

0 - 38/71

PRA 2. RENSING AV AVLØPSVANN  
STABILISERING OG AVVANNING AV SLAM  
Kjemisk felling på eksisterende anlegg

ASKER BATTERI

Fremdriftsrapport nr. 1

Rapporten avsluttet i januar 1972

Saksbehandler: Siv.ing. Hallvard Ødegaard

Medarbeider : Lic.techn. Peter Balmér

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side :
1. INNLEDNING	2
2. TIDLIGERE FORSØK - RESULTATER	3
2.1 Generelt	3
2.2 Simultanfellingforsøk i Sveits	4
2.3 Simultanfellingforsøk i Sverige	4
2.3.1 Pilot Plant forsøk	5
2.3.2 Forsøk ved Eolshäll reningsverk i Stockholm	5
2.3.3 Forsøk med simultanfelling ved Uppsala reningsverk	6
2.3.4 Sammenfattende erfaringer fra Sverige	7
2.4 Simultanfellingforsøk i Finland	7
3. FORSØKSOPPLEGG	8
3.1 Første periode - ingen dosering	8
3.2 Andre periode - jevn dosering $\text{FeSO}_4$	8
3.3 Tredje periode - bulkdosering $\text{FeSO}_4$	9
3.4 Fjerde periode - jevn dosering $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	9
3.5 Femte periode - ingen dosering	9
4. BESKRIVELSE AV ANLEGGET	10
4.1 Innløpsarrangementet	10
4.2 Luftebasseng	10
4.3 Sedimenteringstanken	12
4.4 Overskuddsslam	13
4.5 Utløpskum	13
4.6 Doseringsutrustning	14
4.7 Kontrollrom	14
4.8 Prøvetakingsutstyret	14
4.9 Rentvannstilførsel	15

	Side :
5. GJENNOMFØRING AV FORSØKENE	16
5.1 Driftsproblemer	16
5.2 Dosering, doseringsmiddel, doseringsmåter	17
5.2.1 Doseringsmengder	19
5.3 Prøvetaking. Analyseparametre og analysemetoder	20
5.3.1 Feltanalyser	20
5.3.2 Laboratorieanalyser	20
5.4 Slamproduksjonsforsøk og aerob slamstabilisering	22
5.5 Overgangen mellom forsøksperiodene	22
5.6 Belastninger - Vannføringer - Oppholdstider	23
6. FORSØKSRESULTATER OG VURDERING AV DISSE	25
6.1 Fosfor	26
6.2 Organisk stoff	28
6.3 Torrstoff	31
6.4 pH. Turbiditet. Ledningsevne. Alkalitet	33
6.4.1 pH	34
6.4.2 Turbiditet	36
6.4.3 Ledningsevne	36
6.4.4 Alkalitet	36
6.5 Nitrogen	37
6.6 Jern	38
6.7 Saltene Na, K, Ca, Mg	39
6.8 Tungmetallene Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Al	41
6.8.1 Sink	41
6.8.1 Kobber	43
6.8.3 Bly	43
6.8.4 Nikkel, Cadmium, Krom og Aluminium	
6.9 Klorid og Sulfat	43
6.10 Feltanalysene	44
6.10.1 Slamvolum, SV	44
6.10.2 Siktedyp	45
6.10.3 Temperatur	45
6.10.4 Oksygenmålinger	45

	Side :
6.11 Femte periode - ingen dosering	46
7. SLAMPRODUKSJON	47
7.1 Slamproduksjon i langtidsluftere	47
7.2 Slamproduksjon ved simultanfelling	48
7.3 Slamproduksjon ved Asker Batteri Kloakkrenseseanlegg	48
7.4 Beregning av slamproduksjon	51
7.5 Forhold i luftetanken	54
7.6 Opptak av fosfor og jern i slammet	57
7.7 Aerob slamstabilisering	59
8. SAMMENDRAG	59
Litteraturliste	62
BILAG I : Tabeller. Forsøksresultater	
Bilag II: Driftsrapporter	
Bilag III: Sammensetning og mengde av avløpsvann fra militærforlegning	

## FIGURFORTEGNELSE

Figur :	Side:
1 : Skjematisk skisse av forsøksanlegget ved Asker Batteri	11
2 : Vannføring over døgnet	24
3 : Fosforkonsentrasjoner i innløp og utløp	27
4 : Innhold av organisk stoff i innløp og utløp	29
5 : Tørrstoffinnholdet i innløp og utløp	32
6 : pH-variasjoner over døgnet, utløp	35
7 : pH-variasjoner over døgnet, innløp, 18/10-71	35
8 : Konsentrasjonen av Na, K, Ca og Mg i innløp og utløp	40
9 : Konsentrasjonen av Cl, SO <sub>4</sub> , Zn, Cu og Pb i innløp og utløp	42
10 : Slamproduksjon i langtidsluftere	49
11 : Slamproduksjonen i luftetanken	50
12 : Sedimenteringsanalyser	56
13 : Innhold av jern i slammet	58
14 : Innhold av fosfor i slammet	58

## 1. INNLEDNING

I forbindelse med PRA-prosjekt nr. 2.2: Kjemisk felling i eksisterende anlegg, var det av interesse å studere simultanfelling i en langtids-lufter.

En langtidslufter er et biologisk renseanlegg, aktivslamanlegg, som opererer med lange oppholdstider (ca. 1 døgn, herav navnet). Ved denne type aktivslamanlegg føres alt biologisk slam fra ettersedimenterings-tanken i retur til luftetanken. Dette fører med seg at man kjører renseprosessen slik at forholdet mellom næring og den totale biologiske slammengde er lav. Man oppnår derved en meget sterk nedbrytning av det organiske stoffet i anlegget. Produksjonen av overskuddsslam blir minimal, og slamtapping kan foretas intermittent med 2-3 måneder mellom hver tapping.

Ved simultanfelling doserer man fellingsmiddel like før, eller i, luftebassenget på et aktivslamanlegg, og flokkuleringen skjer i luftebassenget. Det kjemiske fellingssslam blir blandet med det biologiske, og som det biologiske slamm, blir dermed også det kjemiske ført i retur til luftebassenget.

Forsvaret har flere langtidsluftere i drift på sine forlegninger. Disse hører inn under Forsvarets Bygningstjeneste (FTB) ansvarsområde.

Det ble fra Norsk institutt for vannforskning's (NIVA) side tatt kontakt med FBT for å innlede samarbeid om gjennomføring av et prosjekt med simultanfelling i en av FBT's langtidsluftere.

FBT stilte seg meget imøtekommende og stilte til disposisjon sivilingeniør Ødegaard, som da var vernepliktig, som prosjektleder.

Man valgte ut Asker Batteri's renseanlegg som forsøksanlegg. Dette anlegg ble valgt fordi avstanden fra Oslo og NIVA's laboratorier ikke var for stor, dessuten syntes anlegget å egne seg meget godt for forsøksdrift.

Sivilingeniør Ødegaard sto i forsøksperioden, fra 1.6. - 1.12. for driften ved anlegget, forsøksopplegget og prøvetakingen. NIVA's laboratorier sto for analyseringen av de prøver som ble levert.

Forsøket var relativt omfattende og prøvetakingsintensiteten var stor. Det ble tatt ca. 200 prøver og gjort ca. 2.500 analyser i perioden 12.7. - 1.12.

Forsøket ved Asker Batteri var opprinnelig ment å skulle avsluttes ved årsskiftet 1971/1972. Erfaringene fra forsøksdriften var imidlertid meget positiv. Siden man hadde penger igjen av de tildelte midler, ble det derfor besluttet å foreta en oppfølging av anlegget også i 1972.

Det er spesielt langtidsvirkningene og slamproduksjonsforholdene ved anlegget man vil studere mer inngående.

Av den grunn blir denne rapport å betrakte som en fremdriftsrapport, og ikke som en endelig sluttrapport - som opprinnelig planlagt.

## 2. TIDLIGERE FORSØK - RESULTATER

### 2.1 Generelt

Metoden med simultanfelling for fjerning av fosfor i avløpsvann har tidligere vært prøvet med vekslende hell i andre land.

Simultanfellingsmetoden ble introdusert av professor Thomas i Sveits i 1959 (1). Man brukte der ferriklorid som fellingsmiddel. I Norden har ferriklorid vært relativt dyrt, og aluminiumsulfat har vært det mest anvendte fellingsmiddel.

Det er hovedsaklig to- og treverdige jernsalter (ferrosulfat og ferriklorid), samt aluminiumsulfat, som er aktuelle fellingsmidler i forbindelse med simultanfelling.

Simultanfelling med kalk er ikke aktuelt etter som man sannsynligvis ikke kan unngå forstyrrelser i det biologiske renseløpet ved de høye pH-verdiene (pH = 10-11,5) som fellingen med kalk må skje ved.

## 2.2 Simultanfellingsforsøk i Sveits

Så tidlig som i 1959 ble simultanfelling introdusert ved Kläranlage von Uster i Zürich av professor Thomas. Ved utgangen av 1969 var det 10 anlegg i Kanton Zürich hvor man gjennomførte simultanfelling med jernklorid.

Man har i Sveits ved forsøkene lagt meget stor vekt på de lave kostnadene ved simultanfelling. Det er etter forholdene blitt benyttet meget lave doser, 6 - 12 mg  $\text{Fe}^{3+}$ /l (ca. 30 - 60 mg  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ /l).

Disse lave dosene er blitt brukt fordi man mener returslammet selv har egenskap som fellingsmiddel, når det etter en tid er tatt opp og inneholder betydelige mengder jern.

Som gjennomsnitt av 127 prøver i 10 anlegg (med størrelse fra 6 - 9.000 personekvivalenter (pe)) har reduksjonen vært på 85% når det gjelder total-fosforinnholdet. (Gjennomsnittlig fosforkonsentrasjon i tilløp - utløp = 6,5 mg P/l - 1,0 mg P/l).

Når det gjelder organisk stoff, har man i gjennomsnitt ved 5 anlegg hatt  $\text{BOF}_5$ -reduksjon på 94,3%, med  $\text{BOF}_5$  i utløpet på 12 mg  $\text{BOF}_5$ /l i middel.

Konsentrasjonen av jern i utløpet var ved alle anleggene lav, 0,08 - 0,56 mg Fe/l.

## 2.3 Simultanfellingsforsøk i Sverige

Mens jernsalter er de billigste fellingsmidler i Sveits, har aluminiumsulfat vært det billigste i Sverige, og de rapporterte simultanfellingsforsøk har da også blitt utført med aluminiumsulfat.



### 2.3.1 Pilot plant forsøk (3)

Balmér, Blomquist og Lindholm gjorde simultanfellingsforsøk i et høy-belastet pilot-plant anlegg. Oppholdstiden i luftteenhetene var totalt bare 1,25 h.

Man oppnådde fosforreduksjoner på 53 henholdsvis 55% ved dosering 100 henholdsvis 200 mg  $Al_2(SO_4)_3/l$ .

Utløpskonsentrasjonen med hensyn til total fosfor var i gjennomsnitt 2,3 henholdsvis 1,8 mg P/l for de to doseringsnivåer.

Det ble observert en forringelse av anleggets rensegrad med hensyn til organisk stoff og suspendert stoff. Jo større dosen var, dess større var forringelsen.

### 2.3.2 Forsøk ved Eolshäll reningsverk i Stockholm (4)

i 1966 og 1967 utførte Stockholm Stads Gatukontor en serie fellingsforsøk med aluminiumsulfat ved Eolshälls renseanlegg. Hensikten med forsøkene var å få underlag for en bedømmelse av de teknisk-økonomiske betingelsene for fosforreduksjonen ved et anlegg i full skala.

Simultanfelling ble gjennomført i ett av to parallelle basseng. Det andre bassenget ble drevet som et normalt aktivslamanlegg for sammenlikning. I tabell 1 er resultatene gjengitt (4).

Tabell 1:

Al.dose mg $Al_2(SO_4)_3/l$	Behandlings- metode	Utløpskons.		Rensegrad		Vannføring $m^3/d$
		BOF <sub>7</sub> mg O/l	Tot.P mg P/l	BOF <sub>7</sub> %	Tot.P %	
100	Aktivslam	28	3,3	56	21	10.000
	Simultanfell.	31	1,1	52	75	10.000
140	Aktivslam	15	3,1	79	33	15.700
	Simultanfell.	22	1,4	70	70	15.700

Resultatene var ikke oppsiktsvekkende gode. Man konkluderte med at simultanfelling ga årsak til forstyrrelser av aktivslamprosessen som førte til at reduksjonen av suspenderte stoffer og biokjemisk oksy-

genforbruk blir mindre enn ved normal drift.

Etter som en relativ stor mengde oksygenforbrukende og fosforholdige fnokker gikk ut med utløpsvannet, mente man å kunne fastslå at man hverken med hensyn til  $BOF_7$  eller Tot.P kan oppnå noen høy rensegrad med simultanfelling.

### 2.3.3 Forsøk med simultanfelling ved Uppsala reningsverk (5)

Simultanfellingen ble foretatt i ett av luftebassengene som man tilførte en konstant vannmengde på  $360 \text{ m}^3/\text{h}$  med mekanisk rensset vann. Man gjorde forsøk både med aluminiumsulfat og jernklorid som fellingsmiddel. Resultatene er vist i tabell 2.

Tabell 2 :

Behandlingsmåte	Utløp		Rensegrad	
	$BOF_7$ mg O/l	Tot.P mg P/l	$BOF_7$ %	Tot.P %
100 mg $Al_2(SO_4)_3$ /l	4 ± 1	1,4	98	85
Aktivslam	6 ± 2	3,9	97	59
75 mg $FeCl_3$ /l	9	1,2	97	90
Aktivslam	12	3,7	96	69

Resultatene fra dette forsøket er bedre med hensyn til fosfor enn for de øvrige omtalte forsøk i Sverige. I Uppsala tilskrev man dette det forhold at anlegget uten kjemikalietilsetning ga ganske gode reduksjoner med hensyn til fosfor (henholdsvis 59 og 69% i første og andre periode).

#### 2.3.4 Sammenfattende erfaringer fra Sverige

Forsøkene som er omtalt fra Sverige, pekte i retning av at man ved simultanfelling fikk redusert renseseffekt når det gjelder  $\text{BOF}_7$  i forhold til konvensjonell aktivslamrensing, og at fosforreduksjonen ikke var så god at man fikk tilstrekkelig lave konsentrasjoner av fosfor i utløpsvannet.

Den generelle holdning til simultanfelling i Sverige ble derfor etter hvert at metoden på tross av de lave kostnader forbundet med gjennomføringen, ikke burde bli foretrukket fremfor den dyrere etterfelling, som man mente ga sikrere og bedre rensesultater.

#### 2.4 Simultanfellingsforsøk i Finland (6) (7)

Finland har - som Norge - mange små rensenanlegg. Ved flere av disse anlegg er det gjennomført simultanfelling med jernsulfat som fellingsmiddel. Det doseres i mengder på 100 - 150 mg  $\text{FeSO}_4$ /l. Resultatene har vært gode med opptil ca. 90% reduksjon av fosfor ved dose 150 mg  $\text{FeSO}_4$ /l.

Ved rensenanlegget, Tali, som behandler avløpsvann fra 120.000 pe, har man ved dosering av gjennomsnittlig 130 mg  $\text{FeSO}_4$ /l over en lengre periode hatt utgående fosforkonsentrasjoner på < 0,6 mg P/l.

Ved de små langtidsluftere har man en lettvinnt dosering ved at man doserer en hel døgnrasjon med fellingskjemikalier en gang i døgnet.

I Finland har man ikke som i Sverige kunnet registrere noen reduksjon i anleggenes evne til å fjerne organisk stoff.

### 3. FORSØKSOPPLEGG

En vesentlig del av hensikten med forsøkene med kjemisk felling i eksisterende anlegg, er å skaffe seg erfaring med normal drift. Det vil si at man ikke skal tilstrebe ekstremt gode forhold, men gjennomføre forsøkene med det samme tilsyn som anlegget normalt har.

Man hadde relativt kort tid for gjennomføring av forsøkene (ca.  $\frac{1}{2}$  år) og forsøksdriften ble av den grunn relativt intens med 2 - 3 døgnprøvetakinger pr. uke.

For å få best mulig sammenlikning for hva man kan oppnå av renses-effekter ved simultanfelling i en langtidslufter, ble forsøkene og prøvetakingen delt opp i fem forsøksperioder.

#### 3.1 Første periode - ingen dosering

Da det før forsøkene startet var relativt sparsomt med analyseresultater fra anlegget, var det nødvendig å gjennomføre en prøveperiode uten dosering - altså under vanlig drift. Denne perioden ble gjennomført fra 18.7. til 18.8. - en periode på en måned.

Under denne perioden gjennomførte man 10 prøvedøgn.

Man hadde problemer med driften av anlegget i begynnelsen av denne perioden, spesielt p.g.a. gjentetting som nevnt under pkt. 5.1. Dette kan være en av årsakene til at anlegget viste dårligere renses-effekter enn i de andre periodene for analyseparametre som man kunne anta ville være uavhengig av om man hadde felling eller ikke.

#### 3.2 Andre periode - jevn dosering $\text{FeSO}_4$

Siden forsøk i Finland og Sveits har gitt gode resultater med simultanfelling med jernsalter som koaguleringsmiddel, ville man prøve dette også i det aktuelle prosjekt. Kjemisk felling på anlegg tidligere her i landet og i Sverige, har i all vesentlig grad blitt drevet med aluminiumsulfat.

Tradisjonelt har jernsalter vært dyrere i anskaffelse, spesielt gjelder dette de tre-verdige jernforbindelsene.

*Fredrikstad*

Ved KRONOS TITAN A/S's titanoksydfabrikasjon i ~~Halden~~ får man imidlertid jernsulfat som avfallsprodukt ved produksjonen. Jernsulfaten er to-verdig, men kan ved gunstig pH (pH = 7 - 8) under oksygentilførsel oksyderes til tre-verdig. Ved simultanfelling har man nettopp oksygentilførsel ved luftingen i aktivslamanlegget. To-verdig jernsulfat skulle derfor kunne egne seg som fellingsmiddel ved simultanfelling. Man valgte derfor å benytte KRONOS TITAN's avfallsprodukt ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) som fellingsmiddel i denne perioden.

Jernsulfaten ble løst opp i en doseringstank og dosert med jevn doseringsmengde direkte ut i luftetanken. Dosering, doseringsmiddel og doseringsmåter er beskrevet i pkt. 5.2.

### 3.3 Tredje periode - Bulkdosering $\text{FeSO}_4$

Ved en rekke små kloakkrensaneanlegg i Finland har man i noen tid drevet simultanfelling etter den såkalte "bulk-metoden". Man har dosert et helt døgn forbruk av koaguleringsmiddel ( $\text{FeSO}_4$ ) på en gang. Dette har vært gjort på anlegg som har vært drevet med tilsyn en gang pr. dag, slik at oppsynsmannen kunne foreta doseringen når han besøkte anlegget på sin daglige runde.

Denne ytterst primitive form for dosering hadde man ikke planlagt å undersøke ved dette forsøk, men etter nøyere overveielser fant man å ville prøve metoden over et tidsrom fra 27.9. - 18.10. - ca. 3 uker.

### 3.4 Fjerde periode - jevn dosering $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Tidligere forsøk med aluminiumsulfat som koagulant i simultanfelling har gitt sterkt varierende resultater. Man ville derfor ved dette forsøket også benytte aluminiumsulfat for å få en sammenlikning med jernsulfat.

### 3.5 Femte periode - ingen dosering

Etter at doseringen var avsluttet, ville man ta noen prøver for å se hvordan prosessen beveget seg tilbake mot normal aktivslamprosess igjen.

#### 4. BESKRIVELSE AV ANLEGGET

Renseanlegget består av en kort innløpskanal, kloakk-kvernfundament (kloakk-kvernen er demontert p.g.a. hyppige driftsforstyrrelser), innløpskum, to likedannende luftebassenger, sedimenteringsbasseng med mammutpumpe for tilbakeføring av returslam, og utløpskum med v-overløp og limnigraf.

Til anlegget er også bygd et kontrollrom som huser kompressor, vask, arbeidsbenk og limnigraf. Da anlegget var svært lavt belastet, ble det foretatt noen endringer før forsøkene ble satt i gang. Nedenfor vil man gå igjennom de viktigste komponentene i anlegget slik de var i forsøksperioden. I figur 1 er vist skjematisk anleggets oppbygging.

##### 4.1 Innløpsarrangement

Avløpsvannet renner til anlegget ved selvføll. Tilløpsledningene er meget korte, 50 - 300 meter. I innløpskanalen blir vannet silt gjennom to håndrensede rister med lysåpning på henholdsvis 7 og 4 cm.

Vannet renner så gjennom et dykket utløp til målekummen hvor et 45° trekantoverløp ble montert ved utløpet.

Prøvetaking av innløpsvannet ble gjort i målekummen. Prøvetakingsutstyret vil bli omtalt under pkt. 4.8.

##### 4.2 Luftebasseng

Anlegget har som nevnt to likedannende luftebassenger, hvert på 29 m<sup>3</sup>. Forbindelsen mellom de bassengene består av en sliss i delevveggen mellom dem.

Gjennomsnittsvannføringen ved anlegget var så lav at oppholdstiden i luftebassengene var ekstremt lang.

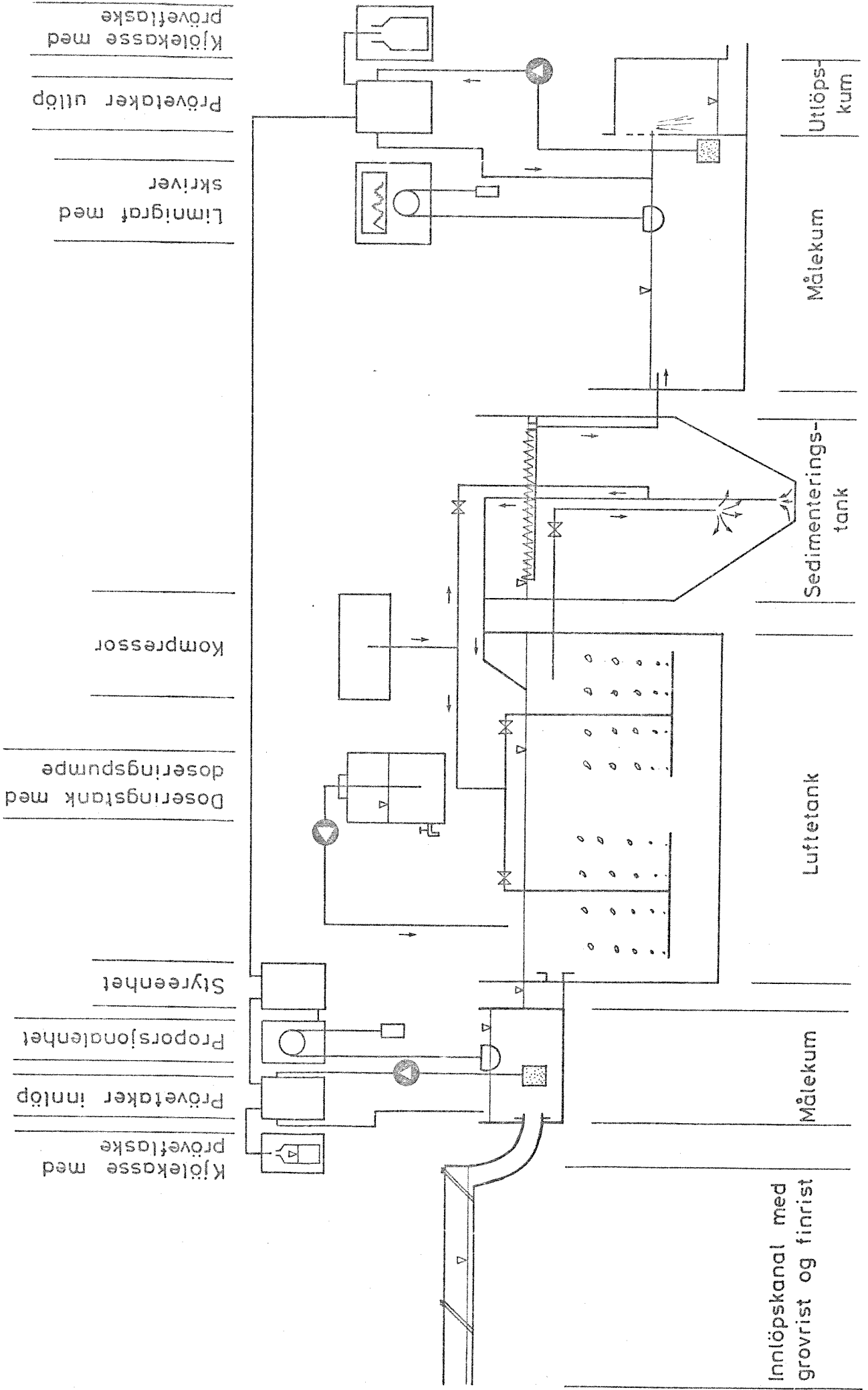


Fig.1 Skjematisk skisse av forsøksanlegget ved Asker Batteri

Man delte derfor de to bassengene av ved hjelp av en luke og benyttet bare det ene under forsøksperioden. Selv med bare ett basseng har man så lang luftetid som ca. 35 timer basert på gjennomsnitt over døgnet. Man vil komme tilbake til oppholdstidsfordelingen i pkt. 5.6.

Luftingen foregår ved hjelp av kompressor som blåser trykkluft ut gjennom to diffusorer som består av perforerte  $1\frac{1}{2}$ " rør. Ved normal vannstand er dybden i luftebassenget 2,0 m, og diffusorene ligger i en dybde av 1,5 m.

Tilførselen til hver av diffusorene kan reguleres med ventiler. Den samme kompressor leverer luft både til luftebassenget og til mammutpumpen som besørger tilbakeføring av returslam.

Det er ingen måleinnretning for måling av tilført luftmengde på anlegget. Siden luft blir levert både til luftebassenget og til mammutpumpen fra samme kompressor og samme ledning, ble luftmengdemåler heller ikke montert for forsøksdriften. En forandring i tilført luftmengde til luftebassengene vil automatisk føre til en motsvarende forandring i mammutpumpetilførselen. Man ville derfor ikke få sammenliknbare forhold ved de forskjellige variasjoner av tilført luftmengde.

Det er da heller ikke tilført luftmengde til luftebassenget som er avgjørende, men oksygeninnholdet i luftetanken. For å kontrollere at man til enhver tid hadde tilstrekkelig lufttilførsel, ble det hyppig gjort oksygenmålinger i luftetanken, se pkt. 5.3.1 og pkt. 6.10.4.

Slamvannet fra luftetanken blir ført til sedimenteringstanken gjennom 3" støpejernsrør.

#### 4.3 Sedimenteringstanken

Sedimenteringstanken er spissbunnet med volum  $8,25 \text{ m}^3$  og med  $4 \text{ m}^2$  overflate. Den totale dybden er 3,10 meter og slamvannet tilføres på 1,85 meters dyp. Det rensede vannet forlater tanken via en sagtagget overløpsrenne. Det sedimenterte slamm blir som nevnt



pumpet i retur til luftebassenget ved hjelp av mammutpumpe. Mammut-pumpen har 2,5" stigerør og ved normal vannstand leverte den 1 - 1,5 l/sek.

#### 4.4 Overskuddsslam

Fra tid til annen ble det nødvendig med slamtappinger. Ved anlegget er det bygd en egen slamtank, men den er hverken oppvarmet eller luft-tilført, slik at dens viktigste misjon er at den gir en slamlagring og en viss avvanning. Tanken har fra tid til annen blitt tømt av septiktank-bil.

Mammutpumpen kan pumpe overskuddsslam til denne tanken, men kapasiteten blir uhyre lav da pumpa samtidig leverer returslam. Det er ikke mulig å koble pumpen direkte til slamtanken.

P.g.a. at slamtappingen under forsøket måtte foregå relativt hurtig, og for å få representativitet i prøvetakingen ved tapping av overskuddsslam, benyttet man en Mono-pumpe med kapasitet 1,3 l/sek.

Etter perioden med felling med jernsulfat ble overskuddsslam pumpet til den ledige luftetank, som på den måten ble tatt i bruk for aerob slamstabilisering, se pkt. 5.4.

#### 4.5 Utløpskum

Fra overløpet i sedimenteringstanken strømmer det rensede vannet til en målekum. Kummen ble opprinnelig brukt som kloringskum, men vannet blir nå ikke kloret. Under forsøksdriften ble prøvetaking av utløpsvannet foretatt i denne kummen.

I enden av kummen er montert et 90° trekantoverløp. Nivået i kummen blir overført til limnigraf ved hjelp av flottør. Vannet strømmer fra målekummen via en utløpskum til resipienten.

#### 4.6 Doseringsutrustning

Doseringsutrustningen består av doseringstank og doseringspumpe.

Doseringstanken av PVC var på 300 l og hadde påmontert stigerør for nivå-avlesing.

Doseringspumpe var en Multifix slangepumpe med drev.

Doseringsslangen var en 2 mm siliconslange, og doseringen foregikk direkte i luftebassenget.

#### 4.7 Kontrollrom

Kontrollrommet inneholder foruten kompressoren, limnigraf med skriver, vask og arbeidsbenk.

#### 4.8 Prøvetakingsutstyret

Stikkprøver som ble tatt over døgnet før forsøksdriften startet, viste at både vannføringen og forurensningsbelastningen på anlegget varierer betydelig over døgnet. P.g.a. de korte tilførselsledningene, kan vannføringen variere fra maksimum til minimum på 10 - 15 min.

Det viste seg derfor nødvendig med proporsjonal prøvetaking (prøvetakingsmengden er da proporsjonal med den tilførte vannmengde).

Prøvetakingsutstyret som ble brukt er produsert av firma Fride Høglund, Stockholm, og besto av :

- 1 - FMS-1 Proporsjonlenhet med flottør
- 1 - Styreenhet
- 2 - UPT-20 Prøvetakere
- 2 - Jabsco Prøvetakingspumper med slanger

Proporsjonalenheten registrerer kontinuerlig nivået i målekummen på innløpet, og dermed tilført vannmengde, ved hjelp av en flottør. Proporsjonlenheten sender impulser til styreenheten og hyppigheten

av impulsene er direkte proporsjonal med vannføringen. Impulsene blir sendt videre til prøvetakingsenheten hvor en magnetventil for hver impuls åpner seg og slipper ut 15 ml av prøvevannsstrømmen som prøvetakingspumpen kontinuerlig driver gjennom prøvetakeren. Prøvevolumet på 15 ml forlater prøvetakeren gjennom en slange til prøveflasken som er plassert i en kjølekaske. På den måten blir prøven en proporsjonal blandprøve.

Ved maksimal vannføring, 3 l/sek, får man eksempelvis et prøvevolum på 15 ml hvert tiende sekund, mens ved 0,1 l/sek. åpnes magnetventilen for hvert femte minutt.

Styreenheten kan i alt styre 4 prøvetakere, slik at man i det aktuelle tilfellet kunne motere prøvetaker også på utløpet og på den måten få proporsjonal prøvetaking også av utløpsvannet.

For at prøvetakeren og pumpen ikke skulle gå tett, var det nødvendig å bruke siler på inntaksslangen. Innerst, direkte montert på slangen, er montert en perforert messingsylinder. For prøvetaking på råvannet var det dessuten nødvendig å bruke en ekstra sil av nylonduk. Uten denne duken fikk man store problemer med prøvetakingen.

Silarrangementet førte med seg at spesielt analysene av suspendert stoff kunne gi for lave verdier.

#### 4.9 Rentvannstilførsel

Rentvannstilførselen kommer fra en artesisk brønn hvorfra det pumpes til et basseng under pumpe-stasjonen. Herfra pumpes vannet inn på en trykktank og går direkte ut på nettet.

Analyser av drikkevannet viser at det er meget rent. Det er et typisk grunnvann, er relativt hardt og har stor ledningsevne. Innholdet av tungmetaller er lavt.

## 5. GJENNOMFØRING AV FORSØKENE

Overoppsynet med driften av anlegget ble i forsøksperioden overtatt av sivilingeniør Hallvard Ødegaard. Anlegget ble besøkt en gang daglig og man foretok da feltanalyser og utførte de vanlige oppgavene, som spyling, rensing av ristene osv.

I bilag II er det tatt med enkle driftsrapporter for hver måned som viser resultat av feltanalyser og hvor anmerkninger om driften er notert.

### 5.1 Driftsproblemer

I første del av første periode hadde man meget høyt slamvolum, opp til 850 ml/l, samtidig som slammets tørrstoffinnhold ikke var spesielt høyt. (Ca. 3,9 g/l). Dette ga meget høy slamvolumindeks, og forholdene må nærmest karakteriseres som slamsvelling.

Man hadde på denne tiden relativt mye og ofte flyteslam. Flyteslammet forverret nok ikke kvaliteten av utløpsvannet i vesentlig grad, men sannsynligheten for at fnokker skal følge med i overløpet blir større enn når flyteslamsfenomenet ikke eksisterer. Flyteslamproblemet hadde man mer eller mindre under hele forsøket, men det var ting som tydet på at man hadde mindre flyteslam etter at felling startet. Det er sannsynlig at flyteslamproblemene er direkte knyttet til temperaturen i vannet. Temperaturen er nemlig i sin tur av avgjørende betydning for nitrifikasjonen.

Analyseresultatene (se tabell I.8 i bilag I) viser at man i anlegget har en noe nær fullstendig nitrifikasjon, dvs. overføring av nitrogen fra ammoniumformen til nitratformen.

Under anaerobe forhold, som man kan få i slam som blir liggende for lenge i sedimenteringstanken, kan man få en såkalt denitrifisering hvor nitrat blir spaltet til bl.a. nitrogengass som stiger opp og drar med slammet som den er bundet til. Også denitrifikasjonsprosessen er sterkt temperaturavhengig, reaksjonshastigheten øker med økende

temperatur. Dette stemmer bra med erfaringene fra forsøksanlegget. I de kalde perioder hadde man sjelden flyteslam.

Et annet driftsproblem som også var mest plagsomt i første periode var gjentetting av tilløpsrøret fra lufttanken til sedimenteringstanken. Dette røret er et 3" støpejernsrør. Ved visse ujevnheter i dette røret fikk man i første periode til stadighet oppsamling av større partikler som førte til gjentetting. Man kunne derved få oversvømmelse.

Etter at man fant en måte å spyle dette røret på, noe man gjennomførte hver dag, forsvant stort sett dette problemet, men ved et par anledninger senere hadde man liknende problemer.

Også i mammutpumpen for returslam hadde man ved et par anledninger gjentettingsproblemer.

## 5.2 Dosering, doseringsmiddel, doseringsmåter

Forsøkene ble gjennomført med to forskjellige doseringsmidler. Som nevnt under pkt. 3.2 benyttet man et avfallsprodukt fra titanoksydfremstilling, jernsulfat, som doseringsmiddel.

Jernsulfaten ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ble levert i plastsekker og den leveres i en halvtørr tilstand.

Jernsulfaten ved KRONOS TITAN A/S lagres i hauger og det foregår en viss avrenning. Jernsulfater har derfor en kornig, fuktig konsistens.

KRONOS TITAN A/S's analyse av den avrennede jernsulfat slik den ble brukt i forsøket, er :

FeSO · 7 H <sub>2</sub> O	ca. 90%
Fri H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0
TiO	" 0,3%
CaSO <sub>4</sub>	" 0,02%
MgSO <sub>4</sub>	" 2,7%
MnSO <sub>4</sub>	" 0,08%
Al	0
V	0
Sn	0
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	" 0,002%
Ni	" 0,002%
Cl	" 0,005%
Uoppløselig i H <sub>2</sub> O	" 0,02 %

Analyser som ble gjort ved NIVA's laboratorium av den jernsulfat som ble benyttet ved forsøkene, indikerte at innholdet av FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O var 80 - 90%.

Når det i det følgende snakkes om jernsulfat som doseringsmiddel er det produktet fra KRONOS TITAN A/S (den avrennede jernsulfat) det snakkes om (i virkeligheten inneholder den altså bare 80 - 90% FeSO<sub>4</sub> · 7H<sub>2</sub>O).

I andre periode, hvor man hadde jevn dosering, ble jernsulfaten veid og løst opp i doseringstanken på anlegget i 4% løsning. Denne løsningen ble via en Multifix slangepumpe dosert direkte ut i luftbassenget. Grunnen til at det ble brukt en så lite konsentrert løsning som 4%, var det doseringspumpen ellers måtte operere i et ugunstig område.

Doseringstanken måtte fylles hver 4. - 5. dag. Doseringspumpen virket tilfredsstillende, men siliconslangen ble slitt og måtte skiftes med jevne mellomrom.

I tredje periode ble det gjennomført bulkdosering. Man veide opp en døgnrasjon av fellingsmidlet og strødde det direkte ut i luftbassenget. For å etterstrebe mest mulig de forhold man vil ha i

praksis med lørdags- og søndagsfri, doserte man fredag tre dagers behov av doseringsmiddel i luftetanken.

Ved bruk av jernsulfat som fellingsmiddel fikk man et visst bunnfall i doseringstanken. Bunnfallet forekom imidlertid ikke i så store mengder at man anså det nødvendig å installere omrører i doseringstanken.

I fjerde periode ble det dosert aluminiumsulfat fra Lysaker kemiske Fabrik A/S. Doseringsmåten var den samme som for jernsulfat og samme konsentrasjon på løsningen ble brukt.

I oppløst form er Lysakersulfaten en blank væske uten bunnfall.

#### 5.2.1 Doseringsmengder

Det primære med det aktuelle forsøk var ikke å bestemme optimale koagulantdoser. For at man skulle få en peiling på hvilke doser man burde benytte, ble det gjennomført et "jartest"-forsøk.

Disse innledende forsøk viste at man oppnådde god felling ved doser på 120 - 150 mg/l, både når det gjelder jernsulfat og aluminiumsulfat.

Selv om tilløpsvannføringen varierer betydelig ved Asker Batteri, anså man at det var unødvendig å styre doseringen etter vannføringen. Dette p.g.a. den lange oppholdstiden i luftebassenget som man doserer fellingsmidlet direkte i. Luftebassenget ble ansett for å ha fullstendig omrøring.

Siden vannføringen, foruten å variere over døgnet, også varierte fra dag til dag, og siden doseringspumpen også ga noe varierende vannmengde fra døgn til døgn, varierte også doseringsmengden i mg/l fra døgn til døgn. Dette går frem av driftsrapporten, bilag II, som viser at doseringsmengden har ligget i området 100 - 150 mg/l ( $\text{FeSO}_4$  el.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ).

For en langtidslufter av denne typen ble ikke dette ansett for å spille noen særlig rolle. I praksis må en regne med slike variasjoner i doseringsmengden ved anlegg som skal ha et minimalt tilsyn.

### 5.3 Prøvetaking. Analyseparametre og analysemetoder

Prøvetakingen ble gjennomført med proporsjonalprøvetakeren som er beskrevet i pkt. 4.8. Selve prøveflasken sto i en kjølekasse for å hindre biologisk vekst. På samme måten ble prøvene fraktet til laboratoriet i en slik kjølekasse. Prøvetakeren virket tilfredsstillende under forsøkene og bør ha gitt god representativitet.

Som for de andre prosjektene i PRA-sammenheng, ble det valgt å utføre analyser over et relativt vidt spektrum. På denne måten kunne også dette forsøket være med å danne basis for PRA-prosjekt 1.1 "Avløpsvannets sammensetning".

#### 5.3.1 Feltanalyser

Av driftsrapportene i bilag II går det frem hvilke registreringer man gjorde på anlegget. Limmigrafen på utløpet registrerte kontinuerlig vannmengden. Vannføringen er kommentert i pkt. 5.6.

Man målte hver dag slamvolum, siktedyp, temperatur og doseringsmengde. Med jevne mellomrom ble oksygeninnholdet i luftetank, sedimenterings-tank og slamtank målt. Oksygeninnholdet ble målt med et oksygenmeter av type IC i model 54 RC. I en periode, 21.9.- 1.11., hadde man pH-meter med skriver på anlegget.

#### 5.3.2 Laboratorieanalyser

I tabell 3 har man satt opp en oversikt over de analyseparametre man analyserte prøvene på. Det er angitt analysehyppighet og analysemetode på stikkordsform.



Tabell 3.

Analyseparameter	Enhet	Hyppighet	Analysemetode. Stikkord
pH		)	
Turbiditet	JTU	)	Hach Turbidimeter
Alkalitet	ml 0,1 N HCl/l	)	Titring til pH = 4,5
Ledningsevne	µS/cm	)	
(ufiltr. BOF <sub>7</sub> ( (filtr.	) ) mg O/l )	) ) )	) ) Fortynningsmetoden )
(ufiltr. KOF ( (filtr.	) ) mg O/l )	) Hver ) døgn- ) prøve	) ) Dikromatmetoden )
Tot. P	)	)	)
Orto P	) mg P/l )	)	)
Tot. N	)	)	) Autoanalyser
NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub>	) mg N/l )	)	)
Suspendert stoff	)	)	)
Gløderest	) mg/l )	)	) Filtrering
Tot. tørrstoff	)	)	)
Gløderest	) mg/l )	)	) Inndamping
Fe	µg Fe/l	)	)
Al	mg Al/l	)	)
Cr	µg Cr/l	)	)
Ni	µg Ni/l	)	) Atomabsorpsjon
Zn	µg Zn/l	) Ca.	)
Cu	µg Cu/l	) 1 prøve	)
Pb	µg Pb/l	) pr. uke	)
Cl	mg Cl/l	)	) Autoanalyser
SO <sub>4</sub>	mg SO <sub>4</sub> /l	)	) Manuell fotometrisk
Na	mg Na/l	)	)
K	mg K/l	)	) Atomabsorpsjon
Ca	mg Ca/l	)	)
Mg	mg Mg/l	)	)

Slamprøvene ble analysert på

Suspendert stoff  
Gløderest av susp. stoff  
Total tørrstoff  
Gløderest av tot. tørrstoff  
pH  
Tot. P  
Fe

#### 5.4 Slamproduksjonsforsøk og aerob slamstabilisering

Opprinnelig mente man ikke å gjøre studier av slamproduksjonen, men etter en tid begynte man med stikkprøvetaking av slammet ved hver døgnprøvetaking.

Slamproduksjonsforsøket er behandlet i kapitel 7.

Ved at man bare benyttet det ene luftebasseng ved anlegget, ble det andre luftebassenget frigjort til bruk som slamstabiliseringsbasseng. Dette var ikke opprinnelig planlagt, og forsøksdriften i dette basseng var da heller ikke særlig vidtgående.

Slamstabiliseringsbassenget ble satt i drift etter at jernfellingen var avsluttet og man foretok slamtapping. Det man ville studere var om man fikk utløsning av fosfor og jern, og i hvilken grad slammet kunne viderestabiliseres.

#### 5.5 Overgangen mellom forsøksperiodene

Det ideelle sammenlikningsgrunnlag ville man få dersom man ved begynnelsen av hver periode hadde eksakt samme ytre betingelser, som vannføring, temperatur, slamvolum, slamvolumindeks, slambelastning, osv.

Dette er imidlertid faktorer som man ikke kunne ha noen direkte styring over, og man måtte derfor foreta visse tillempninger når det gjelder forsøksbetingelser.

Perioden med bulkdosering startet direkte fra perioden med jevn-dosering. Det vil si at man hadde et jernholdig slam allerede ved starten av bulkdoseringen. Man ville altså i denne perioden ikke få registrert startvanskeligheter. Etter noen tid med bulkdosering, vil man imidlertid også ha bygd opp et jernholdig slam, slik at resultatene fra periode 3 vil vise hva man kan oppnå med bulkdosering etter en viss tids drift.

Man foretok en kraftig slamtapping før perioden med aluminiumsulfat-felling tok til. Dette ble gjort for å minske effekten av jernslammet mest mulig. Det er imidlertid klart at det var igjen en god del jern i slammet ved begynnelsen av den 4. perioden, og dette kan ha hatt betydning for resultatene i denne perioden.

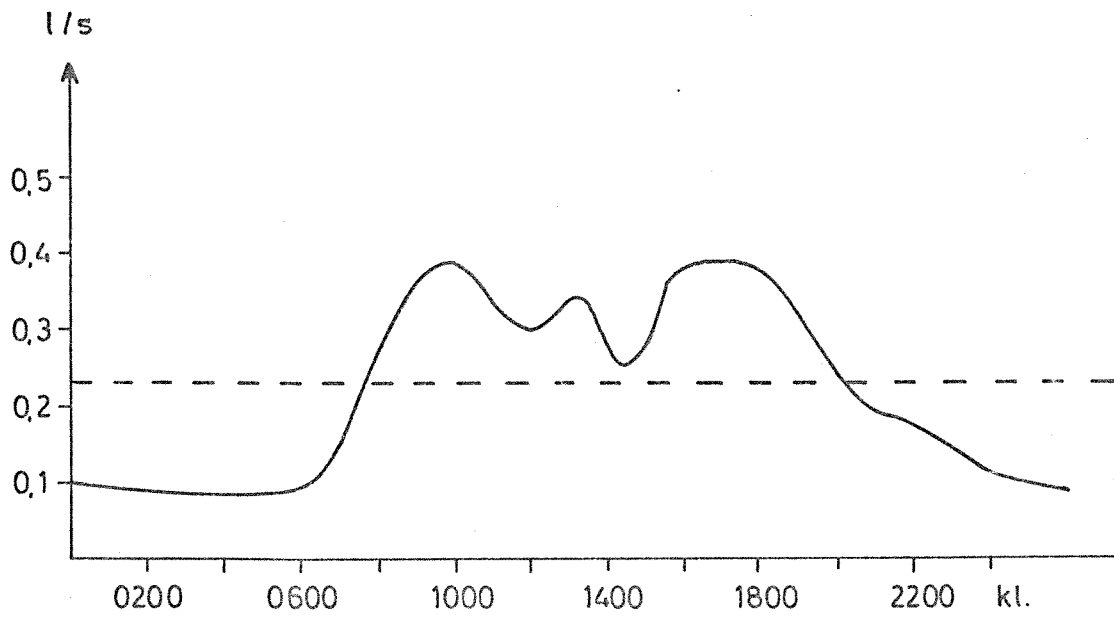
#### 5.6 Belastninger - Vannføringer - Oppholdstider

Belastningen på anlegget med hensyn til personekvivalenter (pe) i prøveperioden varierte en del over døgnet, men fra døgn til døgn (hverdagsdøgn) varierte den mindre og var i middel ca. 70 pe. I weekenden må man regne med at belastningen var lavere, ca. 50 pe.

Ved hjelp av limnigrafen på utløpet kunne man registrere vannføringen over døgnet. Vannføringen varierte noe fra døgn til døgn (hverdagsdøgn).

Figur 2 viser vannføringen over døgnet (hverdagsdøgn) som et gjennomsnitt av 50 prøvedøgn. I denne gjennomsnittkurven kommer de karakteristiske døgnvariasjonene inn. Man har topper i vannføringen etter måltidene (ca. kl. 08.00, ca. kl. 12.00, ca. kl. 17.00).

Fig. 2  
Vannføring over døgnet  
(Gjennomsnitt over 50 døgner)



Total gjennomsnittlig vannføring =  $Q = 19950 \text{ l/d} = 0,23 \text{ l/s}$

I tabell 4 er satt opp en oversikt over belastningene på anlegget.

Tabell 4:

	Benevnelse	l/d	l/s	l/p.d	Overflatebh. sed.tank m/h
Middel vannføring i middel døgn	$Q_{M\text{middel}}$	19950	0,23	285	0,21
Maks. vannføring i middel døgn	$Q_{M\text{maks}}$	34700	0,40	496	0,36
Min vannføring i middel døgn	$Q_{M\text{min}}$	6950	0,08	100	0,073
Absolutt maks vannføring i for- søket	$Q_{\text{abs.maks}}$	-	2,70	-	2,94
Absolutt min vannføring i for- søket	$Q_{\text{abs.min}}$	-	0	-	0

Midlere oppholdstid i luftetanken:  $T_m = 35 \text{ h}$

Som en ser er sedimenteringstanken romslig for midlere belastninger, men ved kortvarige enkeltbelastninger kan man vente slamflukt.

## 6. FORSØKSRESULTATER OG VURDERING AV DISSE

Resultatene for forsøkene er ført opp i tabellene I.1 - I.12 i bilag 1 og de er fremstilt grafisk i figurene 3 - 14.

I det følgende vil man ta for seg hver av de parametre man har foretatt analyser på. I tabeller vil middelveirdiene med standardavvik for hver periode bli satt opp.

Man har ikke like mange prøver i hver av periodene. Av tabellene i bilag I kan man imidlertid se hvor mange analyser middelveidene er regnet av.

### 6.1 Fosfor (P)

Tabell 5 :

Forsøks- periode	Doserings- metode	Tot. P			Orto-P		
		inn mg P/l	ut mg P/l	red %	inn mg P/l	ut mg P/l	red %
1	Ingen dos.	7,42	5,42	26,9	6,49	5,28	18,6
		± 1,31	± 0,74	± 8,4	± 1,46	± 0,83	± 11,9
2	Jevn dos.	7,51	0,59	93,0	6,64	0,38	94,8
	FeSO <sub>4</sub>	± 2,92	± 0,28	± 1,6	± 2,47	± 0,33	± 2,6
3	Bulk dos.	11,36	0,67	94,2	8,48	0,40	95,3
	FeSO <sub>4</sub>	± 6,68	± 0,23	± 2,0	± 6,79	± 0,26	± 3,9
	Jevn dos.	12,16	0,69	94,4	9,77	0,47	95,3
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	± 4,76	± 0,41	± 3,7	± 5,11	± 0,34	± 4,1

Man hadde i første periode en fosforreduksjon som må sies å være normal for et biologisk renseanlegg (26.9% reduksjon).

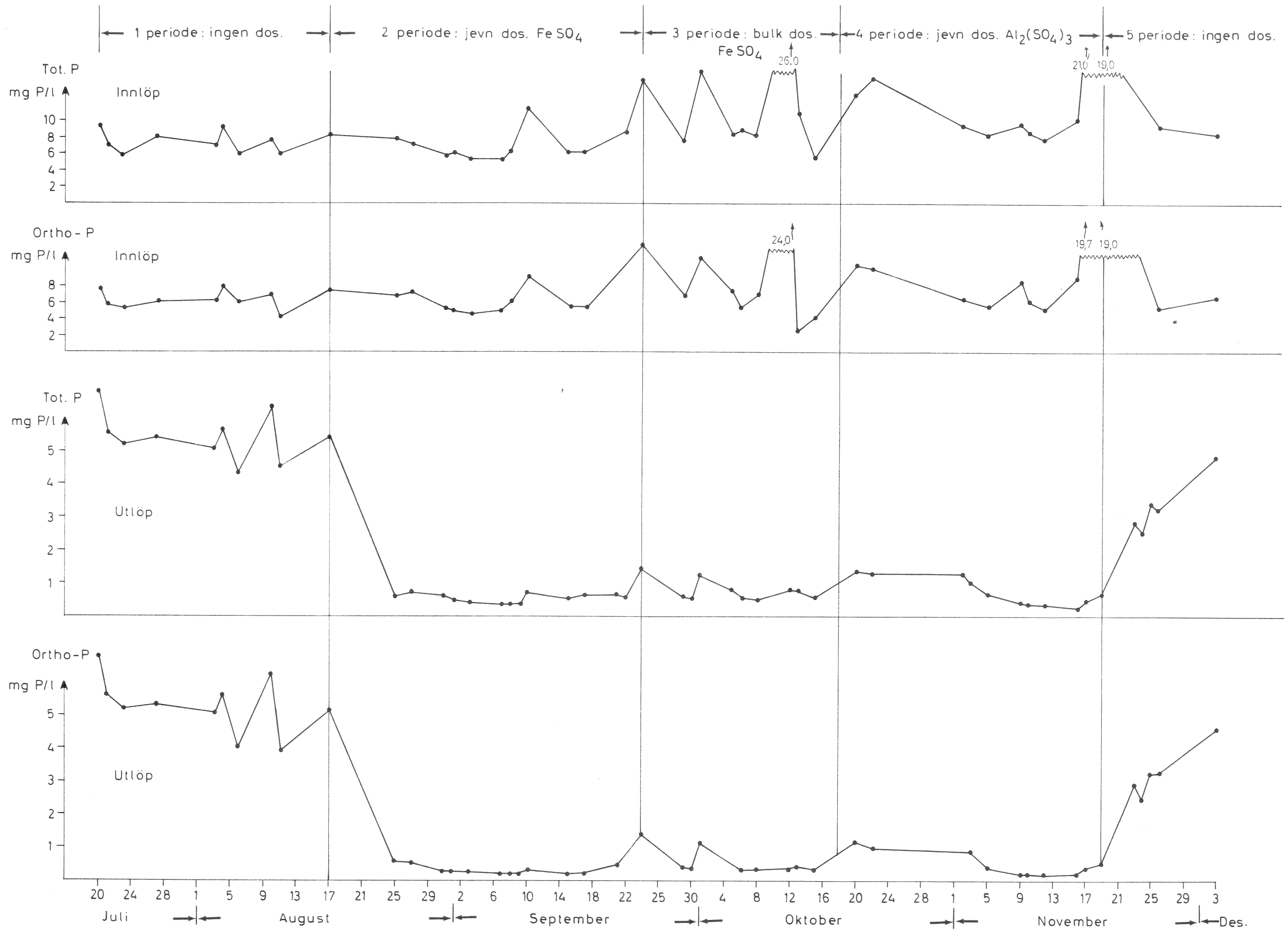
Som man vil se av kurvene i figur 3 fikk man en umiddelbar reduksjon av fosforinnholdet i utløpet etter at fellingen tok til. Ved jevn dosering FeSO<sub>4</sub> hadde man en utløpskonsentrasjon m.h.p. Tot. P på 0,59 mg P/l i middel og fosforreduksjon på 93 %.

Ved bulkdosering var den prosentvise fosforreduksjon enda bedre, men middelveidien av utløpskonsentrasjonen var noe dårligere (0,67 mg P/l).

Det er ting som tyder på at utløpskonsentrasjonen av fosfor vil ligge lavere over lengre tids drift med jevn dosering i forhold til bulk-dosering.

Den enkle doseringsmetoden tatt i betraktning, må bulkmetoden sies å ha gitt meget oppsiktsvekkende resultater med hensyn til fosforfjerning.

Fig.3 Fosforkonsentrasjonen i innløp og utløp



Man oppnådde også gode fosforreduksjoner med aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Av kurvene i figur 3 ser man at det tok lengre tid før de gode resultater oppsto. Man har en relativ dårligere reduksjon i første del av perioden i forhold til slutten av perioden.

Den prosentuelle reduksjon er større for Orto-P enn for Tot.P i fellingsperiodene. Dette har sammenheng med at en del fnokker fulgte med i overløpet, og deres fosforinnhold blir ikke registrert ved ortofosfatanalysen. Konsentrasjonene av fosfor i innløpet var relativ høye i 2. og 3. periode, noe som gir store reduksjoner i %. Den absolutte fosforkonsentrasjonen var imidlertid lavest i periode 2.

Av figur 3, og tabell I,1 i bilag I, ser man at fosforkonsentrasjonen i utløpet økte igjen etter at dosering var avsluttet. Det tok imidlertid noen tid før P-reduksjonen kom ned på det nivå man har ved biologisk rensing. Dette tyder på at slammet i seg selv har en effekt som fellingsmiddel i en viss grad.

## 6.2 Organisk stoff (BOF<sub>7</sub>, KOF)

Middelverdiene av forsøksresultatene for hver periode er satt opp i tabell 6 a og b.

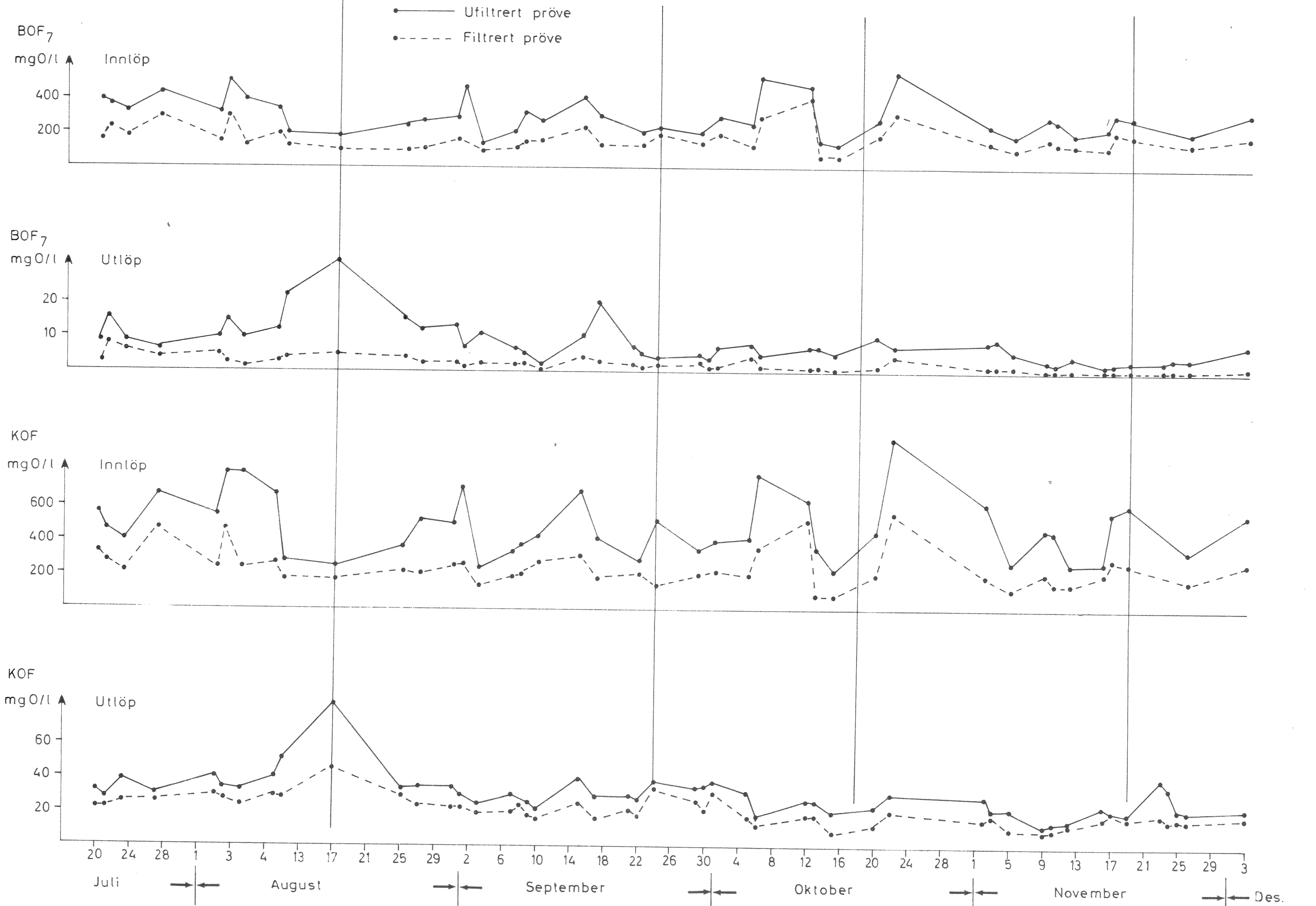
Tabell 6 a:

Forsøks- periode	Doserings- metode	BOF <sub>7</sub> (filtrert)			BOF <sub>7</sub> (filtrert)		
		inn mg 0/1	ut mg 0/1	red %	inn mg 0/1	ut mg 0/1	red %
1	Ingen dos.	348	14,0	96,0	192	4,2	97,8
		± 97	± 7,8	± 5,0	± 69	± 1,9	± 1,4
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	284	8,3	97,0	153	2,1	98,5
		± 88	± 4,2	± 2,0	± 32	± 0,9	± 1,0
3	Bulk. dos. FeSO <sub>4</sub>	296	6,1	97,9	192	1,7	99,0
		± 155	± 1,5	± 1,1	± 127	± 1,3	± 1,1
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	295	5,6	98,0	178	1,2	99,2
		± 102	± 2,9	± 1,1	± 58	± 1,0	± 0,8



Fig.4. Innhold av organisk stoff i innløp og utløp

1 periode: ingen dos.      2 periode: jevn dos.  $\text{FeSO}_4$       3 periode: bulk dos.  $\text{FeSO}_4$       4 periode: jevn dos.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$       5 periode: ingen dos.



Tabell 6 b:

Forsøks- periode	Doserings- metode	KOF (ufiltrert)			KOF (filtrert)		
		inn mg 0/1	ut mg 0/1	red %	inn mg 0/1	ut mg 0/1	red %
1	Ingen dos.	548	41,6	92,4	286	28,7	90,0
		± 196	± 16,0	± 9,5	± 108	± 6,0	± 6,5
2	Jevn dos.	451	30,0	93,3	215	23,0	89,3
	FeSO <sub>4</sub>	± 148	± 4,9	± 1,9	± 51	± 4,9	± 6,0
3	Bulk. dos.	455	28,9	93,6	238	19,3	91,9
	FeSO <sub>4</sub>	± 192	± 7,3	± 2,7	± 157	± 7,5	± 6,0
4	Jevn dos.	501	21,1	95,8	242	15,3	93,
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	± 268	± 5,9	± 2,2	± 125	± 3,8	± 1,5

Man hadde i første periode stort sett en større forurensningsgrad på det innkommende vann i forhold til de andre periodene.

Anlegget har under hele forsøket gitt god reduksjon i organisk stoff. Man ser at tabell I.2 og I.3, i bilag I, og figur 4 at man til dels har hatt oppsiktsvekkende gode enkeltresultater. I slutten av første periode var det imidlertid relativt dårlige resultater når det gjelder organisk stoff i utløpsvannet, selv om konsentrasjonen i innløpsvannet var lav. Dette skyldes for en stor del slamflukt.

I andre periode, med jernsulfatfelling, viser tabell 6 a og b at man har en bedre reduksjon og lavere utløpsverdier av organisk stoff enn i perioden uten felling.

Det samme gjelder for periode 3, med bulkdosering, og periode 4, med aluminiumsulfatfelling.

De beste resultater har man ved al-fellingen. Det må antas at dette ikke har sin hele begrunnelse i type av koaguleringsmiddel, men at det også har sammenheng med at flyteslamproblemet var mindre fremtredende i den fjerde perioden (se pkt. 5.1).

Man kan se at den biokjemiske nedbrytning i dette anlegget går meget langt (oppholdstiden er ca. 35 timer). Utløpskonsentrasjonen av organisk stoff på filtrerte prøver er usedvanlig lav. Den mengde organisk stoff som går i utløpet skyldes altså for en stor del det suspenderte stoff (fnokker som går i overløpet).

De gode resultater for fjerning av organisk stoff når man har felling, må sees i sammenheng med bedre sedimenteringsegenskaper i slammet ved felling.

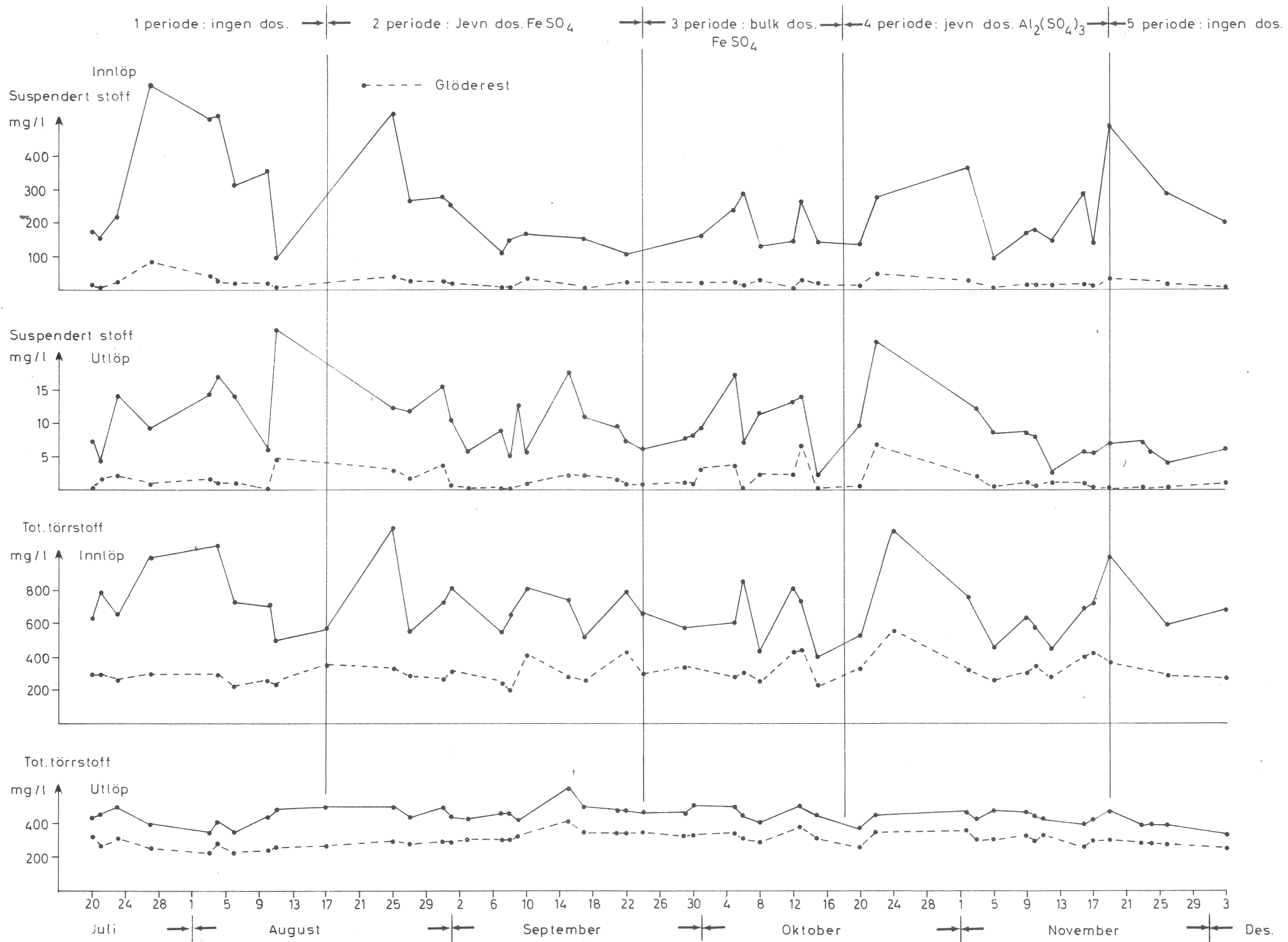
### 6.3 Tørrstoff

Analyseresultatene med hensyn til tørrstoff går fram av tabell 7 og 8 og figur 5.

Tabell 7:

Forsøks- periode	Doserings- metode	Inn mg/l			Ut mg/l			% red
		Susp. stoff	Gløde rest	Flyktig susp. stoff	Susp. stoff	Gløde rest	Flyktig susp. stoff	
1	Ingen dosering	331	26,6	304	12,2	1,4	10,8	96,3
		± 184	±22	± 166	± 6,1	± 1,3	± 5,2	
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	223	19,4	204	9,2	1,5	7,7	95,8
		± 130	±12	± 122	± 3,3	± 1,6	± 2,3	
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	194	18,9	176	10,0	2,2	7,8	94,8
		± 65	± 7	± 63	± 4,4	± 2,0	± 3,2	
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	228	18,4	210	9,0	1,4	7,6	96,3
		± 125	±11	± 117	± 5,3	± 1,9	± 3,6	

Fig.5 Torrstoffinnholdet i innløp og utløp



Tabell 8:

Forsøks- periode	Doserings- periode	Inn mg/l			Ut mg/l		
		Tot. tørrst.	Gløde rest	Tot. flyktig tørrst.	Tot. tørrst.	Gløde rest	Tot. flyktig tørrst.
1	Ingen dosering	736 ± 187	279 ± 38	457 ± 185	429 ± 57	268 ± 31	161 ± 45
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	719 ± 182	298 ± 67	422 ± 161	458 ± 27	314 ± 25	144 ± 36
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	629 ± 177	320 ± 81	309 ± 131	465 ± 37	327 ± 28	138 ± 18
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	696 ± 224	356 ± 84	340 ± 160	434 ± 32	309 ± 31	125 ± 22

I pkt. 4.8 har man kommentert prøvetakingen av suspendert stoff på innløpet. Reduksjonen i suspendert stoff har vært omtrent den samme i de 4 perioder. I absolutte konsentrasjoner har man imidlertid hatt lavere verdier i fellingsperiodene enn i perioden uten felling.

Resultatene når det gjelder siktedyp og turbiditet, støtter også opp om dette. Ved analysen på total tørrstoff får man registrert vekten av både de suspenderte stoff og de stoffer som finnes i løsning.

Man har hatt en reel økning i total tørrstoffmengde i utløpet i fellingsperiodene i forhold til første periode. Dette har sammenheng med de tilsatte koaguleringsmidler. Som man ser av tabell 8 kan denne økningen være kommet som en følge av økning i gløderesten, mens man har hatt en senkning i innholdet av totalt flyktig tørrstoff.

#### 6.4 pH. Turbiditet. Ledningsevne. Alkalitet

De gjennomsnittlige verdier med spredning er satt opp i tabell 9.

Tabell 9:

Forsøks- periode	Doserings- metode	pH		Turb JTU		Ledn.evne µS/cm		Alkalitet n. 0,1 N HCl/l	
		inn	ut	inn	ut	inn	ut	Inn	ut
1	Ingen doserings	6,89	7,54	114	3,5	593	479	47,7	17,0
		± 0,44	± 0,19	± 44	± 0,9	± 86	± 147	± 8,1	± 2,2
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	7,18	7,30	64	4,3	668	555	48,6	9,4
		± 0,50	± 0,31	± 26	± 1,3	± 315	± 39	± 14,4	± 3,2
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	7,20	7,25	91	6,0	629	570	54,4	7,5
		± 0,14	± 0,22	± 35	± 2,5	± 126	± 68	± 9,9	± 1,9
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	7,28	7,29	76	4,0	686	569	58,6	8,2
		± 0,32	± 0,23	± 14	± 1,4	± 134	± 72	± 13,2	± 5,7

#### 6.4.1 pH

I første periode viste pH en økning fra innløp mot utløp i anlegget. Dette er det normale ved aktivslamanlegg, p.g.a. utlufting av CO<sub>2</sub> i luftebassenget. pH i innløpsvannet var imidlertid betydelig under midlere pH for det totale forsøket, se tabell I.6 i bilag I og bilag III.

I periodene med felling da man tilsetter en koagulant som skulle gi surere miljø, har man naturlig nok fått en mindre økning.

Man var imidlertid overrasket over at pH i utløpsvannet i fellingsperiodene var såpass høy som den var. Det ble derfor, for kontrollens skyld - og også for å studere pH-variasjonene over døgnet, installert pH-meter med skriver i perioden 21.9. - 1.11. Dette pH-meteret registrerte pH i sedimenteringsbassenget (dvs. i utløpet) og i figur 6 ser man pH over døgnet som et gjennomsnitt av 11 døgn i tredje periode (bulkdosering), og som et gjennomsnitt av 3 døgn i andre periode (jevndosering FeSO<sub>4</sub>).

På figur 7 er vist pH-variasjon over døgnet i innløpet et vilkårlig døgn.

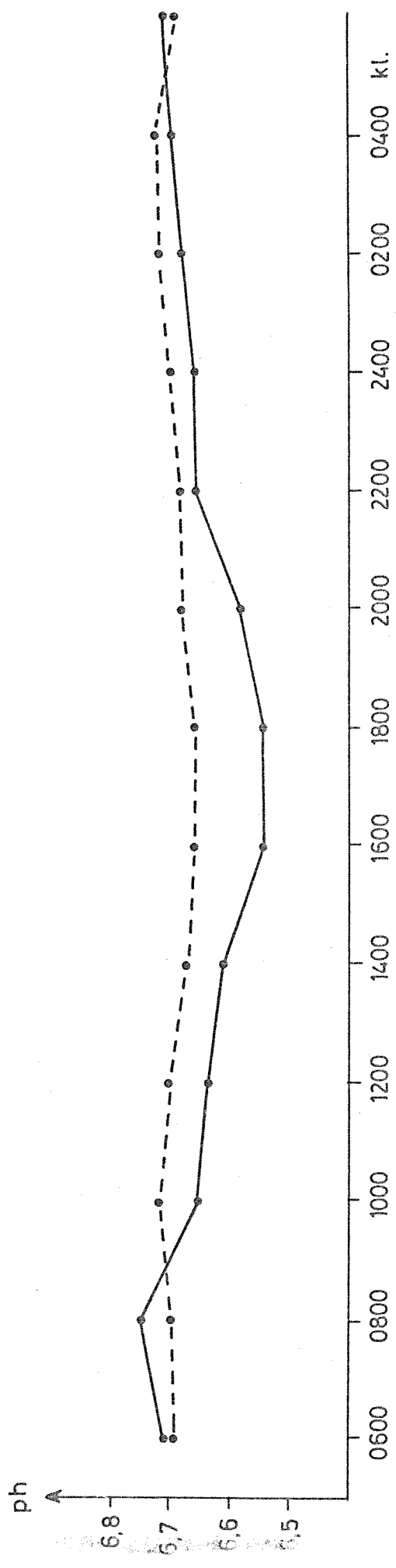


Fig. 6 pH-variasjoner over dognet, utløp

--- 2. periode Gj.snitt 3 dogn  
— 3 — " " 11 "

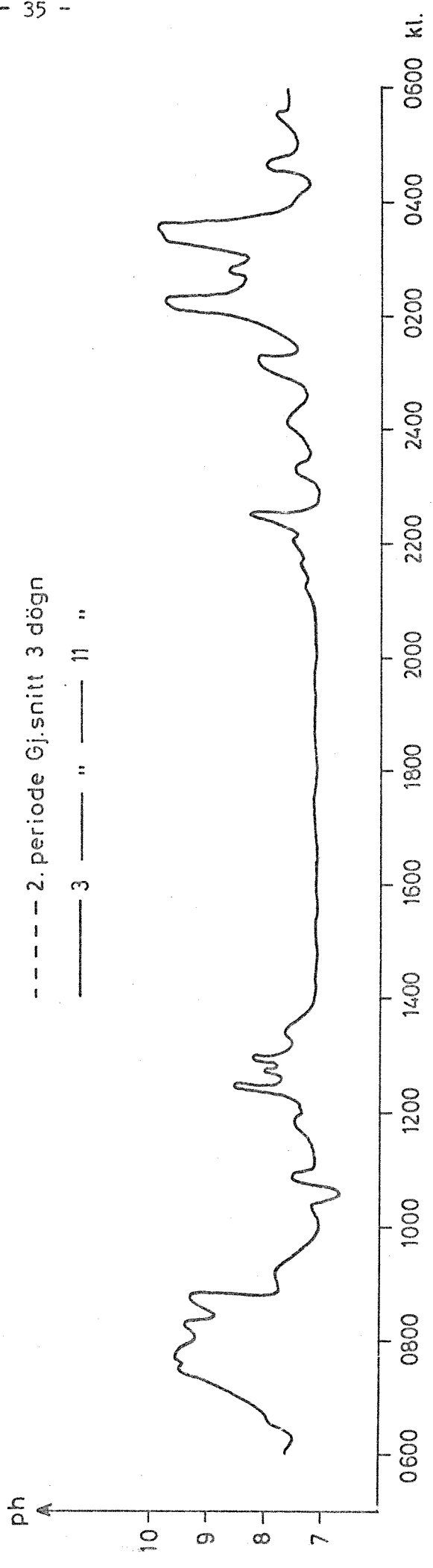


Fig. 7 pH-variasjoner over dognet, innløp 18/10-71

Resultatene av målingene på anlegget indikerer at pH-analysene, gjort i laboratoriet, kan gi visse feil. Dette skyldes sannsynligvis at det tar en viss tid fra prøven er tatt, til den analyseres på laboratoriet, og det kan ha foregått visse kjemiske og - kanskje spesielt - biokjemiske prosesser i prøven, som i dette tilfellet har ført til for høye verdier på pH i utløpsvannet.

Figur 6 og 7 viser at systemet har stor bufferkapasitet. Ved jevn dosering er pH-variasjonene i utløpet svært små over døgnet. pH i utløpsvannet ligger på ca. 6,7.

Ved bulkdoseringen i 3. periode viser kurven en større variasjon over døgnet (doseringen er foretatt i tidsrommet kl. 09.00 - 11.00), men også her er variasjonen usedvanlig beskjeden, totalt 0,2 pH-enheter mellom maximum og minimum.

#### 6.4.2 Turbiditet

Man har hatt en god reduksjon i turbiditet i alle periodene. I middel er turbiditeten i første periode (ingen dosering) minst, men forskjellen med de andre periodene er såpass liten at det er vanskelig å si om den er signifikant.

#### 6.4.3 Ledningsevne

Ledningsevnen reduseres gjennom systemet i alle periodene. Dette har sammenheng med at en del metaller og salter tas opp i slammet. Etter tilsetning av koagulant viser, naturlig nok, ledningsevnen en høyere verdi i utløpsvannet i fellingsperiodene enn i perioden uten felling.

#### 6.4.4 Alkalitet

Alkaliteten reduseres gjennom systemet i alle periodene. Man ser imidlertid at alkaliteten er lavere i fellingsperiodene enn i første periode. Det er her særlig bikarbonater som forårsaker alkaliteten.

Ved fellingen får man et forbruk av  $\text{HCO}_3^-$ -ioner og dermed en senking av alkaliteten.



### 6.5 Nitrogen (Tot.N, NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)

Det er foretatt en sammenstilling av middelveidene for de fire periodene i tabell 10. I første periode ble det tatt færre nitrogenanalyser enn det vanlige.

Tabell 10:

Forsøks- periode	Doserings- metode	Tot. N mg N/l		NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> mg N/l	
		inn	ut	inn	ut
1	Ingen dosering	44,2 ± 6,7	38,9 ± 8,7	< 0,02 -	30,9 ± 6,0
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	37,9 ± 10,1	26,1 ± 2,5	< 0,02 -	29,1 ± 4,8
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	38,0 ± 10,2	28,1 ± 2,5	< 0,02 -	29,8 ± 6,0
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	48,0 ± 14,4	26,7 ± 3,0	< 0,02 -	27,2 ± 5,8

I fellingsperiodene har man i middel høyere verdier for innholdet av NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub> enn for Tot. N.

Man har tatt analysemetodene opp til grundig undersøkelse, men har ikke kunnet finne noen direkte årsak til uoverensstemmelsen.

Det man kan slutte av resultatene, er at man i anlegget har en noe nær fullstendig nitrikasjon, det vil si overføring av nitrogen fra ammoniumformen til nitrat-nitrit-formen.

Man har hatt en reduksjon av total mengde nitrogen gjennom anlegget. Det må derfor enten ha foregått en utlufting av ammonium i luftebasseng eller et opptak i slammet, eller begge prosesser kan ha foregått samtidig.

Simultanfellingen, i sammenlikning med normal aktivslamdrift, ser ikke ut til å ha hatt noen klar innvirkning på nitrogenomsetningen i systemet.

Nitrifikasjonen og denitrifikasjonen i anlegget har sammenheng med flyteslamproblemene. Dette er omtalt i pkt. 5.1.

### 6.6 Jern (Fe)

Gjennomsnittsverdiene med standard avvik er satt opp i tabell 11.

Tabell 11 :

Forsøks- periode	Doserings- metode	µg Fe/l		%
		inn	ut	
1	Ingen dosering	596 ± 224	136 ± 77	77
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	516 ± 135	366 ± 87	29
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	1450 ± 203	890 ± 454	42
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	1280 ±1077	363 ± 218	72

Man har relativt få analyser i første periode.

Av resultatene ser man at man har fått en ventet økning i jernkonsentrasjonen i utløpet i de perioder der jernsulfat er fellingsmidlet.

P.g.a. store variasjoner i konsentrasjonen av jern i innløpet, både innen hver periode og også fra periode til periode, er det vanskelig å gjøre sammenlikninger i resultatene.

Man har imidlertid i alle perioder hatt en reduksjon av jernmengden i vannet, og jernkonsentrasjonen i utløpet er ikke i noen periode spesielt høy (< 1 mg/l).

Det er ting som tyder på at man ved bulkdosering må regne med større korttidsbelastninger av jern i utløpet enn man vil ha ved jevn dosering.

### 6.7 Saltene Na, K, Ca, Mg

Forsøksresultatene når det gjelder saltene fremgår av tabell 12 og figur 8.

Tabell 12:

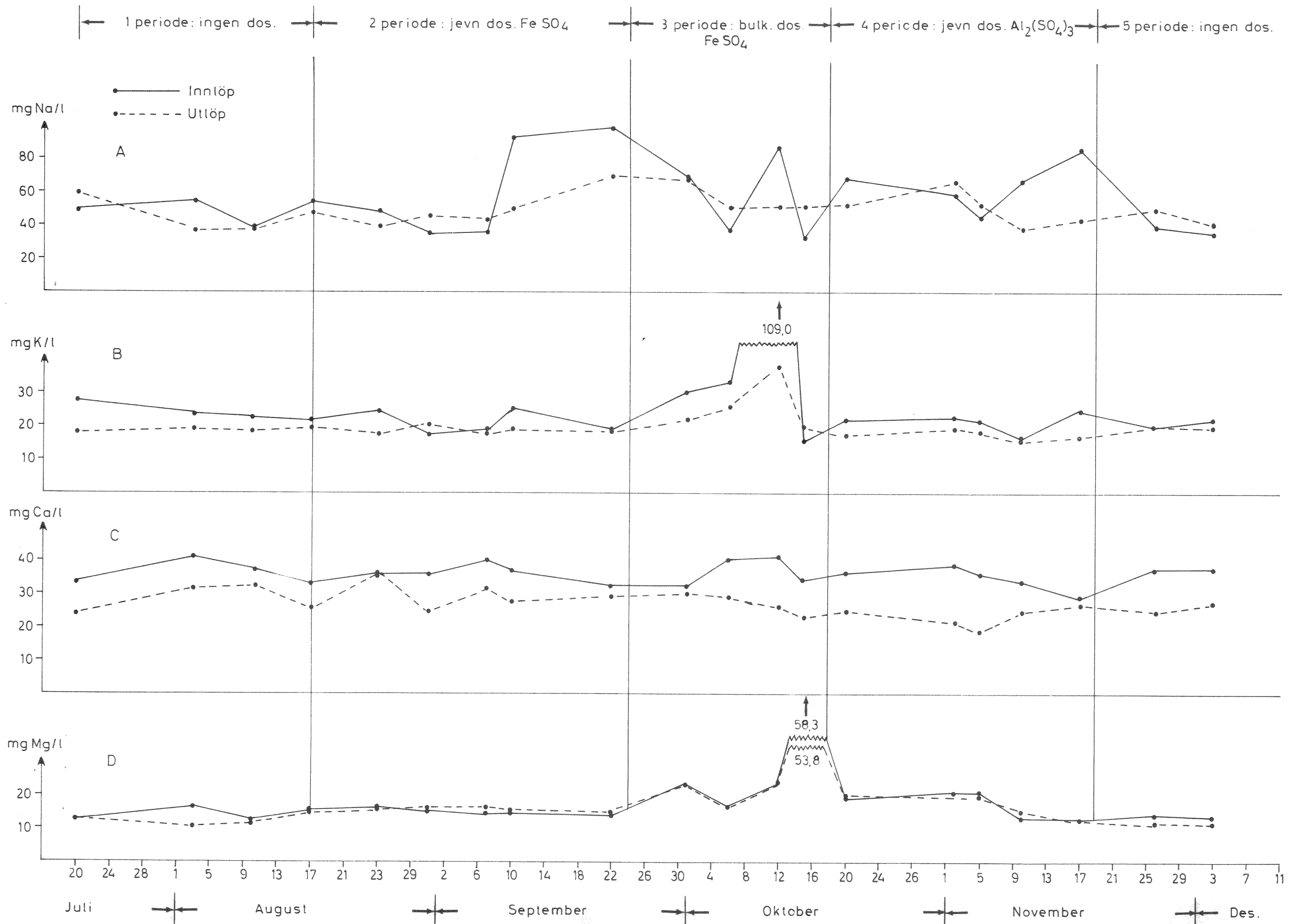
Forsøks- periode	Doserings- metode	Na mg Na/l		K mg K/l		Ca mg Ca/l		Mg mg Mg/l	
		inn	ut	inn	ut	inn	ut	inn	ut
1	Ingen	48,9	44,8	23,9	18,8	36,4	28,4	14,0	12,3
	dosering	± 7,1	± 10,2	± 2,5	± ,6	± 3,6	± 1,4	± 1,9	± 1,9
2	Jevn dos.	61,7	49,4	20,9	19,1	36,0	29,7	14,7	15,4
	FeSO <sub>4</sub>	± 30,1	± 11,6	± 3,5	± 0,9	± 2,6	± 4,1	± 1,0	± 0,7
3	Bulkdos.	56,2	55,6	46,9	26,4	37,5	27,0	30,4	29,1
	FeSO <sub>4</sub>	± 25,7	± 7,6	± 42,0	± 8,0	± 3,7	± 2,9	± 8,8	± 16,8
4	Jevn dos.	64,5	50,6	21,2	17,4	34,3	23,1	17,1	16,6
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	± 14,5	± 10,7	± 3,0	± 1,2	± 3,5	± 2,9	± 3,9	± 3,3

Som man vil se av tabell 9 - 12 i bilag I, tok man færre analyser av salter og metaller enn ved de rene avløpsparametre (se også tabell 3, side 21.

Resultatene i tabell 12 indikerer at det bare skjer små forandringer fra innløp til utløp når det gjelder konsentrasjonen av disse saltene i vannet.

Man har imidlertid for alle saltene fått en liten reduksjon både med og uten felling. Reduksjonene er til dels større med felling og størst ved aluminiumsfelling, men man kan ikke si om disse effekter er signifikante.

Fig. 8 Konsentrasjon av Na, K, Ca, og Mg i innløp og utløp



## 6.8 Tungmetallene Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Al

Nedenfor, i tabell 13 er satt opp middelveidene med standard avvik av Zn, Cu og Pb. Variasjonen i forsøksresultatene når det gjelder Zn, Cu og Pb, ser man av figur 9.

Tabell 13 :

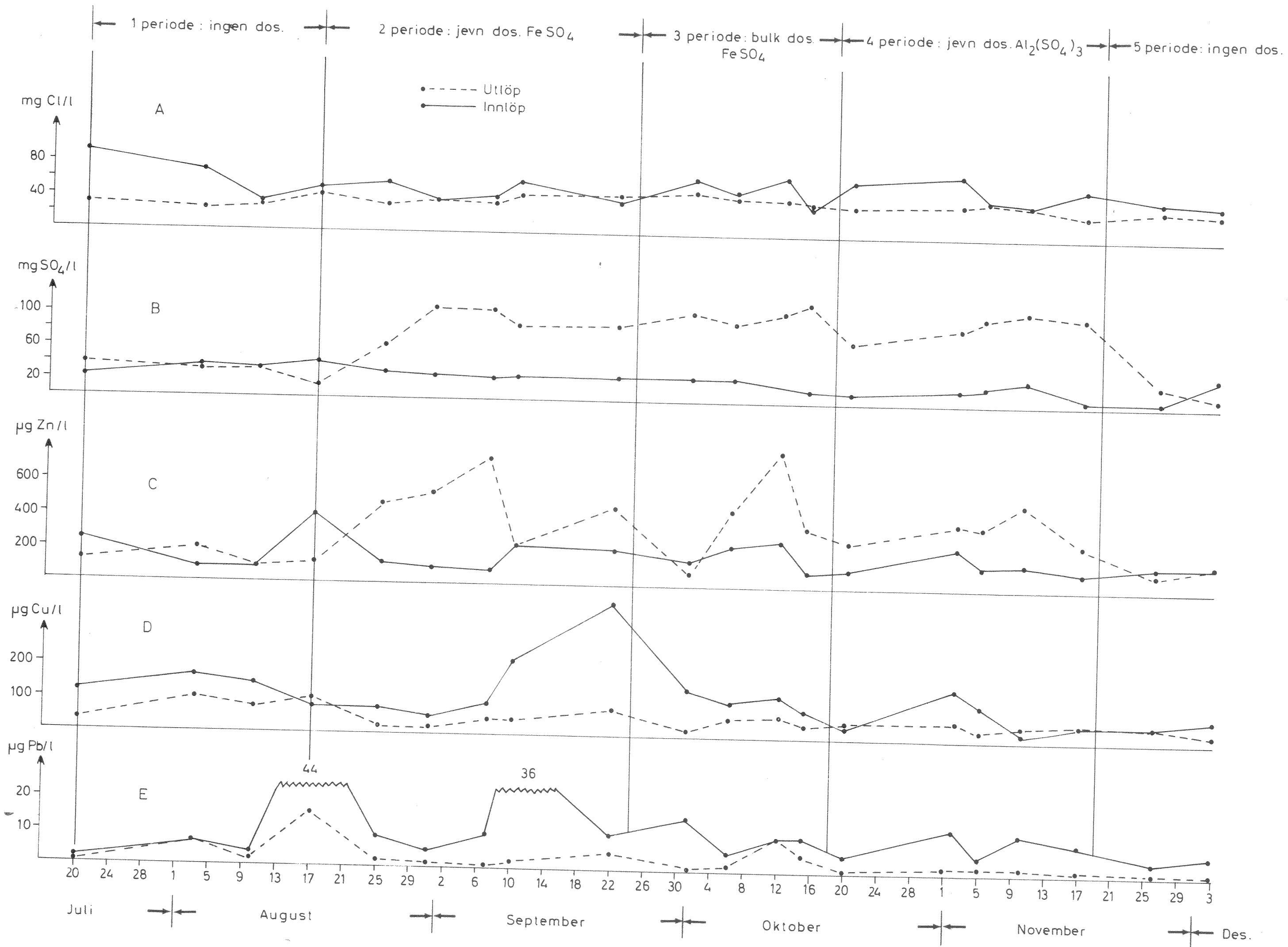
Forsøks- periode	Doserings- metode	µg Zn/l		µg Cu/l		µg Pb/l	
		inn	ut	inn	ut	inn	ut
1	Ingen dosering	207	140	127	78	14	6,5
		+ 157	+ 43	+ 37	+ 31	+ 19	+ 6
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	147	477	165	43	14	2,6
		+ 66	+ 150	+ 141	+ 23	+ 12	+ 1
3	Bulk.dos. FeSO <sub>4</sub>	189	422	111	42	10	4,7
		+ 83	+ 301	+ 25	+ 18	+ 4	+ 3
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	155	421	72	43	9	1,6
		+ 34	+ 94	+ 52	+ 11	+ 3	+ 0,5

### 6.8.1 Sink (Zn)

Som man ser av standard-avviket, er det tildels meget store variasjoner i sinkinnholdet både i innløp og utløp. Likevel ser man en klar økning i Zn-mengden i utløpet etter at felling startet. Periodene 2, 3 og 4 er likeverdige med hensyn til Zn i utløpet.

Årsaken til den økte Zn-mengde i utløp etter felling, er det ingen grunn til at man skal finne i fellingsmidlet da dette - ifølge pkt. 5.2 ikke inneholder så store mengder Zn. Årsaken må heller ligge i at man i anlegget har stor kontakt mellom galvaniserte rør og vannet, og det surere miljø ved simultanfelling har ført til økning i sinkutløsningen. Sinken løses dobbelt så lett i galvaniserte rør ved pH=7 som ved pH = 8 og tre ganger så lett ved pH = 6.

Fig. 9 Konsentrasjon av Cl, SO<sub>4</sub>, Zn, Cu og Pb i innløp og utløp



#### 6.8.2 Kobber (Cu)

Man har hatt en reduksjon av kobberinnholdet i alle perioder og reduksjonen var større ved felling enn uten. Type fellingsmiddel ser ikke ut til å hatt vesentlig betydning med hensyn til størrelsen av kobberreduksjonen.

#### 6.8.3 Bly (Pb)

Man hadde en klar reduksjon av blyinnholdet. Spredningen er imidlertid stor og innløpskonsentrasjonene lave. Reduksjonen med felling var større enn uten, og fellingen med al-sulfat ga størst reduksjoner.

#### 6.8.4 Nikkel, Cadmium, Krom og Aluminium

Konsentrasjonene av Ni, Cd og Cr var under hele forsøket så lave, både i innløp og utløp, at de lå under nedre grense for analysemetodens nøyaktighet.

Når det gjelder aluminium var det også meget lave konsentrasjoner i innløpet og i utløpet hadde man ikke i noen prøve, heller ikke under periode 4, al-konsentrasjoner  $> 0,01$  mg Al/l som er analysemetodens nedre grense.

#### 6.9 Klorid og sulfat (Cl, SO<sub>4</sub>)

Analyseresultatenes middelværdi med standard avvik er satt opp i tabell 14, dessuten ser man variasjonene over forsøket i figur 9 A og B.

Tabell 14 :

Forsøks- periode	Doserings- metode	mg Cl/l		mg SO <sub>4</sub> /l	
		inn	ut	inn	ut
1	Ingen dosering	63,5 ± 24,3	33,0 ± 7,7	34,1 ± 7,1	29,9 ± 9,5
2	Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	47,2 ± 10,9	38,8 ± 5,2	28,1 ± 2,7	92,4 ± 17,9
3	Bulkdos. FeSO <sub>4</sub>	54,0 ± 16,7	43,5 ± 5,0	22,7 ± 7,0	106,5 ± 10,2
4	Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	56,8 ± 13,4	36,4 ± 5,1	18,2 ± 8,7	106,4 ± 23,6

Man hadde en viss reduksjon av klorid gjennom systemet. Det ser ikke ut til at man påvirker denne reduksjonen i vesentlig grad ved simultanfelling.

Når det gjelder sulfat, har man en klar økning i sulfatmengden etter at fellingen startet. Økningen tilsvarende i store trekk mengden av den sulfat man tilfører ved doseringen.

#### 6.10 Feltanalysene

Av driftsrapportene i bilag II kan en se resultatene av feltanalysene.

##### 6.10.1 Slamvolum

Man omtaler slamvolumforholdene i pkt. 7.5 og skal her bare slå fast at man ved felling vil kunne operere med lavere slamvolum ved et bestemt tørrstoffinnhold enn ved vanlig aktivslamdrift (dvs. lavere slamvolumindeks).

Slamvolumet i returslammet varierte en del fra dag til dag, men var relativt lavt under hele forsøket (40-60% høyere enn SV i luftetank).



Grunnen var at man måtte kjøre med høy returslammengde, (1,0 - 1,5 l/sek.), for at man ikke skulle risikere gjentetting av returslampumpen.

#### 6.10.2 Siktedyp

Siktedypet var overveiende godt (> 1,0 m) i alle perioder, unntatt slutten av 1. periode og begynnelsen av andre.

Like etter starten med al-felling hadde man også relativt dårlig siktedyp. Det kan se ut som om man like etter simultanfelling starter, må regne med et mer turbid avløpsvann, men at dette etter relativt kort tid vil snu seg, slik at man ved simultanfelling generelt vil ha klarere utløpsvann enn ved normal aktivslamdrift. Det klareste vann hadde man enkelte dager med al-felling da man var oppe i 2 m siktedyp.

#### 6.10.3 Temperatur

I punkt 5.1 er temperaturens innvirkning på flyteslamproblemet belyst. Som man vil se av driftsrapporten, var temperaturen i innløpsvannet meget høy under hele forsøket. Selv med minusgrader i lufta var ikke temperaturen lavere enn 12°C i vannet. I sommervarmen var vanntemperaturen > 20°C. Den høye temperaturen i vannet skyldes de korte tilførselsledninger og kan være en av årsakene til de gode rensresultater som man oppnår med hensyn til organisk stoff.

#### 6.10.4 Oksygenmålinger

Anlegget ble drevet på en slik måte at man hadde oksygenoverskudd under hele forsøket. Oksygenkonsentrasjonene varierte mellom 2 - 5 mg O/l ved normal drift. Ved lave temperaturer hadde man høyere oksygenkonsentrasjoner, uten at luftmengden ble øket, enn ved normale temperaturer. Dette skyldes hovedsaklig at man ved lavere temperaturer har lavere biologisk aktivitet og dermed lavere oksygenforbruk.

Man kunne også registrere en nedgang i oksygeninnhold like etter at dosering startet. Dette kan skyldes at den biologiske aktivitet

temporært ble forstyrret ved det nye miljø.

Den 22.10. luktet det white spirit i anlegget og oksygenkonsentrasjonen hadde sunket til 0,3 mg O/l og siktedypet var relativt dårlig. Dette må skyldes giftvirkninger av white spiriten. Tre dager senere (over helgen) var imidlertid forholdene normale igjen.

#### 6.11. Femte periode - Ingen dosering

Man tok døgnavprøver etter at fellingen var avsluttet for å studere hvordan anlegget oppførte seg og hvor lang tid det tok før tilstanden var som i et normalt aktivslamanlegg igjen.

Resultatene kan man se i tabell I.1 - I.12 i bilag 1. Generelt kan man si at de parametre som viste liten forandring ved at felling ble innført, også viste liten forandring ved at felling opphørte. Dette gjelder i store trekk organisk stoff, tørrstoff, turbiditet, saltene og tungmetallene bortsett fra Zn. Zn-konsentrasjonen gikk tilbake til den verdi man hadde i første periode. pH økte også til den opprinnelige verdi, og dette sammen skulle understøtte teorien om sinkutløsning i fellingsperiodene.

Sulfatmengden gikk også ned til nivået man hadde i 1. perioden. Det samme kan sies om ledningsevnen og alkaliteten.

Man hadde imidlertid en viss tregghet i systemet, slik at jo lenger man fjernet seg i tid fra fellingsperioden, dess mer tenderte resultatene å bli som de var i 1. perioden.

Størst tregghet hadde man når det gjelder fosfor. Dette går tydelig frem av figur 3. Forholdet er omtalt i pkt. 6.1.

## 7. SLAMPRODUKSJON

Man mente ved planleggingen av forsøket at dette ville være av for kort varighet til å gi sikre resultater angående slamproduksjonen. Av den grunn ble det gjort relativt få slamanalyser i den første perioden.

Etter hvert som forsøket skred frem, ble det imidlertid klart at man også kunne skaffe seg verdier for slamproduksjonen ved simultanfelling, og hyppigheten av slamanalysene ble økt betydelig, slik at man ved hver døgnprøve også tok prøve av det aktiverte slammet i luftetanken.

Slammet ble analysert med hensyn til total tørrstoff, suspendert stoff og gløderest. Dessuten ble slammet analysert på Tot.P, Tot. Fe og pH. Fosfor og jernanalysen ble tatt med for om mulig å lage en massebalanse av fosfor og jern. Disse parametrene skal man komme tilbake til.

### 7.1 Slamproduksjon i langtidsluftere

Meget grunnleggende slamproduksjonsforsøk for aktivslamanlegg er blitt utført av Hopwood og Downing (8) ved Water Pollution Research Laboratory i England. Man undersøkte slamproduksjonen som funksjon av oppholdstiden, slamkonsentrasjonen, temperaturen, oksygeninnholdet og forurensningsstyrken på det innkommende vann.

Det ble funnet at slamproduksjonen var avhengig av alle disse faktorene. Man mente at den mest korrekte måte å karakterisere slamproduksjonen på, var ved den såkalte slamproduksjonsindeks, som angir vekt av produsert suspendert stoff pr. vektenhet av tilført BOF.

Produsert mengde suspendert stoff består av økningen av mengden suspendert stoff over analyseperioden pluss mengden av suspendert stoff som har gått i utløpet i analyseperioden.

Den beste måten å angi slamproduksjon som funksjon av de faktorene produksjonen varierer med, var å korrelere slamproduksjonsindeksen med slambelastning (basert på totalt suspendert stoff). Figur 10 viser slamproduksjonsindeksens avhengighet av slambelastningen ifølge den engelske undersøkelsen i det området langtidsluftere opereres.

## 7.2 Slamproduksjon ved simultanfelling

Man har svært få sikre kilder som behandler slamproduksjon ved simultanfelling. De oppgaver man har om dette emnet er langt fra entydige. Mens Wuhrmann (9) antyder en økning på både vekt og volum av slammet til mer enn det dobbelte ved simultanfelling i forhold til kun aktivslam, viser de seneste finske forsøk at man ikke får noen økning i volum - snarere tvert om.

Fra Sverige finnes ikke sikre data over slamproduksjonen ved de simultanfellingsforsøk man der har gjennomført.

Ved langtidsluftere blir slammet i anlegget så vidtgående mineralisert at overskuddsslammengden blir meget lav. P.g.a. den lave slambelastningen, kan man derfor foreta tapping av overskuddslam intermittent, gjerne med flere måneders mellomrom, eller man kan la det stabiliserte slammet få en naturlig avgang gjennom utløpet. Her i landet har det vært mest vanlig å tappe slam, man kan da holde en jevnere og bedre rensegrad.

Dersom simultanfelling fører til en betydelig økning av slammengdens volum, slik Wuhrmann (9) antydet, ville man kunne tenke seg at simultanfelling ville være vanskelig å gjennomføre ved langtidsluftere p.g.a. at overskuddslam da i langt større grad ville måtte fjernes.

## 7.3 Slamproduksjon ved Asker Batteri Kloakkrenseanlegg

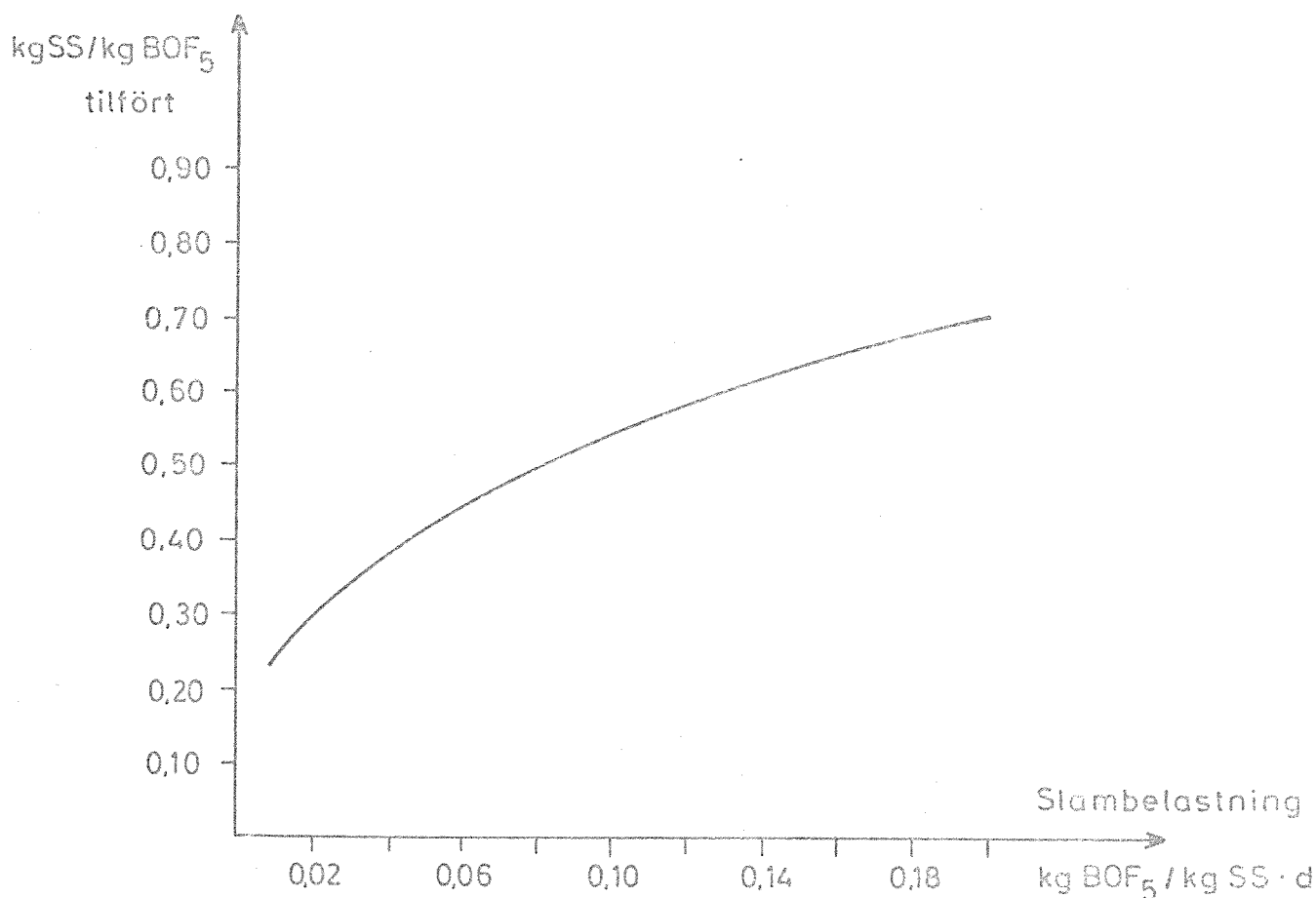
Tabell I.13, bilag I, viser analyseresultatene med hensyn til tørrstoff i slammet, og figur 11 gir et godt bilde av slamproduksjonen i de forskjellige perioder.

Fig. 10

Slamproduksjon i langtidsluftere

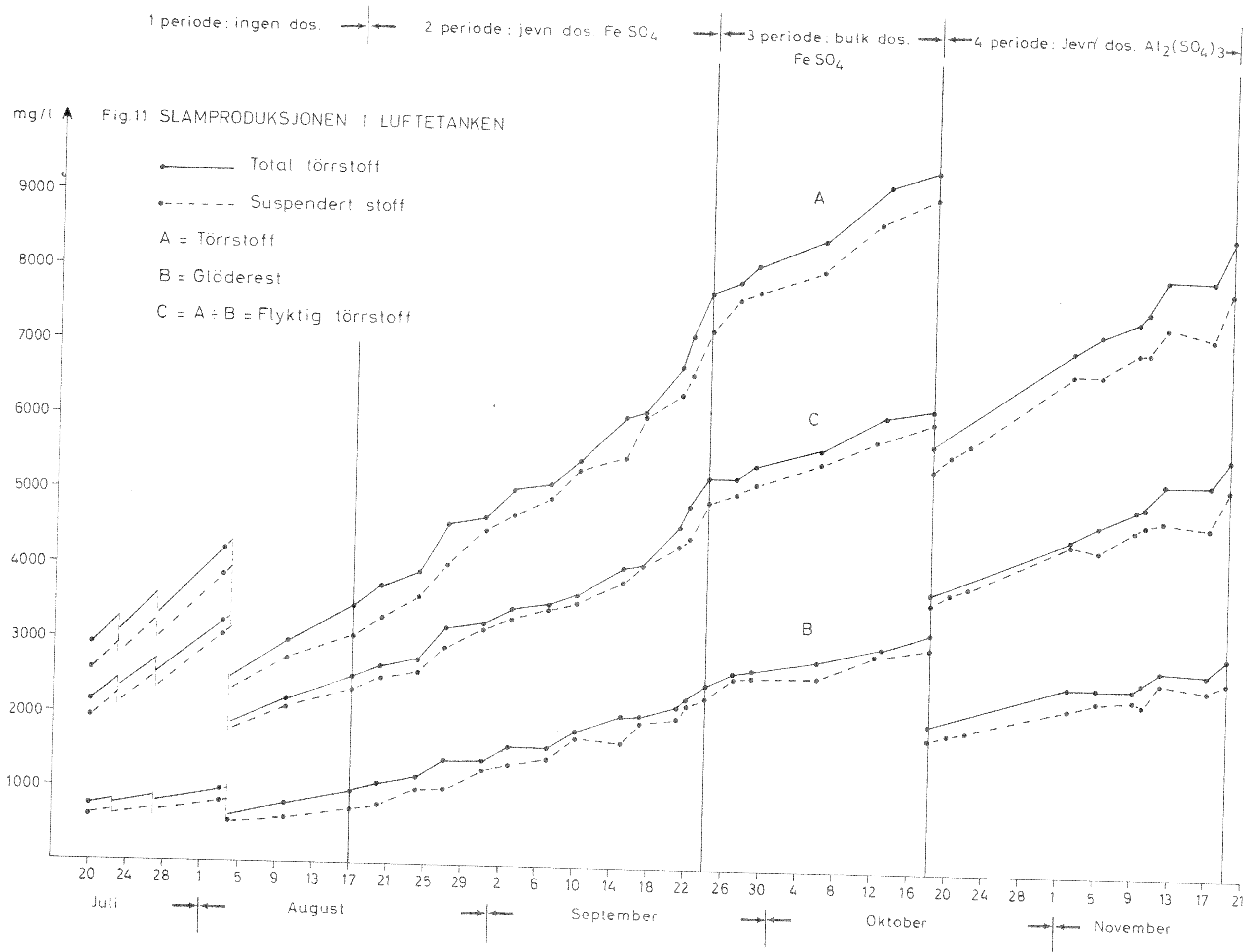
(Hopwood and Downing)

Slamproduksjonsindeks



Temp.korr.  $f_t = 1 + 0,02 (16 - t)$

Oksygeninnhold > 3 mgO/l



Som nevnt innledningsvis, ble det tatt få prøver av slammet i første periode. Dette fører til at slamproduksjonsresultatene fra denne perioden blir mer usikre enn for de andre periodene. For å angi slamproduksjon i tradisjonelle langtidsluftere, har man imidlertid de engelske undersøkelser (8) å støtte seg til.

For å få bukt med slamsvellingen man hadde i første del av første periode, var det nødvendig å foreta 3 slamtappinger. Dette går frem av figur 11.

I andre perioden, med jevn dosering  $\text{FeSO}_4$ , viser kurven i figur 11 en jevn stigning både for tørrstoff og gløderest. På slutten av perioden har man imidlertid fått en markant økning i linjens stigningskoeffisient. Man kan ikke finne noen enkel forklaring på denne tilsynelatende "unormale" økningen. Ved utregning av slamproduksjonen i tabell 15 har man derfor for 2. periode regnet ut både den "normale" slamproduksjonen man har frem til 21.9. og den totale for hele perioden.

I tredje periode med bulkdosering med  $\text{FeSO}_4$ , ser man av figur 11 at man har hatt en jevn økning av mengden tørrstoff. I denne perioden måtte noen av analyseresultatene utelates p.g.a. analyse- og/eller prøvetakingsfeil.

Man foretok slamtapping etter at tredje periode var avsluttet. Det ville være for tidkrevende å foreta en fullstendig utskiftning av det jernfelte slammet, slik at aluminiumsfellingen kunne starte med "rent" aktivslam. Man mente at økningen i tørrstoffinnhold likevel gir en god indikasjon på hva man kan vente av slamproduksjon ved simultanfelling med aluminiumsulfat i en langtidslufter.

#### 7.4 Beregning av slamproduksjon

Slamproduksjonen for hver periode er utregnet som:

Total mengde suspendert stoff (SS) ved periodens slutt, minus total mengde SS ved periodens begynnelse, pluss den totale mengde SS man eventuelt har tappet bort, pluss den totale mengde SS som har fulgt med utløpsvannet.

Sammenstilling av resultatene er vist i tabell 15.

Tabell 15:

Forsøks- periode	Gj.sn. mengde tilført BOF <sub>7</sub>	Slamproduksjonen pr. døgn			Gløde- restens prosentuelle andel av tørrstoff	Slamprod. pr. døgn pr. tilført BOF <sub>7</sub>
		SS	Gl.rest	VSS		
	kg BOF <sub>7</sub> /d	kg/d	kg/d	kg/d	%	kg/d kg BOF <sub>7</sub>
1. per. ingen dos.	6,95	2,80	0,56	2,24	20,0	0,402
2. per. A Jevn dos. B FeSO <sub>4</sub>	5.17	3,37	1,24	2,12	36,8	0,594
		2,93	1,12	1,81	38,2	0,567
3. per. Bulkdos., FeSO <sub>4</sub>	5,92	2,38	0,88	1,50	37,0	0,402
4. per. Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	5,90	2,40	0,79	1,61	32,9	0,406

Tabellen er utregnet på grunnlag av den gjennomsnittlige vannføring for hele perioden (1955 0 l/d) og den gjennomsnittlige mengde tilført BOF<sub>7</sub> for hver av periodene.

Som man ser er det ført opp to resultater (A og B) i periode 2. Dette er gjort fordi man ville se på den "normale" og den totale slamproduksjon i perioden som omtalt i pkt. 7.3.

Som før nevnt er slamproduksjonen i første periode usikker p.g.a. få data. For å kontrollere, har man regnet ut slamproduksjonen etter Downing & Hopwood's anvisning, se pkt. 7.1.

I første del av perioden (før slamtapping 4.8) var den gjennomsnittlige slambelastning 0,077 kg BOF<sub>7</sub>/kg SS · d (0,067 kg BOF<sub>5</sub>/kg SS · d),



og i den andre del 0,070 kg BOF<sub>7</sub>/kg SS · d (0,061 kg BOF<sub>5</sub>/kg SS · d). Dette gir av figur 10 en slamproduksjonsindeks for første del på 0,47 kg SS/kg BOF<sub>5</sub> tilført og for andre del 0,45 kg SS/kg BOF<sub>5</sub> tilført. Tilført BOF i første del i gjennomsnitt = 7,20 kg BOF<sub>7</sub>/d (6,20 kg BOF<sub>5</sub>/d). Tilført BOF i andre del i gjennomsnitt = 5,53 kg BOF<sub>7</sub>/d (4,78 kg BOF<sub>5</sub>/d).

Dette gir en slamproduksjon i første del på 3,38 kg SS/d (i 15 d) og i andre del på 2,49 kg SS/d (i 13 d). Som et gjennomsnitt for hele første periode blir slamproduksjonen etter denne beregningsmetoden = 2,96 kg SS/d.

Forsøkene ga en slamproduksjon på 2,80 kg SS/d i gjennomsnitt og dette må sies å være en god overensstemmelse mellom den engelske beregningsmetoden og forsøket.

Det som ellers er bemerkelsesverdig med disse resultatene er at produksjonen av tørrstoff ikke synes å ha økt etter kjemikalietilsetning. I periode 3 og 4 er den sogar lavere enn i 1. periode. Dette er nok bare et tilsynelatende forhold. Tilløpsvannet var nemlig i første periode atskillig mer forurenset enn i de andre periodene, se tab. I.12 i bilag I, og man har av den grunn ikke direkte sammenliknbare forhold når det gjelder slamproduksjon.

Selv om figur 11 indikerer relativt entydige slamproduksjonsforhold, har den vist seg vanskelig å lage massebalanse basert på tørrstoff når det gjelder dette systemet. Man vil ikke gå nøyere inn på dette forholdet her, men ta det opp til vurdering i sluttrapporten etter at langtidserfaringene og langtidsresultatene er registrert.

Det går frem av tabell 15 at man har hatt en markant økning i gløderestens andel i slammet. I og med at tørrstoffmengden tilsynelatende ikke har vist noen betydelig økning, har dermed den organiske del av slammet en mindre andel av slammet ved simultanfelling.

Man skulle kunne tro at dette ville føre til en dårligere BOF<sub>7</sub>-reduksjon ved simultanfelling. Dette har man imidlertid ikke kunnet registrere, snarere tvert i mot. Dette kan ha en sammenheng med at slammet

får en annen karakter. Man kan operere med en lavere slamvolumindeks, dvs. man kan holde større mengder slam i luftetanken, se pkt. 7.5.

#### 7.5 Forhold i luftetanken

I tabell 16 er gitt en oversikt over forhold i luftetanken noen dager i hver av periodene. Man har verdier for organisk belastning, slamvolum, slamvolumindeks og slambelastning (i tabellen utregnet både m.h.t. suspendert stoff og flyktig suspendert stoff).

I figur 12 har man tegnet inn sedimenteringsforløpet til slammet ved enkelte anledninger. Disse sedimenteringsanalysene har foregått i en 1 liters målesylinder som man måler slamvolum i. Man har ganske enkelt registrert slammivået i cylinderen som funksjon av tiden.

Av figur 12, tabell 16 og av driftsrapportene fremgår de ekstreme forhold man hadde i luftetanken i begynnelsen av første periode. Slamvolumindeksen var meget høy (20/7, SVI = 271) som følge av lett slam som ga høyt slamvolum. Som man ser av sedimenteringsanalysen den 3/8 i figur 17, hadde man en meget lav synkehastighet på slammet i denne del av perioden.

Etter at det ble foretatt slamtapping i første periode, bedret etter hvert forholdene seg, og man kom ned i et normalt område for SV, SVI og slambelastning.

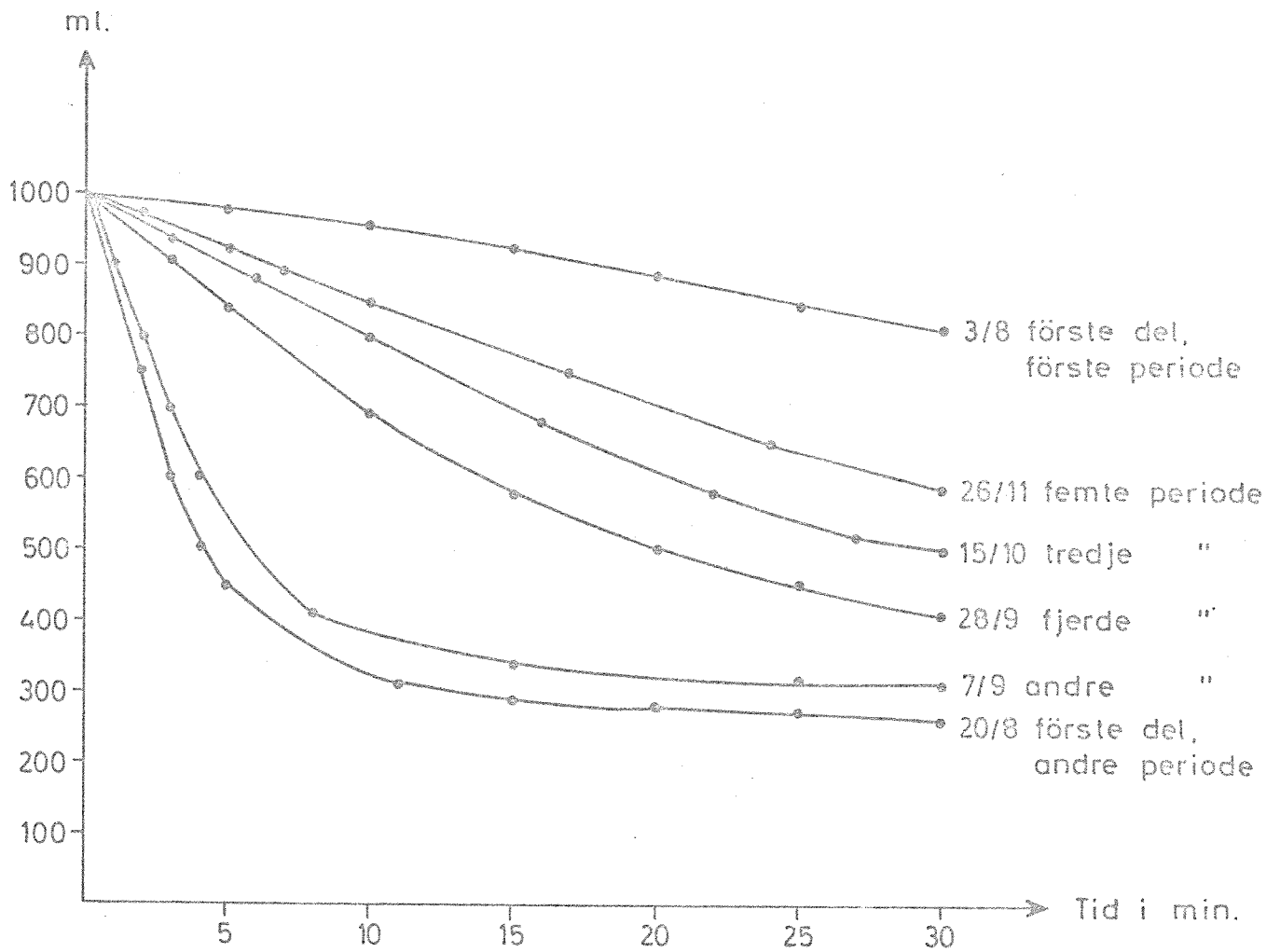
Etter at fellingen startet forandret forholdene i luftetanken seg betraktelig.

Tørrstoffmengden øket etter hvert, mens slamvolumet øket lite, slik at slamvolumindeks sank til SVI = 50 - 60. Dette vil si at slammet ble "tungt" og lett sedimenterbart, noe som også går frem av sedimenteringsanalysene for 20/8 og 7/9 i figur 12.

Tabell 16: Forhold i luftetanken.

Forsøks- periode	Dato	Org. belastn. kg BOF <sub>7</sub> /d	Slam- volum SV ml/l	Slam- volum- indeks SVI ml/g	Slambelastning f $= \frac{\text{kg BOF}_7/\text{d}}{\text{kg VSS (SS)}}$	
1. periode Ingen dos.	20.7.	6,75	700	271	0,131	(0,090)
	3.8.	5,60	810	194	0,063	(0,046)
	10.8.	7,10	220	104	0,115	(0,090)
	17.8.	3,60	210	90	0,053	(0,040)
2. periode Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	27.8.	5,15	330	82	0,061	(0,044)
	1.9.	9,40	310	67	0,099	
	7.9.	4,53	310	63	0,042	(0,032)
	17.9.	5,70	330	54	0,045	(0,031)
	24.9.	4,60	390	54	0,032	(0,022)
3. periode Bulkdos. FeSO <sub>4</sub>	29.9.	3,80	400	52	0,025	(0,017)
	6.10	8,30	460	57	0,052	(0,030)
	12.10	9,15	480	55	0,055	(0,030)
	15.10	2,15	500	55	0,012	(0,008)
4. periode Jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	6,30	270	48	0,058	(0,039)
	2.11.	4,35	330	49	0,034	(0,022)
	9.11	5,25	360	51	0,039	(0,026)
	12.11	6,25	380	51	0,045	(0,029)
	19.11	5,35	420	54	0,036	(0,024)
5. periode Ingen dos.	24.11	4,70	520	63	0,029	(0,020)
	26.11	6,45	560	69	0,040	(0,027)
	3.12	5,70	700	85	0,033	(0,024)

Fig. 12  
Sedimenteringsanalyser



De samme forholdene hadde man stort sett i tredje periode, med bulkdosering. Etter hvert øket imidlertid slamvolumet, og av driftsrapporten, bilag II, kan man se at slamvolumet var kommet opp i ca. 500 ved slutten av tredje periode, mens tørrstoffinnholdet var ca. 10 g/l. Det var ingen problemer med dette slammet og slamtappingen etter tredje periode ble foretatt bare fordi man ville prøve å tillemppe samme startforhold for aluminiumsulfatfellingene som ved fellingene med  $\text{FeSO}_4$ .

I langtidsforsøkene vil man prøve å finne ut hvor langt man kan øke tørrstoffmengden i slammet før det blir nødvendig med slamtapping.

I perioden med al-felling hadde man stort sett de samme forhold som ved jernfellingene med slamvolumindeks på ca. 50 og lave slambelastninger.

Etter at fellingen ble avsluttet, steg slamvolumet raskt, og i løpet av kort tid var slamvolumet oppe i 700 ml/l (3/12). Dermed fikk man også en økning i slamvolumindeks.

Etter noen tid oppsto igjen de forhold som var karakteristisk for første del av første periode, med høyt slamvolum (800 - 900 ml/l) uten at tørrstoffet hadde økt betydelig. Man fikk igjen høye slamvolumindekser.

#### 7.6 Opptak av fosfor og jern i slammet

Av tabell I.13 i bilag 1, går det frem at man har gjort analyser av fosfor- og jerninnhold i slammet. Dette ble gjort hovedsaklig for å prøve å sette opp en massebalanse med hensyn til disse parametrene. Som nevnt, vil ikke det bli gjort i denne rapporten, men i slutt-rapporten. Det tok noen tid før analysemetodene ble utviklet, slik at man ikke har noen analyser av P og Fe i slammet i første periode. I figur 13 og 14 har man imidlertid tegnet inn de analyseresultatene man har.

Av figur 13 fremgår det av stigningskoeffisienten at opptaket av jern totalt er  $12,5 \text{ mg Fe/l} \cdot d = 362 \text{ g Fe/d}$ . Tilført mengde jern som koaguleringsmiddel er 400 - 500 g Fe/d.

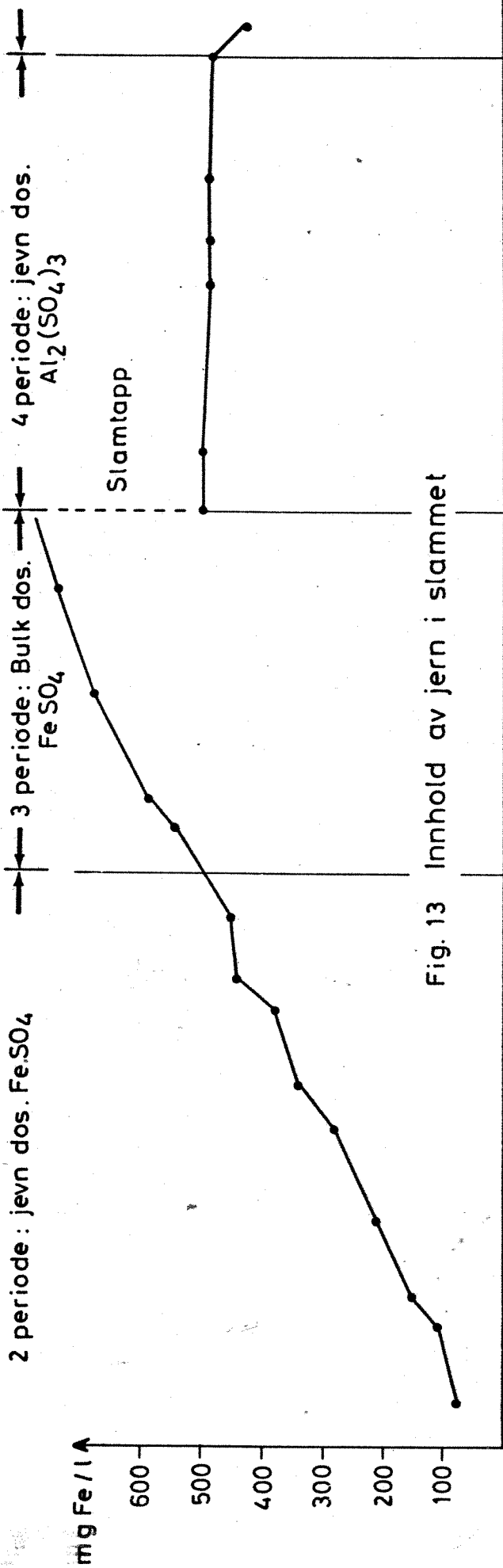


Fig. 13 Innhold av jern i slammet

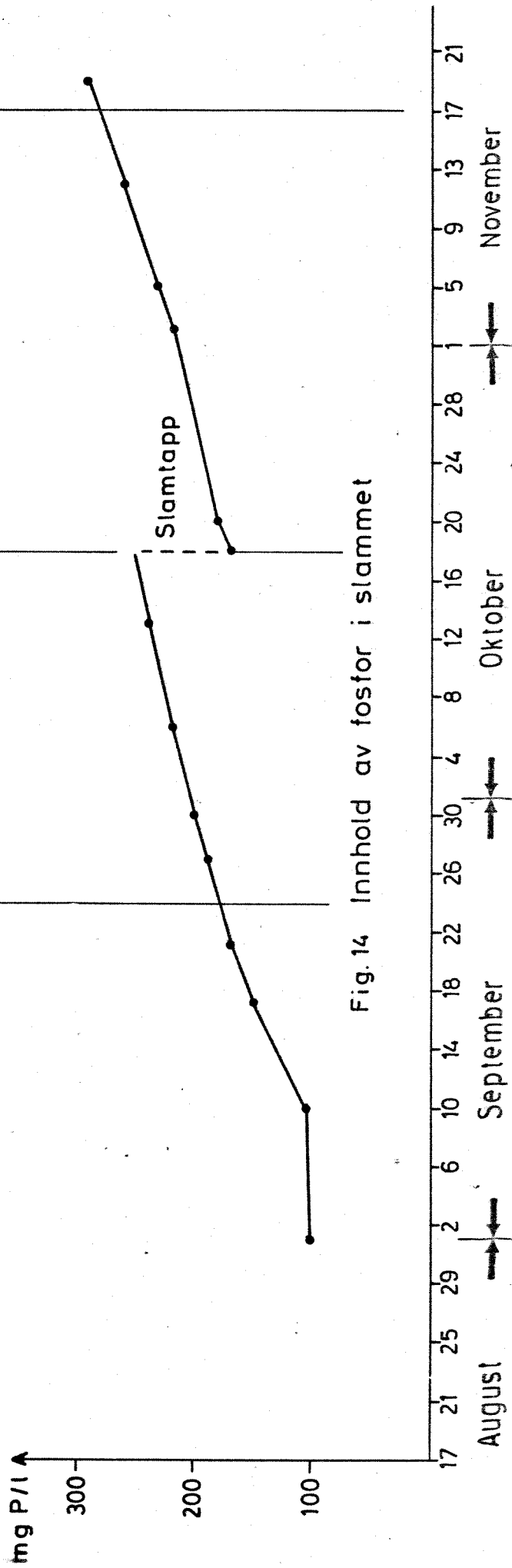


Fig. 14 Innhold av fosfor i slammet

Av figur 14 fremgår det av stigningskoeffisienten at opptaket av fosfor er totalt ca. 100mg P/d. Man fjerner imidlertid 100 - 190 mg P/d.

Man kan på nåværende tidspunkt ikke si hva den tilsynelatende uoverensstemmelsen i massebalansen skyldes, men dette skal som nevnt, undersøkes nærmere senere.

Det er ting som tyder på at man har hatt en viss slamavlagring i lufttetanken, men man kunne ikke registrere noen avsetning i løpet av forsøket.

#### 7.7 Aerob slamstabilisering

I pkt. 5.4 er nevnt at de aerobe slamstabiliseringsforsøkene var meget begrensede. Det blir ikke tatt med noen resultater her, men det skal nevnes at man ikke kunne registrere noen utløsning av hverken fosfor eller jern i det jernfelte slammet etter at det hadde blitt luftet i en måned. Slamvannet inneholdt bare meget små konsentrasjoner av organisk stoff (KOF = 10-14 mg O/l).

Oksygenopptaket i slammet etter en måneds lufting var uhyre lite og det var således noe nært fullstendig stabilt.

### 8. SAMMENDRAG

Erfaringene med simultanfelling ved Asker Batteri har vært meget gode. Forsøkene tyder på at man ved enkle utrustninger og dermed lave kostnader skulle kunne tillemppe kjemisk felling på allerede eksisterende langtidsluftere.

De to viktigste analyseparametrene i forbindelse med dette forsøket, må sies å være  $BOF_7$  og fosfor. I tabell 8.1 nedenfor har man stilt opp en oversikt over middelveidene med standard avvik for disse analysekomponentene.

Tabell 8.1:

Forsøks- periode	Tot. P			BOF <sub>7</sub>		
	inn mg P/l	ut mg P/l	red %	inn mg O/l	ut mg O/l	red %
1. periode Ingen dos.	7,24 ± 1,31	5,42 ± 0,74	26,9 ± 8,4	348 ± 97	14,0 ± 7,8	96,0 ± 5,0
2. periode Jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	7,51 ± 2,92	0,59 ± 0,28	93,0 ± 1,6	284 ± 88	8,3 ± 4,2	97,0 ± 2,0
3. periode Bulkdos. FeSO <sub>4</sub>	11,36 ± 6,68	0,67 ± 0,23	94,2 ± 2,0	296 ± 155	6,1 ± 1,5	97,9 ± 1,1
4. periode Jevn dos.	12,16 ± 4,76	0,69 ± 0,41	94,4 ± 3,7	295 ± 102	5,5 ± 2,9	98,0 ± 1,1

Som vanlig aktivslamanlegg ga anlegget reduksjon i mengde organisk stoff på 96%, som må sies å være meget bra. Fosforreduksjonen var ca. 27%.

Etter at fellingen startet, ble det oppnådd meget gode fosforreduksjoner. I perioden med jevn dosering FeSO<sub>4</sub> var fosforkonsentrasjonen i utløpet i middel 0,59 mg P/l og renseeffekten med hensyn til fosfor 93 %. Man fikk en økning i anleggets renseeffekt med hensyn til organisk stoff.

De mest overraskende resultater fikk man i perioden med bulkdosering av FeSO<sub>4</sub>. Fosforkonsentrasjonene i utløpet var i middel i perioden 0,67 mg P/l og renseeffekten 94,2%. Renseeffekten med hensyn til organisk stoff var hele 97,8%.

Med aluminiumsulfat som fellingsmiddel var også renseresultatene overbevisende. Utløpskonsentrasjonen av fosfor var 0,69 mg P/l og renseeffekten 94,4% i middel. BOF<sub>7</sub>-reduksjonen var på hele 90% i middel.



Med hensyn til valg av fellingsmiddel, ser jernsulfat og al-sulfat ut til å være ganske likeverdige, men av kostnadårsaker bør jernsulfat velges ved simultanfelling i små anlegg. Man må kunne regne med at KRONOS TITAN A/S bør kunne levere avfallsproduktet jernsulfat til en pris som ligger vesentlig under den pris som man i dag har på aluminiumsulfat.

For små langtidsluftere ser bulk-metoden ut til å egne seg godt. Ved bulkmetoden doserer man hele døgnrasjonen av fellingsmiddel på en gang, f.eks. ved oppsynsmannens daglige ettersyn. Den eneste kostnaden ved overgang til simultanfelling man da får, er kjemikaliekostnaden.

Forsøksresultatene fra dette forsøket står i klar motsetning til de nevnte forsøk med simultanfelling i Sverige, se pkt. 2.3, hvor man konkluderte med at man fikk redusert reduksjon av organisk stoff og relativt dårlige reduksjoner(70-80%) med hensyn til fosfor. Resultatene er mer i tråd med de erfaringer man har fra Finland, se pkt. 2.4.

Man har kunnet registrere store forandringer i slamkarakteristika ved simultanfelling i forhold til vanlig aktivslamdrift. Slamvolumindeks ved simultanfelling var ca. 50 og dette indikerer at man ved simultanfelling kan operere med et høyere tørrstoffinnhold på slammet ved et visst slamvolum enn ved vanlig drift. I og med de gode sedimenteringsegenskapene slammet hadde, fikk man ikke problemer med slamavskillingen selv med de relativt store mengder slam man til sine tider hadde. Det var ikke noe som tydet på at man fikk utløsning av fosfor eller jern ved den aerobe slambehandling.

Ødegård/lja

28.1.1972

## LITTERATURLISTE

- (1) Thomas, E.A.: "Phosphatfällung in der Kläranlage von Uster und Beseitigung des Eisen-Phosphat-Schlammes".  
Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich,  
Jahrgang 111, s. 309-318, Desember 1966.
- (2) Thomas, E.A.: "Betriebserfahrungen mit Phosphatelemination bei 10 kommunalen Kläranlagen im Kanton Zürich, 1969".  
Gras-Wasser-Abwasser, 50 Jahrgang 1970 Nr. 7.
- (3) Balmér, Blomquist og Lindholm: "Simultanfälling i en högbelastad aktivslamprocess".  
Institut för Biokemi och Biokemisk teknologi, KTH Stockholm.  
Vatten 2, 1968.
- (4) Cronholm, M.: "Fosforreduktion medelst al-sulfat vid Eolshälls reningsverk".  
Stockholms Stads Gatukontor.  
Vatten 2, 1968.
- (5) Ahlstrand, Flygt, Westberg: "Simultanfälling för fosforreduktion. Provdrift vid Uppsala reningsverk".  
Stadsbyggnad 4/1969.
- (6) Määttä, R.: "Fosforeduktion i samband med aktivslammetoden".  
Sjette nordiske symposiet om vannforskning, Scantion 21.-23. apr.  
1970.
- (7) Särkkä, M.: "Praktiska erfarenheter av närsaltreduktion,"  
Sjette nordiske symposiet om vannforskning, Scantion 21.-23. apr.  
1970.

- (8) Hopwood, A.P., Downing, A.L.: Water Pollution Research Laboratory, Stevenage.  
"Factors Affecting the Rate of Production and Properties of Activated Sludge in Plants Treating Domestic Sewage".  
J. inst. Sew. Purif. Vol. 64, 1964, side 435-452.
- (9) Wuhrmann, K.: "Probleme der dritten Reinigungsstufe von Abwässern".  
Informationsblatt Nr.14 (mai 1967)(s. 67-73) der Föderation  
Europäischer Gewässerschutz (FEG).

BILAG I :       TABELLER.   FORSØKSRESULTATER.

I tabellene er regnet ut middelveiden med standardavviket

Enkeltresultatene merket med stjerne er stikkprøver. Disse er ikke tatt med i beregningen av middelveidi og standardavvik.

TABELL I.1 :

Forsøks- periode	Dato	Totalfosfor mgP/l			Ortho-fosfat mgP/l		
		inn	ut	%	inn	ut	%
1. periode Ingen dosering	20.7	9,50	6,80	28,4	9,50	6,80	28,5
	21.7	7,10	5,60	21,1	5,80	5,60	3,5
	23.7	5,80	5,20	10,3	5,50	5,20	5,5
	27.7	8,00	5,40	32,5	6,0	5,30	11,7
	3.8	7,00	5,05	27,8	6,20	5,05	18,5
	4.8	9,20	5,60	39,2	7,80	5,60	28,3
	6.8	6,00	4,30	28,3	6,80	4,00	33,3
	10.8	7,60	6,30	17,2	6,70	6,20	7,5
	11.8	5,90	4,50	23,8	4,10	3,90	4,9
17.8	8,10	5,40	33,4	7,30	5,10	30,2	
Gjennomsnitt ± standardavvik		7,42 ± 1,31	5,42 ± 0,74	26,9 ± 8,4	6,49 ± 1,46	5,28 ± 0,83	18,6 ± 11,9
2. periode jevn dosering FeSO <sub>4</sub>	25.8	7,70	0,60	92,3	6,80	0,54	92,1
	27.8	7,10	0,70	90,1	7,10	0,50	93,0
	31.8	5,80	0,60	89,7	5,30	0,21	96,0
	1.9	6,10	0,48	92,1	5,10	0,21	95,9
	3.9	5,20	0,38	92,7	4,40	0,22	95,0
	7.9	5,10	0,36	93,0	5,00	0,17	96,6
	8.9	6,20	0,38	93,9	6,00	0,18	97,0
	9.9	-	0,38	-	-	0,19	-
	10.9	11,30	0,68	94,0	9,10	0,29	96,8
	15.9	6,10	0,52x	91,5x	5,70	0,17x	97,0x
	17.9	6,00	0,64x	89,3x	5,50	0,17x	96,9x
	21.9	-	0,61	-	-	0,38	-
	22.9	8,00	0,54	93,7	-	-	-
	24.9	15,00	1,40	90,7	13,00	1,30	90,0
Gjennomsnitt ± standardavvik		7,51 ± 2,92	0,59 ± 0,28	93,0 ± 1,6	6,64 ± 2,47	0,38 ± 0,33	94,8 ± 2,61
3. periode bulk- dosering FeSO <sub>4</sub>	29.9	7,60	0,55	92,8	6,80	0,36	94,7
	30.9	-	0,49	-	-	0,30	-
	1.10	16,00	1,20	92,5	11,40	1,10	90,4
	5.10	8,30	0,74	91,1	7,30	0,43	94,1
	6.10	8,80	0,53	94,0	5,40	0,28	94,8
	8.10	8,00	0,48	94,0	6,40	0,24	96,2
	12.10	26,00	0,76	97,1	24,00	0,30	98,8
	13.10	10,80	0,76	93,0	2,50	0,36	85,6
15.10	5,40	0,52	90,4	4,00	0,25	93,7	
Gjennomsnitt ± standardavvik		11,36 ± 6,68	0,67 ± 0,23	94,2 ± 2,0	8,48 ± 6,79	0,40 ± 0,26	95,3 ± 3,9
4. periode jevn dosering Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	13,20	1,30	90,2	10,40	1,08	89,6
	22.10	15,20	1,22	92,0	10,00	0,90	91,0
	2.11	9,40	1,24	86,8	6,20	0,72	87,7
	3.11	-	0,98	-	-	0,80	-
	5.11	8,20	0,62	92,4	5,40	0,34	93,7
	9.11	9,40	0,36	96,2	8,40	0,13	98,5
	10.11	8,60	0,34	96,0	6,00	0,16	97,3
	12.11	7,60	0,28	96,3	5,00	0,10	98,0
	16.11	10,00	0,20	98,0	8,80	0,16	98,2
	17.11	21,00	0,44	97,9	19,70	0,32	98,4
19.11	19,00	0,64	96,6	17,80	0,47	97,4	
Gjennomsnitt ± standardavvik		12,16 ± 4,76	0,69 ± 0,41	94,4 ± 3,7	9,77 ± 5,11	0,47 ± 0,34	95,3 ± 4,1
5. periode Ingen dosering	23.11	-	2,80	-	-	2,80	-
	24.11	-	2,50	-	-	2,40	-
	25.11	-	3,40	-	-	3,20	-
	26.11	9,20	3,40	63,1	5,20	3,20	38,5
	3.12	8,20	4,80	41,5	6,40	4,50	29,7

x = Stikkprøve

Forsøks- periode	Dato	BOF <sub>7</sub> ufiltrert prøve			BOF <sub>7</sub> filtrert prøve		
		inn	ut	%	inn	ut	%
1. periode Ingen dosering	20.7	390	8,6	97,8	170	2,7	98,5
	21.7	363	15,6	95,8	237	8,0	96,6
	23.7	328	8,8	97,3	186	6,3	96,5
	27.7	436	6,5	98,4	300	3,9	98,7
	3.8	322	9,9	97,0	153	5,0	96,7
	4.8	511	14,9	97,0	305	2,7	99,2
	6.8	398	9,4	97,5	139	1,4	98,9
	10.8	343	12,1	97,1	191	2,8	98,5
11.8	204	22,5	88,9	130	4,1	96,8	
17.8	188	32,0	83,0	104	5,3	94,8	
Gjennomsnitt ± standardavvik		± 348	± 14,0	± 96,0	± 192	± 4,2	± 97,8
2. periode jevn dosering FeSO <sub>4</sub>	25.8	246	15,5	93,8	105	4,3	95,9
	27.8	271	12,2	95,5	114	2,5	97,0
	31.8	291	13,5	95,4	162	2,5	98,5
	1.9	472	7,2	98,4	188	1,6	99,2
	3.9	146	11,1	92,3	102	2,2	97,9
	7.9	219	6,8	98,0	119	2,2	98,1
	8.9	326	5,4	98,4	152	2,0	98,6
	9.9	-	-	-	-	-	-
	10.9	276	2,1	99,0	172	0,4	99,8
	15.9	415	10,4 <sup>x</sup>	97,5 <sup>x</sup>	237	4,1 <sup>x</sup>	98,4 <sup>x</sup>
	17.9	301	20,1 <sup>x</sup>	95,7 <sup>x</sup>	142	2,9 <sup>x</sup>	98,0 <sup>x</sup>
	21.9	-	7,5	-	-	2,0	-
22.9	208	5,4	97,5	138	1,3	99,0	
24.9	242	4,1	98,2	205	2,3	98,9	
Gjennomsnitt ± standardavvik		± 284	± 8,3	± 97,0	± 153	± 2,1	± 98,5
3. periode bulk- dosering FeSO <sub>4</sub>	29.9	210	5,0	97,7	149	2,5	98,3
	30.9	-	3,8	-	-	1,3	-
	1.10	293	7,3	97,4	208	1,5	99,3
	5.10	261	8,1	97,0	142	4,5	96,5
	6.10	534	4,9	99,1	302	1,2	98,5
	8.10	-	-	-	-	-	-
	12.10	481	7,5	98,3	413	0,9	99,8
	13.10	156	6,6	95,8	70	1,4	98,0
15.10	137	5,4	96,0	62	0,2	99,7	
Gjennomsnitt ± standardavvik		± 296	± 6,1	± 97,9	± 192	± 1,7	± 99,0
4. periode jevn dosering Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	291	9,9	96,5	191	1,3	99,2
	22.10	560	7,6	98,7	319	4,2	98,7
	2.11	252	8,7	96,5	150	1,5	99,0
	3.11	-	9,7	-	-	1,4	-
	5.11	196	5,8	97,0	120	1,2	98,9
	9.11	304	3,1	99,4	174	0,5	99,7
	10.11	284	2,6	99,0	146	0,6	99,5
	12.11	206	4,6	97,6	138	1,0	99,3
	16.11	238	2,4	98,8	128	0,6	99,6
	17.11	320	2,9	99,1	210	0,5	99,8
19.11	296	3,1	99,0	194	0,9	99,5	
Gjennomsnitt ± standardavvik		± 295	± 5,6	± 98,0	± 178	± 1,2	± 99,2
5. periode Ingen dosering	23.11	-	3,5	-	-	0,8	-
	24.11	-	4,3	-	-	1,1	-
	26.11	217	4,0	98,2	146	1,2	99,1
	3.12	329	8,0	97,5	196	1,7	99,1

x = Stikkprøve

TABELL 1.3 :

Forsøks- periode	Dato	KOF ufiltrert prøve			KOF filtrert prøve		
		inn	ut	%	inn	ut	%
1. periode Ingen dosering	20.7	562	32	94,3	333	23	93,0
	21.7	466	28	94,0	283	23	91,9
	23.7	406	39	90,3	216	26	88,0
	27.7	677	31	95,5	469	27	94,2
	3.8	574	41	93,0	242	31	87,2
	4.8	795	35	95,6	470	28	94,0
	6.8	800	34	95,7	234	24	89,6
	10.8	673	41	94,0	267	30	88,9
	11.8	281	51	81,8	179	29	83,7
17.8	245	84	65,7	166	46	72,3	
Gjennomsnitt		548	41,6	92,4	286	28,7	90,0
± standardavvik		±196	±16,0	± 9,5	±108	± 6,0	± 6,5
2. periode jevn dosering FeSO <sub>4</sub>	25.8	367	34	90,8	220	30	86,4
	27.8	531	35	93,4	205	25	88,9
	31.8	502	35	93,0	249	23	90,7
	1.9	723	30	95,9	262	23	91,2
	3.9	242	25	89,6	144	20	86,2
	7.9	337	30	91,1	189	21	88,8
	8.9	378	-	-	197	24	87,8
	9.9	-	26	-	-	19	-
	10.9	422	22	94,7	267	17	93,6
	15.9	689	40 <sup>x</sup>	94,1 <sup>x</sup>	316	25 <sup>x</sup>	92,1 <sup>x</sup>
	17.9	419	29 <sup>x</sup>	93,1 <sup>x</sup>	179	16 <sup>x</sup>	90,0 <sup>x</sup>
	21.9	-	29	-	-	22	-
	22.9	287	27	90,7	208	18	90,3
	24.9	520	38	92,6	140	34	75,8
Gjennomsnitt		451	30,0	93,3	215	23,0	89,3
± standardavvik		±148	± 4,9	± 1,9	± 51	± 4,9	± 4,5
3. periode bulk- dosering FeSO <sub>4</sub>	29.9	351	34	90,3	195	27	86,2
	30.9	-	36	-	-	21	-
	1.10	406	38	90,7	220	32	85,4
	5.10	419	32	92,4	193	17	91,2
	6.10	788	18	97,7	362	13	96,4
	8.10	-	-	-	-	-	-
	12.10	637	27	95,8	527	18	96,6
	13.10	358	26	92,7	89	18	80,0
15.10	224	20	91,1	82	8	90,3	
Gjennomsnitt		455	28,9	93,6	238	19,3	91,9
± standardavvik		±192	± 7,3	± 2,7	±157	± 7,5	± 6,0
4. periode jevn dosering Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	454	23	94,9	201	13	93,5
	22.10	1013	31	97,0	568	21	96,3
	2.11	622	29	95,3	212	16	92,5
	3.11	-	22	-	-	19	-
	5.11	271	22	91,9	123	11	91,1
	9.11	469	12	97,4	217	11	94,9
	10.11	459	14	97,0	159	10	93,7
	12.11	263	15	94,3	156	13	91,7
	16.11	275	24	91,3	213	17	92,0
	17.11	570	21	96,3	298	20	93,3
19.11	612	19	-	272	17	93,8	
Gjennomsnitt		501	21,1	95,8	242	15,3	93,7
± standardavvik		±268	± 5,9	± 2,2	±125	± 3,8	± 1,5
5. periode Ingen dosering	23.11	-	40	-	-	19	-
	24.11	-	36	-	-	16	-
	25.11	-	22	-	-	17	-
	26.11	348	21	94,0	167	16	90,5
3.12	566	22	96,2	280	19	93,2	

x = Stikkprøve

TABELL I.4 :

Forsøks- periode	Dato	INN			UT		
		Susp. stoff	Gløde- rest	= (mg/l)	Susp. stoff	Gløde- rest	= (mg/l)
1. periode Ingen dosering	20.7	174	14	160	7,2	0,1	7,1
	21.7	153	11	142	4,4	1,6	2,8
	23.7	238	22	216	14,0	2,0	12,0
	27.7	612	82	530	9,2	0,8	8,4
	3.8	516	38	478	14,4	1,6	12,8
	4.8	522	24	498	17,0	1,0	16,0
	6.8	313	21	292	14,0	1,0	13,0
	10.8	357	20	337	6,0	0,1	5,9
11.8	94	7	87	24,0	4,5	19,5	
17.8	-	-	-	-	-	-	
Gjennomsnitt ± standardavvik		331 ± 184	26 ± 22	304 ± 166	12,2 ± 6,1	1,4 ± 1,3	10,8 ± 5,2
2. periode jevn dosering FeSO <sub>4</sub>	25.8	525	39	486	12,2	2,8	9,4
	27.8	266	25	241	11,8	1,6	10,2
	31.8	276	23	253	15,6	3,6	12,0
	1.9	255	19	236	10,5	0,5	10,0
	3.9	-	-	-	5,6	0,1	5,5
	7.9	114	4	110	8,8	0,1	8,7
	8.9	150	5	145	5,2	0,1	5,1
	9.9	-	-	-	12,6	5,4	7,2
	10.9	167	31	136	5,6	0,8	4,8
	15.9	-	-	-	17,4 <sup>x</sup>	2,3 <sup>x</sup>	15,1 <sup>x</sup>
	17.9	151	7	144	10,8 <sup>x</sup>	2,0 <sup>x</sup>	8,8 <sup>x</sup>
	21.9	-	-	-	9,4	1,6	7,8
	22.9	103	22	81	7,4	1,0	6,4
24.9	-	-	-	6,2	0,8	5,4	
Gjennomsnitt ± standardavvik		223 ± 130	19 ± 12	204 ± 122	9,2 ± 3,3	1,5 ± 1,6	7,7 ± 2,3
3. periode bulk- dosering FeSO <sub>4</sub>	29.9	-	-	-	7,6	1,0	6,6
	30.9	-	-	-	8,0	0,8	7,2
	1.10	159	18	141	9,2	3,0	6,2
	5.10	239	18	221	17,2	3,6	13,6
	6.10	285	15	270	7,2	0,4	6,8
	8.10	130	26	104	11,5	2,3	9,2
	12.10	142	8	134	13,3	2,3	11,0
13.10	264	32	232	14,0	6,5	7,5	
15.10	142	15	127	2,3	0,1	2,2	
Gjennomsnitt ± standard avvik		194 ± 65	18 ± 7	176 ± 63	10,0 ± 4,4	2,2 ± 2,0	7,8 ± 3,2
4. periode jevn dosering Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	133	10	123	9,5	0,5	9,0
	22.10	276	44	232	22,3	6,7	15,6
	2.11	366	24	342	-	-	-
	3.11	-	-	-	12,0	2,0	10,0
	5.11	94	7	87	8,5	0,5	8,0
	9.11	170	13	157	8,5	1,0	7,5
	10.11	177	16	161	8,0	0,5	7,5
	12.11	146	13	133	2,6	1,0	1,6
	16.11	287	16	271	5,6	0,8	4,8
17.11	140	11	129	5,6	0,4	5,2	
19.11	490	30	460	6,8	0,1	6,8	
Gjennomsnitt ± standard avvik		228 ± 12	18 ± 11	210 ± 117	8,9 ± 5,3	1,3 ± 1,9	7,6 ± 3,6
5. periode ingen dosering	23.11	-	-	-	7,2	0,4	6,8
	24.11	-	-	-	5,6	0,1	5,5
	26.11	286	18	268	4,2	0,4	3,8
	3.12	202	9	193	6,0	1,0	5,0

x = Stikkprøve



TABELL 1.5 :

Forsøks- periode	Dato	INN			UT		
		Total tørrst.	Gløde- rest	(mg/l)	Total tørrst.	Gløde- rest	(mg/l)
1. periode Ingen dosering	20.7	635	- 296	= 339	434	- 325	= 109
	21.7	790	290	500	460	270	190
	23.7	653	265	388	501	312	189
	27.7	990	297	693	390	249	141
	3.8	-	-	-	340	230	110
	4.8	1066	294	772	402	278	124
	6.8	727	225	502	348	235	113
	10.8	703	255	448	444	241	203
	11.8	497	235	262	474	265	209
17.8	562	352	210	498	277	221	
Gjennomsnitt ± standardavvik		736 ± 187	279 ± 38	457 ± 185	429 ± 57	268 ± 31	161 ± 45
2. periode Jevn dosering FeSO <sub>4</sub>	25.8	1169	325	844	498	297	201
	27.8	546	284	262	440	284	156
	31.8	727	263	464	486	293	193
	1.9	804	314	490	439	288	151
	3.9	-	-	-	413	305	108
	7.9	541	245	296	456	302	254
	8.9	645	200	445	482	309	173
	9.9	-	-	-	416	329	87
	10.9	804	403	401	-	-	-
	15.9	732	278	454	615 <sup>x</sup>	421 <sup>x</sup>	194 <sup>x</sup>
	17.9	515	247	268	505 <sup>x</sup>	350 <sup>x</sup>	155 <sup>x</sup>
	21.9	-	-	-	471	350	121
	22.9	772	425	347	471	346	125
24.9	659	290	369	463	350	113	
Gjennomsnitt ± standardavvik		719 ± 182	298 ± 67	422 ± 161	458 ± 27	314 ± 25	144 ± 36
3. periode bulk- dosering FeSO <sub>4</sub>	29.9	571	335	236	459	323	136
	30.9	-	-	-	502	331	171
	1.10	-	-	-	-	-	-
	5.10	604	278	326	495	338	157
	6.10	846	299	547	445	316	129
	8.10	439	248	191	405	284	121
	12.10	812	422	390	-	-	-
	13.10	738	434	304	506	378	128
15.10	390	224	166	445	318	127	
Gjennomsnitt ± standardavvik		629 ± 177	320 ± 81	309 ± 131	465 ± 37	327 ± 28	138 ± 18
4. periode Jevn dosering Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10	523	336	187	366	257	109
	22.10	1145	552	593	444	352	92
	2.11	750	327	423	460	357	103
	3.11	-	-	-	428	308	120
	5.11	457	258	199	439	305	134
	9.11	638	309	329	465	326	139
	10.11	585	335	250	445	309	136
	12.11	457	272	185	433	325	108
	16.11	695	394	301	394	258	136
	17.11	720	415	305	421	299	122
19.11	994	364	630	478	304	174	
Gjennomsnitt ± standardavvik		696 ± 224	356 ± 84	340 ± 160	434 ± 32	309 ± 31	125 ± 22
5. periode Ingen dosering	23.11	-	-	-	396	273	123
	24.11	-	-	-	404	286	118
	26.11	581	286	295	392	277	115
	3.12	678	275	303	336	257	79

x = Stikkprøve

TABELL I.6 :

Forsøks- periode	Dato	pH		Alkalitet ml 0,1 N HCL/l (->pH = 4,5)		
		inn	ut	inn	ut	
1. periode	20.7	6,77	7,52	62,51	19,86	
	21.7	7,17	7,52	59,68	18,15	
	23.7	7,75	8,00	48,25	18,48	
	Ingen	27.7	6,04	7,46	44,46	15,92
		3.8	6,76	7,57	44,20	14,75
	dosering	4.8	6,59	7,67	43,71	16,51
		6.8	6,78	7,41	36,32	20,50
		10.8	7,00	7,52	47,49	14,34
11.8		6,86	7,39	40,14	14,38	
17.8		7,15	7,30	50,44	17,03	
Gjennomsnitt		6,89	7,54	47,72	16,99	
± standardavvik		± 0,44	± 0,19	± 8,13	± 2,21	
2. periode	25.8	6,82	7,08	51,30	10,33	
	27.8	6,73	7,08	50,35	10,26	
	31.8	6,85	7,19	21,87	7,79	
	jevn	1.9	6,77	7,43	39,58	10,97
		3.9	7,36	7,52	45,59	8,51
	dosering	7.9	7,06	7,26	47,77	5,20
		8.2	7,07	7,08	45,50	6,23
		9.9	-	7,03	-	7,88
	FeSO <sub>4</sub>	10.9	8,31	7,19	79,81	9,36
		15.9	7,06	6,45 <sup>x</sup>	37,69	4,01 <sup>x</sup>
		17.9	6,72	7,17 <sup>x</sup>	47,18	5,74 <sup>x</sup>
		21.9	-	7,27	-	7,99
		22.9	7,93	7,51	48,10	12,40
		24.9	7,46	7,82	67,91	16,31
	Gjennomsnitt		7,18	7,30	48,60	9,43
± standardavvik		± 0,50	± 0,31	± 14,44	± 3,20	
3. periode	29.9	7,26	6,93	48,20	6,60	
	30.9	-	7,52	-	7,47	
	bulk-	1.10	7,22	7,18	63,00	11,30
		5.10	7,40	7,27	61,90	8,40
	dosering	6.10	7,09	7,66	54,40	8,00
		8.10	6,90	7,15	-	-
	FeSO <sub>4</sub>	12.10	7,18	7,31	67,50	5,70
		13.10	7,23	7,06	42,60	5,10
15.10		7,30	7,15	44,00	7,30	
Gjennomsnitt		7,20	7,25	54,50	7,47	
± standardavvik		± 0,14	± 0,22	± 9,89	± 1,90	
4. periode	20.10	7,00	7,45	59,40	11,80	
	22.10	8,00	7,80	93,30	23,00	
	2.11	6,94	7,19	50,40	10,60	
	jevn	3.11	-	7,33	-	9,40
		5.11	7,45	7,36	53,90	6,20
	dosering	9.11	7,13	7,02	50,50	3,40
		10.11	7,54	7,00	56,90	3,20
		12.11	7,36	7,31	52,20	5,60
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	16.11	7,11	7,03	50,50	3,30
		17.11	7,04	7,39	66,50	5,80
19.11		7,40	7,26	52,10	8,30	
Gjennomsnitt		7,28	7,29	58,57	8,24	
± standardavvik		± 0,32	± 0,23	± 13,22	± 5,72	
5. periode	23.11	-	7,39	-	10,80	
	Ingen	24.11	-	7,58	-	10,40
		25.11	-	7,49	-	12,60
	dosering	26.11	7,04	7,57	44,30	15,10
		3.12	7,32	7,91	41,00	20,60

x = Stikkprøve

TABELL I.7 :

Forsøks- periode	Dato	Turbiditet, JTU		Ledningsevne, $\mu\text{S}/\text{cm}$		
		inn	ut	inn	ut	
1. periode	20.7	100	3,0	730	510	
	21.7	90	2,5	730	560	
	23.7	100	3,5	650	540	
	27.7	200	3,0	560	445	
	3.8	60	4,0	549	438	
	4.8	130	4,5	540	450	
	6.8	120	2,5	480	430	
	10.8	100	4,5	540	440	
Ingen dosering	11.8	47	5,0	530	480	
	17.8	-	-	625	501	
	Gjennomsnitt		105	3,6	593	479
	$\pm$ standardavvik		$\pm$ 44	$\pm$ 0,9	$\pm$ 86	$\pm$ 147
	2. periode	25.8	41	3,6	625	495
		27.7	78	3,6	560	520
		31.8	74	6,5	500	552
		jevn	1.9	63	2,7	848
dosering		3.9	42	3,7	503	520
		7.9	58	5,5	525	570
FeSO <sub>4</sub>		8.9	125	5,2	633	570
		9.9	-	3,0	-	540
		10.9	84	2,8	720	555
		15.9	80	10,0 <sup>x</sup>	560	645 <sup>x</sup>
		17.9	47	6,8 <sup>x</sup>	272	295 <sup>x</sup>
		21.9	-	5,2	-	538
22.9		48	3,6	1560	620	
24.9		27	6,1	711	630	
Gjennomsnitt		64	4,3	668	555	
$\pm$ standardavvik		$\pm$ 26	$\pm$ 1,3	$\pm$ 315	$\pm$ 39	
3. periode	29.9	59	4,2	558	541	
	30.9	-	4,5	-	575	
	bulk-	1.10	100	4,5	738	675
		5.10	100	10,0	750	580
	dosering	6.10	160	5,0	500	570
		8.10	90	3,0	610	515
	FeSO <sub>4</sub>	12.10	70	10,0	750	590
		13.10	100	7,0	705	640
15.10	45	5,5	420	440		
Gjennomsnitt		91	6,0	629	570	
$\pm$ standardavvik		$\pm$ 35	$\pm$ 2,5	$\pm$ 126	$\pm$ 68	
4. periode	20.10	80	5,0	650	480	
	22.10	95	4,5	1000	625	
	2.11	67	7,3	620	565	
	Jevn	3.11	-	5,0	-	580
	dosering	5.11	55	4,5	595	549
		9.11	85	3,5	705	760
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10.11	85	3,0	640	535
		12.11	50	3,0	540	555
		16.11	85	2,5	585	530
		17.11	75	2,5	810	525
19.11	85	3,0	715	550		
Gjennomsnitt		76	4,0	686	569	
$\pm$ standardavvik		$\pm$ 14	$\pm$ 1,4	$\pm$ 134	$\pm$ 72	
5. periode	23.11	-	3,5	-	490	
	24.11	-	2,2	-	500	
	Ingen	25.11	-	2,0	-	515
	dosering	26.11	82	1,4	515	455
3.12		82	4,3	533	450	

X = Stikkprøve

TABELL I.8 :

Forsøks- periode	Dato	Jern mgFe/l		Tot.N mgN/l		NO <sub>2</sub> +NO <sub>3</sub> mgN/l		
		inn	ut	inn	ut	inn	ut	
1. periode	20.7	420	120	-	26,4	0,02	30,0	
	27.7	770	70	-	-	-	-	
	3.8	820	100	39,6	20,5	0,01	24,5	
	10.8	620	120	41,0	28,4	0,01	30,0	
dosering	17.8	350	270	52,0	41,2	0,01	39,0	
Gjennomsnitt		596	136	44,2	38,9	0,02	30,0	
± standardavvik		± 224	± 77	± 6,7	± 8,7	± -	± 6,0	
2. periode	27.8	670	290	40,0	28,2	-	-	
	31.8	530	500	34,0	25,2	0,01	27,0	
	1.9	550	440	37,2	21,2	0,02	21,0	
	3.9	340	300	28,4	22,2	0,01	25,0	
	dosering	7.9	590	390	34,8	28,0	0,01	37,0
	8.9	410	370	34,4	28,4	0,01	36,0	
	9.9	-	300	-	24,4	0,01	30,0	
	FeSO <sub>4</sub>	10.9	510	290	65,4	25,4	-	31,0
	15.9	510	990 <sup>x</sup>	36,2	35,0 <sup>x</sup>	0,02	39,0 <sup>x</sup>	
	17.9	690	660 <sup>x</sup>	28,0	29,6 <sup>x</sup>	-	33,0 <sup>x</sup>	
	21.9	-	900	-	28,4	0,02	29,0	
	22.9	250	490	35,2	27,6	0,01	28,0	
	24.9	620	240	42,8	28,0	0,01	27,0	
Gjennomsnitt		516	366	37,9	26,1	0,02	29,1	
± standardavvik		± 135	± 87	± 10,1	± 2,5	-	± 4,8	
3. periode	29.9	560	410	28,9	26,8	0,03	29,0	
	30.9	-	500	-	26,8	-	29,0	
	1.10	620	720	39,6	28,4	0,03	30,0	
	Bulk-	5.10	600	-	56,8	30,8	0,01	31,0
	dosering	6.10	1800	570	38,8	28,8	0,04	30,0
	8.10	1100	800	40,4	23,4	0,01	21,0	
	FeSO <sub>4</sub>	12.10	3200	1600	32,0	31,6	0,01	31,0
13.10	3200	1500	41,6	30,0	0,02	43,0		
15.10	520	630	25,6	26,0	0,02	24,0		
Gjennomsnitt		1450	840	38,0	28,1	0,02	29,8	
± standardavvik		± 203	± 454	± 10,2	± 2,5	-	± 6,0	
4. periode	20.10	1800	660	39,2	22,0	0,06	19,0	
	22.10	4200	430	52,0	21,2	0,06	18,0	
	2.11	870	-	60,0	28,8	-	36,0	
	Jevn	3.11	-	550	-	-	37,0	
	dosering	5.11	710	490	46,4	30,4	0,01	27,0
	9.11	820	390	50,0	28,8	0,01	28,0	
	10.11	800	250	41,6	27,6	0,01	27,0	
	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	12.11	770	-	37,6	24,8	0,01	24,0
	16.11	730	180	41,6	27,2	0,01	27,0	
	17.11	900	170	56,8	28,4	0,01	28,0	
19.11	1200	150	54,4	28,0	0,01	28,0		
Gjennomsnitt		1280	363	48,0	26,7	0,02	27,2	
± standardavvik		± 1077	± 218	± 14,4	± 3,0	-	± 5,8	
5. periode	23.11	-	290	-	29,6	-	25,0	
	24.11	-	230	-	24,0	-	28,0	
	Ingen	25.11	-	260	-	30,0	-	24,0
	dosering	26.11	900	150	37,6	24,4	0,02	29,0
	3.12	570	310	42,4	16,2	0,01	17,0	

x = Stikkprøve

TABELL I.9 :

Forsøks- periode	Dato	Na mgNa/l		K mgK/l	
		inn	ut	inn	ut
1. periode	20.7	49,2	59,1	27,6	18,1
Ingen dosering	3.8	54,0	37,0	23,4	19,0
	10.8	38,7	37,6	22,9	18,5
	17.8	53,6	45,5	21,7	19,6
Gjennomsnitt ± standard avvik		48,9 ± 7,1	44,8 ± 10,2	23,9 ± 2,5	18,8 ± 0,6
2. periode	25.8	48,2	39,0	24,3	18,0
jevn dosering	31.8	34,8	45,5	17,3	20,5
	7.9	35,7	43,8	18,7	18,4
FeSO <sub>4</sub>	10.9	92,0	49,9	25,0	19,3
	22.9	98,0	69,0	19,0	19,2
Gjennomsnitt ± standard avvik		61,7 ± 30,1	49,4 ± 11,6	20,9 ± 3,5	19,1 ± 0,9
3. periode	1.10	69,0	67,0	30,0	22,0
bulk doser.	6.10	37,0	51,0	33,0	26,0
FeSO <sub>4</sub>	12.10	86,2	52,7	109,0	37,9
	15.10	32,5	51,6	15,8	19,9
Gjennomsnitt ± standard avvik		56,2 ± 25,7	55,6 ± 7,6	46,9 ± 42,0	26,5 ± 8,0
4. periode	20.10	67,7	52,0	21,6	17,1
jevn doser.	2.11	58,2	66,5	22,5	19,0
	5.11	45,2	52,8	21,3	18,3
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10.11	66,5	38,0	16,2	15,9
	17.11	84,9	43,8	24,6	16,7
Gjennomsnitt ± standard avvik		64,5 ± 14,5	50,6 ± 10,7	21,2 ± 3,0	17,4 ± 1,2
5. periode	26.11	40,0	50,0	20,0	20,0
Ingen dos.	3.12	36,0	40,0	22,0	20,0

TABELL I.10 :

Forsøks- periode	Dato	Ca mgCA/l		Mg mgMg/l	
		inn	ut	inn	ut
1. periode	20.7	33,9	24,0	12,3	12,4
Ingen dosering	3.8	40,9	31,5	16,0	10,5
	10.8	37,1	32,4	12,4	11,4
	17.8	32,9	25,7	15,2	15,0
Gjennomsnitt ± standard avvik		36,2 ± 3,6	28,4 ± 1,3	14,0 ± 1,9	12,3 ± 1,9
2. periode	25.8	35,4	35,6	16,2	15,2
jevn doser.	31.8	35,8	24,5	15,4	16,0
	7.9	39,8	31,5	14,0	16,4
FeSO <sub>4</sub>	10.9	36,7	27,7	14,4	14,7
	22.9	32,4	29,1	13,8	14,9
Gjennomsnitt ± standard avvik		36,0 ± 2,6	29,7 ± 4,1	14,7 ± 1,0	15,4 ± 0,7
3. periode	1.10	34,4	29,8	23,3	23,1
bulk doser.	12.10	40,5	28,9	16,8	16,1
FeSO <sub>4</sub>	15.10	41,0	26,1	23,3	23,3
		34,0	23,2	58,3	53,8
Gjennomsnitt ± standard avvik		37,5 ± 3,7	27,0 ± 2,9	30,4 ± 8,8	29,1 ± 16,8
4. periode	20.10	36,0	24,8	18,5	19,1
jevn doser.	2.11	38,2	21,5	20,9	-
	5.11	35,3	18,7	20,2	19,8
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10.11	33,5	24,5	13,0	14,9
	17.11	28,7	25,8	12,8	12,7
Gjennomsnitt ± standard avvik		34,3 ± 3,5	23,1 ± 2,9	17,1 ± 3,9	16,6 ± 3,3
5. periode	26.11	37,5	25,0	14,2	11,8
Ingen dos.	3.12	37,5	27,5	13,6	11,8

Tabell I.11 :

Forsøks- periode	Dato	Cl mgCl/l		SO <sub>4</sub> mgSO <sub>4</sub> /l	
		inn	ut	inn	ut
1. periode ingen dosering	20.7.	93,0	31,0	23,6	38,8
	3.8.	72,0	26,0	37,0	32,5
	10.8.	37,0	31,0	33,4	32,0
	17.8.	52,0	44,0	42,4	16,4
Gj.snitt ± standard avvik		63,5 ± 24,3	33,0 ± 7,7	34,1 ± 7,9	29,9 ± 9,5
2. periode jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	25.8.	58,0	32,0	32,5	65,0
	31.8.	38,0	38,0	28,0	110,0
	7.9.	42,0	36,0	25,0	107,0
	10.9.	60,0	44,0	28,0	90,0
	22.9.	38,0	44,0	27,0	90,0
Gj.snitt : ± standard avvik		47,2 ± 10,9	38,8 ± 5,2	28,1 ± 2,7	92,4 ± 17,9
3. periode bulkdos. FeSO <sub>4</sub>	1.10.	66,0	50,0	26,8	106,0
	6.10.	50,0	44,0	26,8	94,0
	12.10.	68,0	42,0	-	107,0
	15.10.	32,0	38,0	14,6	119,0
Gj.snitt ± standard avvik		54,0 ± 16,7	43,5 ± 5,0	22,7 ± 7,0	106,5 ± 10,2
4. periode jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10.	66,0	36,0	12,8	75,0
	2.11.	72,0	38,0	19,2	94,0
	5.11.	46,0	42,0	21,2	104,0
	10.11.	40,0	38,0	30,4	133,0
	17.11.	60,0	28,0	7,2	126,0
Gj.snitt ± standard avvik		56,8 ± 13,4	36,4 ± 5,1	18,2 ± 8,7	106,4 ± 23,6
5. periode ingen dos.	26.11.	46,0	36,0	7,2	25,2
	3.12.	42,0	32,0	35,0	12,0

Tabell I.12 :

Forsøks- periode	Dato	Zn		Cu		Pb	
		inn	µgZn/1 ut	inn	µgCu/1 ut	inn	µgPb/1 ut
1. periode ingen dosering	20.7.	250	130	120	35	2	1
	3.8.	80	202	166	102	7	7
	10.8.	87	100	145	77	4	2
	17.8.	411	126	78	100	44	16
Gj.snitt ± standard avvik		207 ± 157	138 ± 43	127 ± 37	79 ± 31	14 ± 19	7 ± 6
2. periode jevn dos. FeSO <sub>4</sub>	25.8.	124	479	75	25	9	2
	31.8.	90	535	50	20	5	3
	7.9.	80	660	90	45	10	1
	10.9.	225	245	220	45	36	2
	22.9.	215	465	390	80	10	5
Gj.snitt ± standard avvik		147 69	477 ± 150	165 ± 141	43 ± 23	14 ± 12	3 ± 1
3. periode bulkdos. FeSO <sub>4</sub>	1.10.	145	75	140	20	15	< 1
	6.10.	240	450	105	55	5	3
	12.10.	275	805	120	60	10	10
	15.10.	95	355	80	35	10	5
	Gj.snitt ± standard avvik		189 ± 83	421 + 301	111 ± 25	42 ± 18	10 ± 4
4. periode jevn dos. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	20.10.	110	280	35	45	5	1
	2.11.	240	480	150	55	13	2
	5.11.	140	470	100	25	5	2
	10.11.	175	505	25	40	12	2
	17.11.	105	370	50	50	9	1
Gj.snitt ± standard avvik		155 ± 54	421 ± 94	72 ± 52	43 ± 11	9 ± 3	7 ± 1
5. periode ingen dos.	26.11.	145	100	< 50	< 50	4	1
	3.12.	160	170	65	25	6	< 1

TABELL I.13 : SLAMANALYSER

Forsøks- periode	Dato	pH	Total tørrst. mg/l	Gløde- rest mg/l	Flyktig total tørrst. mg/l	Susp. stoff mg/l	Gløde- rest mg/l	Flyktig susp. stoff mg/l	Tot. P mg/l	Tot. Fe mg/l
1.periode	20.7	-	2918	753	2165	2585	632	1953	-	-
Ingen dosering	3.8	-	4200	975	3225	3867	803	3064	-	-
	10.8	-	2989	794	2195	2740	620	2120	-	-
	17.8	-	3465	963	2502	3056	718	2338	-	-
	20.8	-	3736	1076	2660	3298	814	2484	-	80
	24.8	6,73	3924	1168	2756	3582	1006	2576	-	-
2.periode	25.8	-	-	-	-	3994	1082	2912	-	110
	27.8	-	4580	1398	3182	4036	1114	2922	-	150
	31.8	-	4671	1423	3248	4500	1298	3202	-	210
jevn	1.9	-	-	-	-	4622	1336	3286	104	190
	3.9	-	5053	1613	3440	4700	1372	3328	-	210
	7.9	6,51	5137	1600	3537	4940	1464	3476	-	280
dosering	10.9	6,33	5479	1822	3657	5346	1796	3550	110	340
	15.9	6,60	6061	2029	4032	5514	1676	3838	100	380
	17.9	6,69	6122	2042	4080	6074	1958	4076	150	440
FeSO <sub>4</sub>	21.9	6,94	6748	2168	4580	6360	2022	4338	170	450
	22.9	6,82	7162	2292	4870	6624	2206	4423	160	450
	24.9	-	7737	2475	5262	7226	2304	4922	160	440
	27.9	6,75	7891	2637	5254	7650	2580	5040	190	550
	29.9	6,63	8121	2683	5438	7750	2576	5174	180	590
3.periode	30.9	6,82	8109	2642	5467	-	-	-	200	-
bulk- dosering	6.10	6,70	8460	2818	5642	8060	2586	5474	220	680
	12.10	6,85	-	-	-	8712	2932	5780	200	610
FeSO <sub>4</sub>	13.10	6,64	9202	3096	6106	-	-	-	240	740
	18.10	-	9404	3202	6202	9044	3009	6035	-	-
	18.10	6,90	5745	1990	3755	5394	1794	3600	170	500
4.periode	20.10	6,85	-	-	-	5600	1860	3740	180	500
	22.10	7,20	-	-	-	5754	1920	3834	180	500
jevn	2.11	6,75	7044	2534	4482	6724	2244	4480	220	490
	3.11	6,58	7472	2582	4890	6864	2346	4518	230	460
dosering	5.11	6,25	7284	2580	4704	6718	2364	4354	230	490
	9.11	6,18	7464	2538	4926	7032	2386	4646	230	490
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10.11	6,56	7590	2618	4972	7028	2330	4698	220	270
	12.11	6,71	8040	2775	5262	7384	2622	4762	260	280
	17.11	6,65	8015	2737	5278	7228	2522	4706	260	480
	19.11	6,50	8582	2962	5620	7844	2634	5210	290	420



BILAG II : DRIFTSRAPPORTER













BILAG III

SAMMENSETNING OG MENGDE AV AVLØPSVANN FRA  
MILITÆRFORLEGNING.



### BILAG III

#### SAMMENSETNING OG MENGEDE AV AVLØPSVANN FRA MILITERFORLEGNING

Det er av interesse, i forbindelse med FRA-prosjekt nr. 1.1: "Avløpsvannets sammensetning", å se på sammensetningen av innløpsvannet ved Asker Batteri kloakkrensingsanlegg.

Siden det ikke er knyttet til dette anlegget noen form for industri, må man kunne kalle dette vannet et "ekte" kommunalt avløpsvann.

Infiltrasjonsmengden til anlegget er sannsynligvis meget lav, forurensningsgraden er høy og vannet vil sannsynligvis være representativt for kommunalt avløpsvann som tilføres gjennom tette ledninger.

I tabell III.1 er satt opp middelveidien med standard avvik over hele forsøket for hver av analyseparametrene. Dessuten går det frem av tabell III.1 hvor mange analyser som ligger til grunn for gjennomsnittsverdiene.

Avløpsvannmengden er omtalt i pkt. 5.6. Fig. 1 viser variasjonen i vannføring over døgnet.

Kurven er fremkommet som gjennomsnitt av 50 hverdagsdøgn og bør være karakteristisk for døgnvariasjonen i avløpet fra en militærforlegning med korte og tette avløpsledninger.

Middel vannføring i middel døgn :	Q middel <sub>m</sub>	=	285 l/pers.døgn
Maks. " " " :	Q maks. <sub>m</sub>	=	496 "
Min. " " " :	Q min. <sub>m</sub>	=	111 "

TABELL III.1 :

Parameter	Benevnelse	Antall prøver	Middelverdi	Standard avvik
pH		40	7,13	± 0,41
Turbiditet	JTU	39	82	± 33
Ledningsevne	µs/cm	40	646	± 195
Alkalitet (pH=4,5 ml 0,1 N HCl/l)		39	52,0	± 12,4
BOF <sub>7</sub> ufiltr.	} mgO/l	39	305	± 107
BOF <sub>7</sub> filtr.		39	176	± 58
KOF ufiltr.	} mgO/l	39	489	± 187
KOF filtr.		39	246	± 109
Total fosfor	} mgP/l	40	9,42	± 4,57
Ortho fosfat		39	7,40	± 4,30
Suspendert stoff	} mg/l	35	246	± 140
Total tørrstoff		37	700	± 190
Total nitrogen	} mgN/l	32	40,4	± 11,8
Nitrat + Nitrit		31	< 0,02	-
Natrium	mgNA/l	18	58,4	± 20,9
Kalium	mgK/l	18	27,4	± 2,1
Calcium	mgCa/l	18	35,9	± 3,2
Magnesium	mgMg/l	18	18,7	± 1,1
Klorid	mgCl/l	18	55,0	± 16,1
Sulfat	mgSO <sub>4</sub> /l	18	25,6	± 8,8
Jern	µgFe/l	37	945	± 857
Sink	µgZn/l	18	171	± 89
Kobber	µgCu/l	18	118	± 83
Bly	µgPb/l	18	11,7	± 10
Krom	µgCr/l	16	< 50	-
Nikkel	µgNi/l	15	< 50	-
Calmium	µgCd/l	8	< 1	-
Aluminium	mgAl/l	28	< 0,1	-