	1,20	6,0	2,2
HENG_23	2016-06-28	11,0	27	2,45	6,2	3,3
HENG_23	2016-11-15	7,3	8,6	1,18	6,1	1,4
HENG_24	2015-07-16	9,8	0,32	0,03	5,4	0,8
HENG_24	2015-11-03	7,6	0,36	0,05	5,5	0,7
HENG_24	2016-06-28	5,7	1,4	0,25	5,7	0,9
HENG_24	2016-11-15	11	0,89	0,08	4,9	0,69
HENG_25	2015-11-03	7,7	3,7	0,48	4,4	0,3
HENG_25	2016-06-28	16,0	5,3	0,33	6,5	3,3
HENG_25	2016-11-15	9,3	6,5	0,70	5,0	0,84
$[Pb]_{\text{biotilgjengelig}} = \left(\frac{[Pb]_{\text{målt}} \times 1,2}{1,2 + 1,2 \cdot ([TOC])} \right) - 1$						

Forsvarsbygg Futura

