

## **Vurdering av tungmetallinnholdet i vannprøver fra testanlegg for fellingskjemikalier på Terningmoen i 2008**

Arnljot Einride Strømseng, Marita Ljønes og Espen Mariussen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

15. februar 2009

FFI-rapport 2009/00356

360301

P: ISBN 978-82-464-1515-4

E: ISBN 978-82-464-1516-1

## Emneord

Fellingskemikalier / flocculents

Tungmetaller / heavy metals

Skytebane / shooting range

Størrelses- og ladningsfraksjonering / size and charge fractionation

## Godkjent av

Kjetil Sager Longva

Prosjektleder

Bjørn A. Johnsen

Forskningssjef

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

## Sammendrag

Forsvaret bruker håndvåpenammunisjon som inneholder bly, kobber, antimon og sink i sine skyte- og øvingsfelter. Disse stoffene kan over lang tids bruk danne mobile forbindelser og transporteres ut fra et målområde via sivevann eller overflatevann. Forbindelsene kan ha en effekt på mennesker og miljø, og er derfor prioriterte stoffer hos myndighetene og Forsvaret selv.

Forsvarsbygg har etablert et testanlegg for utprøving av blant annet fellingskjemikalier for rensing av metaller i vann. Testanlegget er etablert ved bane 27 på Terningmoen. Dette består av et system hvor to bekker renner inn i en dam. Fra denne dammen er det lagt rør i bakken inn til et lite hus hvor det kan tilsettes fellingskjemikalier. Vannet renner deretter gjennom to slamavskillere, som er etterfulgt av tre etablerte dammer (rensedammer) for sedimentering av partikler. Selve design av testanlegget, utestingen av fellingskjemikalier i laboratorium og utvelgelse av et fellingskjemikalie for testing høsten 2008 ble utarbeidet og gjennomført av Bioforsk på oppdrag for Forsvarsbygg. Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har på oppdrag for Forsvarsbygg gjennomført en vannprøvetaking i testanlegget før og etter tilsetning av et fellingskjemikalie.

Det ble tatt vannprøver ved å bruke en størrelses- og ladningsfraksjoneringssteknikk (SLF). Prøvetakingene av vann ble gjennomført før og etter tilsetning av fellingskjemikallet PAX-XL60 i inntil sju forskjellige prøvepunkter (P0 til P6). Det ble til sammen gjennomført seks prøvetakinger. Under prøvetakingen av vann ble det benyttet en fraksjoneringssteknikk (SLF), som skiller metallforbindelsene (spesiene) i størrelse og ladning. Det ble benyttet et filter for filtrering av vannet med størrelse på 0,45 µm etterfulgt av en kationbytter. Disse vannprøvene ble analysert for bly, kobber, antimon, kalsium, jern, aluminium og mangan. Ved bruk av SLF blir analyseresultatene av metallene delt inn i følgende tre fraksjoner: partikulært bundet, frie/labile forbindelser og anionisk-/humusforbindelser.

Resultatene viste at totalkonsentrasjonen av enkelte metaller, slik som bly, kobber, aluminium og antimon, sank i fra prøvepunkt P2 til prøvepunkt P6 før tilsetning av fellingskjemikallet. Dette skyldes sannsynligvis naturlige prosesser hvor metallene feller ut. Konsentrasjonen av jern, kalsium og mangan så ut til å øke fra prøvepunkt P2 til prøvepunkt P6. Dette skyldtes sannsynligvis tilførsel av disse forbindelsene fra jordkantene i rensedammene og fra betongkummer som er plassert mellom disse. Tilførselen av fellingskjemikallet PAX-XL60 skulle redusere mengden tungmetaller i vannet ved utfelling og sedimentering i rensedammene. Av praktiske årsaker ble fellingskjemikallet tilført i pulser i mengder som var proporsjonalt med vanngjennomstrømningen i systemet. Prøvetakingen av vannet etter denne tilførselen kunne ikke påvise noen reduksjon av tungmetallkonsentrasjonen i vannet. Den naturlige reduksjonen av metaller gjennom systemet før tilsetning av fellingskjemikallet forsvant etter tilsetning av fellingskjemikallet. Dette kan være forårsaket av metoden som ble benyttet for å tilføre PAX-XL60.

FFI mener det bør gjøres nye forsøk med tilsetning av fellingskjemikalier for å optimalisere både type fellingskjemikalie, tilførsels måte og mengde. Det bør derfor etableres nettstrøm til anlegget slik at tilførselen av fellingskjemikallet kan i seinere tester blir tilført kontinuerlig og i forhold til vanngjennomstrømningen i anlegget. Det bør også sikres god innblanding av fellingskjemikallet vha for eksempel et røreverk. Det bør vurderes om det bør etableres et parallelt referanseløp gjennom anlegget som benyttes som en kontroll på de endringene tilsetning av fellingskjemikallet utgjør. Det bør også gjøres *in situ* forsøk hvor det benyttes SLF for vurdere oppholdstiden som trengs for at fellingskjemikalie skal gi de ønskede endringen av vannkvaliteten. Det må også gjøres nye forsøk med PAX-XL60 for å få målinger som med god sikkerhet gir svar på betydningen og effekten av å tilsette dette fellingskjemikallet.

## English summary

The Norwegian Defence uses small arms ammunition which contains lead, copper, antimony and zinc. The deposited ammunition has led to contamination of the shooting range target areas. These elements can, caused by the amount of deposition, time, physical and chemical processes, be mobilized and transported from target areas by surface runoff or soil pore water into creeks and ponds. Deposition of heavy metals in rifle ranges represents therefore a potential risk to both the terrestrial and aquatic environment.

The Norwegian Defence Estates Agency (Forsvarsbygg) has established a test facility for research on flocculants in order to clean heavy metal polluted water from shooting ranges. The test facility is situated at shooting range 27 at Terningmoen. The system collects water from two small polluted streams that run into a pond. The outlet water from the pond runs in pipes to a small cabin where flocculants can be added to the water. From the cabin the water passes through two interceptors for sludge and into three separated ponds ("cleaning ponds") established in sequence.

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) has taken water samples from the test facility before and after adding the flocculant PAX-XL60. The water samples were size and charge fractionated (SLF). The SLF technique gives three different fractions (species) of metals: a) particulate bound metals, b) labile or free cations and c) a fraction of anionic/humus bounded metals. The samples were analyzed for lead, copper, antimony, aluminium, iron, manganese and calcium. Water from up to seven different points was sampled three times before and three times after the addition of the flocculant.

Before the flocculant was added there was a reduction of the total concentrations of lead, copper, antimony and aluminium from sampling point P2 to P6. This is probably due to natural precipitation. The concentration of iron, calcium and manganese increased from P2 to P6, which probably are caused by leakage from sides of the ponds and from the concrete pipes between the three ponds.

After the addition of PAX-XL60 to the water there was no reduction in the concentration of the measured elements. Even the natural decrease in concentration was absent. These results can be explained by the method used for adding the flocculent. Due to practical reasons, the flocculant was added in pulses rather than a continuous addition.

FFI recommend that a similar test is carried out, but with a continuous addition of the flocculant into the water and where the added amount is adjusted to the water flow.

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Metode</b>	<b>8</b>
2.1	Beskrivelse av lokaliteten	8
2.1.1	Lokalitet	8
2.1.2	Pilotanlegg for testing av fellingskjemikalier	8
2.2	Prøvetaking og analyse	10
2.3	Utstyr	10
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon</b>	<b>12</b>
3.1	Bly	13
3.2	Kobber	16
3.3	Antimon	17
3.4	Jern	19
3.5	Aluminium	20
3.6	Kalsium	22
3.7	Mangan	23
<b>4</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>25</b>
	<b>Appendix A</b>	<b>27</b>



## 1 Innledning

Forsvaret har en rekke skyte- og øvingsfelter hvor det benyttes håndvåpenammunisjon. Prosjektilene i ammunisjonen inneholder tungmetallene bly, kobber, sink og antimon. Gjennom mange års skyting vil det deponeres tonnevis med tungmetaller på slike skytebaner. Aktiviteten har derfor medført at avrenningsvann fra både skole- og feltskytebaner er forurenset med tungmetaller. Dette gjelder spesielt skytebanelokaliteter som er lite gunstig tilrettelagt. Med lite gunstig tilrettelagt menes det f.eks. at prosjektilene som benyttes på skytebanen treffer stein/fjell og knuses (stor fragmenteringsrate) og/eller at det f.eks. er lav pH i jorda der kulene havner slik at det dannes korrosjonsforbindelser som kan mobiliseres med vann. Denne problemstillingen har i de siste årene fått økt oppmerksomhet fra myndighetenes side og det er derfor satt i gang flere forskningsstudier. Flere av disse forskningsprosjektene har som mål å redusere eller hindre avrenning av tungmetaller fra skytebaner.

Et av prosjektene som omhandler reduksjon av tungmetaller i sigevann er ledet av Forsvarsbygg. Prosjektet har etablert en feltstasjon for uttesting av fellingskjemikalier på Terningmoen skyte- og øvingsfelt. Dette anlegget er etablert ved bane 27 og er en del av det som Forsvarsbygg kaller "Miljølab". Anlegget består av et lite hus hvor tilsetning av fellingskjemikalier skjer, etterfulgt av flere etablerte dammer for partikkelfelling.

Bioforsk har på oppdrag fra Forsvarsbygg gjennomført forstudier i laboratorium med ulike typer fellingskjemikalier for å vurdere hvilke fellingskjemikalie som skulle prøves i testanlegget på Terningmoen. Det ble konkludert med at fellingskjemikaliet PAX-XL60 skulle prøves i testanlegget. Det ble startet tilsetning av dette fellingskjemikaliet 30. september 2008. Tilsetningen ble først gjennomført pulsvis basert på mengden gjennomstrømmende vann. Mot slutten av testperioden ble måten tilsetningen av fellingskjemikalie ble gjennomført på endret til å bli tilført for hver time.

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har på oppdrag fra Forsvarsbygg gjennomført seks prøvetakinger av vann med størrelses- og ladningsfraksjonering (SLF) *in situ* høsten 2008 ved testanlegget for fellingskjemikalier på Terningmoen. Hensikten med prøvetakingen var å se på endringen i konsentrasjon, størrelse og ladning av metallene bly (Pb), kobber (Cu) og antimon (Sb) gjennom hele anlegget før og etter tilsetning av fellingskjemikalier. Andre elementer som det også ble analysert for var jern (Fe), aluminium (Al), mangan (Mn) og kalsium (Ca).

## 2 Metode

### 2.1 Beskrivelse av lokaliteten

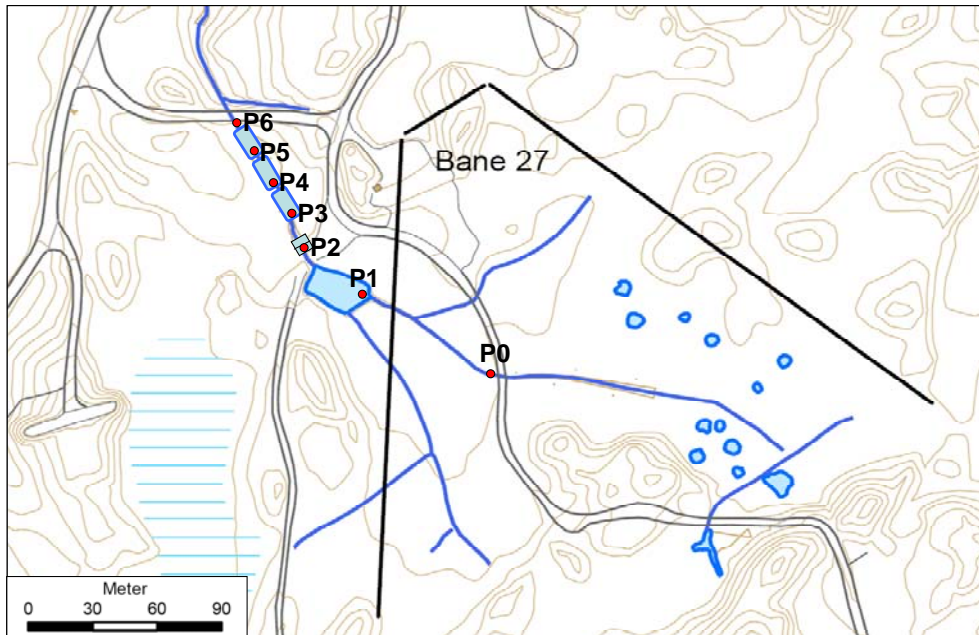
#### 2.1.1 Lokalitet

Terningmoen skyte-og øvingsfelt er et nærøvingsfelt for lett infanteri tilknyttet Terningmoen leir på Elverum. Feltet består av en rekke små og store skytebaner for ulike våpen. Flere av skytebanene er etablert uten faste etablerte fangvoller og mange er etablert på, eller i tilknytning til myr. Ved skyting vil prosjektilene fra ammunisjon trenge inn i stedegne, naturlige mineralmasser med stein, fjell og jord, eller inn i organiske jordtyper slik som myr og deponeres der. Ammunisjon som havner i myr vil med høy sannsynlighet fragmenteres med en lavere rate sammenlignet med mineraljord med større innslag av stein.

#### 2.1.2 Pilotanlegg for testing av fellingskjemikalier

Anlegget for testing av fellingskjemikalier er etablert på en lokalitet hvor det er registrert forhøyet avrenning av tungmetaller i vann som avvanner målområdene for håndvåpenbane 27. Det er to bekker som drenerer området mot nordvest ned mot en dam (utjevningsdam), etablert som en branndam (se Figur 2.1). Før anlegget ble etablert rant det en bekk ut fra dammen. Denne bekken er nå lagt i rør i tillegg til at det er etablert tre rensedammer nedstrøms utjevningsdammen (se Figur 2.2). Mellom den første kunstige dammen og den naturlige er det bygget et lite hus hvor vannet kan bli tilsatt fellingskjemikalier i et kumsystem. Dette huset blir omtalt som målehytte. Vannet renner deretter gjennom en (to) slamavskiller(e) og ut i den første rensedammen (fellingsbasseng). I målehytta er det installert overvåkingsutstyr for parametere som pH, ledningsevne og vannføring i tillegg til en automatisk vannprøvetaker (ISCO).





Figur 2.1 Kartutsnitt fra Terningmoen bane 27 med inntegninger av testanlegget for fellingskjemikalier og prøvepunkter for størrelses- og ladningsfraksjonering (Grunnkart FKB fra Norge digitalt, kartillustrasjonen er laget av Forsvarsbygg og FFI).



Figur 2.2 Pilotanlegg for testing av fellingskjemikalier som er etablert på Terningmoen skyte- og øvingsfelt ved bane 27. Bilde viser tre rensedammer og målehuset.

## 2.2 Prøvetaking og analyse

Høsten 2008 ble det foretatt tre prøvetakinger før fellingskjemikaliet PAX-XL60 ble tilsatt (19 august, 29 august og 3 september) og tre prøvetakinger etter tilsetning (16 oktober, 20 oktober og 3 november). Tilsetning av fellingskjemikalier ble startet den 1 oktober 2008. For hver prøvetaking ble det tatt prøver av vann som renner gjennom hele anlegget i inntil sju ulike prøvepunkter som vist i Figur 2.1. Prøvene har fått nummer fra P0 til P6.

Fellingskjemikaliet som ble tilsatt vannet var Kemwater PAX-XL60 polyaluminiumsklorid og ble tilsatt etter prøvepunkt P2. Tilsetningen av fellingskjemikaliet var vannføringsregulert og ble, pga praktiske årsaker, tilført pulsvis i målehytta. Før prøvetaking av vannet ble det gjort en antakelse om at selv om fellingskjemikaliet ble tilsatt pulsvis, så skulle virkningen av fellingskjemikaliet være også mellom periodene hvor det ikke ble tilført fellingskjemikalie.

Alle vannprøvene ble SLF *in situ* for å kunne undersøke hvilke forbindelser/former de ulike metallene opptrådte på før og etter tilsetning av PAX-XL60. Metallene ble delt inn i tre fraksjoner i behandlingen av analyseresultatene:

1. **Partikulære** forbindelser: Metaller bundet eller adsorbent til partikler som kan bestå av organiske eller uorganisk molekyler. Disse forbindelsene passerer ikke gjennom et filter med nominell størrelse på 0,45 µm.
2. **Frie/labile** forbindelser: Metaller som opptrer som frie ioner eller er reaktive når de ionebyttes gjennom en kationbytter.
3. **Anionisk/humus** forbindelser: Dette er forbindelser av metaller som slipper gjennom en kationbytter og et 0,45 µm filter. Disse forbindelsene regnes for å være enten nøytrale, anioniske eller humusforbindelser.

Alle vannprøver ble sendt til ALS Scandinavia for analyse på ICP-MS. Analyseresultatene ligger i appendix (kryssreferanse til appendiks). Det ble analysert for bly, kobber, antimon, jern, aluminium, kalsium og mangan. Signifikante forskjeller mellom de ulike prøvepunktene før og etter tilsetning av fellingskjemikalier ble beregnet med enveis ANOVA Dunnet post test.

## 2.3 Utstyr

Ved prøvetaking av vann på Terningmoen ble det benyttet SLF. Til dette ble det benyttet følgende utstyr (se Figur 2.3):

- Pumpe: Cole-Parmer Instrument Company, Masterflex L/S computerized drive
- Filter holder: YY3009000, Stainless steel, 90 mm filterholder, Millipore
- Filter: HAWP09000 0,45 µm HA, Millipore
- Ionebytter: Amberlite IR-120 Na<sup>+</sup>-form (Merck)
- pH instrument: Hanna HI9321
- Ledningsevneinstrument: Hanna HI933100



*Figur 2.3 Utstyr som ble benyttet ved størrelses- og ladningsfraksjonering av vann.*

### 3 Resultater og diskusjon

I kapitlene under blir hvert enkelt element omtalt hver for seg. Det ble gjennomført pH og ledningsevne målinger i alle prøvepunktene (P0 til P6). Resultatene for pH, ledningsevne og temperatur er vist i Tabell 3.1, Tabell 3.2 og Tabell 3.3. Størrelsen på de tre parametrene øker i vannet nedover i anlegget på Terningmoen. At pH og ledningsevne øker, skyldes høyst sannsynlig at det er plassert betongkummer mellom rensedammene i anlegget. Temperaturen synker i gjennomsnitt med ca 10 °C i perioden fra første prøvetaking før tilsetning av fellingskjemikale, til prøvetakingene etter.

Tabell 3.1 Oversikt over pH målt under prøvetaking (\*= ikke analysert).

	Før tilsetning av PAX-XL60			Etter tilsetning av PAX-XL60		
	19.08.2008	29.08.2008	03.09.2008	16.10.2008	20.10.2008	03.11.2008
<b>P 0</b>	5,7	5,7	5,6	5,9	5,8	5,8
<b>P 1</b>	5,9	5,8	5,7	5,8	5,7	5,7
<b>P 2</b>	5,8	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7
<b>P 3</b>	5,9	6,3	5,8	5,7	5,8	5,8
<b>P 4</b>	*	*	*	6,2	6,3	6,2
<b>P 5</b>	6,2	6,4	6,3	6,1	6,3	6,2
<b>P 6</b>	6,3	6,4	6,4	6,8	6,3	6,1

Tabell 3.2 Oversikt over ledningsevne ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) målt under prøvetaking (\*= ikke analysert).

	Før tilsetning av PAX-XL60			Etter tilsetning av PAX-XL60		
	19.08.2008	29.08.2008	03.09.2008	16.10.2008	20.10.2008	03.11.2008
<b>P 0</b>	19,6	16,1	44,2	8,7	6,8	26,3
<b>P 1</b>	20,1	18,1	33,2	8,8	8,6	26,0
<b>P 2</b>	20,6	17,8	25,7	10,4	10,9	26,6
<b>P 3</b>	21,9	26,9	24,0	10,1	11,4	27,8
<b>P 4</b>	*	*	*	14,5	17,9	31,2
<b>P 5</b>	33,6	40,0	56,2	17,2	16,2	31,5
<b>P 6</b>	35,1	42,2	59,9	18,1	17,9	32,0

Tabell 3.3 Oversikt over temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) målt under prøvetaking (\*= ikke analysert)

	Før tilsetning av PAX-XL60			Etter tilsetning av PAX-XL60		
	19.08.2008	29.08.2008	03.09.2008	16.10.2008	20.10.2008	03.11.2008
<b>P 0</b>	13,7	12,7	*	5,2	5	2,4
<b>P 1</b>	14,1	12,6	*	5,1	5,3	1,2
<b>P 2</b>	13,5	13,3	*	4,9	4,8	1,4
<b>P 3</b>	14	14,4	*	4,9	4,8	1,3
<b>P 4</b>	*	*	*	5,1	5,2	1,4
<b>P 5</b>	15,1	14,7	*	5,3	5	0,9
<b>P 6</b>	15,8	15,1	*	5,3	5,3	1,3

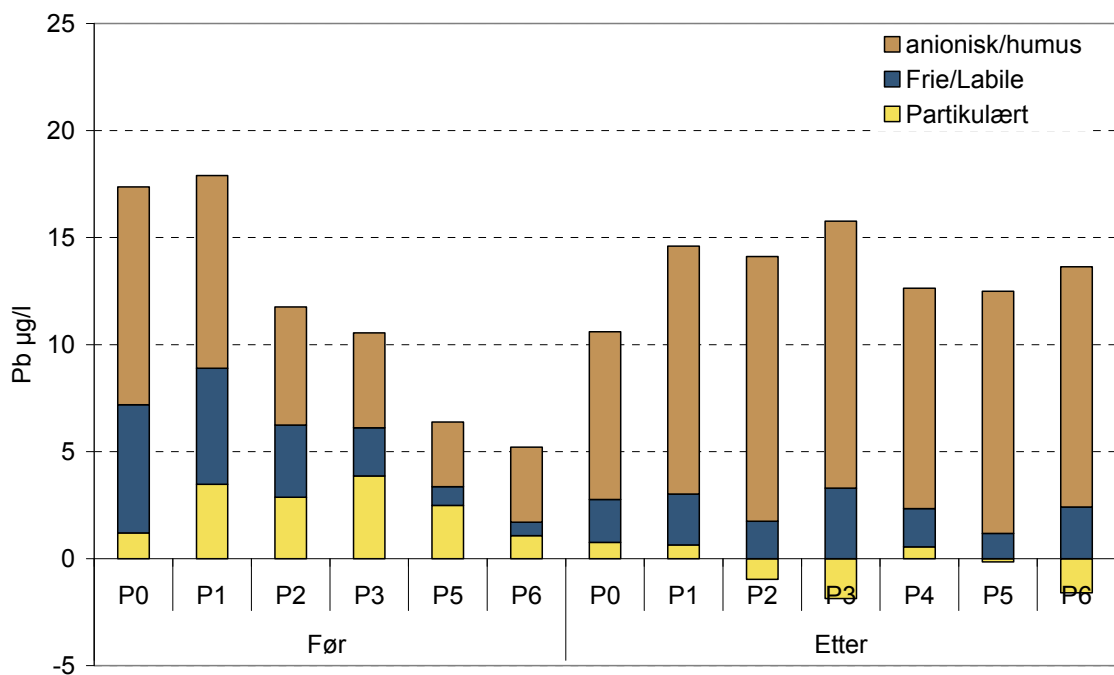
### 3.1 Bly

Figur 3.1 viser gjennomsnittlig blykonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikalie. Figur 3.2 viser den prosentvise andelen bly før og etter tilsetning.

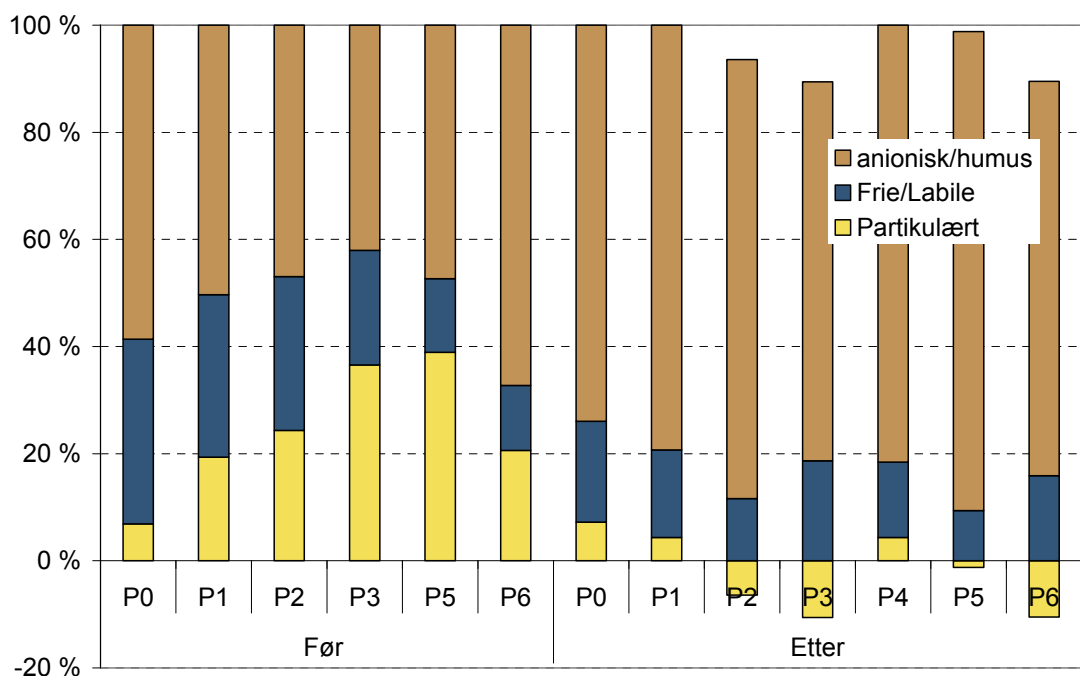
Fellingskjemikalie ble tilsatt vannet etter prøvepunkt P2. Analyseresultatet av vann som ble tatt før tilsetning av fellingskjemikalie viste at den totale blykonsentrasjonen synker med 56 % fra prøvepunkt P2 (11,8 µg Pb/l) til prøvepunkt P6 (med 5,2 µg Pb/l). SLF av vannet viste en nedgang på 62 % fra P2 (2,9 µg Pb/l) til P6 (1,1 µg Pb/l) i konsentrasjon av partikulært bundet bly. Den prosentvise andelen av partikkelbundet bly mellom prøvepunktene P2 og P5 økte, mens andelen frie/labile gikk ned. I P6 var det derimot en liten nedgang i den prosentvise mengden partikulært bly i forhold til P5. Dette er trolig forårsaket av den naturlige flokkuleringen som skjer gjennom dette systemet med slamavskillere og rensedammer.

I perioden etter tilsetning av flokkuleringsmiddel ble det observert en lavere konsentrasjon av partikulært bundet bly i vannprøvene sammenlignet med nivået før tilsetning av flokkuleringsmiddel. De negative verdiene av partikulært bundet bly i analysen kan være forårsaket av analyseusikkerheten (inntil ca 20%) eller en svak kontaminering av prøvene. Konsentrasjonen av den frie/labile formen for Pb ble også redusert gjennom systemet før tilsetning av fellingskjemikalie (se Figur 3.3). Analyseresultatene ble behandlet med enveis ANOVA med Dunnets post test. Labilfraksjonen før tilsetning av fellingskjemikalie er signifikant ( $p < 0,05$ ) lavere i P6 sammenlignet med P2. Etter tilsetning av fellingskjemikalie er det ikke signifikant forskjell i mengden frie/labile blyforbindelser målt i P2 sammenlignet med de andre prøvepunktene.

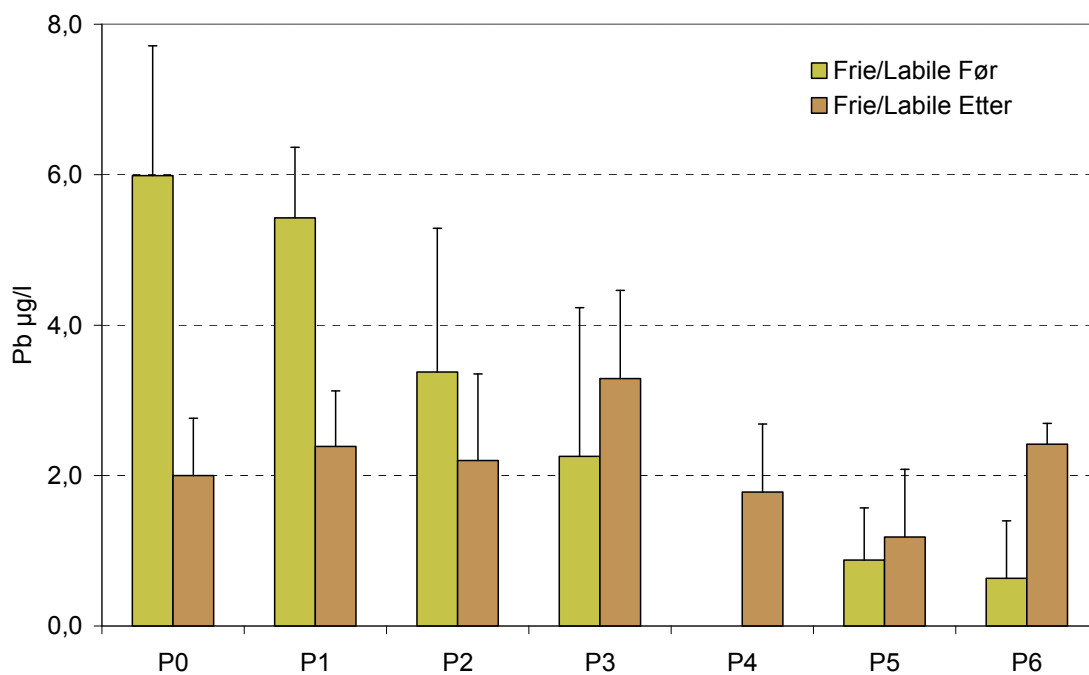
Nedgangen i blykonsentrasjonen før tilsetning av fellingskjemikalie er sannsynligvis forårsaket av flere faktorer gjennom det etablerte systemet med slamavskillere og rensedammer. Hensikten med rensedammene er å øke oppholdstiden til vannet for å gi tid til utfelling og sedimentasjon av partikler. Partiklene skal kunne fanges opp i slamavskilleren(e) eller sedimentere i de tre rensedammene nedstrøms tilsettingspunktet. Sedimentasjonshastigheten skal i teorien kunne økes ved å tilsette fellingskjemikalier. Fortynning med vann som kommer inn i systemet etter tilsettingspunkt P2 kan også forekomme, men dette antas å ha liten innvirkning på nedgangen i konsentrasjonen av bly. Dette er en antagelse, da analysene etter tilsetning av fellingskjemikalie viste liten eller ingen tegn på reduksjon i konsentrasjonen av bly i vannet. Analyseresultatene viser at tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60 ikke gir noen effekt på nivået av bly i vannet fra bane 27 på Terningmoen. En årsak til dette, kan være metoden som ble benyttet for å tilføre fellingskjemikaliet i vannet. Det ser det ut til at tilsetning av fellingskjemikalie øker utslippet av bly og øker andelen anionisk/humusbundet form. Av resultatene kan det derfor se ut som om bly-polyaluminiumforbindelsene havner på en anionisk/humusbundet form.



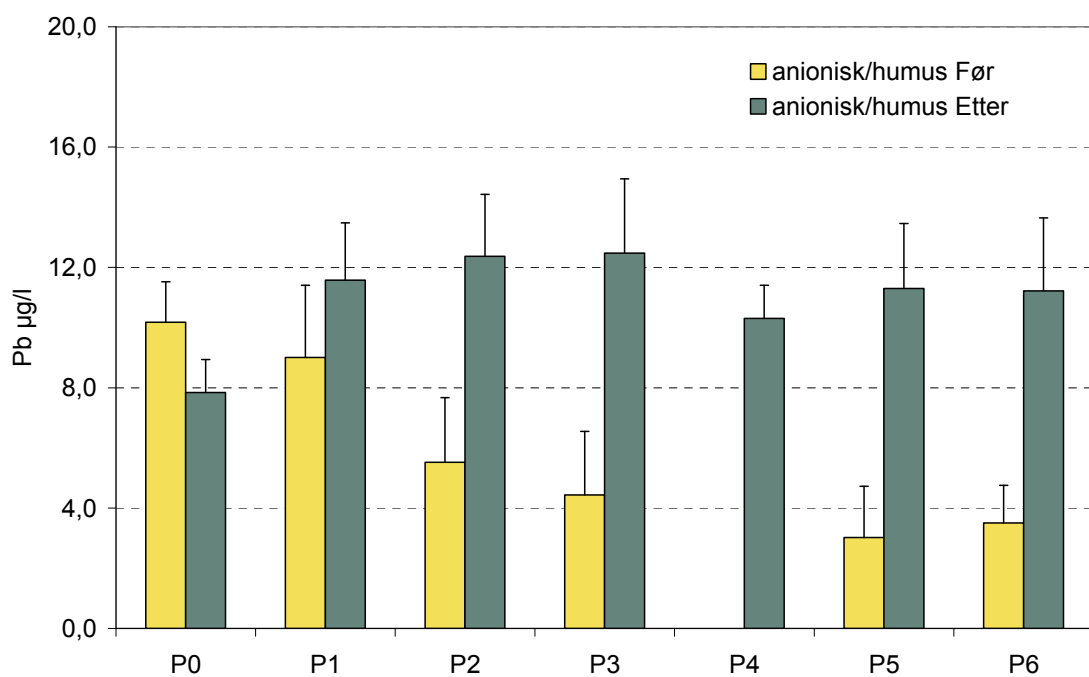
Figur 3.1 Gjennomsnittlig konsentrasjon av bly i µg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Bly er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



Figur 3.2 Gjennomsnittlig konsentrasjon av bly i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Bly er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



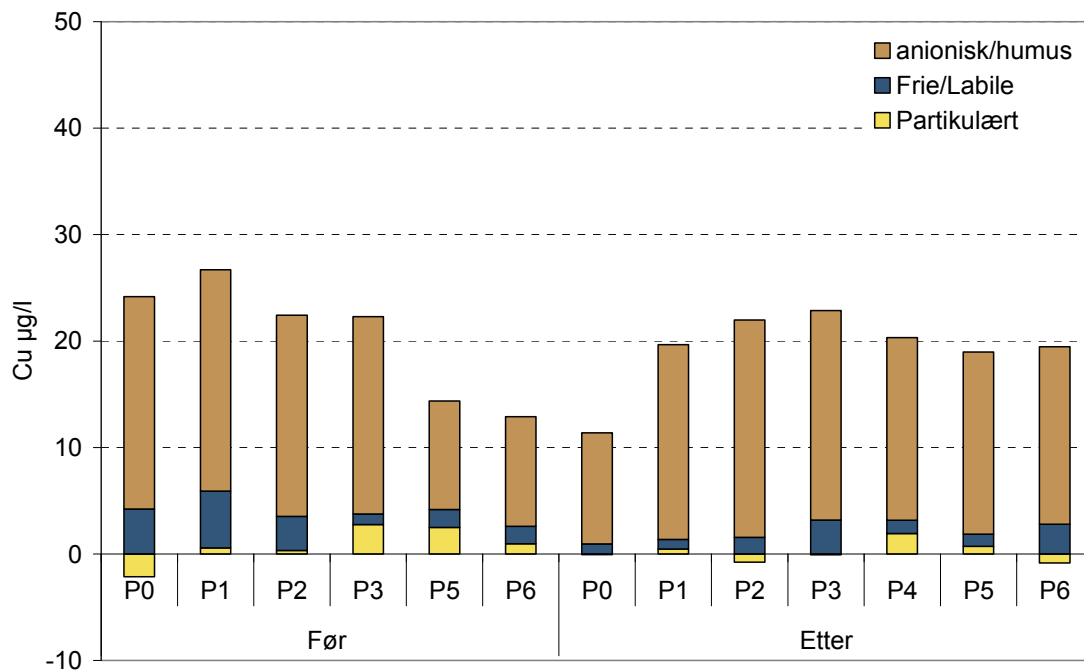
Figur 3.3 Søylediagrammet til venstre viser endring i konsentrasjonen av frie/labile bly forbindelser før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet i prøvepunkt P0 til P6.



Figur 3.4 Søylediagrammet viser endring i konsentrasjonen anionisk/humus forbindelser før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet i prøvepunkt P0 til P6.

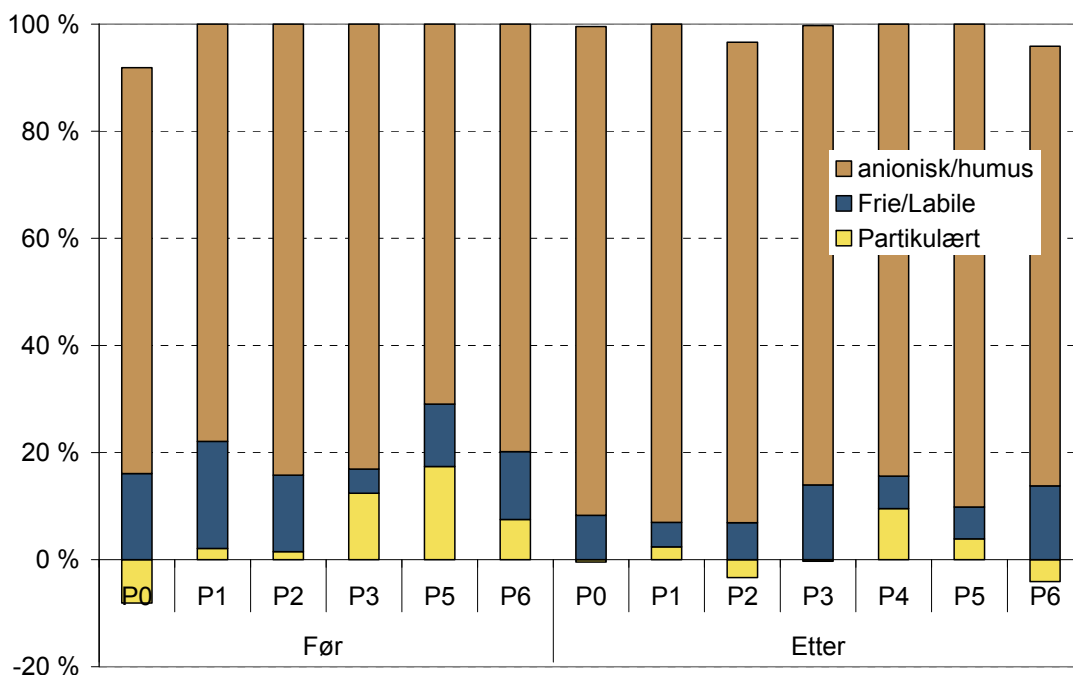
### 3.2 Kobber

Gjennomsnittlig kobberkonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.5. Den totale konsentrasjonen av kobber synker med 50 % fra P2 (22,4 µg/l) til P6 (11,3 µg/l) før tilsetning av fellingskjemikaliet. Statistisk beregning av analyseresultater viser imidlertid at det ikke er signifikant ( $p > 0,05$ ) forskjell mellom prøvepunkter med hensyn på de enkelte fraksjonene av partikulært, frie/labilt og humus/anion fraksjoner før tilsetning av PAX-XL60. Etter tilsetning av fellingskjemikalie ble kobberkonsentrasjonen i prøvepunktene lite endret og betyr et større utslipp enn ikke tilsetning av fellingskjemikaliet. Hovedandelen (dvs >80%) av den totale kobberkonsentrasjoen, både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet, var i fraksjonen som ikke ble sorbert av en kationbytter. Dette er kobber som er bundet til humusforbindelser eller foreligger på nøytral eller anionisk form. Analyseresultatene viser at pulsvis tilsetning av PAX-XL60 slik det ble gjort i anlegget, ikke gir effekt på utfelling av kobber i vannet, på de tidspunktene det ble tatt vannprøver med SLF.



Figur 3.5 Gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber i µg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Kobber er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

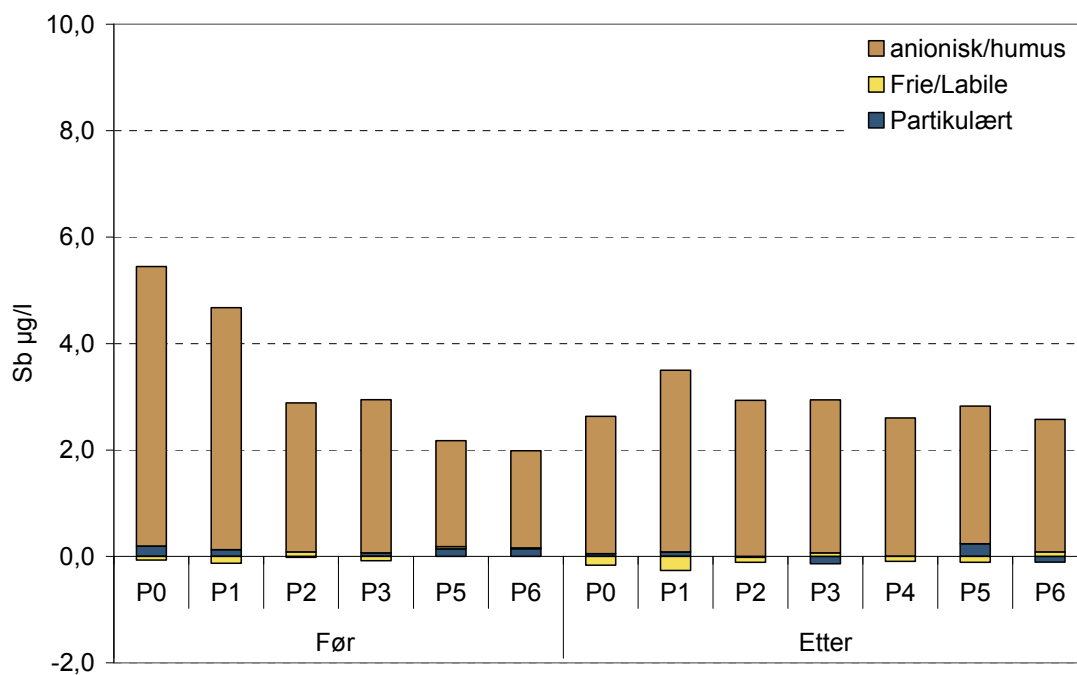




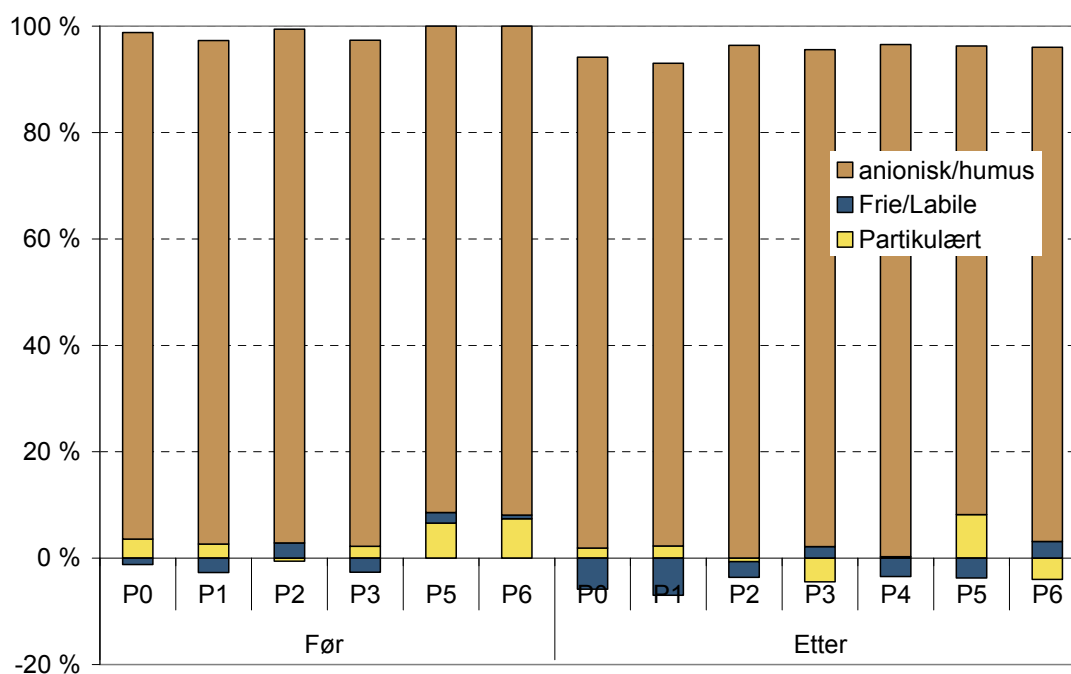
Figur 3.6 Gjennomsnittlig konsentrasjon av kobber i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Kobber er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

### 3.3 Antimon

Gjennomsnittlig antimonkonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.7 og i Figur 3.8. Antimon var hovedsakelig på anionisk form (~ 95 %). Gjennomsnittskonsentrasjonen av antimon er noe høyere i P0 og P1 i perioden før tilsetning av PAX-XL60 sammenlignet med etter. Det ble observert en nedgang i totalkonsentrasjonen av antimon fra P2 til P6 på 31 % før tilsetning av PAX-XL60. Etter tilsetning av PAX-XL60 var det liten endring i totalkonsentrasjonen av antimon fra P2 til P6, noe som betyr et større utslipp enn ikke tilsetning av fellingskjemikaliet. Den statistiske sammenligning av analyseresultatene i prøvepunkt P2 mot de andre prøvepunktene (P4 til P6) viser ingen signifikante ( $p > 0,05$ ) forskjeller mellom de ulike fraksjonene av antimon, hverken før eller etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Analyseresultatene viser at pulsvis tilsetning av PAX-XL60 slik det ble gjort i anlegget, ikke gir effekt på utfelling av antimon i vannet, på de tidspunktene det ble tatt vannprøver med SLF.



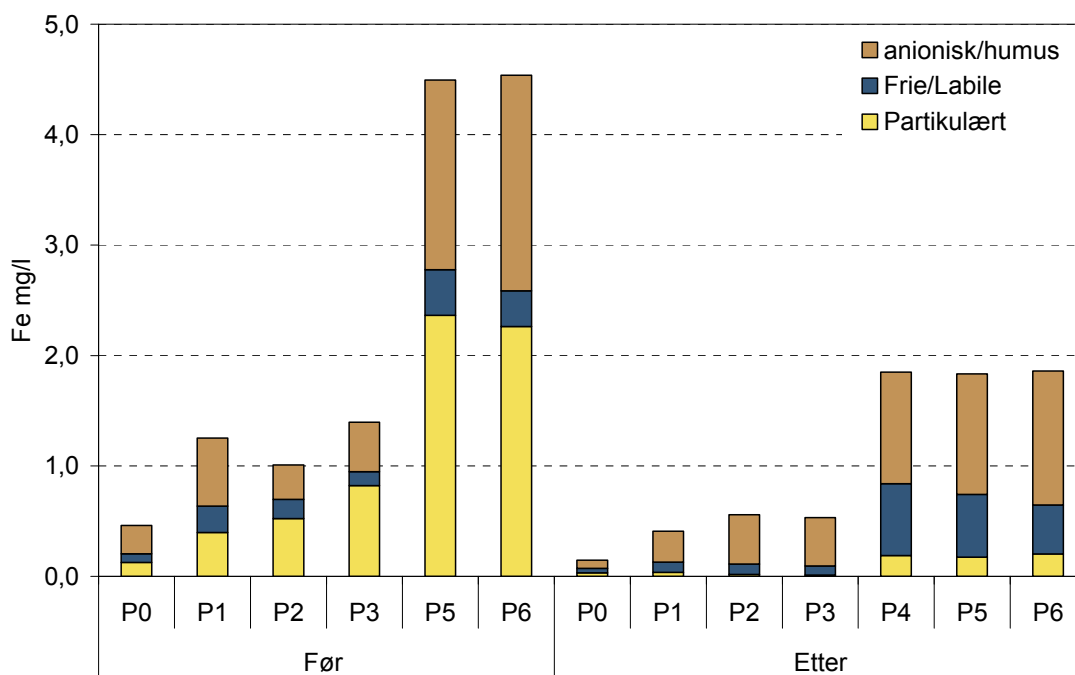
Figur 3.7 Gjennomsnittlig konsentrasjon av antimon i µg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Antimon er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



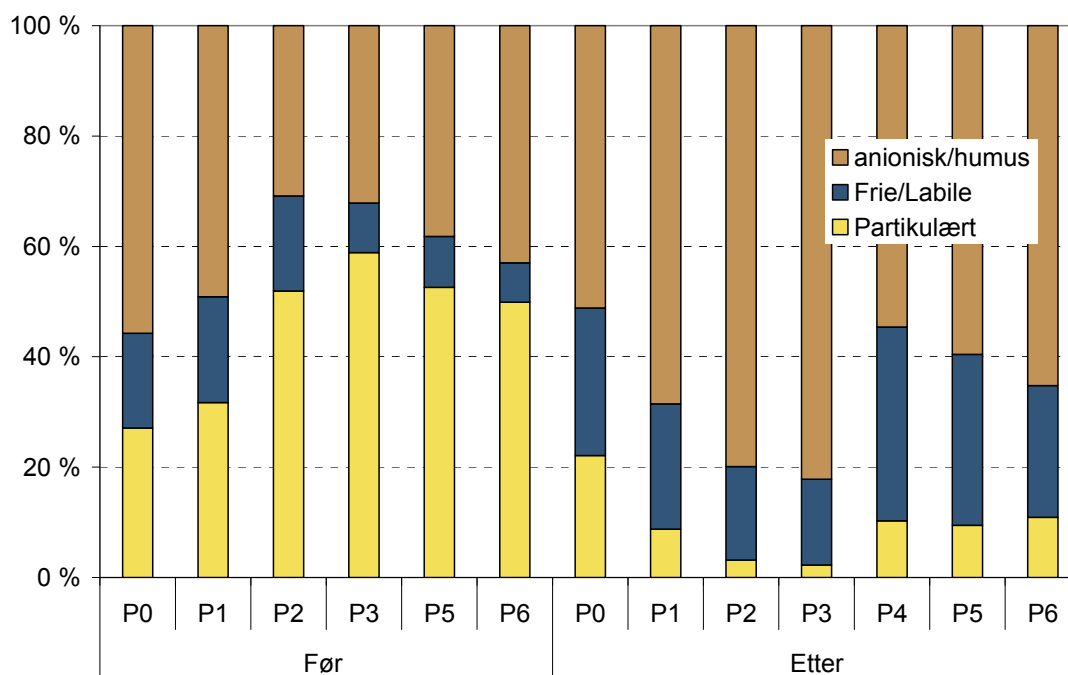
Figur 3.8 Gjennomsnittlig konsentrasjon av antimon i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Antimon er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

### 3.4 Jern

Gjennomsnittlig jernkonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.9 og Figur 3.10. Det var store forskjeller i jernkonsentrasjonen i de ulike prøvepunktene. Gjennomsnittskonsentrasjonen av jern er noe høyere i P0 og P1 i perioden før tilsetning av PAX-XL60 sammenlignet med etter. Før tilsetning økte den totale jernkonsentrasjonen fra 1,0 mg/l i P2 til 4,6 mg/l i P6. Etter tilsetning av fellingskjemikaliet var den gjennomsnittlige konsentrasjonen av jern 0,6 mg/l i P2 og 1,9 mg/l i P6. Dette er en reduksjon på 50% i P6 sammenlignet med før tilsetning. Om dette er en effekt av fellingskjemikaliet eller pga gjennomsnittlig lavere konsentrasjon av jern i denne perioden er vanskelig å fastslå. Det var signifikant økning i anionisk/humusfraksjonen av jern i P5 og P6 sammenlignet med P2 både før ( $p < 0,05$ ) og etter ( $p < 0,001$ ) tilsetning av PAX-XL60. For frie/labile jernforbindelser var det ingen signifikant ( $p > 0,05$ ) endring av konsentrasjonen ved sammenligning mellom prøvepunkt P2 og prøvepunktene P5 og P6 før tilsetning av PAX-XL60. Det var signifikant ( $p < 0,001$ ) forskjell mellom P2 og de tre prøvepunktene (P4, P5 og P6) nedstrøms etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Partikulærfraksjonen av jern økte signifikant i prøvepunktene nedstrøms P2 både før ( $p < 0,05$ ) og etter ( $p < 0,001$ ) tilsetning av fellingskjemikaliet. Jernet i rensedammene blir sannsynligvis tilført ved lekkasje fra jordsidene til rensedammene. Det ser ut til at fellingskjemikaliet fjerner den partikulære andelen av jern fra vannet etter tilsetning og øker den labile fraksjonen.



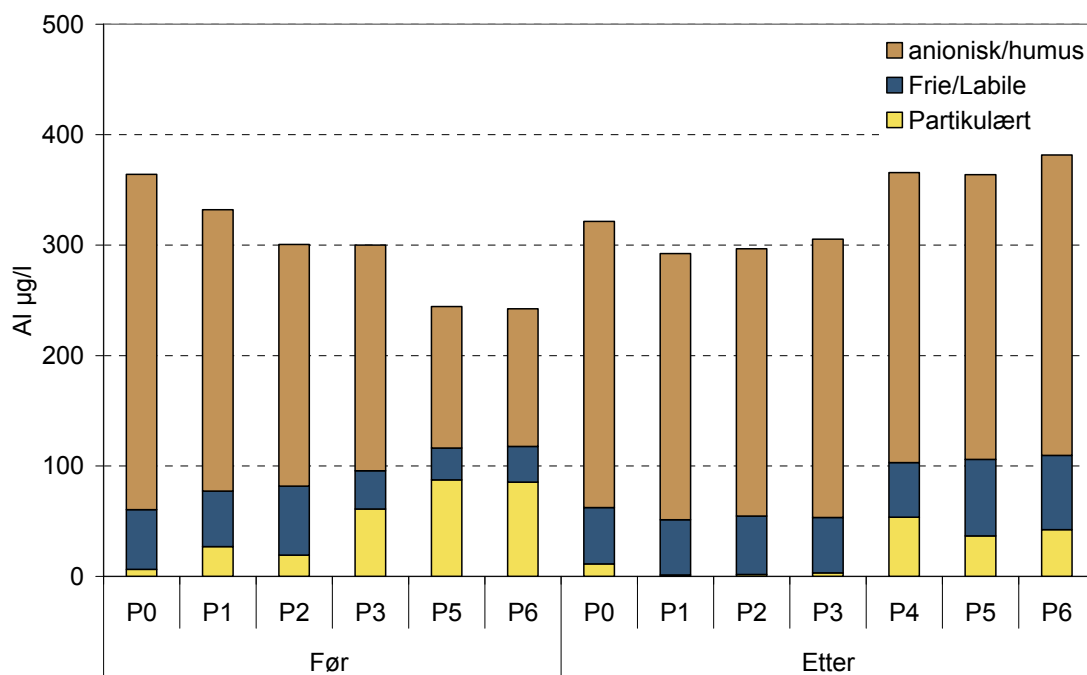
Figur 3.9 Gjennomsnittlig konsentrasjon av jern i mg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Jern er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



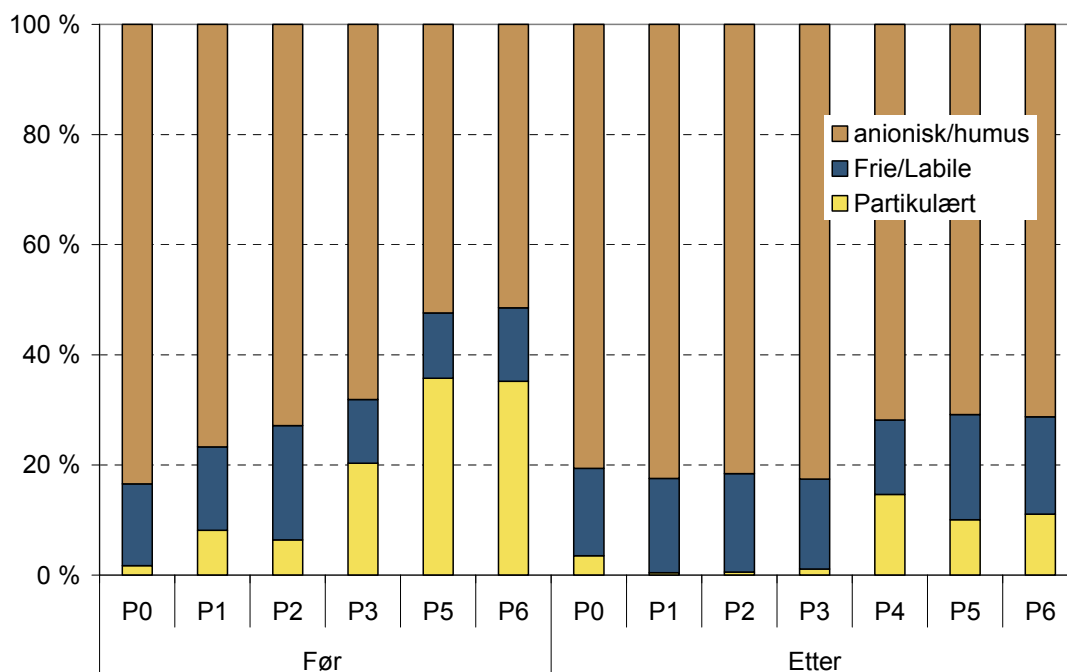
Figur 3.10 Gjennomsnittlig konsentrasjon av jern i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Jern er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

### 3.5 Aluminium

Gjennomsnittlig aluminiumskonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.11 og Figur 3.12. Den totale aluminiumskonsentrasjonen i vannprøvene reduseres fra prøvepunkt P2 til P6. Partikulærfraksjonen av aluminium økte fra 19,3 µg/l i P2 til 83,5 µg/l i P6. Det er en signifikant forskjell mellom P2 og P6 ( $P < 0,001$ ) med hensyn på partikulært bundet aluminium. Etter tilsetning av fellingskjemikaliet var det ingen signifikant forskjell mellom P2 og P6 i denne fraksjonen. Fraksjonen av anionisk/humus bundet aluminium før tilsetning av fellingskjemikaliet ble signifikant redusert fra P2 til P6 ( $P < 0,05$ ). Etter tilsetning av fellingskjemikaliet var det ingen signifikant forskjell fra P2 til P6, men en liten økning pga at PAX-XL60 er et aluminiumsbasert fellingskjemikalie. I den frie/labile fraksjonen av aluminium ble det ikke funnet signifikant forskjell mellom P2 og P6 hverken før eller etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Totalkonsentrasjonen av aluminium etter tilsetning av fellingskjemikaliet økte nedover i anlegget fra 296 µg/l i P2 til 381 µg/l i P6 som følge av at dette inneholder aluminium. Det var imidlertid ingen stor økning i konsentrasjonen av aluminium, noe som kan indikere at det var lite av fellingskjemikaliet i vannet under prøvetakingen etter at dette var tilsatt. Det kan dermed se ut til at en del av fellingskjemikaliet er felt ut eller er transportert bort fra fellingsdammene før FFI tok SLF av vannet i P0 til P6. Det er dermed vanskelig å vurdere den totale effekten av tilsetningen av fellingskjemikaliet siden prøvetakingen ikke ble gjort samtidig med at fellingskjemikaliet ble tilsatt.



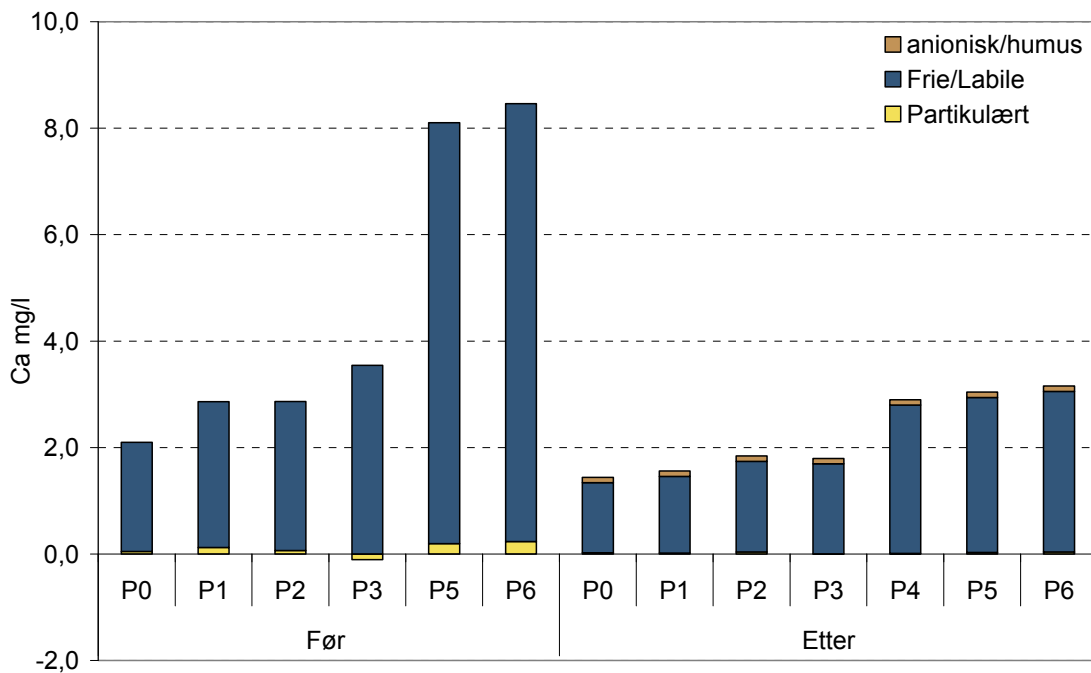
Figur 3.11 Gjennomsnittlig konsentrasjon av aluminium i µg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Aluminium er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



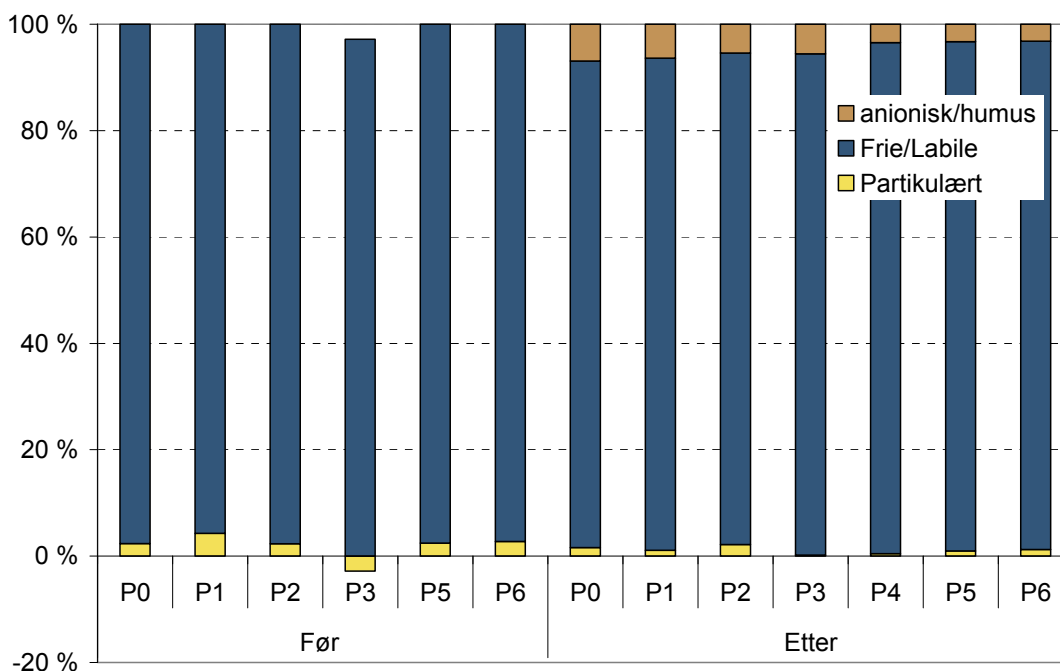
Figur 3.12 Gjennomsnittlig konsentrasjon av aluminium i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Aluminium er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

### 3.6 Kalsium

Gjennomsnittlig kalsiumkonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.13 og Figur 3.14. Kalsiumkonsentrasjonen økte gjennom testanlegget både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Spesielt gjaldt dette for prøvepunkt P5 og P6 før tilsetning (ble ikke tatt prøve i P4) av fellingskjemikaliet. Det kan være to mulige kilder til kalsiumøkningen. Den ene kilden kan være utlekking fra de oppgravde massene langs kantene av fellingsdammene. Den andre kilden kan være utlekking fra betongkummene som er plassert mellom dammene. Etter prøvetaking med SLF viste det seg at over 95 % av kalsiumkonsentrasjonen var på fri eller labil form før tilsetning av PAX-XL60. Det var en liten andel partikulært bundet kalsium, men ingen andel i anionisk/humus fraksjon. Prøvene som ble tatt av vann etter tilsetning av fellingskjemikaliet viste innhold av kalsium i anionisk/humus fraksjonen i alle prøvepunktene. Hvilke forhold som styrer disse endringene er usikkert, men temperaturen i vannet under de tre prøvetakingene etter tilsetning av PAX-XL60 var betydelig lavere (ca 10 °C) sammenlignet med de tre første prøvetakingene (data ikke vist). Etter tilsetning av PAX-XL60 ser det ut til at konsentrasjon av kalsium ikke øker like mye fra P2 til P6 sammenlignet med før tilsetning. Det ser derfor ut til at kalsium konsentrasjonen synker som følge av utfelling ved tilsetning av PAX-XL60.



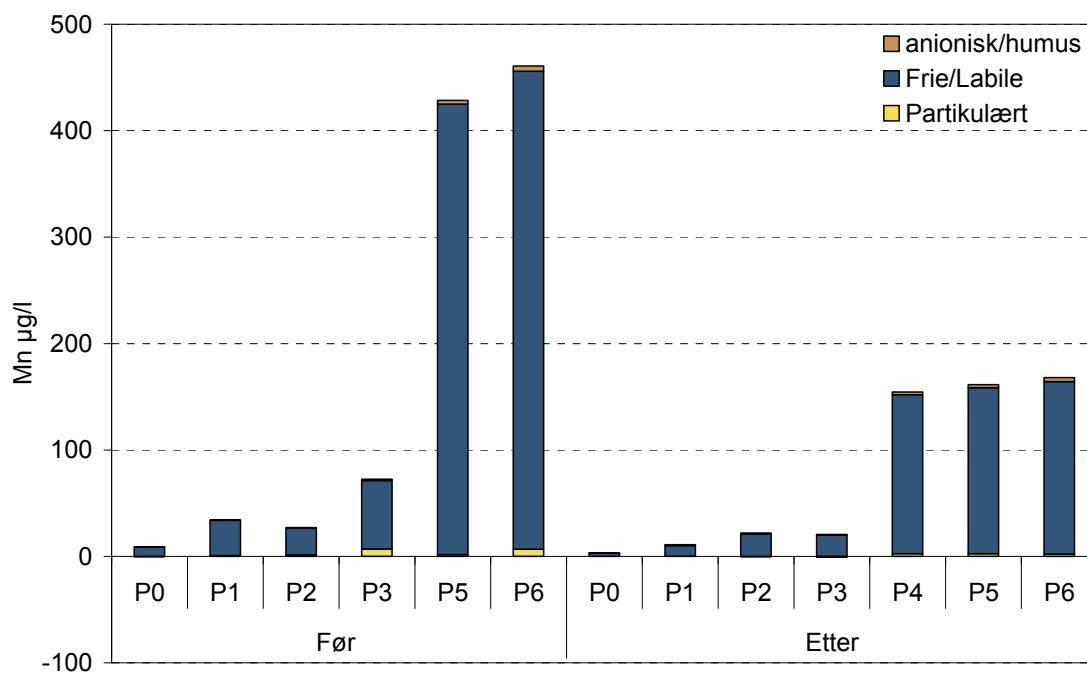
Figur 3.13 Gjennomsnittlig konsentrasjon av kalsium i mg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Kalsium er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



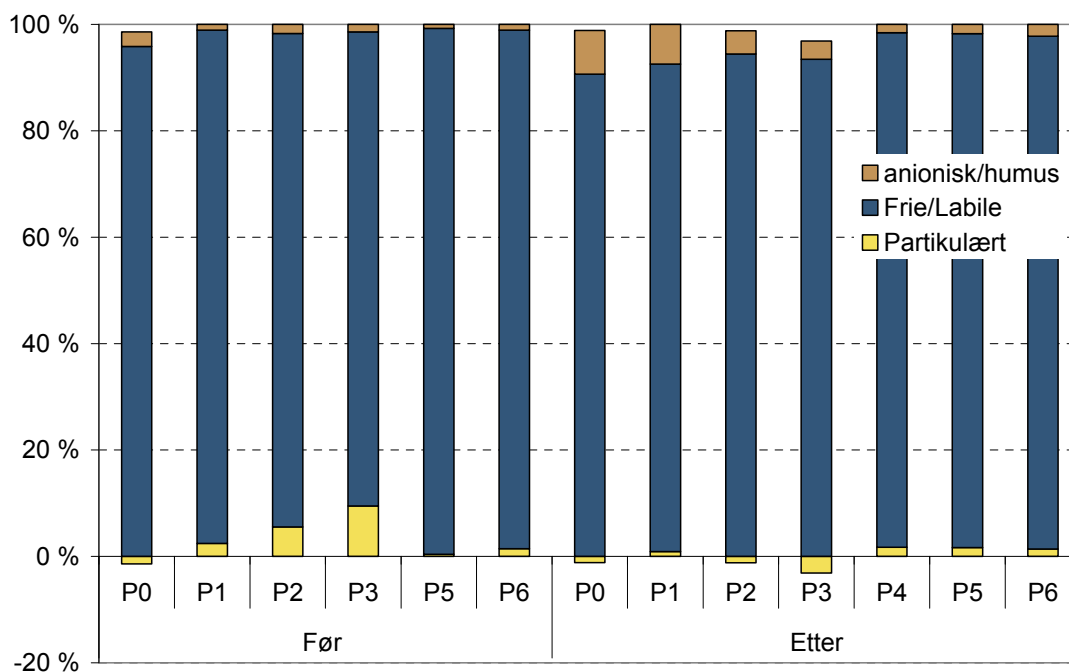
Figur 3.14 Gjennomsnittlig konsentrasjon av kalsium i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Kalsium er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.

### 3.7 Mangan

Gjennomsnittlig mangankonsentrasjon i de tre fraksjonene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet er vist i Figur 3.15 og Figur 3.16. Mangankonsentrasjonen økte fra 8,8 µg/l i P0 til 460 µg/l i P6 før tilsetning av fellingskjemikaliet. I fløye analyseresultatene er det hovedsakelig i fraksjonen frie/labile forbindelser at mangan foreligger. Det var en signifikant økning (<0,001) av frie/labile forbindelser av mangan i anlegget fra P2 til P5 og P6 før tilsetning (det ble ikke tatt prøve i P4) av fellingskjemikaliet og i P4 til P6 etter tilsetning. Årsaken til dette er trolig den samme som for økningen i kalsium i de samme punktene. Det er sannsynligvis betongkummene mellom de tre dammene, eller all gravingen i jorda rundt dammene, som gir tilførsel av mangan fra P2 til P6.



Figur 3.15 Gjennomsnittlig konsentrasjon av mangan i µg/l i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Mangan er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



Figur 3.16 Gjennomsnittlig konsentrasjon av mangan i prosent i prøvepunktene P0 – P6 før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Mangan er fordelt mellom fraksjonene partikulært, frie/labile og anionisk/humus bundet.



## 4 Konklusjon

Resultatene fra analysene av vannprøvene som ble tatt viser at totalkonsentrasjonen av de ulike metallene i prøvepunkt P0 og P1 i gjennomsnitt var noe lavere i perioden etter tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60. Disse to prøvepunktene ble ikke påvirket av fellingskjemikaliet, men viser hvordan konsentrasjonen av metallene endret seg over tid. Denne endringen i gjennomsnittskonsentrasjon gjør det noe vanskeligere og det knytter noe mer usikkert i vurderingene rundt effekten av tilsetningen av PAX-XL60. Det ble registrert at den gjennomsnittlige temperaturen i vannet sank med ca 10°C fra perioden før tilsetning av fellingskjemikaliet PAX-XL60 til etter tilsetning. Generelt var totalkonsentrasjonen av alle metallene og antimon, som er et metalloid, lavest i den siste prøvetakingsperioden. Konsentrasjonen av jern, mangan og kalsium økte gjennom systemet både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Dette skyldes trolig tilførsel fra betongkummer og fra jordkantene i rensedammene.

- **Bly:** Før tilsetning av fellingskjemikaliet var det en gjennomsnittlig nedgang på 56% for totalkonsentrasjonen av bly fra prøvepunkt P2 til P6. Det var ingen signifikant endring i den partikulære eller anionisk/humus bundne fraksjonen av bly fra de samme prøvepunktene. Derimot var det en signifikant ( $p < 0,05$ ) nedgang på ca 80 % i frie/labile forbindelser av bly før tilsetning av fellingskjemikaliet. Etter tilsetning av fellingskjemikaliet var det en ubetydelig nedgang i totalkonsentrasjonen av bly og det ble ikke funnet noe signifikant nedgang i partikulært, frie/labile eller humus/anion fraksjonen av bly.
- **Kobber:** Før tilsetning av fellingskjemikaliet var det en gjennomsnittlig nedgang på 50% i totalkonsentrasjonen av kobber fra P2 til P6. Det var ingen signifikant endring i partikulært, frie/labile eller anionisk/humus fraksjonen hverken før eller etter tilsetning av PAX-XL60.
- **Antimon:** Før tilsetning av fellingskjemikaliet var det en gjennomsnittlig nedgang på 31% (fra 2,9 µg/l i P2 til 2,0 µg/l i P6) i totalkonsentrasjonen av antimon fra P2 til P6. Etter tilsetning av PAX-XL60 var det en ubetydelig endring i totalkonsentrasjonen. Det var ingen signifikant endring i noen av antimonfraksjonene, hverken før eller etter tilsetning av PAX-XL60.
- **Jern:** Både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet økte totalkonsentrasjonen av jern fra P2 til P6. Dette skyldes sannsynligvis innsig av jernholdig vann fra sidene i rensedammene. Det var en signifikant økning ( $p < 0,05$ ) i partikulær- og anionisk/humus fraksjonen i de samme prøvepunktene før og etter tilsetning av PAX-XL60. I den frie/labile fraksjonen var det bare etter tilsetning av fellingskjemikaliet at det ble en signifikant økning av jernkonsentrasjonen. Totalkonsentrasjonen av jern ser ut til å være redusert med ca 50 % i alle prøvepunktene i den siste prøvetakingsperioden, noe som gjør det vanskelig å sammenligne resultatene før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet.

- **Aluminium:** Før tilsetning av fellingskjemikaliet er det en nedgang på ca 20 % i totalkonsentrasjonen av aluminium fra P2 til P6. Etter tilsetning av PAX-XL60 som er en aluminiumpolymer gav det naturlig nok en økning av totalkonsentrasjonen. Det var en signifikant økning i partikulærfraksjonen fra P2 til P6 før tilsetning. Etter tilsetning ble det ikke målt noen signifikant forskjell i denne fraksjonen. Analysene viste en signifikant nedgang ( $p < 0,05$ ) i anionisk/humus fraksjonen før tilsetning av fellingskjemikaliet. Det var ingen signifikant endring i denne fraksjonen etter at fellingskjemikaliet ble tilsatt.
- **Kalsium:** Totalkonsentrasjonen av kalsium økte både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet. Prøvetakingen med SLF viste at over 95 % av kalsium i vannet er labile reaktive forbindelser eller frie ioner.
- **Mangan:** Totalkonsentrasjonen av mangan økte både før og etter tilsetning av fellingskjemikaliet tilsvarende med det som ble observert for kalsium. SLF av vannet viste at mesteparten av totalkonsentrasjonen til mangan opptrer på en labil reaktiv form eller som frie kationer.

Resultatene av prøvetakingene med SLF viste at tilsetningen av PAX-XL60 ikke hadde noen effekt på bly-, kobber- eller antimonkonsentrasjonen i vannet. Dette kan være forårsaket av flere ulike faktorer. F eks kan pulsvis innblanding av fellingskjemikaliet i vannet ha vært lite optimal. Prøvetakingstidspunktene kan derfor ha vært på andre tider av døgnet enn når PAX-XL60 ble tilført (og sannsynligvis hadde størst effekt). Denne problemstillingen vil bli behandlet i en oppfølgende studie.

FFI anbefaler at det blir skaffet nettstrøm til anlegget slik at tilførselen av fellingskjemikaliet kan i seinere tester blir tilført kontinuerlig og i forhold til vanngjennomstrømningen i anlegget. Det bør også sikres god innblanding av fellingskjemikaliet vha for eksempel et røreverk. Det bør vurderes om det bør etableres et parallelt referanseløp gjennom anlegget som benyttes som en kontroll på de endringene tilsetning av fellingskjemikaliet utgjør. Det bør også gjøres *in situ* forsøk hvor det benyttes SLF for vurdere oppholdstiden som trengs for at fellingskjemikaliet skal gi de ønskede endringen av vannkvaliteten.

## Appendix A

ELEMENT			Ca	Fe	Al	Cu	Mn	Pb	Sb
Prøvedato	Prøvenr	Beskrivelse	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
19.08.2008	08-361	Total 0	2,15	0,224	381	15,8	7,69	12,6	2,79
19.08.2008	08-362	0,45um 90mm	2,12	0,205	375	17,2	9,39	16,2	2,9
19.08.2008	08-363	Ionebyttet	<0,2	0,103	289	14,4	0,268	8,85	2,75
19.08.2008	08-365	Total 1	2,97	1,26	323	33,6	42,9	16,6	6,83
19.08.2008	08-366	0,45um 90mm	2,98	0,726	311	33,3	36,8	15,2	6,57
19.08.2008	08-367	Ionebyttet	<0,2	0,411	250	27,5	0,318	8,66	6,32
19.08.2008	08-369	Total 2	2,89	1,12	332	31,8	34,5	15,7	6,41
19.08.2008	08-370	0,45um 90mm	2,97	0,794	325	34,1	35,2	16	6,21
19.08.2008	08-371	Ionebyttet	<0,2	0,461	268	25,9	0,298	9,26	6,05
19.08.2008	08-373	Total 3	2,97	1,15	331	33,4	35,1	16	6,21
19.08.2008	08-374	0,45um 90mm	2,94	0,689	308	32,4	34,6	13,5	6,25
19.08.2008	08-375	Ionebyttet	<0,2	0,412	256	25,5	0,248	7,9	6,16
19.08.2008	08-377	Total 5	4,93	2,57	302	28,1	199	11,9	5,83
19.08.2008	08-378	0,45um 90mm	4,8	1,4	243	25,6	192	8,08	5,68
19.08.2008	08-379	Ionebyttet	<0,2	0,999	197	21,2	1,05	6,01	5,58
19.08.2008	08-381	Total 6	5,28	2,57	294	26,5	208	11,2	5,37
19.08.2008	08-382	0,45um 90mm	5,19	1,42	233	24,3	208	7,14	5,6
19.08.2008	08-383	Ionebyttet	<0,2	1,07	204	19,8	1,13	5,5	5,83
29.08.2008	08-473	Total 0	1,94	0,513	384	15,7	7,28	15,3	1,9
29.08.2008	08-474	0,45um 90mm	1,97	0,306	369	22,1	7,97	12,7	1,99
29.08.2008	08-475	Ionebyttet	<0,1	0,173	307	17,2	0,108	8,54	1,95
29.08.2008	08-476	Total 1	2,85	1,06	316	23,3	29,4	13,9	3,01
29.08.2008	08-477	0,45um 90mm	2,86	0,508	293	25	27,7	10,5	3,11
29.08.2008	08-478	Ionebyttet	<0,1	0,308	248	20,8	0,273	5,82	3,12
29.08.2008	08-479	Total 2	2,8	1,1	334	25,1	30,5	13,1	3,26
29.08.2008	08-480	0,45um 90mm	2,88	0,552	298	24,5	27	10,2	2,93
29.08.2008	08-481	Ionebyttet	<0,1	0,353	249	19,9	0,267	6,49	3
29.08.2008	08-482	Total 3	4,84	2,36	294	20,7	164	9,84	2,83
29.08.2008	08-483	0,45um 90mm	4,95	1,03	217	18,8	150	5,91	2,87
29.08.2008	08-484	Ionebyttet	<0,1	0,792	187	15,8	1,08	3,9	2,91
29.08.2008	08-485	Total 5	6,69	3,52	275	16,7	285	8,48	2,48
29.08.2008	08-486	0,45um 90mm	6,58	1,69	183	14,4	286	4,47	2,61
29.08.2008	08-487	Ionebyttet	<0,1	1,19	142	11,9	2,35	3,22	2,28
29.08.2008	08-488	Total 6	6,7	3,99	261	15,3	438	6,72	2,27
29.08.2008	08-489	0,45um 90mm	7,04	2,12	183	12,6	390	4,54	2,09
29.08.2008	08-490	Ionebyttet	<0,1	1,39	136	10,3	4,03	3,1	2,17
03.09.2008	08-513	Total 0	2,18	0,435	354	25,2	9,62	18,4	7,12
03.09.2008	08-514	0,45um 90mm	2,09	0,351	352	25,2	9,47	17,9	6,78
03.09.2008	08-515	Ionebyttet	<0,1	0,299	302	21,3	0,317	11	6,9
03.09.2008	08-516	Total 1	2,87	1,35	340	28,4	36,8	19,9	5,31

ELEMENT			Ca	Fe	Al	Cu	Mn	Pb	Sb
Prøvedato	Prøvenr	Beskrivelse	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
03.09.2008	08-517	0,45um 90mm	2,68	1,03	311	26,7	36,4	16,4	5,07
03.09.2008	08-518	Ionebyttet	<0,1	0,77	258	20,8	0,416	10,6	5,26
03.09.2008	08-519	Total 2	2,9	0,962	284	21,1	25,4	11,1	2,67
03.09.2008	08-520	0,45um 90mm	2,76	0,451	273	20,9	24,9	8,25	2,86
03.09.2008	08-521	Ionebyttet	<0,1	0,29	204	18,4	0,569	5,04	2,7
03.09.2008	08-522	Total 3	2,74	0,914	303	23,1	26,6	10,9	2,88
03.09.2008	08-523	0,45um 90mm	2,84	0,346	250	19,9	23,3	7,08	2,76
03.09.2008	08-524	Ionebyttet	<0,1	0,277	213	19,9	1,01	4,7	2,86
03.09.2008	08-525	Total 5	8,81	4,98	229	13,2	500	5,33	2,02
03.09.2008	08-526	0,45um 90mm	8,57	2,35	144	10,6	497	3,61	1,74
03.09.2008	08-527	Ionebyttet	<0,1	1,98	121	9,34	3,71	2,92	1,84
03.09.2008	08-528	Total 6	9,34	4,81	233	11,7	472	4,46	1,84
03.09.2008	08-529	0,45um 90mm	8,82	2,35	144	11,6	486	3,94	1,71
03.09.2008	08-530	Ionebyttet	<0,1	2,23	119	10,3	5,49	3,71	1,65
16.10.2008	08-837	Total 0	1,5	0,111	336	11,6	3,3	10,4	2,0
16.10.2008	08-838	0,45um 90mm	1,5	0,107	327	12,2	3,5	10,6	2,1
16.10.2008	08-839	Ionebyttet	<0,1	0,075	284	11,1	0,4	8,6	2,1
16.10.2008	08-840	Total 1	1,6	0,411	314	20,9	10,6	15,9	2,8
16.10.2008	08-841	0,45um 90mm	1,6	0,374	320	21,0	10,7	14,1	2,7
16.10.2008	08-842	Ionebyttet	<0,1	0,294	263	19,1	0,6	11,9	2,8
16.10.2008	08-843	Total 2	1,9	0,571	320	23,1	23,5	15,2	2,7
16.10.2008	08-844	0,45um 90mm	1,9	0,546	320	25,5	23,4	16,9	3,0
16.10.2008	08-845	Ionebyttet	<0,1	0,439	267	24,7	1,4	14,3	2,9
16.10.2008	08-846	Total 3	1,9	0,561	340	28,0	23,5	15,7	2,7
16.10.2008	08-847	0,45um 90mm	1,9	0,553	339	25,6	23,9	17,5	3,0
16.10.2008	08-848	Ionebyttet	<0,1	0,479	282	21,1	0,7	13,8	3,0
16.10.2008	08-849	Total 4	2,7	1,690	494	23,5	135,0	14,5	2,6
16.10.2008	08-850	0,45um 90mm	2,8	1,470	379	20,8	131,0	13,7	2,7
16.10.2008	08-851	Ionebyttet	<0,1	0,944	326	19,1	2,0	11,3	2,6
16.10.2008	08-852	Total 5	2,9	1,650	478	22,0	145,0	13,9	2,9
16.10.2008	08-853	0,45um 90mm	2,9	1,420	399	19,8	140,0	14,1	2,7
16.10.2008	08-854	Ionebyttet	<0,1	0,967	318	19,4	2,3	12,5	2,7
16.10.2008	08-855	Total 6	3,1	1,640	514	21,8	148,0	13,6	2,7
16.10.2008	08-856	0,45um 90mm	3,0	1,430	440	21,1	146,0	14,5	2,7
16.10.2008	08-857	Ionebyttet	<0,1	1,020	343	19,1	2,9	11,8	2,8
20.10.2008	08-883	Total 0	1,5	0,123	325	12,1	3,2	11,0	3,2
20.10.2008	08-884	0,45um 90mm	1,4	0,117	329	12,3	3,2	11,1	3,2
20.10.2008	08-885	Ionebyttet	<0,1	0,082	267	11,2	0,2	8,3	3,4
20.10.2008	08-887	Total 1	1,6	0,443	297	20,5	12,1	15,2	4,1
20.10.2008	08-888	0,45um 90mm	1,6	0,404	290	20,7	11,9	16,5	4,2
20.10.2008	08-889	Ionebyttet	<0,1	0,333	250	20,4	1,3	13,3	4,6

ELEMENT			Ca	Fe	Al	Cu	Mn	Pb	Sb
Prøvedato	Prøvenr	Beskrivelse	mg/l	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
20.10.2008	08-891	Total 2	2,0	0,653	299	22,7	27,6	14,4	3,2
20.10.2008	08-892	0,45um 90mm	1,9	0,644	301	21,7	28,6	15,7	2,9
20.10.2008	08-893	Ionebyttet	<0,1	0,595	239	18,8	0,5	12,6	3,2
20.10.2008	08-895	Total 3	1,8	0,571	301	21,6	22,5	14,3	3,2
20.10.2008	08-896	0,45um 90mm	1,8	0,559	299	23,6	23,4	18,2	3,1
20.10.2008	08-897	Ionebyttet	<0,1	0,536	243	19,5	0,8	14,0	3,0
20.10.2008	08-899	Total 4	2,9	1,850	319	19,8	155,0	12,6	2,6
20.10.2008	08-900	0,45um 90mm	2,9	1,620	285	17,9	152,0	12,7	2,6
20.10.2008	08-901	Ionebyttet	<0,1	1,120	245	16,2	1,9	10,5	2,7
20.10.2008	08-903	Total 5	3,1	1,910	321	18,0	167,0	11,8	2,6
20.10.2008	08-904	0,45um 90mm	3,1	1,730	307	19,3	164,0	14,4	2,4
20.10.2008	08-905	Ionebyttet	<0,1	1,280	240	17,6	2,7	12,6	2,6
20.10.2008	08-907	Total 6	3,2	2,000	334	18,0	180,0	12,2	2,3
20.10.2008	08-908	0,45um 90mm	3,3	1,750	302	19,8	177,0	15,7	2,6
20.10.2008	08-909	Ionebyttet	<0,1	1,390	247	17,1	4,1	13,3	2,5
03.11.2008	08-1022	Total 0	1,38	0,205	303	10,3	3,68	10,4	2,2
03.11.2008	08-1023	0,45um 90mm	1,35	0,118	274	9,66	3,47	7,81	1,95
03.11.2008	08-1024	Ionebyttet	<0,1	0,0674	226	9,02	0,263	6,57	2,28
03.11.2008	08-1025	Total 1	1,49	0,376	266	17,6	10,4	12,7	2,85
03.11.2008	08-1026	0,45um 90mm	1,48	0,344	263	15,9	10,2	11,3	2,57
03.11.2008	08-1027	Ionebyttet	<0,1	0,216	210	15,4	0,614	9,54	2,91
03.11.2008	08-1028	Total 2	1,66	0,446	271	17,8	14	11,2	2,57
03.11.2008	08-1029	0,45um 90mm	1,62	0,427	264	18,7	13,9	11,1	2,67
03.11.2008	08-1030	Ionebyttet	<0,1	0,3	220	17,7	1,02	10,2	2,76
03.11.2008	08-1031	Total 3	1,67	0,463	275	18,8	13,9	11,7	2,55
03.11.2008	08-1032	0,45um 90mm	1,65	0,447	268	19,4	14,6	11,6	2,73
03.11.2008	08-1033	Ionebyttet	<0,1	0,296	231	18,4	0,643	9,63	2,66
03.11.2008	08-1034	Total 4	3,03	2,01	284	17,7	173	10,8	2,38
03.11.2008	08-1035	0,45um 90mm	3	1,89	272	16,5	172	9,85	2,22
03.11.2008	08-1036	Ionebyttet	<0,1	0,967	217	16,2	3,37	9,11	2,5
03.11.2008	08-1037	Total 5	3,08	1,94	292	16,9	172	11,3	2,65
03.11.2008	08-1038	0,45um 90mm	3,08	1,83	275	15,6	172	8,96	2,34
03.11.2008	08-1039	Ionebyttet	<0,1	1,03	215	14,3	3,53	8,81	2,43
03.11.2008	08-1040	Total 6	3,15	1,94	297	16,1	176	10,3	2,39
03.11.2008	08-1041	0,45um 90mm	3,06	1,79	276	17,5	174	10,7	2,42
03.11.2008	08-1042	Ionebyttet	<0,1	1,23	226	13,8	4,19	8,55	2,13