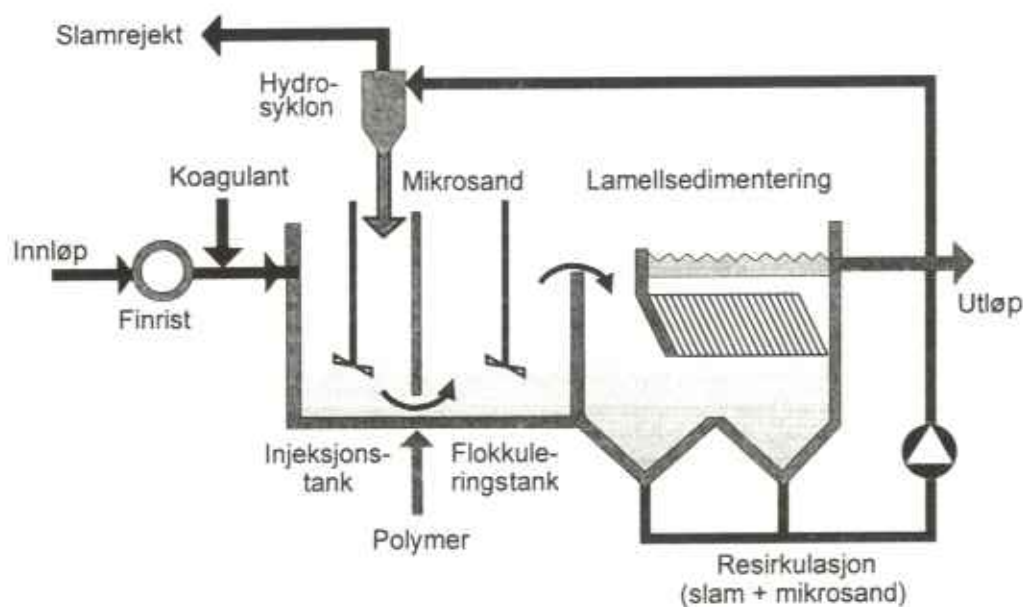


## Prosjektrapport

### Actiflo-prosjektet ved Flesland Ra.



Norsk VA-verkforening

# NORVAR-rapport

## Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsveien 143, 2300 Hamar  
Besøksadresse: Vangsveien 143, Hamar  
Telefon: 62 52 86 50  
Fax: 62 53 40 06

|                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| Rapportnummer:             | 90 /98              |
| Dato:                      | 01.09.1998          |
| Antall sider (inkl. bilag) | 94 + 22 sider bilag |
| Tilgjengelighet:           |                     |
| Åpen:                      | X                   |
| Begrenset:                 |                     |

Rapportens tittel:

**Actiflo-prosjektet ved Flesland Ra.**

Forfatter(e):

Claus P. Dahl, Krüger A/S og Lars Magnussen, Enviro A/S.

Ekstrakt:

Bergen kommune har i samarbeid med Krüger A/S og Enviro A/S gjennomført et pilotforsøk der den såkalte Actifloprosessen er utprøvd for å avklare prosessens effektivitet under varierende driftsforhold og ulike typer og mengder av innsatsmidler. Actiflo-prosessen er en av flere arealgjerrige prosesser som er vurdert i et strategisk forprosjekt vedr. effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken (NORVAR-rapport 85-98).

Renseresultater er dokumentert for stabile og varierende hydrauliske og stoffmessige belastninger. Variasjonene i SS-innløp har vært meget store. Man mener å ha dokumentert prosessens fleksibilitet. Videre har man også konstatert hvor viktig det er å ha kontroll med avløpsvannets kvalitet, spesielt påslipp av industriavløp.

Forsøkene har avklart nødvendig innsatsmiddelforbruk og slamproduksjonen er dokumentert. Det har også fremkommet tilstrekkelig data for å kunne dimensjonere et fullskala-anlegg. Tekniske problemer bl.a. med slamakkumulering i slamloppen i forsøkene med kationisk polymer og sandflukt er rapportert, men dette forventes ikke å representere noe vesentlig problem i fullskala.

Emneord, norske:  
avløpsrensing  
effektiv partikkelseparasjon  
Actiflo-prosessen

Emneord, engelske:

ISBN 82-414-0205-8

## FORORD FRA NORVAR

Bergen kommune har med støtte fra SFT (miljøteknologimidler) gjennomført et pilotforsøk med bruk av Actiflo-prosessen ved Flesland renseanlegg i perioden september 1997 - april 1998.

Målet med prosjektet har vært å undersøke om Actiflo-prosessen kunne dekke Bergen kommunes behov på en optimal måte når det gjelder fremtidig avløpsrensing.

Med effektiv partikkelseparasjon har man ment:

- tilstrekkelig renseseffekt mht. parametre som er benyttet i konsesjonene (tilpassing til utslippskrav).
- lav slamproduksjon
- lav enhetskostnad for rensing

i kompakte anlegg.

Rapporten beskriver resultatene fra pilot-anlegget, der renseresultater, innsatsmiddelforbruk og slamproduksjon er dokumentert, dimensjoneringsdata fastlagt og tekniske problemer er avdekket.

Prosjektet har vært organisert med en prosjektgruppe der Bergen kommune, Krüger A/S og Envinor A/S har vært representert.

Prosjektet har vært styrt av en styringsgruppe med representanter fra Bergen kommune, bestående av:

Ivar D. Kalland, prosjektansvarlig

Magnar Sekse, prosjektleder

Ole Dan Lundekvam, driftsansvarlig.

Vi vil takke Bergen kommune for gjennomføringen av det første prosjektet for å følge opp anbefalingene i NORVARs strategiske forprosjekt "Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken", der Actiflo-prosessen er en av de teknologiene som ble anbefalt å arbeide videre med. Det er gjennomført omfattende forsøk og rapporteringen er så grundig at de som ønsker å fordype seg i oppnådde resultater har muligheter for det.

Hamar den 1. september 1998.

Steinar K. Nybruket

## INNHold:

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. SAMMENDRAG</b>                                   | <b>3</b>  |
| BAKGRUNN/INNLEDNING                                    | 3         |
| MÅLSETTING FOR PILOTPROSJEKTET                         | 3         |
| ACTIFLO™-PROSESSEN                                     | 3         |
| FLESLAND RENSEANLEGG                                   | 3         |
| FORSØKSOPPSTILLING                                     | 3         |
| BELASTNINGSFORSØK DEL 1                                | 3         |
| BELASTNINGSFORSØK DEL 2                                | 5         |
| INNSATSMIDDELFORBRUK OG RENSEEFFEKTER                  | 7         |
| KONKLUSJON                                             | 7         |
| <b>2. INNLEDNING/BAKGRUNN</b>                          | <b>8</b>  |
| <b>3. MÅLSETTING FOR PILOTPROSJEKTET</b>               | <b>10</b> |
| <b>4. ACTIFLO™-PROSESSEN</b>                           | <b>11</b> |
| <b>5. FLESLAND RENSEANLEGG</b>                         | <b>13</b> |
| <b>6. FORSØKSOPPSTILLING</b>                           | <b>14</b> |
| <b>7. BELASTNINGSFORSØK DEL 1</b>                      | <b>15</b> |
| 7.1 GENERELLE FORSØKSBETINGELSER                       | 15        |
| 7.2 AVLØPSVANN FØR FINRIST/SILER                       | 17        |
| 7.2.1 Belastningsforsøk                                | 17        |
| 7.2.2 Spesialforsøk                                    | 24        |
| 7.2.3 Døgnprøver                                       | 28        |
| 7.3 AVLØPSVANN ETTER FINRIST/SILER                     | 32        |
| 7.3.1 Belastningsforsøk                                | 32        |
| 7.3.2 Spesialforsøk                                    | 39        |
| 7.3.3 Døgnprøver                                       | 44        |
| 7.4 SLAMAVVANNING                                      | 52        |
| 7.4.1 Innledende forsøk                                | 53        |
| 7.4.2 Forsøksresultater                                | 54        |
| 7.4.3 Sammensetning av slam                            | 56        |
| 7.5 OPPSUMMERING FORSØK DEL 1                          | 57        |
| 7.5.1 Belastningsforsøk                                | 57        |
| 7.5.2 Spesialforsøk                                    | 58        |
| 7.5.3 Døgnprøver                                       | 58        |
| 7.5.4 Slamavvanning                                    | 59        |
| 7.6 DIMENSJONERINGSERFARINGER FORSØK DEL 1             | 59        |
| 7.7 STYRING AV INNSATSMIDLER                           | 60        |
| <b>8. BELASTNINGSFORSØK DEL 2</b>                      | <b>61</b> |
| 8.1 GENERELLE FORSØKSBETINGELSER                       | 61        |
| 8.2 INNLEDENDE UNDERSØKELSER                           | 62        |
| 8.3 FORSØK MED KATIONISK POLYMER OG LAV JKL - DOSERING | 62        |
| 8.3.1 Belastningsforsøk                                | 62        |
| 8.3.2 Døgnprøver                                       | 71        |
| 8.4 FORSØK MED KATIONISK POLYMER OG INGEN JKL DOSERING | 78        |
| 8.4.1 Belastningsforsøk                                | 78        |
| 8.4.2 Døgnprøver                                       | 81        |
| 8.5 SLAMAVVANNING                                      | 83        |
| 8.5.1 Forsøksresultater                                | 83        |
| 8.5.2 Sammensetning av slam                            | 84        |
| 8.6 OPPSUMMERING FORSØK DEL 2                          | 84        |

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 8.6.1 | Belastningsforsøk                  | 84 |
| 8.6.2 | Døgnprøver                         | 85 |
| 8.6.3 | Slamavvanning                      | 86 |
| 8.7   | DIMENSJONERINGSERFARINGER          | 86 |
| 8.8   | STYRING AV INNSATSMIDLER           | 87 |
| 9.    | INNSATSMIDDELFORBRUK               | 88 |
| 10.   | PRAKTISKE ERFARINGER FRA FORSØKENE | 89 |
| 11.   | FULLSKALA ERFARINGER               | 90 |
| 12.   | KONKLUSJON                         | 91 |
| 13.   | REFERANSELISTE                     | 94 |

## BILAG

|                             |                               |                                    |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| A. Analyseresultater del 1. | Avløpsvann <u>før</u> rist.   | Belastningsforsøk og spesialforsøk |
| B. Analyseresultater del 1. | Avløpsvann <u>før</u> rist.   | Døgnprøver                         |
| C. Analyseresultater del 1. | Avløpsvann <u>etter</u> rist. | Belastningsforsøk og spesialforsøk |
| D. Analyseresultater del 1. | Avløpsvann <u>etter</u> rist. | Døgnprøver                         |
| E. Analyseresultater.       | Slamavvanning.                | Forsøk og karakterisering          |
| F. Analyseresultater del 2. | Avløpsvann <u>før</u> rist.   | Belastningsforsøk                  |
| G. Analyseresultater del 2. | Avløpsvann <u>før</u> rist.   | Døgnprøver                         |

## 1. Sammendrag

### Bakgrunn/innledning

Pilotprosjektet med utprøving av Actiflo-prosessen ved Flesland Renseanlegg i Bergen, ble gjennomført i perioden september 1997 – april 1998. Prosjektet har vært en oppfølging av NORVAR's strategiske forprosjekt "Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken". Prosjektet er blitt støttet med miljøteknologimidler fra SFT.

### Målsetting for pilotprosjektet

Overordnede mål:

*Undersøke om Actiflo-prosessen kunne dekke Bergen kommunes behov på en optimal måte når det gjelder framtidig avløpsrensing*

Delmål:

1. Dokumentere renseresultater og renseresultater ved varierende belastninger
2. Dokumentere innsatsmiddelforbruk og slamproduksjon
3. Fastlegge dimensjoneringsdata
4. Avdekke tekniske problemer

### Actiflo<sup>TM</sup>-prosessen

Actiflo-prosessen er en patentert mekanisk-kjemisk prosess basert på koagulering/kjemisk felling med anvendelse av mikrosand for vektbelastning av fnokkene. Prosessen kjennetegnes med svært korte oppholdstider (< 10 min) og svært høye overflatebelastninger på sedimenteringen (opptil 100-120 m/h).

### Flesland Renseanlegg

Flesland Ra har en kapasitet på ca. 45.000 pe og behandler spillvann fra en del av Bergen kommune med betydelig industrivirksomhet. Avløpsvannet kjennetegnes med store variasjoner i sammensetninger bl.a svingninger i pH mellom 7 og 11. Spillolje har også blitt tilført anlegget ved flere anledninger. Tilførselstunnelen til anlegget er lang og har betydelig sedimentering av sedimentbart stoff i perioder med lav hydraulisk belastning. Sedimentet resuspenderes i perioder med høy hydraulisk belastning. Dette resulterer i store variasjoner i anleggets stoffmessige belastning.

### Forsøksoppstilling

Pilotforsøkene ble gjennomført med et pilotanlegg montert i en 40 fots container oppstilt i fjellhallen ved siden av siler og utløpskanal. Kapasiteten på anlegget var relatert til et sedimenteringsareal på 1 m<sup>2</sup> (80 m/h  $\Rightarrow$  80 m<sup>3</sup>/h).

### Belastningsforsøk del 1

Forsøkene gikk ut på å skaffe kunnskaper om prosessens yteevne på det aktuelle avløpsvann med jernklorid som fellings-/koaguleringsmiddel og anionisk polymer som hjelpekoagulant.

Avløpsvannet ble tatt ut både før og etter finnist/siler. Det var ingen endringer i avløpsvannets sammensetning fra det ene til det andre uttaket.

Det kan derfor trekkes felles konklusjoner for alle forsøkene i del 1.

#### Delforsøk:

1. Belastningsforsøk
2. Spesialforsøk
3. Døgnprøver
4. Slamavvanningsforsøk

#### *Belastningsforsøk*

##### Resultater:

- Optimal polymerdose 1,25 – 1,50 mg/l
- Optimal jernkloriddose  $\leq 20 \text{ mgFe/l}$  ( $\leq 170 \text{ g JKL/m}^3$ )
- Svakt stigende utløpskonsentrasjon SS og totalfosfor ved økende hydraulisk belastning opp til 80 - 100 m/h, kraftigere over dette nivået
- Store variasjoner i stoffkonsentrasjonene i innløpet
- Store variasjoner i avløpsvannets sammensetning over kort tid og fra dag til dag (industriavløp)

#### *Spesialforsøk*

##### Resultater:

- Ved moderat til middels stoffkonsentrasjon i innløpsvannet kan ca. 50% av slamrejektet resirkuleres noe som halverer slammengden
- Optimalt doseringspunkt for polymer mellom injeksjonstank og flokkuleringstank
- Ved lav hydraulisk belastning ( $\leq 40 \text{ m/h}$ ) kan man spare inn 50% av jernkloridmengden og oppnå samme rensresultat

#### *Døgnprøver*

##### Resultater:

- Renseeffekter
  - Susp.stoff 86 %
  - Ortofosfat 87 %
  - Totalfosfor 87 %
- Prosessen klarer betydelige variasjoner i stoffbelastningen med stabile utløps-konsentrasjoner. SS - innløp varierte mellom 25 og 493 mg/l (middel 139 mg/l) under forsøkene
- Høyest renseeffekt oppnådd ved de høyeste stoffkonsentrasjonene i innløpet  
⇒ Høyere renseeffekter ved mer konsentrert avløpsvann
- Industribelastningen influerer negativt på prosessen i kortere eller lengre perioder
- Kjemisk slamproduksjon 4 - 5 mg SS/mg Fe

#### *Slamavvanning*

##### Resultater:

- Best flokkulering av slammet ved tilsetning av anionisk polymer før konsentrering

- Sedimentering av slammet best uten ekstra polymertilsetting ved tider over 30 - 60 minutter
- Ved avvanning med stempelpresse ble det oppnådd
  - TS i slamkake 19 - 39 % (tynne kaker)
  - Polymerdose 0,3 - 1,5 kg/tonn TS
- Ingen forskjell i avvanningsegenskapene m/ og u/ 50 % resirkulasjon

#### *Dimensjoneringserfaringer forsøk del 1*

Erfaringene oppsummeres slik:

- Godt grunnlag for fullskala-dimensjonering
- Høye renseeffekter for SS og totalfosfor ved belastning 80 m/h  
⇒ Maksimal tørrværsbelastning
- Synkende men akseptable renseeffekter for SS og totalfosfor ved belastning 120 m/h  
⇒ Maksimal regnværsbelastning
- Flokkuleringstider på 4 min v/80 m/h og 2,7 min v/120 m/h vil gi god flokkulering
- Bare finrister (stavavstand  $< 0,33 - 0,5 \times$  dysediameter hydrosyklon) og fettfang er nødvendig som forbehandling

#### *Styring av innsatsmidler*

- Sand Mengdeproporsjonal, fast dose
- Polymer Mengdeproporsjonal, fast dose evt. svak doseøkning v/store hydrauliske belastninger
- Jernklorid Styring turbiditet utløp m/pH-overstyring (sikrer besparelser v/lav hydraulisk belastning). Valg av styring avhenger av utslippskrav

#### **Belastningsforsøk del 2**

Forsøkene gikk ut på å skaffe kunnskaper om prosessens yteevne på det aktuelle avløpsvann ved å erstatte jernklorid helt eller delvis med kationisk polymer noe som medfører redusert slamproduksjon.

Delforsøk:

1. Innledende forsøk
2. Belastningsforsøk
3. Døgnprøver
4. Slamvanningsforsøk

Avløpsvannet ble tatt ut før finrist/siler. I alle forsøkene ble kationisk polymer anvendt som koagulant. Det kan derfor trekkes felles konklusjoner fra disse forsøkene.

#### *Belastningsforsøk*

Resultater:

- Den beste anvendelsen av kationisk polymer som koagulant, ble oppnådd i kombinasjon med en anionisk polymer for å binde sanden sammen med koagulerte partikler

- Optimal dose kationisk polymer ved
  - Lav jernkloriddosering 1,5 mg/l
  - Ingen jernkloriddosering 2,0 mg/l
- Optimal dose anionisk polymer 1,0 mg/l i alle situasjoner
- En jernkloriddose på 4 - 8 mg Fe/l sammen med kationisk polymer ga høyere renseeffekt enn kationisk polymer alene
- Store variasjoner i stoffkonsentrasjonene i innløpet (som forsøk del 1)
- Store variasjoner i avløpsvannets sammensetning (som forsøk del 1)

#### *Døgnprøver*

##### Resultater:

- Renseeffekter m/kationisk polymer + lav jernkloriddose
  - Susp.stoff 66 %
  - Ortofosfat 38 %
  - Totalfosfor 60 %
- Renseeffekter m/kationisk polymer
  - Susp.stoff 48 %
  - Ortofosfat 32 %
  - Totalfosfor 33 %
- Stabile utløpskonsentrasjoner ved store innløpsvariasjoner som i del 1 (SS - innløp 5 - 359 mg/l, middel 97 mg/l).
- Kjemisk slamproduksjon 4 - 5 mg SS/mg Fe ved bruk av jernklorid (lav dose).

#### *Slamavvanning*

##### Resultater:

- Best flokkulering av slammet ved tilsetning av anionisk polymer for konsentrering (som i forsøk del 1)
- Sedimenteringsforsøkene ga ikke entydige resultater
- Ved avvanning med stempelpresse ble det oppnådd:
  - TS slamkake 34 - 39 % (tynne kaker)
  - Polymerdose 0,5 - 0,6 kg/tonn TS
- Ingen forskjell i avvanningsegenskapene for slam med og uten 50 % resirkulasjon eller ved høy respektive lav jernkloriddose/kationisk polymer.

#### *Dimensjoneringserfaringer forsøk del 2*

##### Erfaringene oppsummeres slik:

- Godt grunnlag for fullskala-dimensjonering
- God renseeffekt ved belastning på 80 m/h  
⇒ Maksimal tørrværsbelastning (som del 1,  $Q_{3m}$ )
- Høy belastning som i del 1, dvs over 80 m/h, ble ikke testet
- Renseeffektene er generelt lavere når jernklorid helt eller delvis erstattes av kationisk polymer
- Renseeffektene kan tilpasses ønsket nivå ved å "slå" av og på jernkloriddoseringen
- Høye renseeffekter for fosfor kan ikke oppnås med denne alternative driftsformen
- Oppholdstider flokkulering som i del 1

- Slammet blir klebrig. Med skrapeverk forventes ikke dette å by på problemer. Ingen problemer med syklondriften

#### Styring av innsatsmidler

- Sand, anionisk polymer og jernklorid som i del 1
- Kationisk polymer styres med fast, mengdeproporsjonal dose. Økning i mengde når jernklorid-doseringen slås av

#### Innsatsmiddelforbruk og renseeffekter

Doseringsmengder og renseeffekter ved 3 forskjellige driftsformer ved belastning 80 m/h:

| Parameter                 | Enhet            | Driftsformer |       |       |
|---------------------------|------------------|--------------|-------|-------|
|                           |                  | 1            | 2     | 3     |
| <b>Kjemikaliedosering</b> |                  |              |       |       |
| Jernklorid                | mg Fe/l          | 20 (10 - 15) | 4 - 8 |       |
| Kationisk polymer         | mg/l             |              | 1,5   | 2,0   |
| Anionisk polymer          | mg/l             | 1,25         | 1,0   | 1,0   |
| Sand                      | g/m <sup>3</sup> | 3 - 5        | 3 - 5 | 3 - 5 |
| <b>Renseeffekter</b>      |                  |              |       |       |
| Suspendert stoff          | %                | 86           | 66    | 48    |
| Totalfosfor               | %                | 87           | 60    | 32    |
| Ortofosfat                | %                | 87           | 38    | 33    |

1: Vanlig JKL, 2: Lav JKL + kationisk, 3: Bare kationisk

Forbruket av sand ble ikke fullt ut dokumentert i forsøkene. Verdiene ovenfor er hentet fra fullskala-anlegg.

#### Konklusjon

Pilotforsøket har oppfylt alle de mål som ble satt opp, før forsøkene ble igangsatt dvs

1. Renseresultater både ved stabile og varierende hydrauliske og stoffmessige belastninger er dokumentert i begge delforsøkene. Variasjonene i SS - innløp har vært meget store (5 - 493 mg/l). Man har i tillegg kunnet avdekke hvilke prosessmessige problemer industribelastningen kan resultere i. Prosessens store fleksibilitet er dokumentert. Videre har man også fått konstatert hvor viktig det er å ha kontroll med avløpsvannets kvalitet dvs at man har god oversikt og kontroll spesielt med påslipp av industrielt avløpsvann på nettet
2. Innsatsmiddelforbruk med unntak av sand, og slamproduksjon er dokumentert i begge delforsøkene
3. Man har fremskaffet et rimelig godt grunnlag for dimensjonering av et fullskala-anlegg ( $Q_{dim} \Rightarrow 80$  m/h,  $Q_{maksim} \Rightarrow 100 - 120$  m/h)
4. Tekniske problemer bl.a. med slamakkumulering i slamloppen i forsøkene med kationisk polymer og sandflukt, er rapportert men forventes ikke å representere noe vesentlig problem i fullskala-anlegg

## 2. Innledning/bakgrunn

Krüger foreslo i 1995 å bygge ut det nye renseanlegget i Breiviken (Sentrum Nord) i Bergen med Actiflo<sup>®</sup>-prosessen. Anlegget har et ikke tidfestet krav om kjemisk rensing. Høsten 1995 ble kommunen og NORVAR informert nærmere om prosessen og i tiden som gikk, ble interessen for å se nærmere på prosessen vekket. I 1996 igangsatte NORVAR arbeidet med et strategisk forprosjekt vedrørende effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken. I prosjektet ble det satt ned en referansegruppe blant prosjektdeltakerne hvor bl.a Bergen kommune deltok. I arbeidet med forprosjektet ble Actiflo-prosessen drøftet som en av prosessene aktuelle for norske forhold /1/.

Mer effektive partikkelseparasjonsprosesser er også aktualisert gjennom den pågående utbyggingen av nye renseanlegg langs kysten fra Lindesnes og nordover. Behovet for løsninger hvor man ikke trenger å gå så langt som til tradisjonell kjemisk rensing, har dermed blitt meget aktualisert.

Med effektiv partikkelseparasjon har man ment:

- Tilstrekkelig renseeffekt med hensyn til parametre som er benyttet i konsesjonene (tilpassing til utslippskrav)
- Lav slamproduksjon og
- Lav enhetskostnad for rensing

i kompakte anlegg.

Bergen kommune besluttet seg høsten 1996 for å prøve ut Actiflo-prosessen med et pilotanlegg ved et av kommunenes anlegg. Det var da også forutsatt at dette pilotprosjektet skulle være Bergen kommunes bidrag i det videre arbeidet som forprosjektet la opp til. Det ble også besluttet å søke om miljøteknologimidler. Søknad ble sendt inn vinteren 1997 og midler ble innvilget i mai 1997. Prosjekt- og forsøksplanleggingen pågikk frem til september 1997 da pilotanlegget ble startet opp på Flesland Ra. Forsøksperioden pågikk frem til april 1998.

Prosjektet har vært organisert slik:

|                                                                |                    |                |
|----------------------------------------------------------------|--------------------|----------------|
| • Prosjektleder                                                | Magnar Sekse       | Bergen kommune |
| • Driftsansvarlig pilot                                        | Kristine Skagestad | Bergen kommune |
| • Prosjektleder Krüger                                         | Marianne Jørgensen | Krüger A/S     |
| • Forsøksansvarlig,<br>ansvarlig rapportering                  | Claus P.Dahl       | Krüger A/S     |
| • Prosjektmedarbeider                                          | Anders Haarbo      | Krüger A/S     |
| • Ansv. prosjektplanlegging/<br>kvalitetskontroll sluttrapport | Lars Magnussen     | Envinor AS     |

Prosjektet har vært styrt av en styringsgruppe i Bergen kommune, KTU Vann- og

avløpsseksjonen, bestående av:

- Prosjektansvarlig Ivar D. Kalland
- Prosjektleder Magnar Sekse
- Driftsansvarlig Ole Dan Lundekvam

Den daglige drift og oppfølging av pilotanlegget ble ivaretatt av Bergen kommune. Krüger ga de nødvendige instruksjoner til prosessendringer både i forhold til forsøksplanen og uforutsette endringer bl.a i avløpsvannets sammensetning. Krüger ga også nødvendig støtte ved tilstedeværelse under igangkjøring, sporadisk underveis i forsøksperioden og ved avslutning av forsøkene.

Krüger har i samarbeid med Bergen kommune og Envinor utarbeidet denne sluttrapporten.

Prosjektet har i hovedsak gått som planlagt, med unntak av forsinkelse i 3 måneder med ferdigstillelsen av prosjektet. Årsakene var behovet for supplerende undersøkelser av slam, store nedbørmengder i februar og periodevis ulovlige påslipp av olje på avløpsnettet.

### 3. Målsetting for pilotprosjektet

Fra starten av var det overordnede målet med prosjektet å

**Undersøke om Actiflo-prosessen kunne dekke Bergen kommunes behov på en optimal måte når det gjelder framtidig avløpsrensing.**

I tillegg ble følgende delmål satt opp:

1. Dokumentere renseresultater og renseresultater ved varierende belastninger
2. Dokumentere innsatsmiddelforbruk og slamproduksjon
3. Fastlegge dimensjoneringsdata
4. Avdekke tekniske problemer

Målsettingene er således i full overensstemmelse med begrepet effektiv partikkelseparasjon.

I delmål nr. 1 lå det også implisitt at prosessen skulle testes ut for maksimal yteevne (maks. renseeffekt) selv om dette ville kunne medføre betydelig økning i innsatsmiddelforbruket. I dette lå også en sammenligning med konvensjonell kjemisk rensing (primærfelling).

Videre lå det i delmål nr. 1 ønske om å klarlegge prosessens optimaliserings-egenskaper d.v.s om det var mulig å styre prosessen inn på ønskede utslippskonsentrasjoner. Med andre ord om prosessen kunne styres optimalt i forhold til utslippskravene i fullskalaanlegg.

Videre var det også ønskelig å få dokumentert hvordan prosessen taklet raske og store belastningsvariasjoner både hydrauliske og stoffmessige.

Delmål nr. 2 innebar dokumentasjon av innsatsmiddelforbruk og slamproduksjon i alle situasjoner d.v.s ved

- Maksimal yteevne
- Optimal yteevne (styrt utslippskonsentrasjon)

Delmål nr. 3 innebar fastleggelse av dimensjonerende belastninger d.v.s

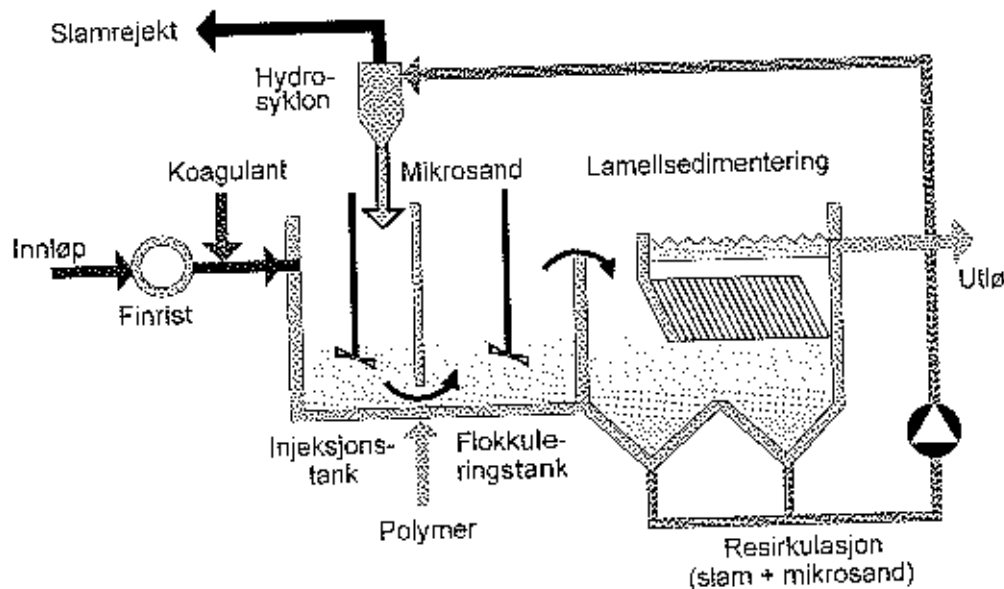
- Oppholdstid flokkulering
- Overflatebelastning sedimentering

for normalbelastning (tørrvær,  $Q_{lim}$ ) og maksimalbelastning (regnvær,  $Q_{maks}$ )

I delmål nr. 4 lå det implisitt forhold knyttet til resirkulering og dosering av sand bl.a slitasje, sikkerhet ved drift syklon o.s.v

#### 4. Actiflo™-prosessen

Actiflo™-prosessen bygger på en patentert fellingsprosess utviklet ved å kombinere kjemisk felling og lamellsedimentering med ny teknologi, hvor flokkuleringen baseres på mikrosand. Figur 4.1 viser en prinsippskisse av Actiflo™-prosessen.



Figur 4.1. Prinsippskisse av Actiflo™-prosessen.

I et Actiflo™-anlegg som behandler avløpsvann, passerer vannet først igjennom en finrst, som sikrer at grovere partikler fjernes. Deretter tilsettes det forurensede vannet et fellingskjemikalie/koagulant. Som fellingskjemikalie/koagulant kan anvendes metallsalter, f.eks. jernklorid eller aluminiumsulfat. Dette fører til at oppløst fosfat omdannes til tungt løselig fast stoff i form av kolloider. Vannets innhold av kolloider, som dels stammer fra fellingen og dels fra tilført forurenset vann, vil videre koagulere til større primærpartikler. Fellings- og koaguleringsprosessene skjer samtidig, idet begge foregår meget hurtig etter tilsetting av kjemikaliet.

Deretter ledes vannet til en injeksjonstank. I injeksjonstanken tilføres mikrosanden under kraftig omrøring. Avhengig av vanntypen anvendes en effektiv sandkornstørrelse på enten 60 µm eller 130 µm.

Fra injeksjonstanken ledes vannet videre til flokkuleringstanken, samtidig som det tilsettes en hjelpekoagulant. Polymerer som er langkjedede, ladede molekyler, anvendes som hjelpekoagulant. Disse polymerene binder sammen mikrosanden og primærpartiklene ved forskjellige mekanismer til store sedimenterbare fnokker. Flokkuleringen foregår under svakere omrøring, for å unngå at fnokkene skal slås i stykker.

Etter flokkuleringen ledes vannet inn i lamellseparatoren. Her sedimenterer fnokkene hurtig pga mikrosanden, som gir fnokkene vesentlig større tyngde sammenliknet med fnokker i andre fellingsprosesser. Dette medfører, at overflatehastigheten kan være 30-80 ganger større i lamellseparatoren enn i tradisjonelle fellingsanlegg med konvensjonelle sedimenteringsbasseng. Det rensede vannet ledes opp mellom lamellene og ut via avtrekksrenner.

Fra bunnen av lamellseparatoren tas slam og mikrosand ut og pumpes tilbake til hydrosyklonen. Resirkulasjonen utgjør ca. 3-8% av tilført vannmengde. I hydrosyklonen skjer det en mekanisk adskillelse av sanden og slammet. Sanden returneres til injeksjonstanken, mens slammet ledes med rejektstrømmen til særskilt slambehandling. Rejektstrømmen utgjør ca. 2-7% av den samlede behandlet vannmengde.

## 5. Flesland Renseanlegg

Flesland renseanlegg behandler avløpsvann fra en del av Bergen kommune og har en kapasitet på ca. 45.000 Pe. Anlegget er plassert inne i fjellet.

Avløpsvannet kommer i hovedsak fra områder med separatsystem, med betydelig nedbørvhengig innlekking, og er en blanding av kommunalt og industrielt avløpsvann. Det er registrert ca. 192 bedrifter i rensedistriktet i 1997, hvor en stor del er industri eller innenfor bilverksteds- bransjen. Det er ikke detaljert kjennskap til utslippene fra den enkelte bedrift.

På Flesland renseanlegg ble det registrert store svingninger i avløpsvannets sammen-setningen med pH-svingninger i innløpet mellom ca. 7-11 over kort tid og tilførsel av spillolje ved flere anledninger. Den store industribelastningen betyr at avløpsvannet ikke er typisk for norsk avløpsvann og dermed sannsynligvis også vanskeligere å rense.

Avløpstunnelen til Flesland renseanlegg er lang og har dimensjoner som medfører sedimentering i tunnelen ved lav hydraulisk belastning og resuspensjon ved høy hydraulisk belastning. Dette medfører at stoffkonsentrasjonen til renseanlegget varierer mye.

Rensingen på Flesland renseanlegg består av følgende prosessenheter:

- Grovrister            10 mm
- Finrist                1 mm
- Siler                   1 mm

Grov- og finristen er i drift konstant, mens silene kun anvendes i kortere perioder direkte på avløpsvannet fra grovristen, når den hydrauliske belastningen overstiger kapasiteten på finristen. Silene anvendes derfor kun ved regnvørsbelastning.

## 6. Forsøksoppstilling

På Flesland Renseanlegg i Bergen ble det stilt opp et pilotanlegg med Actiflo™ -prosessen. Pilotanlegget er innbygget i en 40 fots container, som ble plassert inne i fjellhallen ved siden av silene og utløpskanalen.

Med valgt plassering var det mulig for å plassere innløpspumpen til pilotanlegget både før og etter finrist/siler. Både rensed avløp og slamstrømmen ble ledet til avløpet fra Flesland renseanlegg nedstrøms de to innløpspumpenes plassering.

Actiflo™ -pilotanlegget inneholder et Actiflo™ -anlegg med samme oppbygging som beskrevet i kapittel 4. Pilotanlegget inneholder videre en polymerstasjon for modning og dosering av pulverpolymer, kjemikalietank og doseringspumper for dosering av koagulant, on-line mengdemålere på alle strømmene og turbiditets- og pH-målere på innløp og utløp. Videre omfatter anlegget et lite laboratorie/kontrollrom, som inneholder analyseutstyr og SRO-anlegg for logging av on-line data og styring av anlegget.

Kapasiteten på pilotanlegget kan beskrives ved, at vannoverflaten over lamellene i lamellseparatoren er på  $1 \text{ m}^2$ . Med en stigeastighet opp mellom lamellene på  $80 \text{ m/h}$  (hydraulisk overflatebelastning) kan pilotanlegget således belastes med  $80 \text{ m}^3/\text{h}$ . Overflatebelastningen på lamellsedimenteringen i forsøkene kan derfor avleses direkte ut fra innkommende vannmengde.

## 7. Belastningsforsøk del 1

I dette kapitlet med belastningsforsøk del 1 beskrives forsøk utført med jernklorid (JKL) benyttet som fellings- og koaguleringsmiddel. Belastningsforsøk del 2 omhandler forsøk hvor JKL erstattes helt eller delvis med kationisk polymer. Disse forsøkene er omtalt i kapittel 8.

Belastningsforsøk del 1 er videre oppdelt i to deler, som beskriver forsøk med innløpsvann til pilotanlegget tatt ut før og etter finrist/siler på Flesland renseanlegg.

### 7.1 Generelle forsøksbetingelser

Formålet med forsøkene var å etablere solid kjennskap til prosessens yteevne på det aktuelle avløpsvann. Forsøkene skulle resultere i erfaringer som ga den mest optimale innstilling av prosessen og hvilke renseeffekter som kunne forventes.

Det var videre ønskelig å få vurdert slamproduksjonen og avvanningsegenskapene til produsert slam.

For å oppfylle disse målene ble et større antall forsøk gjennomført. Det ble utført følgende forsøk:

- belastningsforsøk
- spesialforsøk
- døgnpøver
- slamavvanningsforsøk

Belastningsforsøkene betraktes som grunnleggende forsøk i forbindelse med undersøkelse av Actiflo™-prosessen. Dette skyldes at alle vesentlige parametre undersøkes individuelt, slik deres effekt blir kjent. I etterfølgende forsøk ble erfaringene fra belastningsforsøkene anvendt i forbindelse med driftsinnstillinger. Forsøkernes primære formål var å:

- fastlegge den beste polymertypen
- bestemme effekten av polymerdoseringen
- bestemme effekten av JKL-doseringen
- bestemme effekten av den hydrauliske belastningen

Ved testen av hver enkelt driftsinnstilling ble anlegget drevet i ca. 45 minutter før det ble tatt ut prøver av innløp og utløp til analyser. Dermed sikret man at det skjedde en gjennomstrømning gjennom anlegget på ca. 6-7 ganger den hydrauliske oppholdstiden i anlegget, slik at resultatet fra hver enkelt forsøk ikke ble påvirket av det forutgående forsøket.

I forbindelse med undersøkelsen av prosessen kan forskjellige spesialforsøk utføres. Forsøkene er basert på å teste forskjellige teorier samt driftsformer. Det

ble derfor utført spesialforsøk med:

- resirkulasjon av slamrejekt
- plassering av polymerdoseringspunkt
- reduksjon av koagulant ved lav hydraulisk belastning

Også for spesialforsøkene ble det anvendt en driftstid på 45 minutter for hvert enkelt forsøk.

I døgnpårvøene ble det prøvd med de optimale innstillingene av prosessen funnet i belastningsforsøk og spesialforsøk gjennom et døgns varierende belastning. Videre ble det i noen døgnpårvøer forsøkt å bestemme slamproduksjonen som gjennomsnitt over døgnet.

Slamavvanningsforsøkene ble utført på slam tatt ut fra pilotanlegget med separat utstyr uavhengig av pilotanlegget.

Som fellings- og koaguleringskjemikalie ble det valgt å anvende JKL, som er en jern(III)kloridsulfatoppløsning. Oppløsningen inneholdt omkring 12% jern(III), som er det metallionet som anvendes i fellingen. JKL er valgt som koagulant fordi det erfaringsmessig har god effekt på avløpsvann og fordi det er mindre pH-følsomt enn andre koagulanter, hvor aluminium(III) er det aktive metallionet.

Ved anvendelse av JKL som fellings- og koaguleringskjemikalie på avløpsvann er det erfaringsmessig oppnådd best resultater ved bruk av anioniske polymertyper. I forsøkene ble det derfor valgt å prøve ut anioniske polymerer fra SNF Floerger med forskjellige ladningstyrker.

Som nevnt i kapittel 4 anvendes det sand med forskjellig kornstørrelse avhengig av hvilken vanntype prosessen testes ut på. I alle forsøkene ble det anvendt kvartssand med effektiv kornstørrelse 130 µm og enhetskoeffisient på 1,5. Det ble forsøkt å holde en sandkonsentrasjon på anlegget mellom 3 – 5 kg/m<sup>3</sup>. I døgnpårvøene ble det anvendt høyere konsentrasjon som startbetingelse slik at man var sikret mot at sandkonsentrasjonen ble for lav pga det normale sandtapet på 3 - 5 g/m<sup>3</sup> behandlet vann.

### **Analysemetoder**

I forbindelse med forsøkene ble et stort antall prøver tatt ut, som skulle analyseres for flere parametre. Alle prøvene ble innlevert til analyse samme dagen som de ble tatt ut, og ble analysert innen få dager. I mellomtiden ble de oppbevart i kjøleskap. Analysene ble utført på Chemlab Services A/S i Bergen som er et akkreditert laboratorium. Enkelte tørrstoffmålinger i forbindelse med slamavvanningsforsøkene ble dog utført i minilaboratoriet på pilotanlegget.

I tabell 7.1 vises analysemetodene som ble anvendt.

Tabell 7.1. Anvendte analysemetoder.

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Suspendert stoff (SS)     | NS-EN 872 |
| Tørrestoff (TS)           | NS 4764   |
| Suspendert glødetap (FSS) | NS 4733   |
| Totalfosfor               | NS 4725   |
| Ortofosfat                | NS 4724   |
| Totalnitrogen             | NS 4743   |
| KOF                       | NS 4759   |

## 7.2 Avløpsvann før finrist/siler

I disse forsøkene ble avløpsvannet tatt ut før finrist/siler og det ble dermed unngått å ta ut suspendert stoff via ristgodset.

### 7.2.1 Belastningsforsøk

I bilag A fremgår en samlet oppstilling av alle forsøksparameterne og analyseresultatene fra belastningsforsøkene.

#### Test av polymertype

Den 6-7. oktober samt den 21. oktober 1997 ble det utført forsøk med henblikk på å finne den best egnede polymertypen til bruk på det aktuelle avløpsvannet. Det ble testet fire forskjellige anioniske polymerer AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG samt AN 945 PWG.

Det ble utført 2 identiske forsøk hvor det første forsøket dannet grunnlaget for det første valget av polymertype mens det andre forsøket var en kontroll av det første valget. Denne kontrollen ble valgt, da det i forsøkene etter 6-7 oktober ble konstantert behov for polymerdoser høyere enn 1,0 mg/l som var anvendt i forsøkene 6-7. oktober 1997.

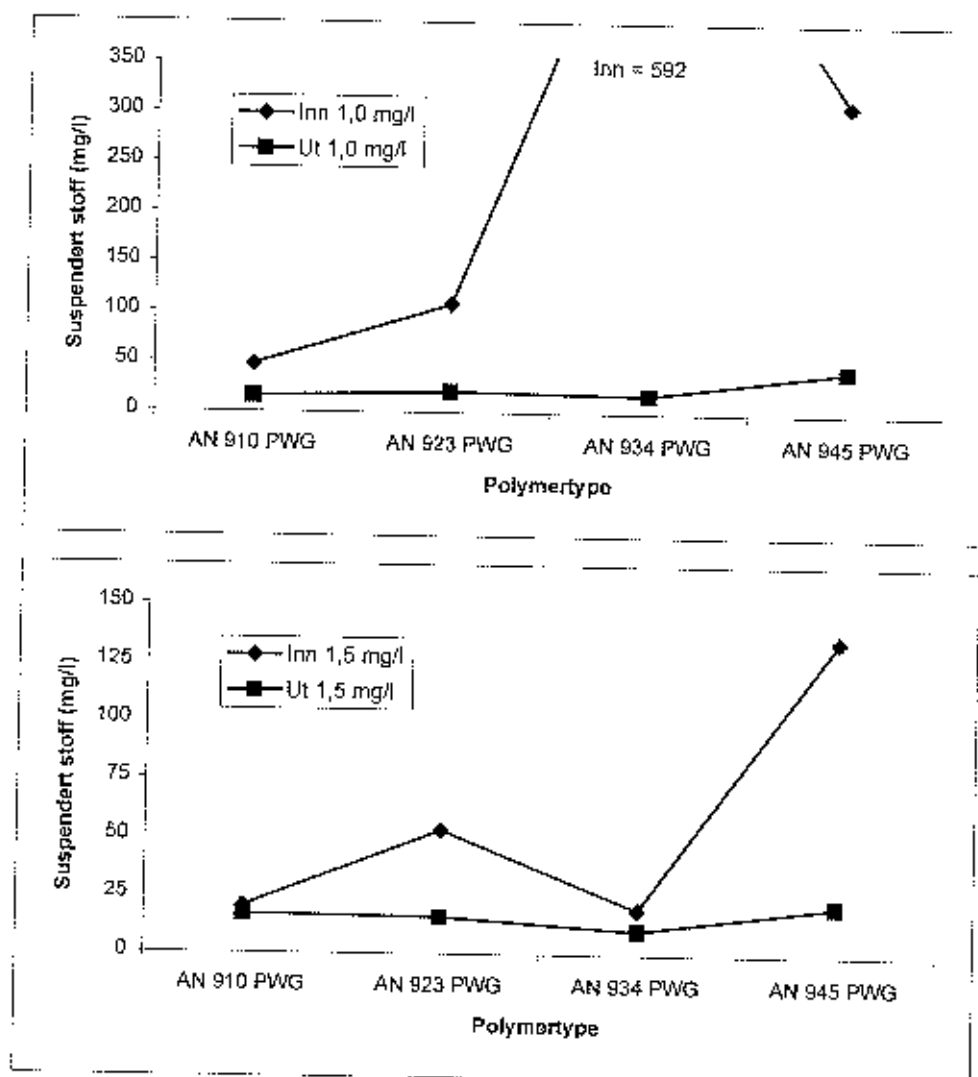
For å kunne relatere renseeffekten til den anvendte polymertypen ble alle andre parametre så langt som mulig holdt uendret gjennom hele forsøket. I tabell 7.2 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.2: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 15 mg Fe/l                |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

Forsøkene ble utført ved å tilsette de ulike polymertypene med en dose på 1,0 mg/l eller 1,5 mg/l.

I figur 7.1 fremgår analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymertypene for begge undersøkelsesserier.



Figur 7.1 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av de forskjellige polymertypene. Polymerdoser 1,0 mg/l og 1,5 mg/l.

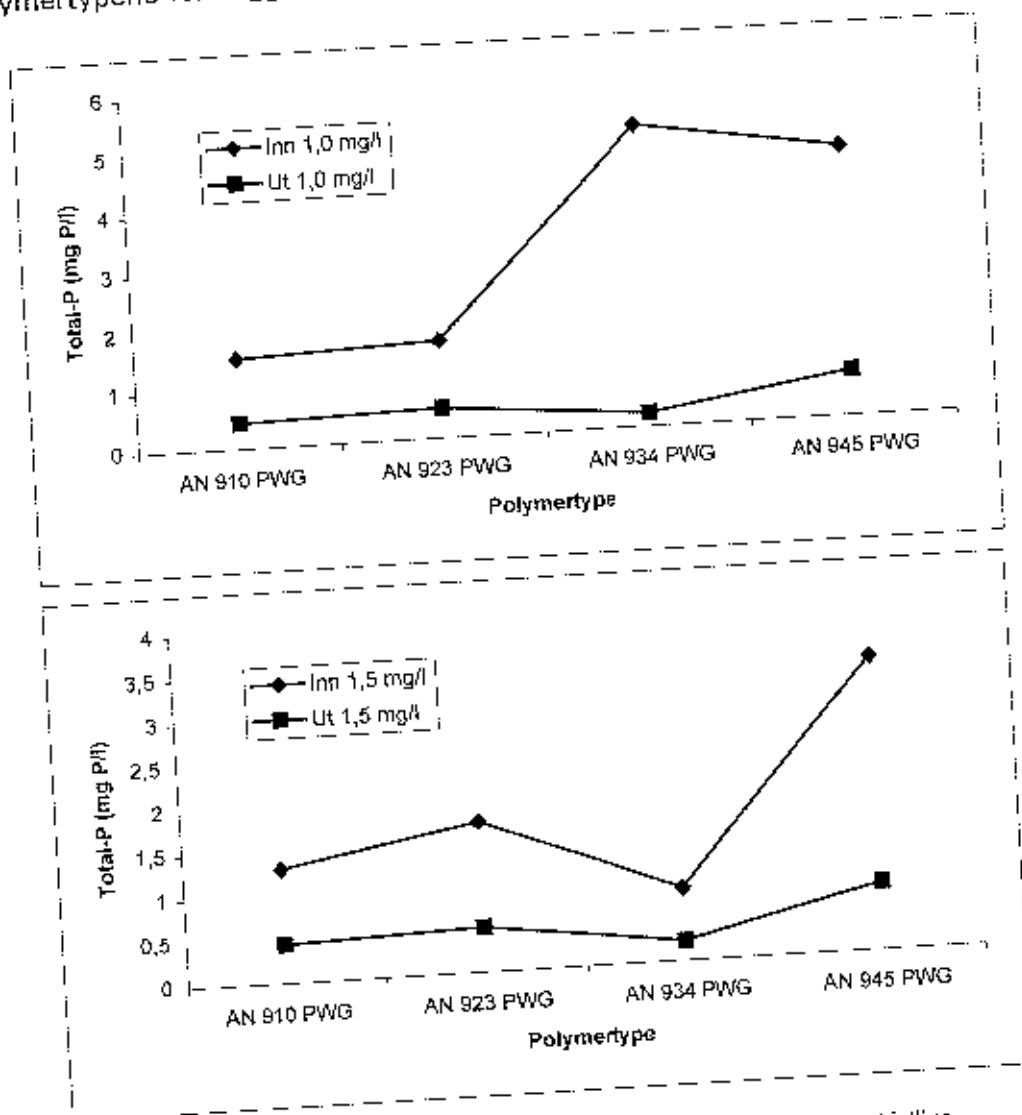
Det må bemerkes at det var betydelige konsentrasjonsvariasjoner i innløpet, noe som skaper uensartede forsøksbetingelser. Dette kan vanskeliggjøre valget av polymertype.

På bakgrunn av forsøkene 6-7 oktober med en dose på 1,0 mg/l ble det besluttet å anvende type AN934 PWG i de etterfølgende undersøkelsene. AN934 PWG ga god rensing med høy innløpskonsentrasjon. Den har i andre forsøk med rensing av urensset avløpsvann vist seg å gi de beste resultatene.

Forsøkene med en polymer dosering på 1,5 mg/l viste, at polymertypene ga mer like resultater. Dog var AN934 PWG bedre enn AN910 PWG også ved de lave inn-

løpskonsentrasjonene man hadde i disse forsøkene. Endring av polymerdoseringskonsentrasjonen til 1,5 mg/l ga således ingen indikasjon på at polymertypen skulle endres.

I figur 7.2 er analysene av totalfosfor som funksjon av de forskjellige polymertypene for begge undersøkelsesseriene, presentert.



Figur 7.2 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymer-typer. Polymerdoser 1,0 mg/l og 1,5 mg/l

For begge undersøkelsesseriene ble det kort konkludert med at den laveste utløpskonsentrasjonen ble oppnådd med polymertypen AN 934 PWG både ved høye og lave innløpskonsentrasjoner.

Samlet sett ble polymertypen AN 934 PWG funnet å være den beste polymertypen for det aktuelle avløpsvannet.

#### Test av polymerdosering

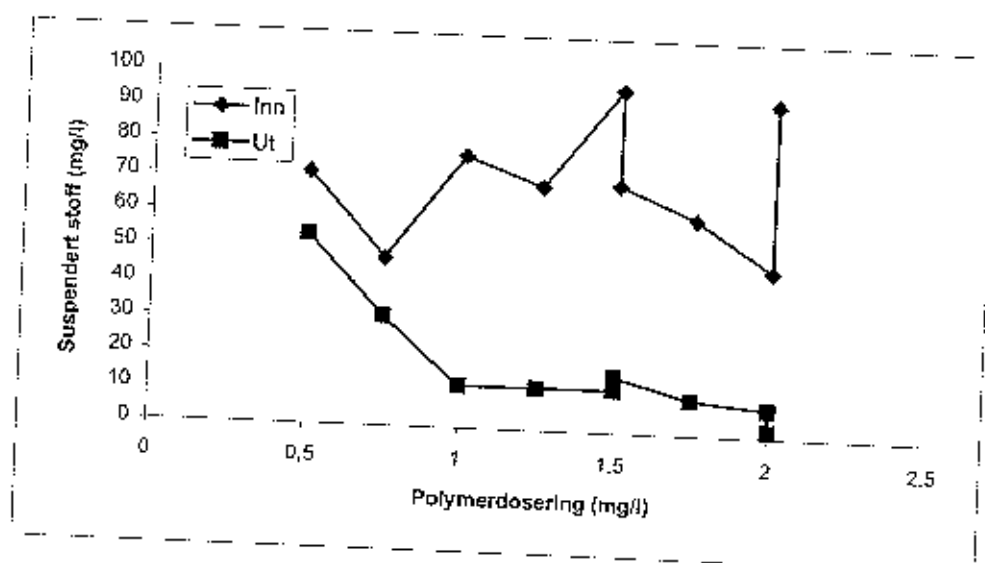
Med den valgte polymeren var neste skritt å bestemme optimale dose. Denne undersøkelsen ble utført den 8-9. og 16. oktober 1997.

Undersøkelsen besto i å analysere utløpet ved forskjellige doser av polymeren. Igjen ble alle andre parametre under forsøkene så langt som mulig uendret. I tabell 7.3 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.3: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 15 mg Fe/l                |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

Det ble i alt utført 9 forsøk med forskjellige polymerdoser mellom 0,5 og 2,0 mg/l. I figur 7.4 er analysene av suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymerdosene presentert.



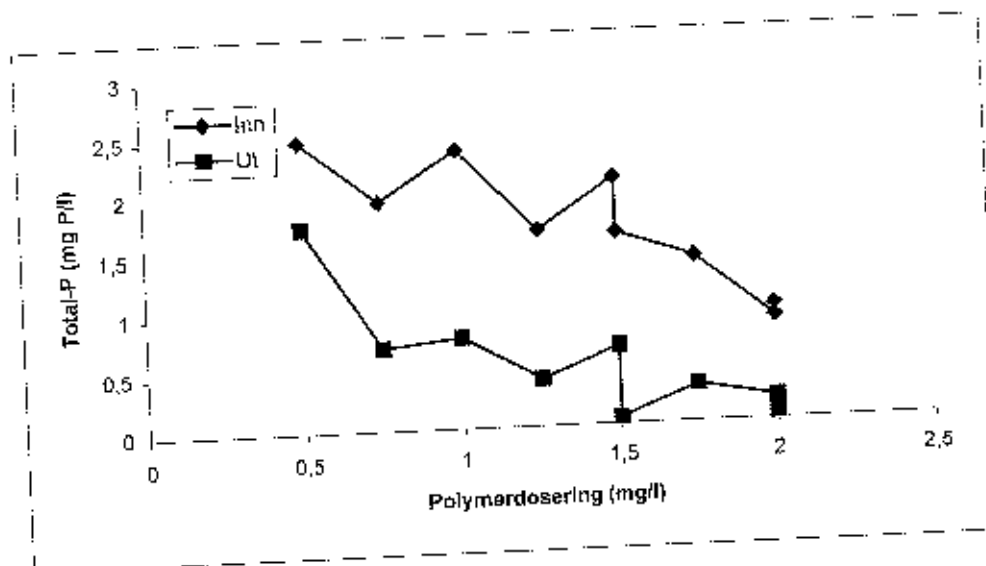
Figur 7.3 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoser

Det fremgår av figur 7.4 at polymerdoser på 0,5 – 0,75 mg/l gav dårlige rense-effekter. Fra 1,0 – 2,0 mg/l oppnådde man et lavere, mer ensartet utslippsnivå noe som indikerer at 1,0 mg/l var tilstrekkelig mens ytterligere dosering gav svak forbedring.

Figur 7.4 viser innholdet av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoser.

Innløpskonsentrasjonene falt med stigende polymerdose noe som gjorde det vanskelig å vurdere hvorvidt det tilsvarende fallet i utløpskonsentrasjon skyldtes mindre belastning eller økt renseseffekt pga økt polymerdose. Renseeffekten var generelt god fra 0,75 mg/l og oppover til 2,0 mg/l.

Nødvendig mengde polymer forventes til en viss grad å være avhengig av den samlede stoffmengde, som skal flokkuleres. I forsøkene var innløpskonsentrasjon-



Figur 7.4 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoseringer

en generelt lav for suspendert stoff. For å ha tilstrekkelig polymer i etterfølgende forsøk hvor suspendert stoffkonsentrasjon i innløpet kunne variere betydelig, ble det valgt det å bruke en polymerdose på 1,5 mg/l.

#### Test av JKL-dosering

Den 13. oktober 1997 ble det utført forsøk med henblikk på å teste effekten av forskjellige JKL-doseringer av. JKL ble tilsatt i forskjellige doser for å bestemme den optimale doseringen.

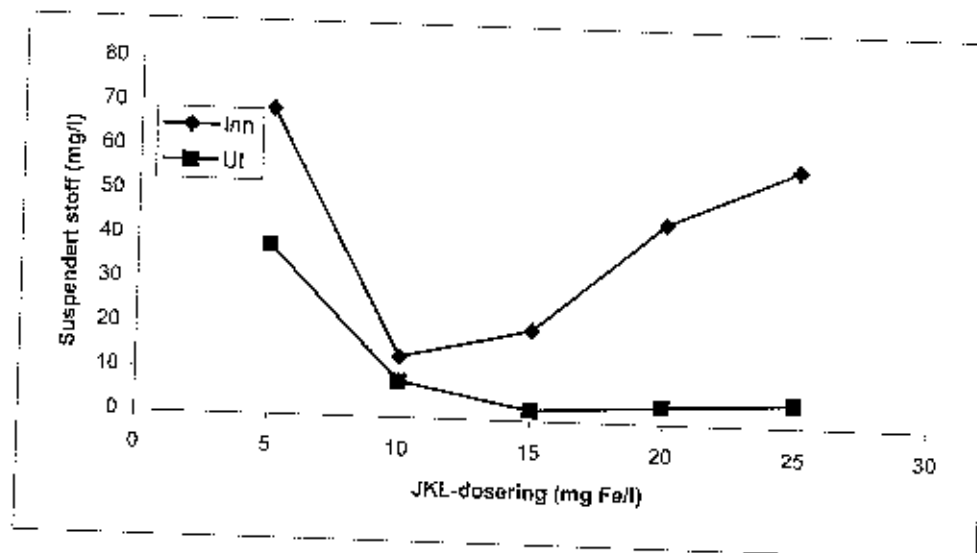
Igen ble alle andre parametre under forsøkene holdt så konstant som mulig. I tabell 7.4 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.4: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

I figur 7.5 er analyser av suspendert stoff som funksjon av forskjellige JKL-doseringer fra 5–25 mg Fe/l presentert. Av figuren kan man se at konsentrasjonen av suspendert stoff i innløpet var lavt og med store variasjoner. Utløpskonsentrasjon av suspendert stoff falt med stigende JKL-dosering inntil 15 mg Fe/l. Ved økning i doseringen fra 15 mg Fe/l til 25 mg Fe/l steg utløpskonsentrasjonen svakt. Dette skyldes trolig økningen i innløpskonsentrasjonen.

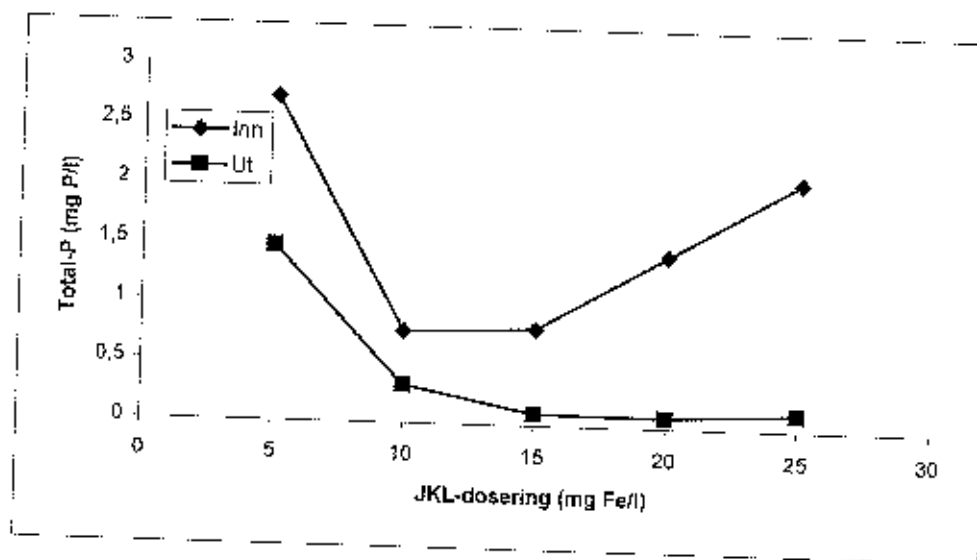
En dosering mellom 15 – 20 mg Fe/l ble vurdert å gi best fjerning av suspendert stoff.



Figur 7.5 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doseringer.

Innholdet av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doseringer vises i figur 7.6.

Totalfosfor-konsentrasjonene avspeiler det samme mønster som suspendert stoff-konsentrasjonene med store variasjoner i innløpet. Man ser at det ble oppnådd forbedring i utløpskvaliteten opp til en dosering på 15 mg Fe/l. Over dette skjedde det kun svak forbedring ved høyere dosering.



Figur 7.6 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellig JKL-dosering

I etterfølgende forsøk ble det valgt å dosere JKL med en dose på mellom 15 – 20 mg Fe/l. Igjen ble det vurdert nødvendig med høyest dosering ved høyest innløps-konsentrasjon.

### Test av hydraulisk belastning

Den 16. og 20. oktober 1997 ble det utført forsøk med henblikk på å teste effekten av forskjellige hydrauliske belastninger. Her skal det bemerkes at det i Actiflo™-pilotanlegget er 1 m<sup>2</sup> vannoverflate med lameller dvs at en hydraulisk belastning på 80 m<sup>3</sup>/h gir en stige-hastighet (hydraulisk overflatebelastning) på 80 m/h gjennom lamellene.

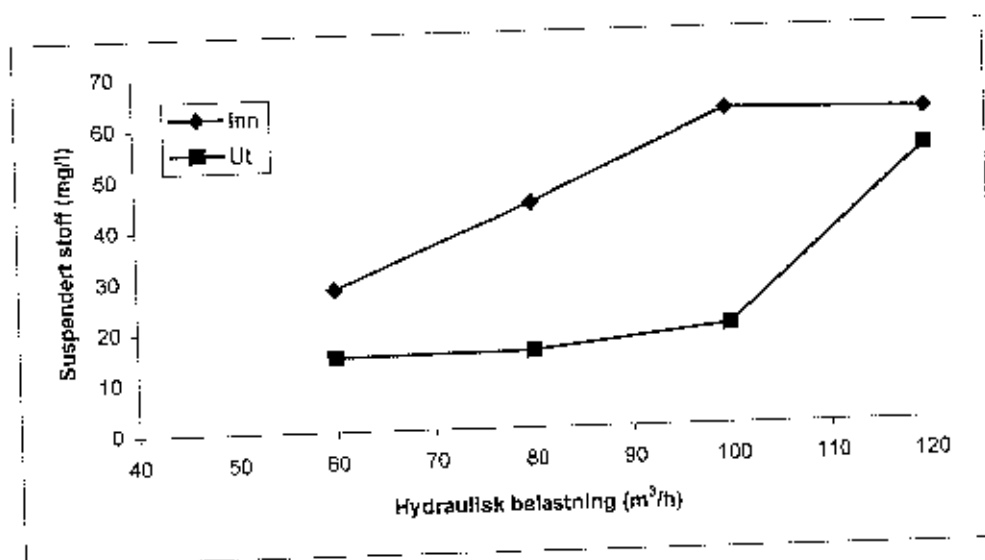
Alle andre parametre ble under forsøkene holdt så konstant som mulig. I tabell 7.5 vises de generelle forsøksbetingelsene. Resirkulasjonsstrømmen ble satt til 6% av innkommende vannmengde.

Tabell 7.5: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| JKL-dosering      | 15 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

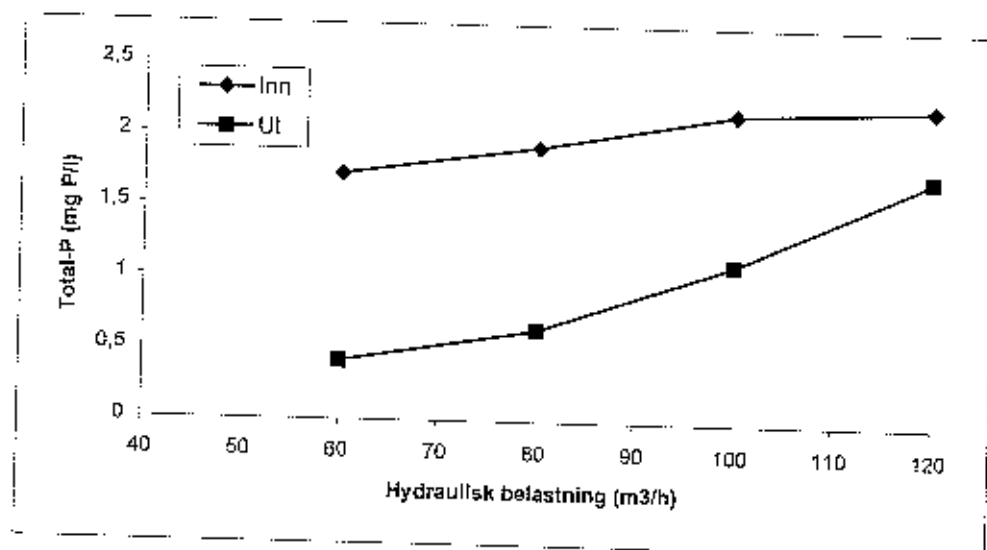
I alt ble det undersøkt fire forskjellige hydrauliske belastninger med 60 m<sup>3</sup>/h, 80 m<sup>3</sup>/h, 100 m<sup>3</sup>/h og 120 m<sup>3</sup>/h. I figur 7.7 er analyser av suspendert stoff som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger presentert.

Av figuren kan man se at det stort sett ble oppnådd samme utløpskvalitet opp til en hydraulisk belastning på 100 m<sup>3</sup>/h tilsvarende en stige-hastighet opp gjennom lamellene på 100 m/h. Ved en økning til 120 m<sup>3</sup>/h falt renseeffekten.



Figur 7.7 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger

I figur 7.8 er analysene av totalfosfor som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger presentert.



Figur 7.8 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger

For totalfosfor kan man se en klar tendens med svakt stigende utløpskonsentrasjon ved økende hydraulisk belastning. Dog skal det bemerkes at innløpskonsentrasjonene også var økende.

Det var således mulig å variere den hydrauliske belastningen uten at utløpskvaliteten ble vesentlig dårligere for SS men dog mer for totalfosfor. Actiflo™ designes normalt i avløpssystemer med en hydraulisk belastning på mellom 80 og 120 m/h. De oppnådde resultatene underbygger disse belastningene. Knyttet til norske dimensjoneringsretningslinjer kan 80 – 100 m/h, hvor det oppnås høye renses effekter, for eksempel benyttes som designparameter ved  $Q_{dim}$  mens 120 m/h kan, som maksimal hydraulisk belastning, for eksempel benyttes som designparameter ved  $Q_{maksrim}$ .

### 7.2.2 Spesialforsøk

Det ble utført to typer spesialforsøk; ett med resirkulasjon av 50% av produsert slammengde i Actiflo™-prosessen og ett med varierende doseringssted for polymer.

I bilag A vises forsøksbetingelsene og analyseresultatene fra spesialforsøkene.

#### Resirkulasjon av slam

Formålet med å returnere 50% slam tilbake til Actiflo™-prosessen var, å halvere uttatt mengde slamrejekt samtidig som stoff-konsentrasjonen ble fordoblet. Dette under forutsetning av, at samme renseseffekt ble oppnådd. Det skal normalt tilsettes ekstra polymer ved returnering av slammet for å oppnå samme renseseffekt. Dette ble undersøkt i forsøkene.

Denne funksjonaliteten er spesielt interessant ved bruk av mekaniske foravvannere på slammet fra Actiflo™. Med det forholdsvis tynne slammet fra Actiflo™ er det den hydrauliske kapasiteten på mekaniske foravvannere som vil være designmessig

bestemmende. Ved halvering av mengden slamrejekt kan også foravvannerkapasiteten halveres.

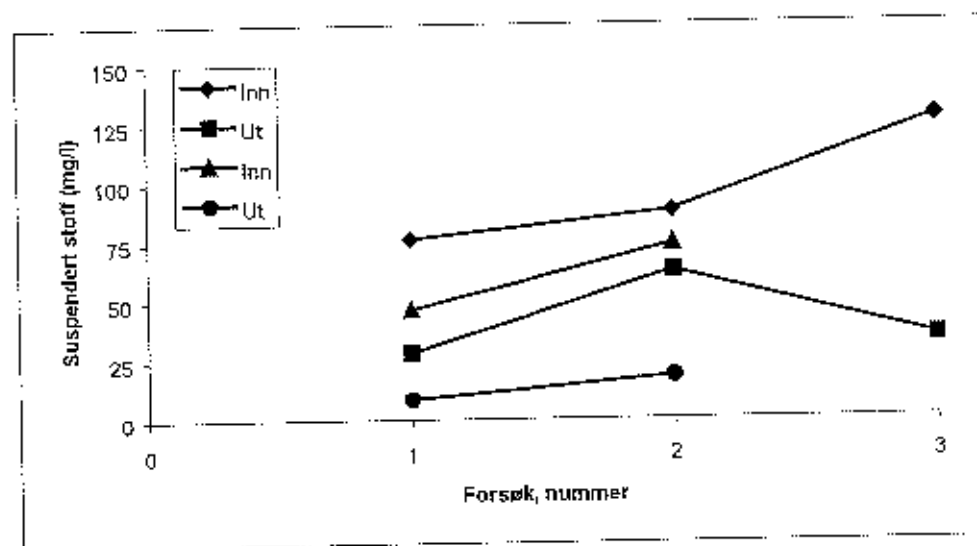
Det ble utført tre forskjellige forsøk; forsøk 1 med normal drift, forsøk 2 med retur av 50% slamrejekt uten endring av polymerdoseringen og forsøk 3 med retur av 50% slamrejekt med økning av polymerdoseringen fra 1,5 mg/l til 2,0 mg/l. Forsøk 1 og 2 ble utført i to forskjellige serier. De generelle forsøksbetingelsene er vist i tabell 7.6.

Tabell 7.6: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,5 og 2,0 mg/l           |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

Figur 7.9 viser analyseresultatene for suspendert stoff i de tre forskjellige forsøkene.

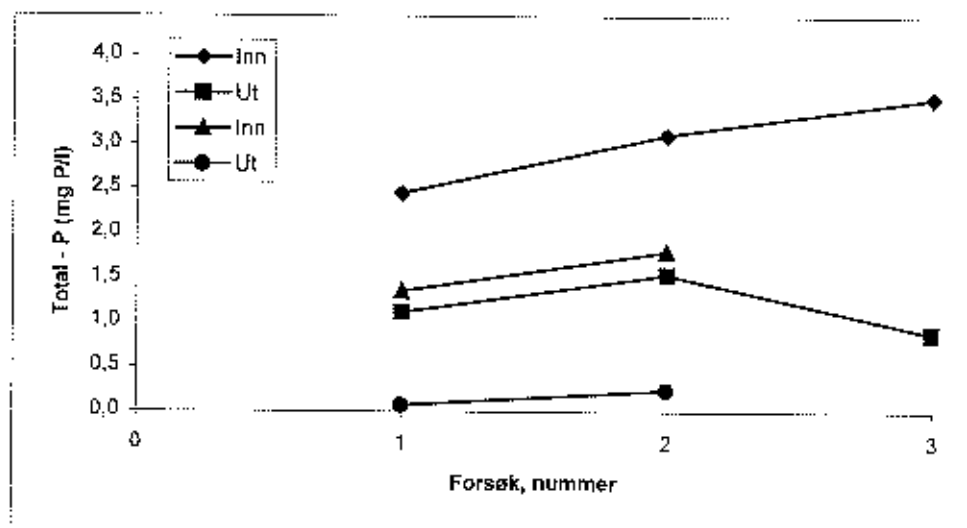
Av den første serien kan man fra figuren se at utløpskvaliteten for suspendert stoff ble forverret fra forsøk 1 til forsøk 2, mens det var klar forbedring til forsøk 3 pga økt polymerdosering.



Figur 7.9 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i de tre forsøkene

I den andre serien kan man også se at suspendert stoff i utløpet økte fra forsøk 1 til forsøk 2, dog økte innløpskonsentrasjonen tilsvarende. Det var derfor vanskelig å vurdere hvorvidt det kunne vært oppnådd forbedring med økt polymertilsetning.

I figur 7.10 presenteres analysene av totalfosfor fra de tre forsøkene. Resultatene i figuren viser nøyaktig det samme forløp som beskrevet for figur 7.9.



Figur 7.10 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i de tre forsøkene

Totalt sett kunne man konkludere med at retur av slamrejekt var en mulig styringsparameter for å oppnå høyere stoff-konsentrasjon i slamrejektet. Konsekvensen er i visse tilfeller, at det må anvendes høyere polymerdosering.

Utførte forsøk ble gjennomført ved moderat til middels suspendert stoff-konsentrasjon. Ved høye suspendert stoff-konsentrasjoner kan man ikke forvente å kunne resirkulere 50% av slamrejektet. Dette skyldes at det erfaringsmessig er en maksimal grense m.h.t til slamkonsentrasjonen i anlegget før utløpskvaliteten blir påvirket uansett mengden av polymer.

Styringen av resirkuleringen av slamrejekt er spesielt interessant i regnvær, hvor suspendert stoff-konsentrasjonen i innløpet er lav og vannmengden er høy. Dette medfører en tilsvarende stor mengde slamrejekt for å sikre resirkulasjonen av sanden i prosessen.

#### Polymerdoseringspunkter

Generelle erfaringer viser at det for visse vanntyper kan være en fordel å dosere polymeren på andre steder enn det normale hvor doseringen av polymer finner sted mellom injeksjonstanken og flokkuleringstanken, se figur 4.1.

Polymeren kan også doseres under hydrosyklonen slik at den blandes i det innkommende vannet sammen med sanden eller ved en kombinasjon av de to doseringsstedene.

Det ble utført tre forsøk hvor polymeren ble dosert på følgende steder:

- Forsøk 1 Mellom de to tankene
- Forsøk 2 Kombinasjon med 50% på hvert sted
- Forsøk 3 Under hydrosyklonen

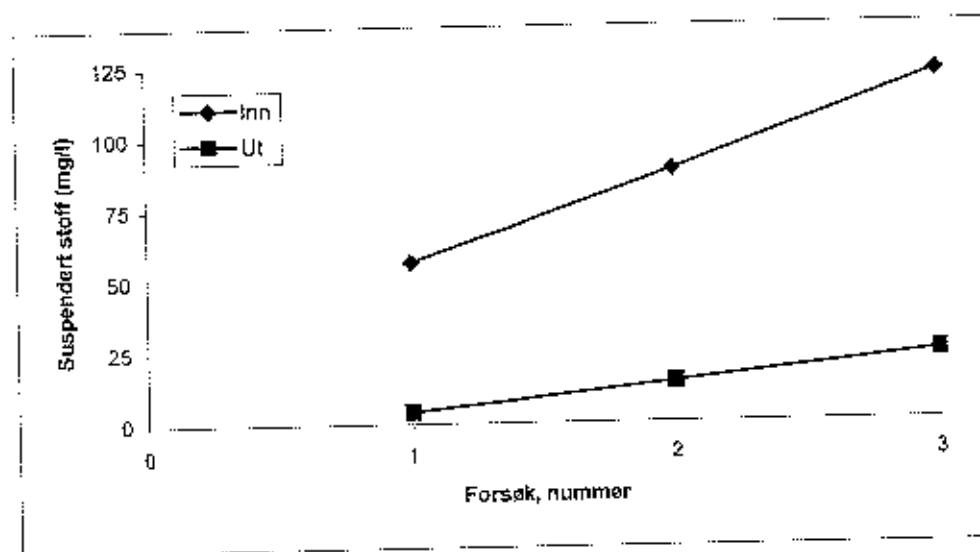
De generelle forsøksbetingelsene vises i tabell 7.7.

Tabell 7.7: Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

I figur 7.11 vises resultatene av analysene av suspendert stoff i de tre forsøkene.

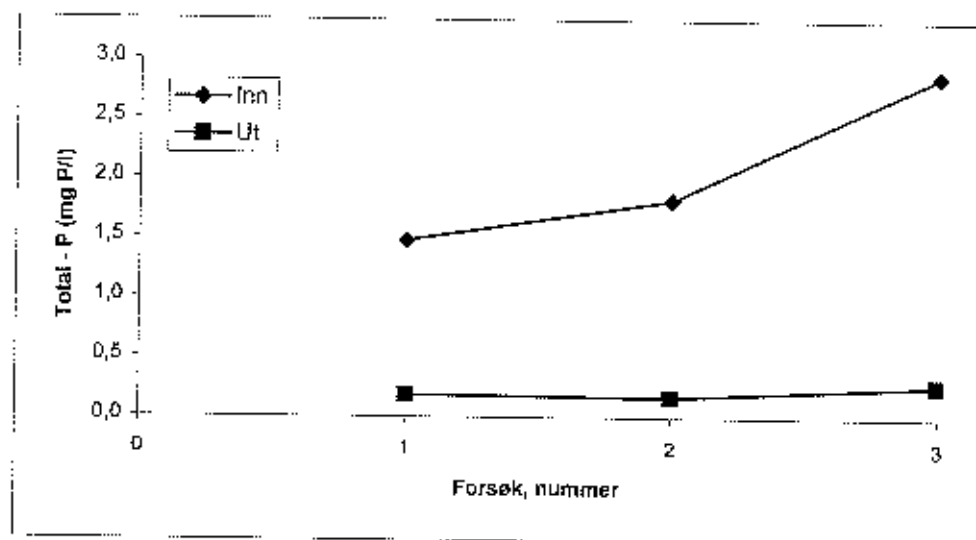
Det fremgår av figuren at innløpskonsentrasjonen for suspendert stoff økte fra forsøk 1 til forsøk 3, noe som gjør det vanskelig å vurdere forsøkene. Imidlertid økte utløpskonsentrasjonen tilsvarende. Man kunne derfor ikke umiddelbart se noen fordel ved å gå vekk fra standard doseringssted.



Figur 7.11 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i de tre forskjellige forsøkene

I figur 7.12 fremgår analysene av totalfosfor i de tre forsøkene. I figuren kan man også se at innløpskonsentrasjonen for totalfosfor økte, men økningen var mindre mellom forsøk 1 og 2. Utløpskonsentrasjonen viste en liten reduksjon fra forsøk 1 til forsøk 2, mens det til forsøk 3 skjedde en liten økning.

Samlet sett var det ikke ett av forsøkene som ga et klart bedre resultat enn de andre. Det ble derfor valgt å ikke endre doseringssted for polymer fra det normale stedet mellom injeksjons- og flokkuleringstankene.



Figur 7.12 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i de tre forsøkene

### 7.2.3 Døgnprøver

Med de valgte driftsbetingelsene i belastningsforsøkene og spesialforsøkene ble det utført to døgnforsøk. Hvert døgnforsøk gikk over ett døgn og det ble tatt ut i alt ca. 12 fraksjonerte prøver på innløp og utløp med prøvetaking hver 60 min. Døgnprøvene er et viktig redskap for å vurdere prosessen ved varierende belastninger. De gir realistisk informasjon om hvilke renseeffekter som kan forventes for de forskjellige analyseparametrene på det aktuelle avløpsvann med gitt belastning, og valgte doseringsmengder. I bilag B fremgår forsøksbetingelsene og analyseresultatene.

#### Døgnprøve 23-24. oktober 1997

Ved denne døgnprøven ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 7.8.

Tabell 7.8 Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 2-8 kg/m <sup>3</sup> |

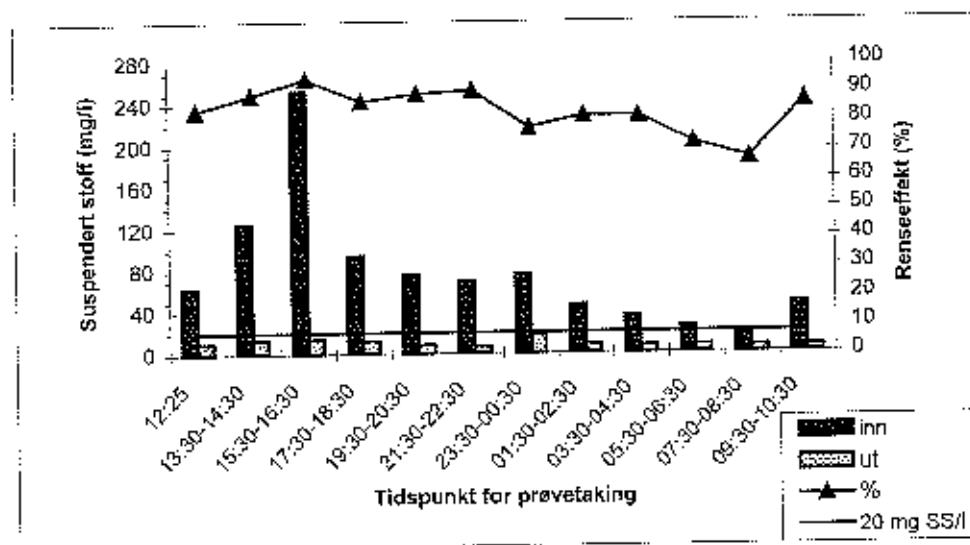
Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 87%
- Ortofosfat 88%
- Totalfosfor 88%
- KOF 41%
- Totalnitrogen 8%

Det ble derfor oppnådd høye renseeffekter for suspendert stoff og fosfor noe som indikerte at den valgte driftsinnstillingen av prosessen var tilfredsstillende. Renseeffektene for KOF og totalnitrogen avspeiler at prosessen hovedsakelig fjerner partikulære fraksjoner av disse parametrene og bare litt av de oppløste fraksjoner av KOF. Fjerning av KOF var dog allikevel betydelig.

I figur 7.13 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff. Det er satt inn et nivå på 20 mg/l for å relatere utløpskonsentrasjonen til dette nivået, da 20 mg/l er et meget benyttet konsentrasjonskrav for avløpsvann. Samtidig kan det ikke forventes meget høye renseeffekter når innløpskonsentrasjonen er lav da det er en nedre grense for hvor rent utløpsvannet kan bli.

Av figuren fremgår det hvordan utløpskonsentrasjonen ble påvirket svakt av de store svingningene i innløpskonsentrasjoner med høye konsentrasjoner spesielt i 3 prøver. I størstedelen av døgnet var innløpskonsentrasjonen lav og utløpskonsentrasjonen lå generelt langt under 20 mg/l.

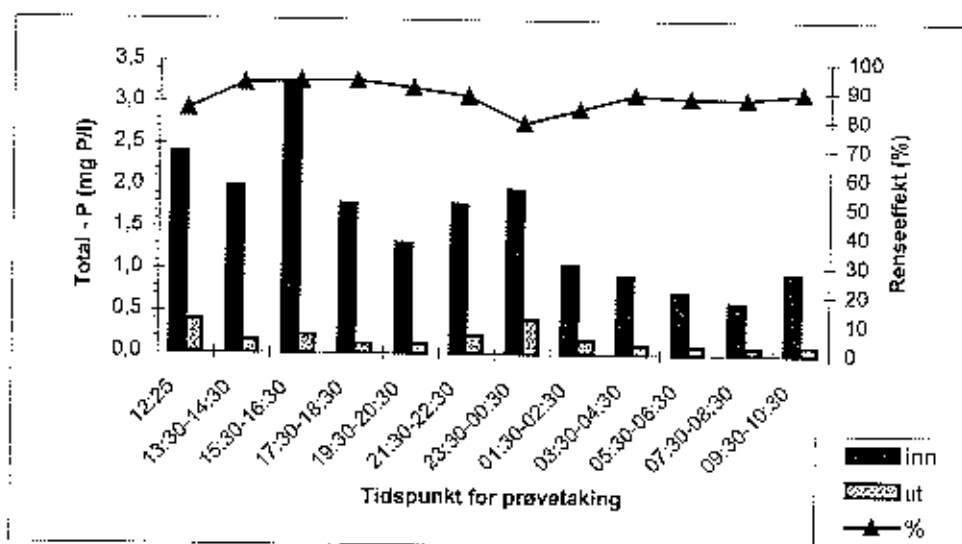


Figur 7.13 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 23 – 24. oktober 1997

Figur 7.14 viser analyseresultatene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene.

Resultatene i figuren viser store svingninger i innløpskonsentrasjonen for totalfosfor samt et generelt stabilt og lavt utløpsnivå.

Samlet kan det konkluderes med at det ble oppnådd høye renseeffekter og god rensing av avløpsvannet gjennom hele døgnet samtidig som driftsbetingelsene har vært optimale.



Figur 7.14 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 23 – 24. oktober 1997

#### Døgnpøve 30-31. oktober 1997

Ved denne døgnpøven ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 7.9.

Tabell 7.9 Generelle forsøksbetingelser

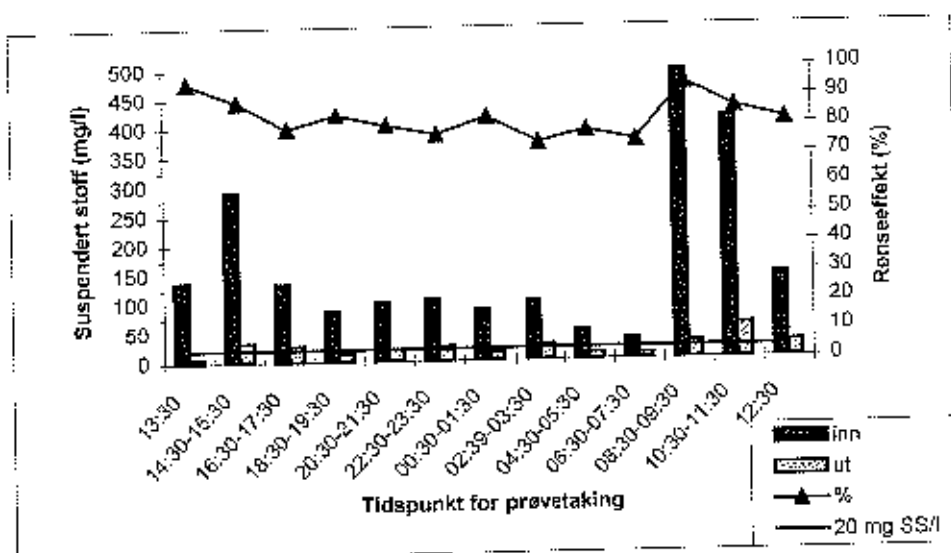
|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 5-8 kg/m <sup>3</sup> |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 86%
- Ortofosfat 81%
- Totalfosfor 80%
- KOF 39%
- Totalnitrogen 21%

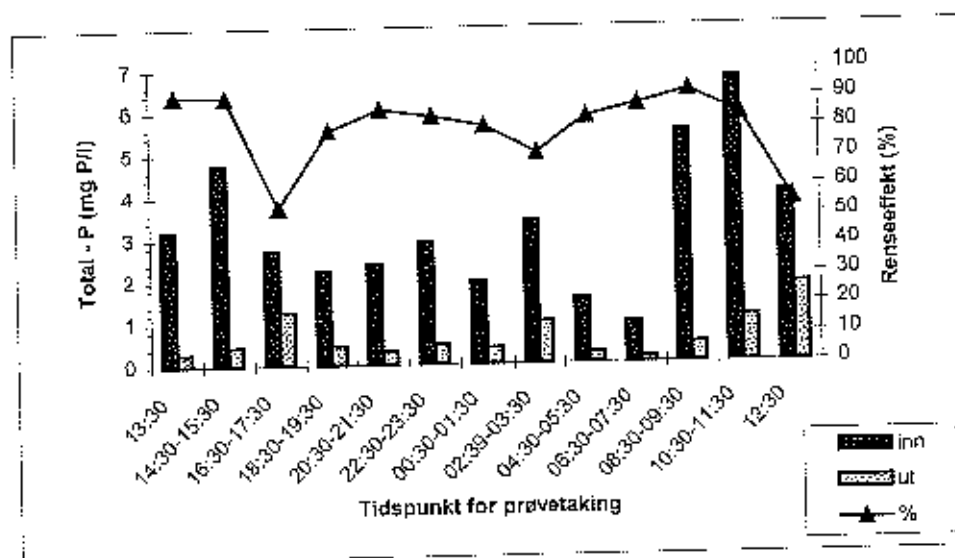
Det ble oppnådd høye renseeffekter for suspendert stoff og fosfor. For KOF var det også nå god fjerning og for totalnitrogen var det noe større renseeffekt enn i foregående forsøk.

I figur 7.15 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff. Av figuren kan man igjen se hvordan utløpskonsentrasjonen kun i liten grad ble påvirket av de store svingningene i innløpskonsentrasjonen spesielt ved høye konsentrasjoner. Størstedelen av døgnet var innløpskonsentrasjonen lavere og utløpskonsentrasjonen lå gjennomsnittlig omkring 20 mg/l.



Figur 7.15 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 30 – 31. oktober 1997

Figur 7.16 viser analysene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene.



Figur 7.16 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 30 – 31. oktober 1997

Resultatene i figur 7.16 viser tilsvarende store svingninger i innløpskonsentrasjonen for totalfosfor som for SS, samt et generelt mer stabilt og lavt utløpsnivå. Man ser dog i motsetning til foregående døgnpøve at utløpskonsentrasjonen ble påvirket vesentlig ved høye innløpskonsentrasjoner. Dette skyldes en kombinasjon av slamflukt (økt SS) og dårlig utfelling (for lav JKL-dose).

På ny kunne man konkludere med at det ble oppnådd høye renseeffekter og god rensing av avløpsvannet gjennom hele døgnet. De valgte driftsbetingelsene var optimale unntatt ved de spesielt høye innløpskonsentrasjonene.

### 7.3 Avløpsvann etter finnist/siler

Det var forventet en viss fjerning av suspendert stoff i finnist/silene på Flesland renseanlegg, og det ble derfor gjennomført en undersøkelsen av Actiflo™ ... prosessen med avløpsvann tatt ut etter finnist/siler tilsvarende undersøkelsen på avløpsvannet tatt ut før finnist/siler. Denne undersøkelsen er beskrevet i avsn.7.2.

#### 7.3.1 Belastningsforsøk

I bilag C er alle forsøksparametre og analyseresultater fra belastningsforsøkene gjengitt.

##### Test av polymertype

Den 11. november 1997 ble det utført forsøk med sikte på å finne den best egnede polymertypen til bruk på det aktuelle avløpsvannet. Det ble testet fire forskjellige anioniske polymerer AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG samt AN 945 PWG.

Det ble med AN 945 PWG utført i alt tre forsøk fordi innløpskonsentrasjonen av suspendert stoff i de to første forsøk var meget lav. Disse forsøkene kommenteres ikke nærmere.

For å kunne relaterer renseeffekten til anvendt polymertype ble alle andre parametre så langt som mulig holdt uendret gjennom hele forsøket. I tabell 7.10 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.10 Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 5,3 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,25 mg/l                 |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

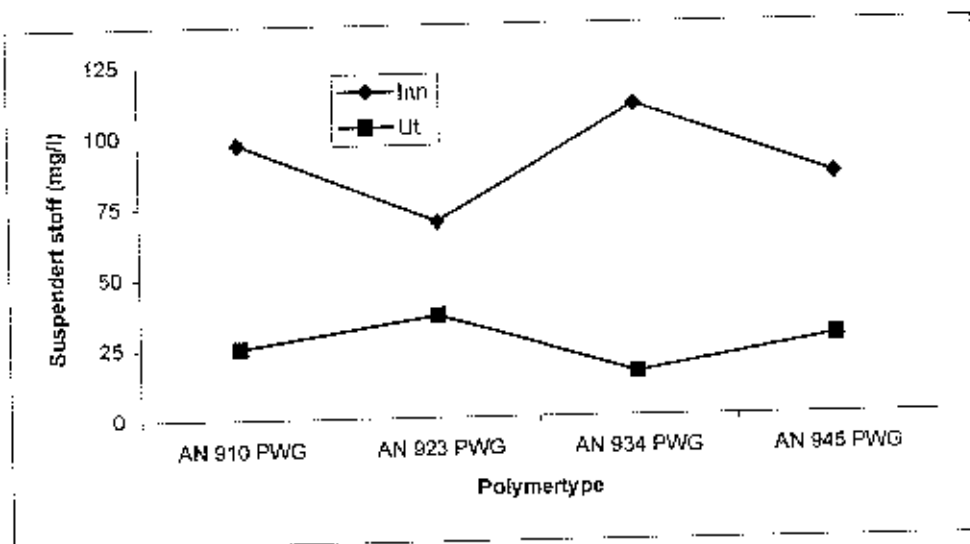
I figur 7.17 er analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av forskjellige polymertyper presentert.

Det bemerkes, at selv med den høyeste innløpskonsentrasjonen så ble den laveste utløpskonsentrasjonen funnet med polymertypen AN 934 PWG.

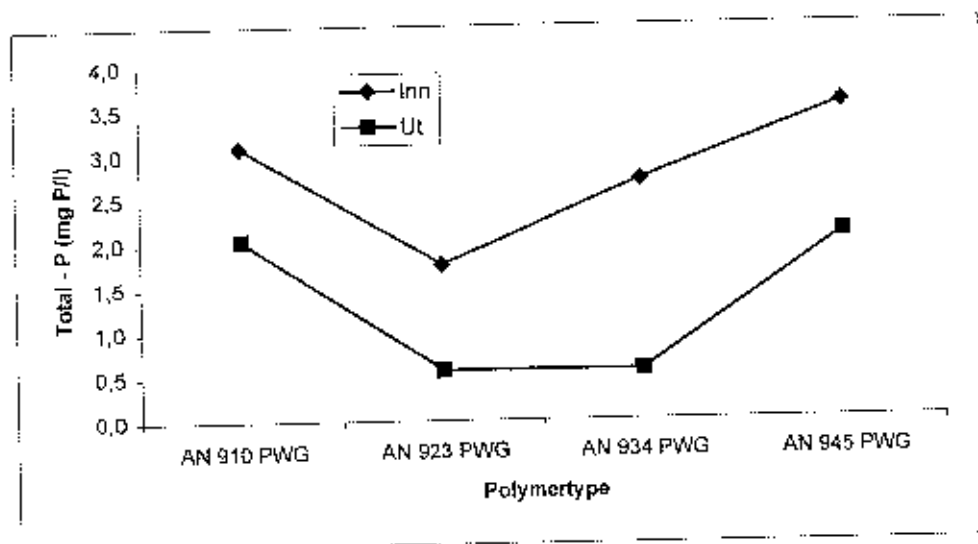
I figur 7.18 er presentert analyseresultatene for totalfosfor som funksjon av forskjellige polymertyper for begge undersøkelsesseriene. Av figuren kan man se hvordan innløps- og utløpskonsentrasjonene fulgte det samme mønster som for SS, og igjen fant man den laveste utløpskonsentrasjonen med polymertypen AN 934 PWG ved midlere innløpskonsentrasjon.

På bakgrunn av forsøkene ble det besluttet å benytte type AN934 PWG i de

etterfølgende undersøkelserne.



Figur 7.17 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymertyper



Figur 7.18 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymertyper

### Test av polymerdosering

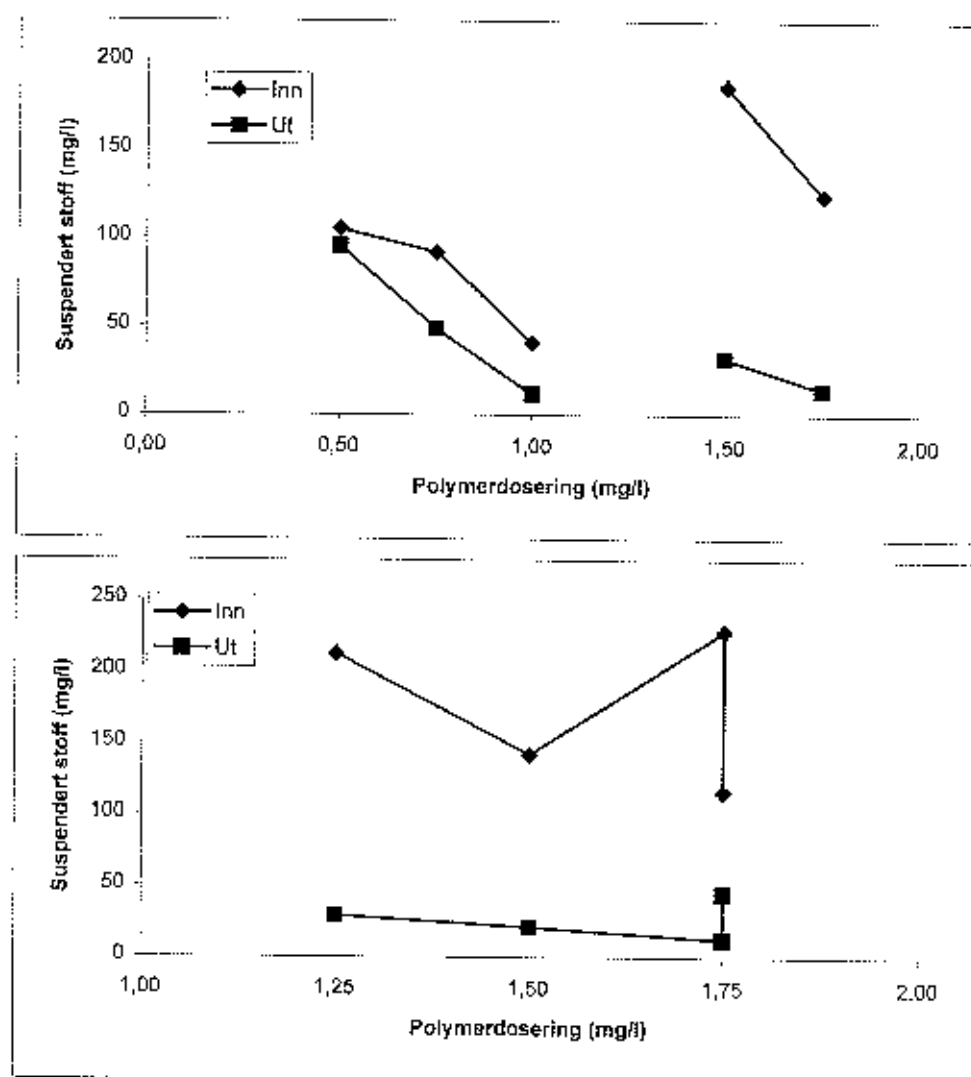
Med valgt polymer var neste skritt å bestemme den optimale doseringskonsentrasjonen. Denne undersøkelsen ble utført den 13.-14.11.97 og 17.11.97. Undersøkelsen besto i å analysere utløpet ved forskjellige doseringer av polymer. Igjen ble alle andre parametre under forsøkene så langt som mulig holdt uendret. I tabell 7.11 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.11 Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 5,3 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Sandkonsentrasjon | ca. 2-5 kg/m <sup>3</sup> |

Det ble utført i alt seks forsøk med forskjellige polymerdoseringer mellom 0,5 – 1,75 mg/l den 13. - 14.11. Den 17.11 det ble utført 4 forsøk mellom 1,25 – 1,75 mg/l. Resultatene fra den 13. - 14.11 var imidlertid ikke dekkende.

I figur 7.19 er analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymerdosene for begge forsøksseriene presentert.

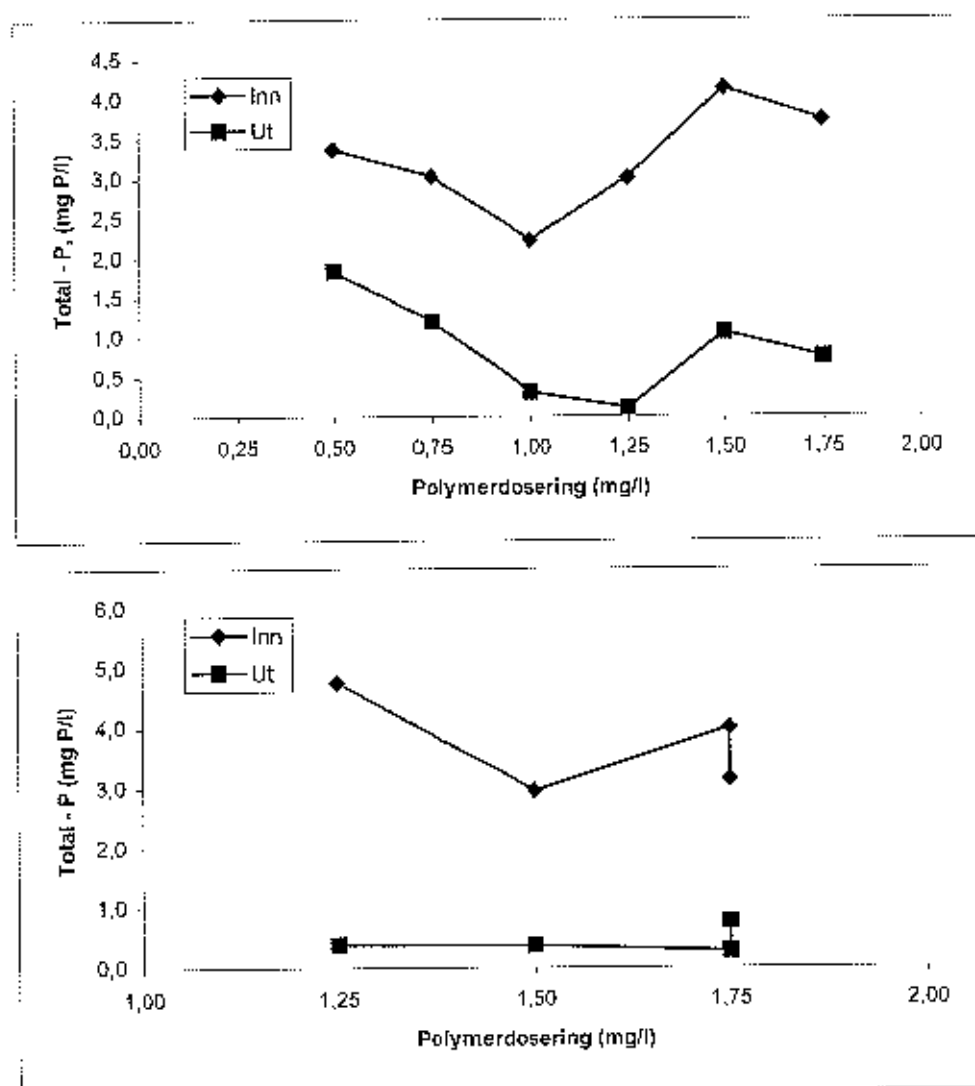


Figur 7.19 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoser i begge forsøksseriene

I forsøket med 1,25 mg/l den 14.11 skjedde det en feil i laboratoriet, og resultatet uteble. Det fremgår av figurene at det var store variasjoner i innløpet noe som vanskeliggjorde vurderingen av resultatene. Polymerdoser på 0,5 – 0,75 mg/l gav dårlig renseeffekt. Ved 1,0 mg/l var utløpskonsentrasjonen lav men innløpskonsentrasjonen er tilsvarende lav. Ved 1,5 mg/l ble det oppnådd god renseeffekt. Den optimale doseringen ble derfor vurdert til å ligge i området 1,0 mg/l til 1,5 mg/l.

Formålet med forsøkene den 17.11 var å undersøke doseringsnivået nærmere. I figur 7.19 kan man se at det bare ble oppnådd svak forbedring av utløpskonsentrasjonen ved å heve polymerdosen over 1,25 mg/l samt at 1,25 mg/l gav god renseeffekt selv ved høy innløpskonsentrasjon.

Figur 7.20 viser innholdet av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoseringer i begge forsøksseriene.



Figur 7.20 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige polymerdoseringene for begge forsøksseriene

Av figuren kan man se hvorledes innløps- og utløpskonsentrasjonene følger det samme mønster den 13. - 14.11. Dog oppnådde man det laveste utløpsnivået ved 1,25 mg/l med et innløpsnivå omkring middel for forsøkene. Ved 1,0 mg/l var også utløpsnivået lavt men ikke med like høy renseeffekt.

Fra forsøkene den 17.11 vises det samme mønster som for suspendert stoff dvs at det ikke ble oppnådd bedring av utløpsnivået av betydning ved å anvende polymer-doser over 1,25 mg/l.

I etterfølgende forsøk ble det anvendt en polymerdose på 1,25 mg/l.

### Test av JKL-dosering

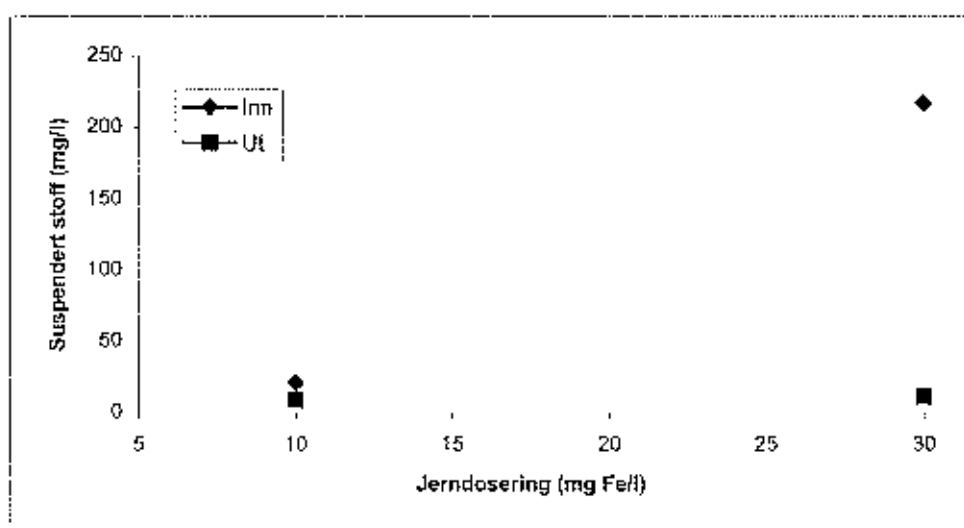
Den 14 - 18. november 1997 ble det utført forsøk med sikte på å teste effekten av forskjellige doseringer av JKL. JKL ble tilsatt med forskjellige doser for å kunne bestemme optimal dosering.

Ilgjen ble alle andre parametre under forsøkene så langsom mulig holdt uendret. I tabell 7.12 fremgår de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 7.12 Generelle forsøksbetingelser

|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt        | 5,3 m <sup>3</sup> /h     |
| Polymertosering   | 1,25 mg/l                 |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-7 kg/m <sup>3</sup> |

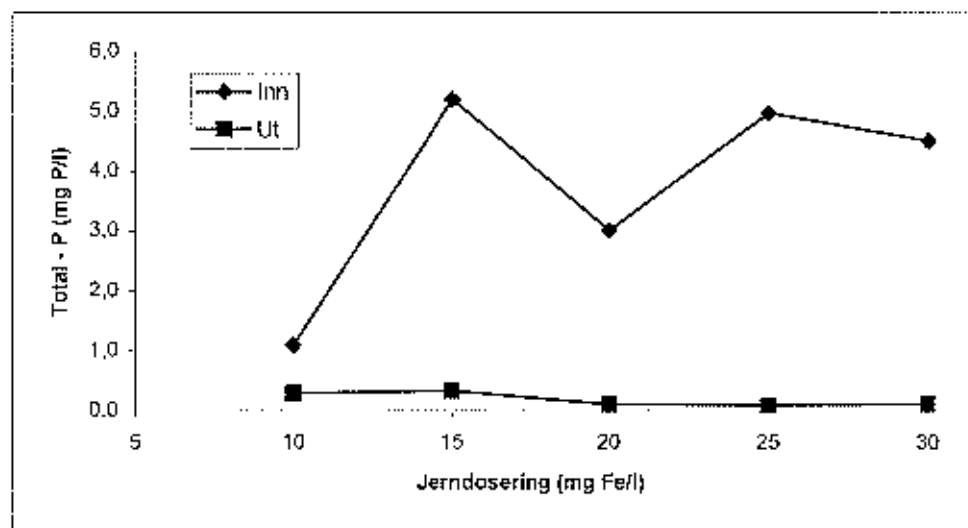
I figur 7.22 er analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av forskjellige doseringer av JKL fra 10 – 30 mg Fe/l, presentert.



Figur 7.21 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doseringer

Av figur 7.21 kan man se at analysene mellom 10 mg Fe/l og 30 mg Fe/l mangler. Dette skyldes feil på laboratoriet som ført til at resultatene gikk tapt. Det eneste som vises ut fra resultatene er således at man ved 30 mg Fe/l oppnådde god rensing selv ved høy innløpskonsentrasjon.

Innholdet av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige jern doser fremgår av figur 7.22.



Figur 7.22 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doseringer

Av resultatene kan man se høye renseeffekter fra 15 mg Fe/l og begrenset forbedring ved økt dosering ut over dette.

Man valgte i etterfølgende forsøk å dosere JKL med en konsentrasjon på 20 mg Fe/l for å sikre tilstrekkelig dosering ved høye innløpskonsentrasjoner.

#### Test av hydraulisk belastning

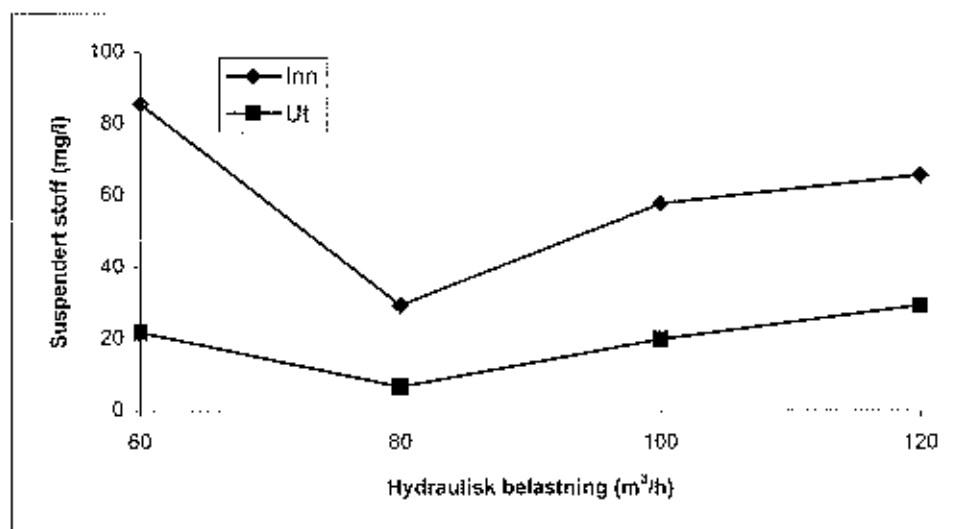
Den 18. og 24.11.1997 ble det utført forsøk med sikte på å teste effekten av forskjellige hydrauliske belastninger. Her skal det bemerkes at Actiflo<sup>TM</sup>-pilot-anlegget har 1m<sup>2</sup> vannoverflate med lameller, dvs at en hydraulisk belastning på 80 m<sup>3</sup>/h gir en stighastighet (hydraulisk overflatebelastning) på 80 m/h gjennom lamellene.

Alle andre parametre ble under forsøkene så langt som mulig holdt uendret. I tabell 7.12 fremgår de generelle forsøksbetingelser. For resirkulasjonsstrømmen ble det fastlagt en mengde på 6-8% av innkommende vannmengde.

Tabell 7.12 Generelle forsøksbetingelser

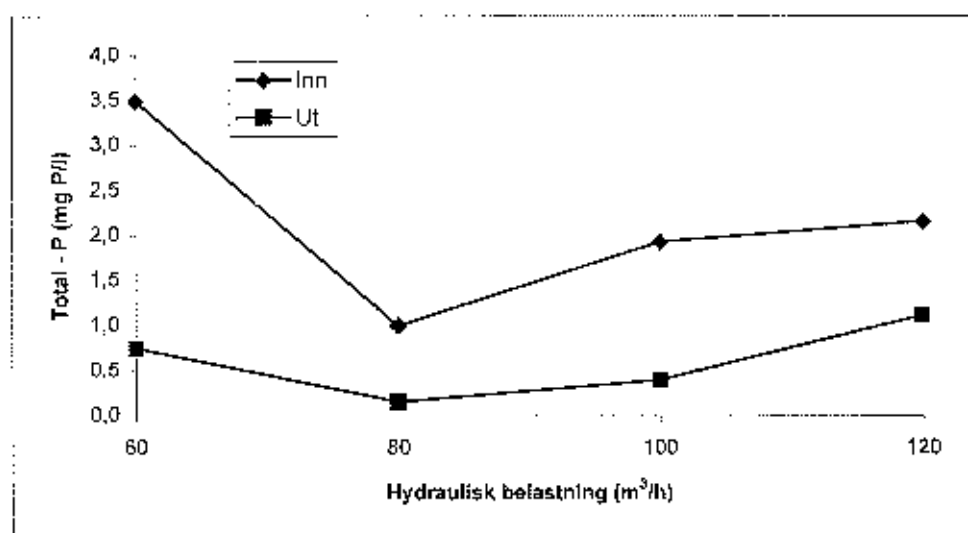
|                   |                           |
|-------------------|---------------------------|
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l                |
| Polymerdosering   | 1,25 mg/l                 |
| Sandkonsentrasjon | ca. 3-5 kg/m <sup>3</sup> |

I alt ble det undersøkt fire forskjellige hydrauliske belastninger med 60 m<sup>3</sup>/h, 80 m<sup>3</sup>/h, 100 m<sup>3</sup>/h og 120 m<sup>3</sup>/h. I figur 7.23 er analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger, presentert.



Figur 7.23 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger

Av figuren kan man generelt se at innløpskonsentrasjoner var lave spesielt i forsøket med en hydraulisk belastning på 80 m<sup>3</sup>/h. Samtidig var utføpskonsentrasjonene generelt høye slik at renseeffekten i forsøkene var lavere enn man normalt kunne forvente. Det kan derfor ikke trekkes noen særlige konklusjoner på bakgrunn av disse forsøkene men man kan se at renseeffekten faller fra 100 m<sup>3</sup>/h til 120 m<sup>3</sup>/h. I figur 7.24 er analysene av totalfosfor som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger, presentert.



Figur 7.24 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige hydrauliske belastninger

For totalfosfor kan man se samme tendens som for suspendert stoff-resultatene, med dårligere renseeffekter over 100 m<sup>3</sup>/h.

Actiflo<sup>TM</sup> -designes innenfor avløpsrensing normalt med en hydraulisk belastning på lamellene på 80 m/h. De oppnådde resultatene gir ingen grunn til å endre ved denne designbelastning som en mulig designparameter for maks. tørrværs-belastning.

### 7.3.2 Spesialforsøk

Det ble utført ett spesialforsøk med ulike doseringssteder for polymer. Dessuten ble det utført forsøk med mulighet for å sette ned JKL-doseringen ved lave hydrauliske belastninger.

I bilag C fremgår forsøksbetingelsene og analyseresultatene.

#### Polymerdoseringspunkter

Erfaringen viser at man for visse vanntyper med fordel kan dosere polymeren annerledes enn standard metoden hvor doseringen av polymer finner sted mellom injeksjonstanken og flokkuleringstanken, se figur 4.1.

Polymeren kan også doseres under hydrosyklonen slik at den blandes inn i innkommende avløpsvann sammen med sanden eller ved en kombinasjon av disse to doseringsstedene.

Det ble utført tre forsøk, hvor polymerdoseringen foregikk på følgende steder:

- Forsøk 1 Mellom de to tankene
- Forsøk 2 Under hydrosyklonen
- Forsøk 3 50% på hvert sted

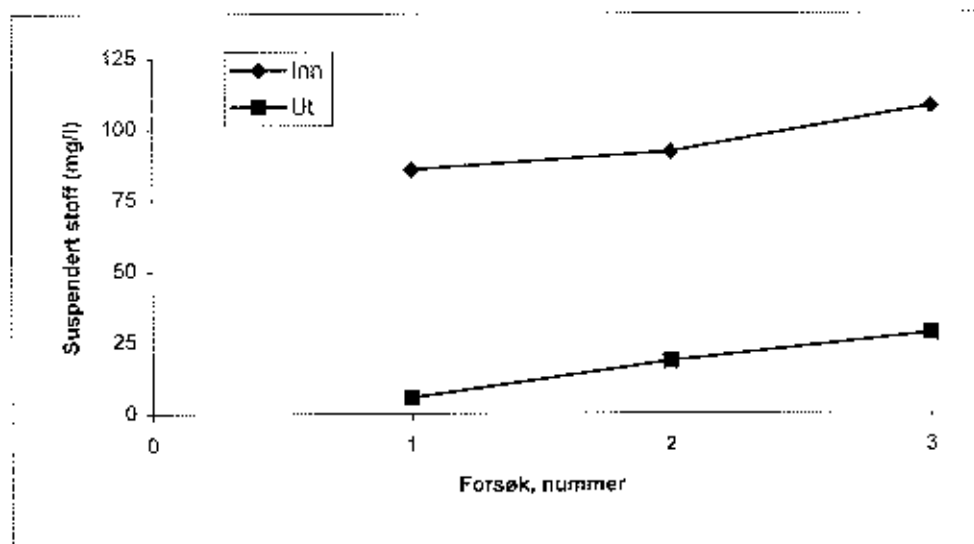
De generelle forsøksbetingelsene fremgår av tabell 7.13.

Tabell 7.13 Generelle forsøksbetingelser

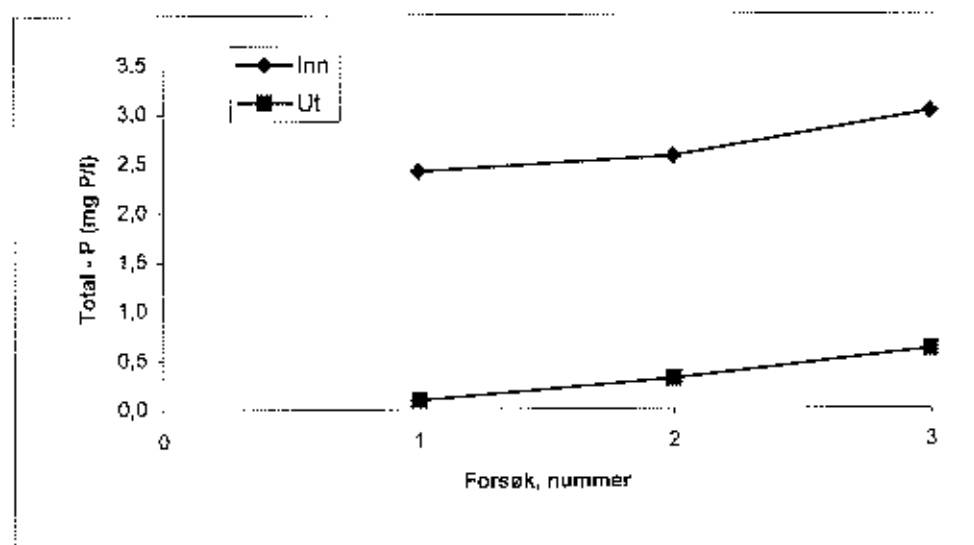
|                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h       |
| Resirkulasjon     | 4,9 m <sup>3</sup> /h      |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h      |
| JKL-dosering      | 25 mg Fe/l                 |
| Polymerdosering   | 1,25 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon | ca. 6-10 kg/m <sup>3</sup> |

I figur 7.25 fremgår analyseresultatene for suspendert stoff i de tre forsøkene. Det fremgår av figuren at innløpskonsentrasjonen for suspendert stoff økte svakt fra forsøk 1 til forsøk 3. Dog økte utløpskonsentrasjonen tilsvarende og det ble derfor ikke ansett å være noen fordel å fravike standard doseringsspunkt.

I figur 7.26 fremgår analyseresultatene for totalfosfor i de tre forsøkene.



Figur 7.25 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp for de tre forsøkene



Figur 7.26 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i de tre forsøkene

I figur 7.26 kan man se at innløpskonsentrasjonen for totalfosfor økte fra forsøk 1 til 3, men med mindre økning mellom forsøk 1 og 2. Utløpskonsentrasjonene viste en tilsvarende økning.

Av resultatene kan man se at det ikke ble oppnådd noen forbedring ved å endre doseringspunktet.

#### JKL-dosering ved lave hydrauliske belastninger

Det var forventet at en ved betydelig reduksjon av den hydrauliske belastningen kunne redusere JKL-dosen.

Dette er interessant ved design av et Actiflo<sup>TM</sup>-anlegg for rensing av avløpsvann, fordi den hydrauliske belastningen typisk varierer betydelig fra tørrvær til regnvær. Ved design med høy hydraulisk belastning på anlegget ved regnværsbelastning så

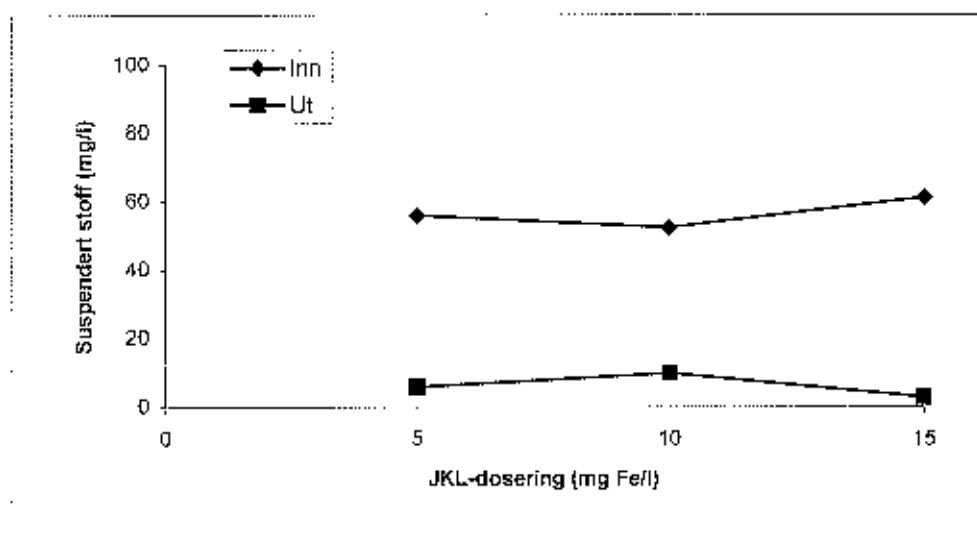
vil middel tørrværsbelastning på anlegget være lav. Eventuelle besparelser i JKL-mengden vil derfor gjelde i store deler av driftstiden.

Det ble utført tre forsøk den 18.3.98, hvor den hydrauliske belastning ble senket til 40 m<sup>3</sup>/h og JKL-doseringen ble variert mellom 5 og 15 mg Fe/l. De generelle forsøksbetingelser fremgår av tabell 7.14.

Tabell 7.14: Generelle forsøksbetingelser

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Vannføring          | 40 m <sup>3</sup> /h       |
| Resirkulasjon       | 3,2 m <sup>3</sup> /h      |
| Slamrejekt          | 2,7 m <sup>3</sup> /h      |
| Polymerdosering     | 1,25 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjonen | ca. 4-11 kg/m <sup>3</sup> |

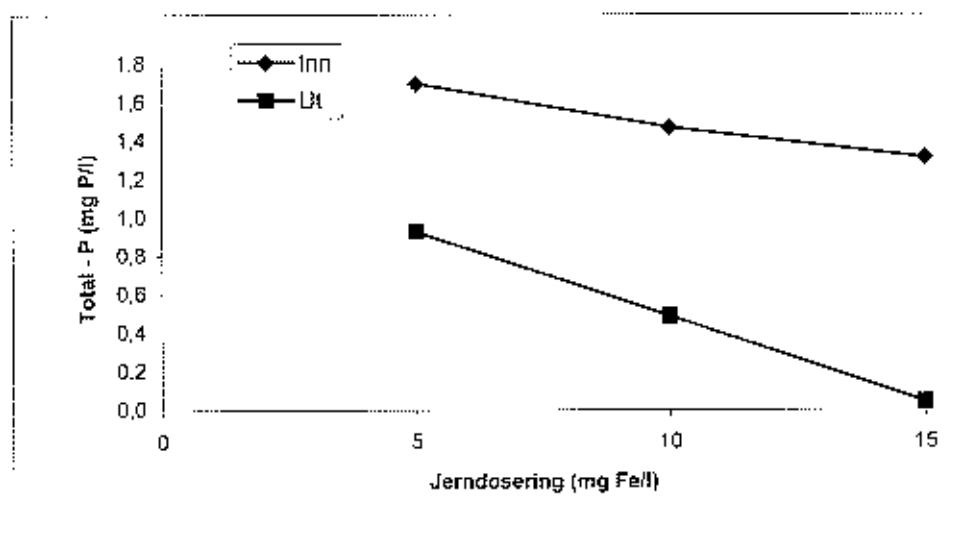
I figur 7.27 kan man se analyseresultatene for suspendert stoff i de tre forsøkene.



Figur 7.27 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doseringer

Innløpskonsentrasjonen var imidlertid svært lave under forsøkene noe som gjorde det vanskelig å bedømme hvilken effekt redusert hydraulisk belastning hadde på JKL-dosen ved normale forhold.

Av figur 7.28 fremgår analyseresultatene for totalfosfor i de tre forsøkene. Forholdet er det samme som for suspendert stoff men her så man betydelig forbedret renseeffekt med økende JKL-dosering. Denne forskjellen i renseeffekt skyldes stor forskjell i utfelt ortofosfatmengde, 0,72 mg P/l i utløpet ved dosering 5 mg Fe/l og 0,01 mg P/l i utløpet ved dosering 15 mg Fe/l.



Figur 7.28 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige JKL-doser

Konklusjonen var at for fjerning av suspendert stoff var en dosering på 5 mg Fe/l tilstrekkelig mens 10 – 15 mg Fe/l var nødvendig for å oppnå høy renseeffekt for fosfor. Det ble med bakgrunn i resultatene bestemt å gjennomføre et døgnforsøk med lav hydraulisk belastning.

#### Døgnprøve den 15 - 16. april 1998

Denne døgnprøven ble utført for å anskueliggjøre hvorvidt det kunne spares jernklorid når Actiflo™-prosessen belastes med lav hydraulisk belastning. De anvendte forsøksbetingelsene er vist i tabell 7.15.

Prøver ble tatt ut hvert 30. min.

Det ble valgt en JKL-dose på 10 mg Fe/l for å sikre tilstrekkelig JKL-dosering ved varierende innløpskonsentrasjoner. Nivået for pH lå generelt på 6,8. Kun i korte perioder avvek pH fra dette nivå men ble holdt innenfor det angitte variasjonsområdet for pH.

Tabell 7.15 Generelle forsøksbetingelser

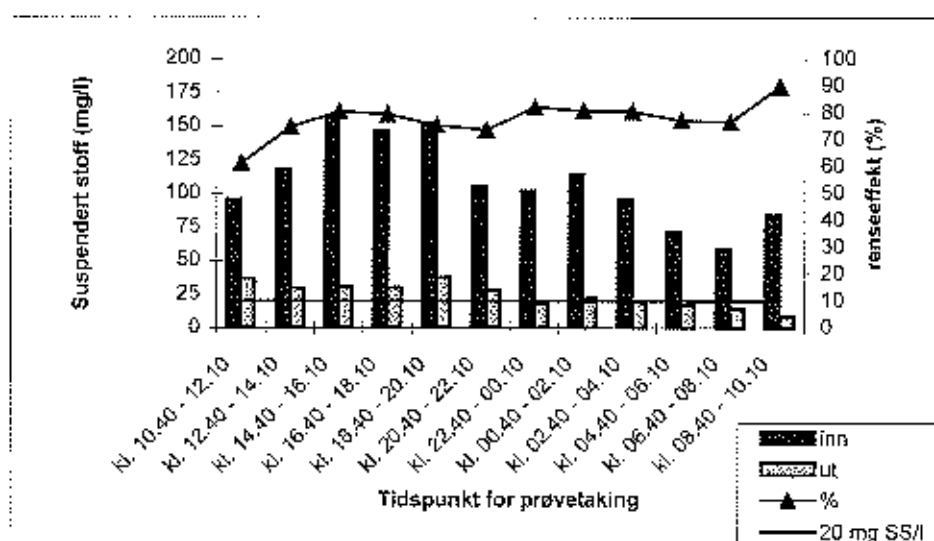
|                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| Vannføring           | 40 m <sup>3</sup> /h      |
| Resirkulasjon        | 3,2 m <sup>3</sup> /h     |
| Slamrejekt           | 2,7 m <sup>3</sup> /h     |
| JKL-dosering         | 10 mg Fe/l                |
| Polymerdosering      | 1,25 mg/l                 |
| Sandkonsentrasjon    | ca. 5-8 kg/m <sup>3</sup> |
| pH, generelt nivå    | 6,8                       |
| pH, variasjonsområde | 6,1 – 7,1                 |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 78 %
- Ortofosfat 27 %
- Totalfosfor 57 %
- KOF 38 %
- Totalnitrogen 21 %

Renseeffektene var som forventet. Det ble registrert god rensing av suspendert stoff, mens fjerningen av oppløst fosfor var mer begrenset. Dette var en direkte følge av lav JKL-dosering.

I figur 7.29 vises resultatene fra fraksjonerte prøver for suspendert stoff.



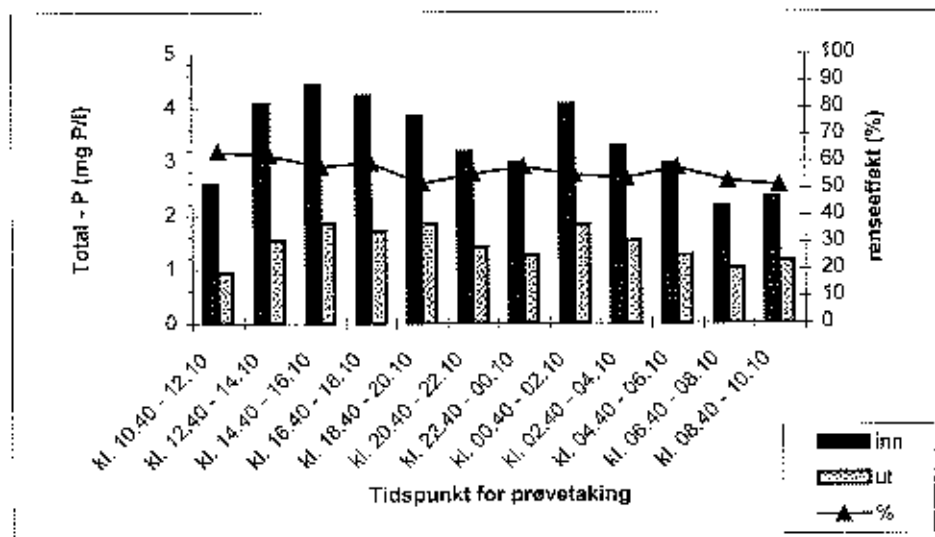
Figur 7.29 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 15 – 16. april 1998

Av figuren kan man se at innholdet av suspendert stoff i innløpet varierte mellom ca. 60 mg/l og 160 mg/l. Utløpskonsentrasjonen var relativt konstant omkring 15-25 mg/l, noe som etter omstendighetene er tilfredsstillende rensing.

Figur 7.30 viser analysene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene. Resultatene i figuren viser at innholdet av totalfosfor i innløpet varierte mellom ca. 2 mg/l og 4 mg/l mens utløpet i middel var ca. 1,5 mg/l. Det ble således kun fjernet ca. halvparten i anlegget noe som er litt mindre enn tidligere. Dette skyldtes hovedsaklig redusert JKL-dosering noe som resulterte i at ikke all oppløst fosfor ble felt ut og dermed fjernet.

Under dette døgnforsøket ble det tatt ut prøver av slamrejektet for å beregne slamproduksjonen. Slamproduksjonen besto av følgende fraksjoner:

- fjernet suspendert stoff
- kjemisk slamproduksjon (tilsetting av JKL)
- koagulerte mengde oppløst stoff og kolloider



Figur 7.30 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnsprøven 15 – 16. april 1998

Ved felling med jern simultant i biologiske renseanlegg er den kjemiske slamproduksjonen på ca. 2,5 mg SS/mg Fe. Ved primærfelling anvendes typisk en faktor, hvor den kjemiske slamproduksjonen og koagulerende kolloider relateres til dosert mengde jern. Denne faktor kalles (k) og er i laboratorium bestemt til ca. 4 – 7 mg SS/mg Fe [2].

I døgnsforsøket ble denne faktoren bestemt til 4,8 mg SS/mg Fe, noe som stemmer godt overens med verdien bestemt i laboratoriet.

### 7.3.3 Døgnsprøver

Med de valgte driftsbetingelser funnet i belastningsforsøkene og spesialforsøkene ble det utført fire døgnsforsøk. Hvert døgnsforsøk strakte seg over ca. et døgn og det ble tatt ut i alt ca. 12 fraksjonerte prøver på innløp og utløp, med prøvetaking hvert 30. min.

Døgnsprøvene er et viktig redskap for å vurdere prosessen ved varierende belastninger og gir realistisk informasjon, hvilke renseeffekter som kan forventes på de forskjellige analyseparametrene, på det aktuelle avløpsvann med den valgte belastning og valgte doseringsmengder. I bilag D fremgår forsøksbetingelsene og analyseresultatene fra døgnsforsøkene.

#### Døgnsprøve den 20-21. november 1997

Ved denne døgnsprøven ble det benyttet forsøksbetingelser som vist i tabell 7.16.

Økningen i JKL-doseringen fra 20 til 25 mg Fe/l i starten av forsøket ble valgt fordi renseeffektene i oppstarten av forsøket, ikke var som forventet.

Det generelle nivået på pH lå på ca. 6,0 og kun i korte perioder avvek pH fra dette nivået. Det generelle pH-nivået skulle gi god felling og koagulering, mens det i korte perioder med høye pH-verdier kan være avtagende effekt.

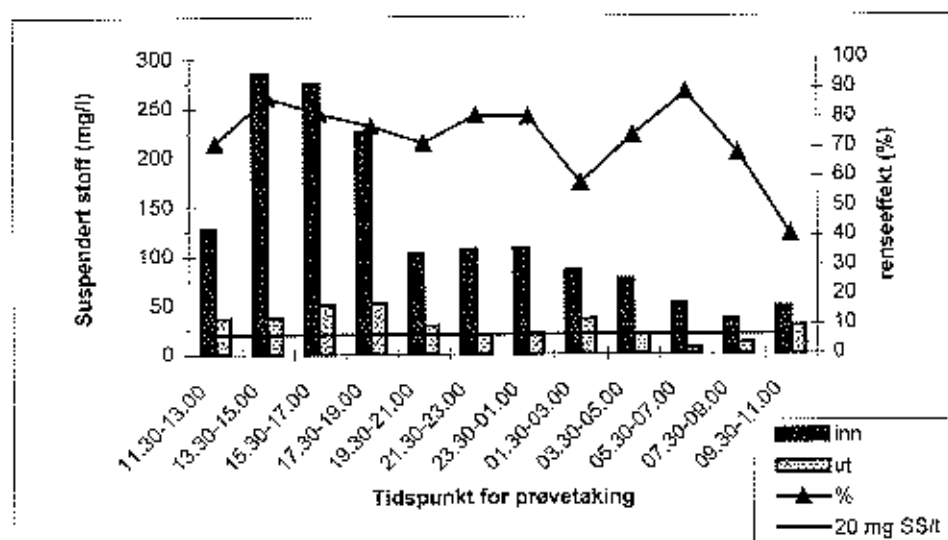
Tabell 7.16: Generelle forsøksbetingelser

|                      |                            |
|----------------------|----------------------------|
| Vannføring           | 80 m <sup>3</sup> /h       |
| Resirkulasjon        | 5,6 m <sup>3</sup> /h      |
| Slamrejekt           | 4,6 m <sup>3</sup> /h      |
| JKL-dosering         | 20 – 25 mg Fe/l            |
| Polymerdosering      | 1,25 mg/l                  |
| Sandkonsentrasjon    | ca. 5-11 kg/m <sup>3</sup> |
| pH, generelt nivå    | 6,0                        |
| pH, variasjonsområde | 5,8 – 8,4                  |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 77 %
- Ortofosfat 74 %
- Totalfosfor 76 %
- KOF 32 %
- Totalnitrogen 12 %

Det ble således oppnådd høye men generelt noe lavere renseeffekt enn i forutgående forsøk beskrevet i avsnitt 7.2.3. Det var ingenting i de forutgående belastningsforsøkene som indikerte forskjell mellom avløpsvannet før og etter finnist/siler. Det må derfor være andre faktorer som gir lavere renseeffekter. I figur 7.31 vises resultatene fra fraksjonerte prøver for suspendert stoff.

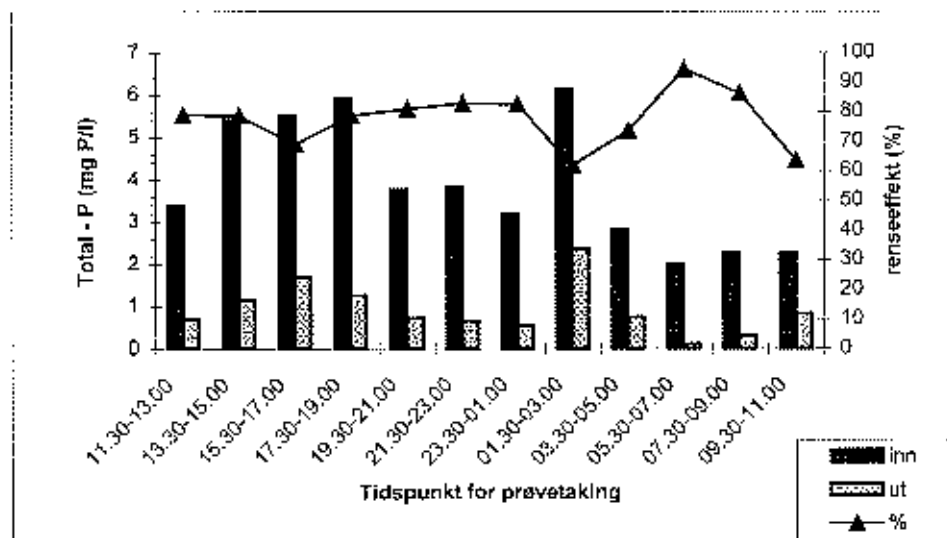


Figur 7.31 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 20 – 21. november 1997

Av figuren vises svingningene i innløps- og utløpskonsentrasjonene som følges ad. Utløpskonsentrasjonen lå i gjennomsnitt over 20 mg SS/l ved de høye innløpskonsentrasjonene mens gjennomsnittet lå omkring 20 mg SS/l ved de lave

innløpskonsentrasjonene.

I figur 7.32 vises analyseresultatene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene.



Figur 7.32 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 20 – 21. oktober 1997

Resultatene i figur 7.32 viser ens svingninger både for innløps- og utløpskonsentrasjoner for totalfosfor og gjennomsnitt for utløpskonsentrasjonen omkring 1,0 mg P/l.

Konklusjonen var at det ikke ble oppnådd så høye renseeffekter som i tidligere døgnsforsøk selv med økning i JKL-doseringen.

Gjennom belastningsforsøkene ble det observert forandringer i avløpsvannet som medførte perioder hvor fellingen ikke var så effektiv. Disse forandringene kom noen ganger plutselig og varte gjennom kortere eller lengre perioder og skyldes tilførsel av spesielt avløpsvann.

Det var ikke direkte sammenheng mellom de generelt lave renseeffektene og pH-verdiene gjennom forsøket. De høyeste pH-verdiene indikerte imidlertid belastning med industrielt avløpsvann.

#### Døgnsprøve den 25-26. november 1997

Ved denne døgnsprøven ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 7.17.

Her ble det valgt høy JKL-dosering med 30 mg Fe/l for å vurdere om en høyere dosering kunne gi høyere renseeffekt enn i foregående forsøk den 20 – 21 november 1997.

Det generelle nivået for pH lå på 6,1 og avvek kun i korte perioder fra dette nivået. Det normale pH-nivået skulle tilsi god felling og koagulering, mens det i korte perioder med høyeste pH-verdier kan være avtagende effekt.

Tabell 7.17 Generelle forsøksbetingelser

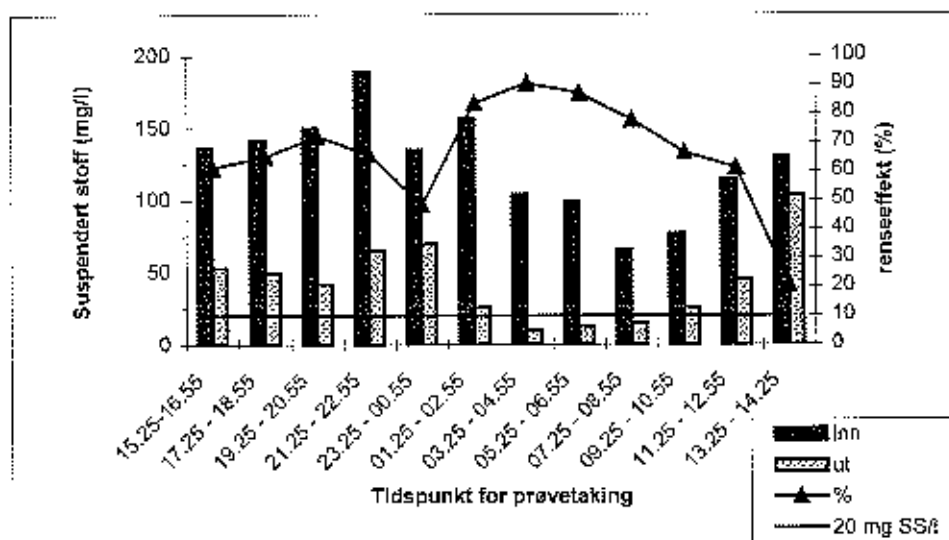
|                      |                         |
|----------------------|-------------------------|
| Vannføring           | 80 m <sup>3</sup> /h    |
| Resirkulasjon        | 5,4 m <sup>3</sup> /h   |
| Slamrejekt           | 4,5 m <sup>3</sup> /h   |
| JKL-dosering         | 30 mg Fe/l              |
| Polymerdosering      | 1,25 mg/l               |
| Sandkonsentrasjon    | ca. 9 kg/m <sup>3</sup> |
| pH, generelt nivå    | 6,1                     |
| pH, variasjonsområde | 6,0 - 8,0               |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 66 %
- Ortofosfat 87 %
- Totalfosfor 77 %
- KOF 24 %
- Totalnitrogen 11 %

Resultatene viste igjen lavere renseeffekter enn tidligere oppnådd med unntak ortofosfat. Den økte renseeffekten for ortofosfat skyldes økt JKL-dosering som resulterte i nesten fullstendig utfelling av ortofosfat.

I figur 7.33 vises resultatene fra fraksjonerte prøver for suspendert stoff.



Figur 7.33 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 25 - 26. november 1997

I figuren vises det hvordan utløpskonsentrasjonene falt kraftig om natten og tidlig på morgenen samt at den steg kraftig igjen utover dagen. Innløpskonsentrasjonene

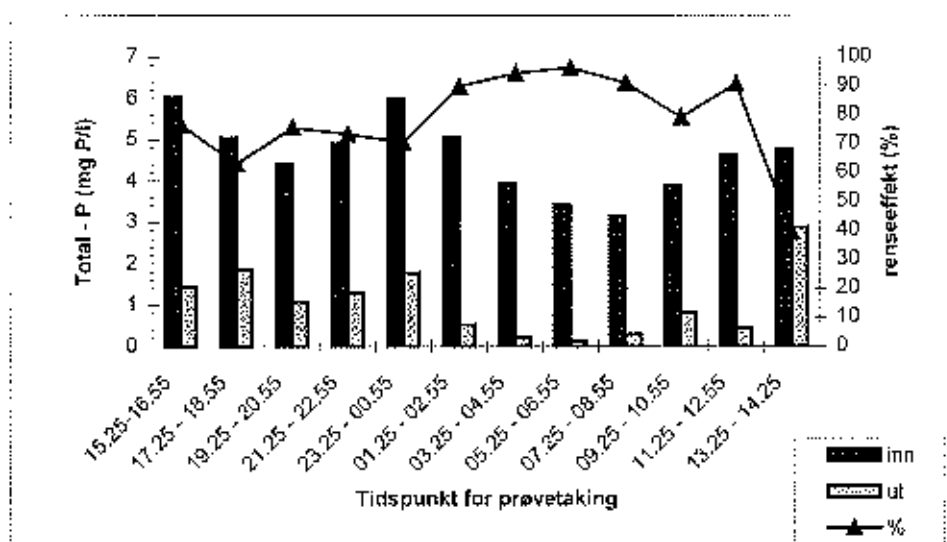
følger samme mønster, men det er ikke hele forklaringen på endringene i utløps-konsentrasjonene.

Denne døgnvariasjonen indikerer at det var avløpsvann fra en aktivitet om dagen som forstyrret fellingen.

Figur 7.34 viser analysene for totalfosfor på fraksjonerte prøver. Figuren viser de samme variasjonene i innløps- og utløpskonsentrasjonene som for suspendert stoff.

Samlet sett kan det konkluderes med at det ikke ble oppnådd så høye renseeffekter som i de tidligere døgnforsøkene. Med den økte renseeffekten på ortofosfat var det således ingen påvirkning på fosforfellingen, men koaguleringen kunne ikke forbedres ved å heve JKL-doseringen. Det ble derfor konkludert med at man også i dette døgnforsøket hadde påvirkning av fellingsprosessen fra spesielt avløpsvann i store deler av forsøket.

Det var i dette forsøket ingen direkte sammenheng mellom generelt lavere rense-effekter og pH-verdiene i forsøket. De høyeste pH-verdier indikerte dog belastning fra industrielt avløpsvann.



Figur 7.34 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 25 – 26. november 1997

#### Døgnprøve 01-02. desember 1997

Ved denne døgnprøve ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 7.18.

Igjen ble det fra start dosert 20 mg Fe/l men dette ble raskt endret til 25 mg Fe/l, fordi renseeffekten ikke var som ønsket.

Det normale nivået på pH var 6,3 og kun i korte perioder avvek pH fra dette nivået. Innenfor variasjonsområdet for pH skulle det kunne oppnås god felling og koagulering.

Tabell 7.18 Generelle forsøksbetingelser

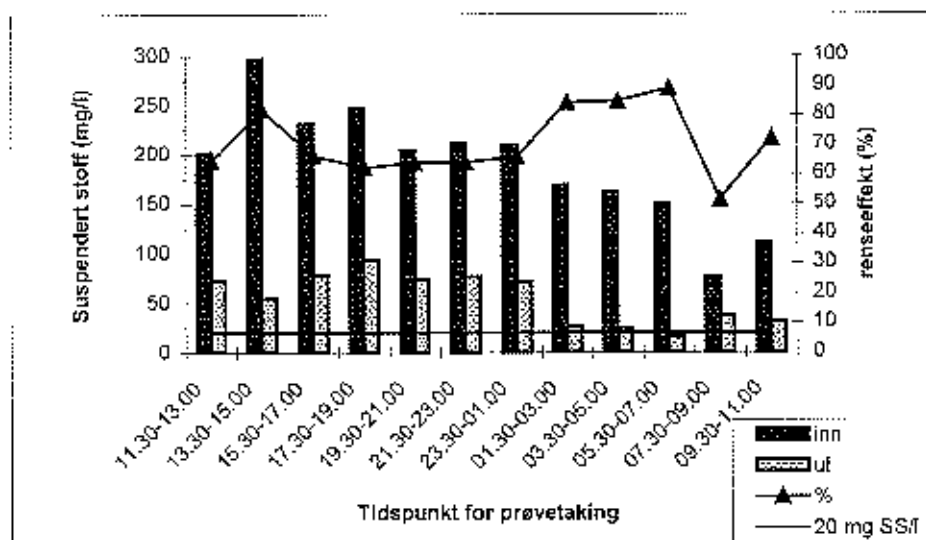
|                      |                              |
|----------------------|------------------------------|
| Vannføring           | 80 m <sup>3</sup> /h         |
| Resirkulasjon        | 5,4 m <sup>3</sup> /h        |
| Slamrejekt           | 4,5 m <sup>3</sup> /h        |
| JKL-dosering         | 20 – 25 mg Fe/l              |
| Polymerdosering      | 1,25 mg/l                    |
| Sandkonsentrasjon    | ca. 3 · 10 kg/m <sup>3</sup> |
| pH, generelt nivå    | 6,3                          |
| pH, variasjonsområde | 6,1 – 7,4                    |

Igjen ble det konstatert lave renseeffekter, selv med en JKL-dosering på 25 mg Fe/l.

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 71%
- Ortofosfat 77%
- Totalfosfor 74%
- KOF 39%
- Totalnitrogen 16%

I figur 7.35 vises resultatene fra fraksjonerte prøver for suspendert stoff.



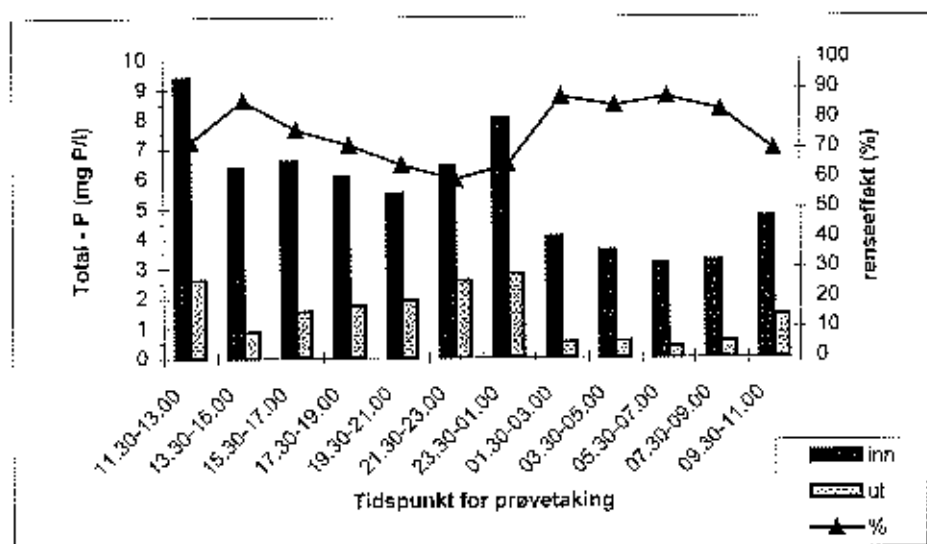
Figur 7.35 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 1, – 2. desember 1997

På figuren vises det hvordan utløpskonsentrasjonene igjen falt kraftig om natten og tidlig på morgenen samt at den deretter økte igjen utover dagen. Innløpskonsentrasjonene fulgte litt samme mønster, men det var ikke hele forklaringen på endringene i utløpskonsentrasjonene. Det ble derfor nok en gang konstatert at det var

avløpsvann fra en aktivitet om dagen som forstyrret fellingen.

Figur 7.36 viser analysene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene. Figuren viser tilsvarende variasjoner i innløps- og utløpskonsentrasjonene som variasjonene for suspendert stoff.

De samme konklusjoner som for de forgående forsøk 20. – 21. november og 25. – 26. november 1997, kan trekkes. For å undersøke hypotesen hvorvidt det var avløpsvann fra en industriell aktivitet på dagtid som resulterte i de lave renseeffektene ble det besluttet å utføre neste døgnforsøk fra søndag til mandag, hvor industribelastningen var lavest.



Figur 7.36 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 1. – 2. desember 1997

### Døgnprøve 21.-22. desember 1997

I denne døgnprøven ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 7.19.

Tabell 7.19 Generelle forsøksbetingelser

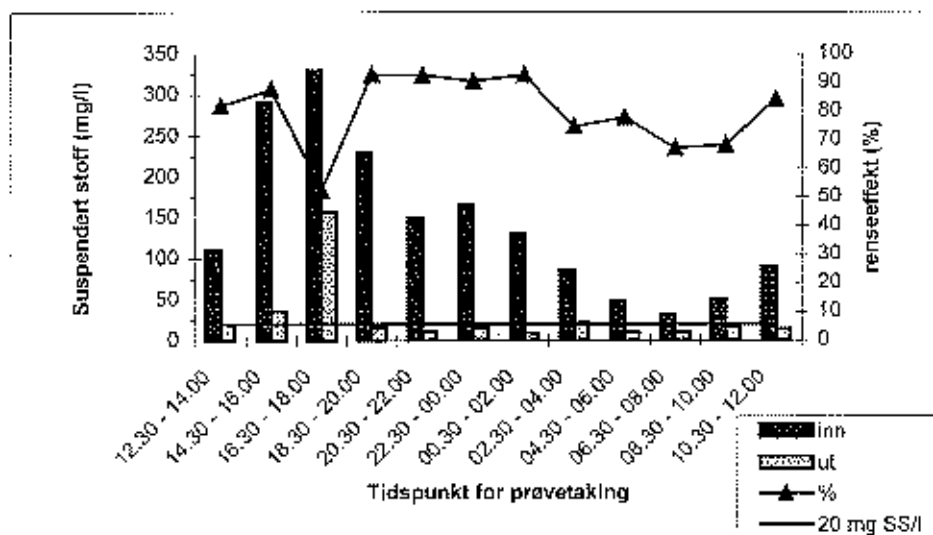
|                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| Vannføring           | 80 m <sup>3</sup> /h        |
| Resirkulasjon        | 5,6 m <sup>3</sup> /h       |
| Slamrejekt           | 4,5 m <sup>3</sup> /h       |
| JKL-dosering         | 25 mg Fe/l                  |
| Polymerdosering      | 1,25 mg/l                   |
| Sandkonsentrasjon    | ca. 4 – 6 kg/m <sup>3</sup> |
| pH, generelt nivå    | 6,0                         |
| pH, variasjonsområde | 5,8 – 6,5                   |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 87%
- Ortofosfat 92%
- Totalfosfor 94%
- KOF 61%
- Totalnitrogen 24%

Av resultatene kan man se at minsket industribelastning medførte at renseeffektene økte igjen og nådde samme nivå som forsøkene beskrevet i avsn. 7.2.3. De høye renseeffektene på fosfor skyldes lave innløpskonsentrasjoner og fullstendig utfelling.

I figur 7.37 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff.



Figur 7.37 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 21. - 22. desember 1997

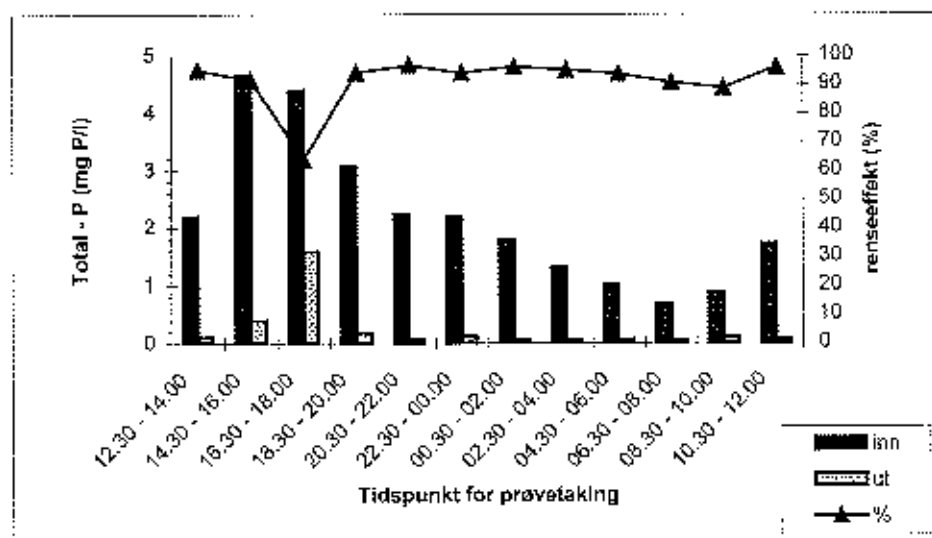
Av figuren kan man se at det under prøvetakingen til tredje prøve var driftsmessige problemer, som ga sandtap og høy utløpskonsentrasjon. Etter utbedring av driften fungerte anlegget optimalt igjen.

Selv med store variasjoner i innløpskonsentrasjonen var det mulig å holde et jevnt utløpsnivå med en gjennomsnittskonsentrasjon under 20 mg SS/l.

Figur 7.38 viser analysene for totalfosfor på de fraksjonerte prøver. I figuren vises utslaget i utløpskonsentrasjon for tredje prøve som ved suspendert stoff. For øvrig var det generelt meget lave innløps- og utløpskonsentrasjoner, og den fullstendige utfelling av fosfor kan ses tydelig.

Resultatene fra forsøket etterviste hypotesen om industribelastningens betydning for fellingsprosessen. Oppfølgingen av industripåslipp for å sikre begrensning og utjevning av stoffer som forstyrrer koaguleringen av avløpsvannet, forventes å kunne sikre kontinuerlig høye renseeffekter.

Under dette døgnforsøket ble det tatt ut prøver av slamrejektet for å beregne slamproduksjonen. Det ble funnet en k-faktor på 4,7 mg SS/mg Fe.



Figur 7.38 Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 21. – 22. desember 1997

## 7.4 Slamavvanning

For å vurderte sedimenterings- og avvanningsegenskapene på produsert slam ble det utført en rekke undersøkelser i laboratorieskala. De innledende forsøkene ble utført 29 – 30. oktober 1997 og resultatene fra disse dannet grunnlag for utarbeidelse av forsøksplanen for resten av forsøkene.

Forsøkene omfattet fire forsøkstyper, nemlig

- **Bestemmelse av slamvolum i 1 liters sylinder**  
Slamvolumet avleses som funksjon av tiden, og resultatene benyttes til vurdering av slammets sedimenterings- og fortykningsegenskaper
- **Flokkuleringsforsøk**  
Formålet med flokkuleringsforsøk er å velge den beste polymertypen til flokkulering av slammets før mekanisk avvanning
- **Avvanningsforsøk**  
Formålet med avvanningsforsøk er å bestemme oppnåelig tørrstoffinnhold ved avvanning av slammets i stempelpresse (lab.skala kammerfilterpresse)
- **Gravitasjonsforsøk**  
Formålet med gravitasjonsforsøk er å vurdere drenering på filterduk samt å vurdere dreneringsvannet

Dessuten ble det foretatt en kjemisk karakterisering av konsentrert slam med hensyn til TS, glødetap av TS (FTS), KOF, total-P og total Fe.

Forsøkene ble utført på slam tatt ut under forskjellige driftsbetingelser. Dette

avsnittet omhandler forsøkene med slam produsert i forbindelse med anvendelse av JKL og anionisk polymer (AN 934) i Actiflo-anlegget.

#### **7.4.1 Innledende forsøk**

De innledende forsøkene er beskrevet i en separat rapport fra november 1997 /3/. I dette avsnitt vil kun hovedresultatene samt opplysninger som har betydning for fastleggelsen av forsøksprogrammet for de etterfølgende forsøk, tatt med. Analysedata og hovedresultater er dessuten tatt med i bilag E.

Ved prøvetakingen ble det benyttet følgende kjemikaliedosering i Actiflo<sup>™</sup>-anlegget:

- Uten resirkulasjon av slam  
20 mg/l jern og 1,25 mg/l anionisk polymer AN 934.
- Med resirkulasjon av 50% av slammet  
20 mg/l jern og 1,5 mg/l AN934

Tørrestoffinnholdet i slammet var forholdsvis lavt, når det ble tatt ut fra slamrejektstrømmen. Første trinn i en slambehandling vil derfor være en oppkonsentrering av slammet. Før flokkuleringsforsøkene ble slammet konsentrert ved henstandstid i bøtte. Slammet ble ikke tilsatt ytterligere polymer før oppkonsentreringen.

Dessuten ble slammets sedimenterings- og konsentrasjonsegenskaper vurdert ved bestemmelse av slamvolum i 1 liter målesylinder.

En av forutsetningene for å oppnå god slamavvanning er, at det er mulig å foreta god flokkulering av slammet. De innledende forsøkene var derfor konsentrert om flokkuleringsforsøk med en rekke forskjellige polymertyper.

For belysning av slammets drenerings- og avvanningsegenskaper ble det, med den beste polymertype og -dosering, utført gravitasjonsforsøk samt avvanningsforsøk i stempelpresse.

Etter et par timers henstandstid ble det oppnådd et tørrestoffinnhold på ca. 1,8% TS. Det var ikke vesentlig forskjell på slammet med og uten resirkulasjon. Ved henstand natten over (slam uten resirkulasjon) ble tørrestoffinnholdet hevet til 2,8% TS.

På konsentrert slam ble det utført flokkuleringsforsøk med 3 anioniske og 4 kationiske polymerer samt kombinasjoner av disse. Den beste polymeren var den anioniske AN 945, som er 40% anionisk og dermed den mest anioniske av de utprøvde polymerene. De oppnådde flokkene var dog forholdsvis svake og tålte ikke mye mekanisk påvirkning. Flokkuleringsprosedyren måtte derfor endres ved de etterfølgende forsøkene.

Med doseringer på 0,3 - 1,3 kg/tonn TS (AN 945) ble det oppnådd tørrestoffinnhold på opptil 32% ved avvanning i stempelpressen.

#### 7.4.2 Forsøksresultater

Forsøksplanen for disse forsøkene er beskrevet i notat av 24. november 1997 /4/.

Ut over de innledende forsøkene ble det utført tre forsøk uten resirkulasjon av slamrejekt og ett forsøk med resirkulasjon. Forsøkene ble utført i perioden 27.11 – 3.12.97. Av forsøkene uten resirkulasjon var det kun i det ene at det ble utført avvanningsforsøk i stempelpressen. De generelle forsøksbetingelsene for Actiflo-anlegget ved forsøkene fremgår av tabell 7.20.

Tabell 7.20 Generelle forsøksbetingelser ved prøvetaking av slam

|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Vannføring        | 80 m <sup>3</sup> /h    |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h   |
| Slamrejekt        | 3,7 m <sup>3</sup> /h   |
| JKL-dosering      | 20 mg Fe/l              |
| Polymerdosering   | 1,25 mg/l (AN934)       |
| Sandkonsentrasjon | 3 - 6 kg/m <sup>3</sup> |

Foruten angitt betingelser i tabell 7.20 ble det ved prøvetakingen målt turbiditet og pH både i innløp og utløp. Disse verdiene ble benyttet for vurdering av slammets sammensetting.

##### Slamvolum

Når slammet tas ut fra prosessen er det tynt men de innledende forsøkene viste, at det sedimenterte bra og derfor kunne oppkonsentreres ved gravitasjon uten polymer-tilsetning. I et fullskalaanlegg vil man sannsynligvis tilsette litt anionisk polymer for å få oppkonsentreringen til å gå enda raskere slik at det raskt kan oppnås klar slamvannsfase.

Ved forsøkene ble det derfor tilsatt anionisk polymer (AN934) før slammet ble satt til oppkonsentrering natten over. Det var planlagt å tilsette 2 henholdsvis 4 mg/l til slammet uten og med resirkulasjon. Ved forsøket med resirkulasjon var doseringen på 4 mg/l i orden. For slammet uten resirkulasjon var oppkonsentreringen også i orden med 2 mg/l, men slammet viste seg å være vanskelig å flokkulere etterpå. Dette ble rettet opp ved å heve doseringen av anionisk polymer før slammet ble satt til oppkonsentrering.

Bestemmelse av slamvolum i 1 liters målesylinder ble foretatt både med og uten ekstra dosering av anionisk polymer. Resultatene av disse målingene er sammenstift i bilag E side 1.

I starten av forsøksperioden sedimenterte slammet tilsatt ekstra anionisk raskere enn slammet uten tilsetning. Slamvolumet etter 10 og 20 minutter var derfor generelt lavere for slammet tilsatt polymer. Etter 30 - 60 minutter endret dette seg, og slamvolumet for slam uten polymer ble lavest. Slammet ble altså oppkonsentrert bedre uten polymer i 1 liters sylinder. Dette skyldes sannsynligvis

randbetingelser og brobygging mellom fnokkene i det relativt trange sylinderglasset. I en oppkonsentreringstank i full skala, f. eks. en gravitasjonsfortykket, vil forholdene være annerledes og det vil ikke være samme mulighet for brobygging. Dette gjelder spesielt dersom tanken utstyres med langsomtgående omrører.

### **Flokkuleringsforsøk**

Ved flokkuleringsforsøkene ble det anvendt 4 anioniske og 4 kationiske polymertyper:

- Anioniske: AN923, AN934, AN 945 samt Magnafloc 155
- Kationiske: FO 4190, FO 4440, FO 4650 samt Zetag 92

Flokkuleringen ble både vurdert visuelt og ved hjelp av CST-målinger.

Den ekstra tilsetningen av anionisk polymer før oppkonsentreringen førte til at det nå generelt var de kationiske polymerene som ga best flokkulering. Den beste ble vurdert å være FO 4190, som er 10% kationisk.

Den nødvendige polymerdosering var ca. 0,3 - 1,5 kg/tonn TS. Sammenlignet med polymerforbruket til flokkulering av andre slamtyper, må dette forbruket betegnes som lavt.

Den 1. desember 1997 ble det tatt ut en prøve uten resirkulasjon, og den ble som planlagt, tilsatt 2 mg/l AN 934. Denne prøven var vanskelig å flokkulere. En kombinasjon av anionisk og kationisk polymer ga de beste fnokkene, men selv disse ble vurdert å være for dårlige for avvanning i stempelpressen.

Tilsetning av anionisk polymer alene ga meget små fnokker, og kationisk polymer alene ga stort sett ingen flokkulering.

De dårlige flokkuleringsegenskapene skyldtes sannsynligvis at den anioniske polymeren gjorde det "kationiske" slammet nøytralt. Det ble derfor besluttet å forsøke med høyere dosering av anionisk polymer ved oppkonsentreringen.

Den 3. desember ble det tatt ut en ny prøve, som ble tilsatt 4 mg/l AN 934. Heller ikke denne prøve var lett å flokkulere. Da driftsbetingelsene for Actiflo-anlegget dessuten ble endret under prøvetakingen ble det tatt ut en ny prøve samme dag. Denne prøven ble tilsatt 5 mg/l AN934 før oppkonsentreringen.

Dette førte til bedre flokkulering, og nå var det klart en kationisk polymer (FO 4190), som var best.

### **Avvanningsforsøk**

Med de beste doseringene av FO 4190 ble det utført avvanningsforsøk i stempelpressen. Stempelpressen er en kammerfilterpresse i laboratorieskala. Den arbeider batchvis etter påfylling av en passende mengde slam. For å få en passende kaketykkelse må slammengden tilpasses etter tørrstoffinnhold i slammet før avvanning samt forventet, oppnåelige tørrstoffinnhold ved avvanningen. Det siste kan være vanskelig, og da dette påvirker kaketykkelsen vesentlig, kan det være

nødvendig å gjenta forsøket med en annen slammengde.

I forbindelse med presseforsøkene ble det også målt CST på slammet før og etter polymertilsetting.

Resultatene fra avvanningsforsøkene og CST-målingene fremgår av bilag E side 3.

Allerede før polymertilsettingen var CST-verdiene forholdsvis lave. Dette indikerte at slammet var lett avvannbart. Etter polymertilsettingen falt CST som forventet.

Ved meget tynne slammaker (2,5 - 4 mm) ble det ved de innledende forsøkene oppnådd opptil 32% TS for slam både med og uten resirkulasjon. Ved en tykkelse på 14 mm ble det oppnådd 19% TS. Til kondisjoneringen ble det anvendt en anionisk polymer (AN 945) med doseringer på 0,3 - 1,3 kg/tonn TS.

I de forsøk hvor det ble tilsatt anionisk polymer i forbindelse med oppkonsentreringen, ble det oppnådd 19 - 24% TS ved kaketykkelser på 9 - 18 mm. Når kaketykkelsen tas i betraktning, ble det oppnådd høyest tørrstoffinnhold (24% TS) for slam uten resirkulasjon og en polymerdosering på 1,5 kg /tonn TS (FO 4190).

Det var ikke mulig å avvanne slammet uten ytterligere polymertilsetting. Den oppnådde kake var bløt, og hadde et TS på kun 9,4%.

#### **Gravitasjonsforsøk**

Det kondisjonerte slammet som ble benyttet ved presseforsøkene, ble også benyttet for dreneringsforsøk ved gravitasjon. Dreneringsforløpet fulgte stort sett filtreringsforløpet i stempelpressen.

Vannfasen var klart gulfarget og mer eller mindre grumset. Visuelt bedømt hadde filtratet generelt lavt innhold av partikler. Med god flokkulering vil rejektet fra slamavvanning ha lavt innhold av suspendert stoff.

#### **7.4.3 Sammensetning av slam**

Slammets sammensetning er bestemt ved en rekke kjemiske analyser. Disse analysene var ikke mulig å foreta i forsøksanlegget. De ble derfor foretatt på Chemlab Services A/S i Bergen. Resultatene av analysene er sammenstilt i bilag E side 5.

Glødetapet (FTS) varierte mellom 50 og 64 %. En enkelt prøve var dog helt oppe i 75 %. Denne store variasjonen må tilskrives avløpsvannets varierende innhold av organisk stoff.

Innholdet av fosfor (totalfosfor) varierte mellom 1,6 og 5,4 % av TS. Innholdet av jern varierte mellom 4,3 og 12,5 % av TS.

I disse forsøkene er vannets og slammets kjemiske oksygenforbruk (KOF) bestemt med kaliumpermanganat fordi denne metoden er best egnet til å bestemme lave konsentrasjoner. Innholdet av KOF i slammet er lavt og dette skyldtes sannsynlig-

vis at det ikke er mulig å få tilstrekkelig oksygenering av slampartiklene ved denne metoden.

## 7.5 Oppsummering forsøk del 1

Ut i fra resultatene som er presentert i avsnitt 7.2 og 7.3, kan det konkluderes med at det er en meget begrenset rensing gjennom finrist/siler. Tilførelsen til Actiflo™-pilotanlegget endret ikke karakter eller sammensetning fra før til etter finrist/siler.

Det kan derfor trekkes noen felles konklusjoner for alle forsøkene som er presentert i dette kapitlet.

### 7.5.1 Belastningsforsøk

De viktigste resultatene fra belastningsforsøkene viste at:

- polymertypen AN 934 PWG var best av de typene som ble testet. Dette er i overensstemmelse med hva som er funnet i andre forsøk med avløpsrensing i Actiflo-prosessen.
- den optimale dosering av polymer var i området 1,25 – 1,5 mg/l og at dette området kunne dekke de store variasjonene i stoffkonsentrasjonene i innløpet.
- en jernklorid-dosering på 20 mg Fe/l i de fleste tilfellene ga optimal felling og koagulering. Den optimale jernklorid-doseringen avhenger delvis av stoffbelastningen og kan med fordel styres etter denne.
- innholdet av suspendert stoff og totalfosfor i utløpet økte når den hydrauliske belastningen økte. Økningen var moderat opp til 80 m<sup>3</sup>/h til 100 m<sup>3</sup>/h for suspendert stoff. Økningen ble større mot 120 m<sup>3</sup>/h. For totalfosfor var det generell økning ved økt hydraulisk belastning. Det er kjent fra andre forsøk at økningen i utløpskonsentrasjonen med økt hydraulisk belastning kan begrenses ved å øke polymerdosen. Den hydrauliske belastningen på 100 m<sup>3</sup>/h i Actiflo™-pilotanlegget gir en overflatebelastning på 100 m/h gjennom lamellene. Relatert til norske dimensjoneringsretningslinjer kan 80 – 100 m/h benyttes som designparameter ved  $Q_{\text{dim}}$  og 120 m/h som designparameter ved  $Q_{\text{maksim}}$ .
- det generelt var store variasjoner i stoffkonsentrasjonene over døgnet i innløpet. Dette skyldes en lang innløpstunnel til renseanlegget med sedimentering av stoff på bunnen ved lav vannføring og resuspensjon ved høyvannføring. Det var også stor forskjell i stoffkonsentrasjonene i innløpet mellom tørrvær- og regnværsbelastning.
- det under forsøkene ble observert betydelige variasjoner i avløpsvannets sammensetning med store pH-svingninger i innløpet mellom ca. 7 – 11 over kort tid og fra dag til dag. Disse variasjonene indikerte en ujevn og kraftig

industribelastning, og liten kontroll med det industrielle avløpsvannet medførte ukontrollerte tilførsler.

- det til tider kom betydelige mengder spillolje med avløpsvannet, som indikerte manglende kontroll med industripåslippene.

### 7.5.2 Spesialforsøk

De viktigste resultatene fra spesialforsøkene viste at:

- det ved moderat til midlere stoffkonsentrasjoner i innløpet kunne resirkuleres ca. 50% av slamrejektet, noe som fordoblet stoffkonsentrasjonen i slamrejektet og halverte slammengden. Det må i visse tilfeller beregnes en liten ekstra-dosering av polymer for å opprettholde samme renseeffekt.
- doseringspunktet mellom injeksjonstanken og flokkuleringstanken var det optimale doseringspunkt for polymeren.
- det ved lav hydraulisk overflatebelastning på 40 m/h kunne spares opp til 50% JKL-doseringen samtidig som samme renseeffekt for suspendert stoff ble opp-rettholdt som under høyere hydrauliske belastninger. Med et Actiflo™-anlegg designet etter maks. hydraulisk belastning ved regnvær blir den gjennom-snittlige hydrauliske belastningen ved tørrvær typisk lav, og en total reduksjon av JKL-doseringen opp mot 50% vil dermed være mulig.

### 7.5.3 Døgnprover

De viktigste generelle resultatene fra døgnprøvene viste at:

- det på det aktuelle avløpsvannet kan forventes høye renseeffekter for suspendert stoff, ortofosfat og totalfosfor omkring følgende:
  - Suspendert stoff 86%
  - Ortofosfat 87%
  - Totalfosfor 87%
- Actiflo™-prosessen kan klare betydelige variasjoner i stoffbelastningen med et stabilt renseresultat. Gjennom alle døgnforsøkene svingte suspendert stoffkonsentrasjonen i innløpsprøvene mellom 25 mg SS/l og 493 mg SS/l og med et gjennomsnitt på ca. 139 mg SS/l. De høyeste renseeffektene ble oppnådd ved de høyeste stoffkonsentrasjonene. Så for gjennomsnittlig mer konsentrert avløpsvann kan man forvente høyere renseeffekter.
- det med nåværende styring av industribelastningen må forventes lavere renseeffekter i kortere eller lengre perioder. Den negative effekten fra industribelastningen vil påvirke enhver fellingsprosess og vurderes ikke å være prosessavhengig.
- utjevning og styring av den industribelastningen vil løse problemet for fellingsprosesser.

- det ut over fjernet mengde suspendert stoff må forventes en slamproduksjon beregnet i forhold til dosert jernmengde på 4 – 5 mg SS/mg Fe. Dette høye forholdet kan ikke tilskrives den kjemiske slamproduksjon alene, men skyldes i tillegg koagulering av oppløste fraksjoner og kolloider til primærpartikler.

#### 7.5.4 Slamavvanning

De viktigste resultatene fra slamavvanningsforsøkene viste at:

- den beste flokkuleringen av slammet ble oppnådd når det ble tilsatt anionisk polymer til slammet før forutgående oppkonsentrering. Dette førte til at slammet ble negativt ladet, og det måtte derfor anvendes en kationisk polymer i forbindelse med slamavvanningen.
- sedimenteringen av slammet gikk raskere etter tilsetning av anionisk polymer. Etter 30 - 60 minutter ble imidlertid dette slammet tatt igjen av slammet som ikke var tilsatt ytterligere anionisk polymer. Dette skyldtes sannsynligvis randbetingelser i det relativt trange sylinderglasset.
- det ved avvanning i stempelpresse ble oppnådd tørrstoffinnhold på 19 - 39% TS, høyest ved mye tynne slamkaker. Den nødvendige polymerdosering var 0,3 - 1,5 kg/tonn TS. I fullskala forventer en å oppnå 18 – 24 %.
- det ikke var noen vesentlig forskjell på avvanningsegenskapene for slam med og uten resirkulasjon av 50% slamrejekt. Det var heller ikke vesentlig forskjell på oppnåelige tørrstoffinnhold i forsøkene med høy JKL-dosering og lav JKL-dosering/kationisk polymer.
- vannfasen fra gravitasjonsforsøkene var gulfarget og mer eller mindre klart. Generelt var innholdet av suspendert stoff lavt.

#### 7.6 Dimensjonerings erfaringer forsøk del I

Den samlede mengde forsøk har gitt godt erfaringsgrunnlag for dimensjonering av et fullskala Actiflo™-anlegg.

Det er funnet ut at det kan oppnås høye renseeffekter for suspendert stoff og totalfosfor med overflatebelastninger opp gjennom lamellene på 80 m/h. Dette betyr at det for den maksimale hydrauliske belastningen under tørrvær vil være mulig å anvende en hastighet på 80 m/h.

Selv om renseeffektene faller ved en hastighet på 120 m/h vil en overflatebelastning i denne størrelsesorden være et godt valg for maksimal hydraulisk belastning ved regnvær. Ved svak økning i polymerdoseringen kan det også oppnås gode renseeffekter ved høye belastninger.

For flokkuleringstanken forventes en oppholdstid på ca. 4 minutter ved en belastning på 80 m/h og en oppholdstid på ca. 2,7 minutter ved en belastning på 120 m/h å gi god flokkulering.

De eneste driftsmessige kravene som stilles for å anvende Actiflo<sup>3M</sup>-prosessen til rensing av avløpsvann, er en finrist som sikrer at det ikke kommer partikler til anlegget av en størrelse som kan tilstoppe hydrosyklonene, og fettfang som sikrer at prosessen ikke belastes med for store mengder fett og olje. Finristen designes etter anvendt diameter i utløpet (munnstykke) i bunnen av den aktuelle hydro-syklontypen.

## 7.7 Styring av innsatsmidler

For de anvendte innsatsmidlene sand, polymer og jernklorid skal det benyttes forskjellige styringsstrategier:

- Sand styres ved kontinuerlig dosering av ca. 3-5 g/m<sup>3</sup> behandlet vann for å opprettholde en konsentrasjon i anlegget på ca. 3-5 kg/m<sup>3</sup>. Sandkonsentrasjonen i anlegget styres uavhengig av den hydrauliske og stoffmessige belastningen.
- Polymeren doseres med fast dose uavhengig av den stoffmessige belastningen. Det kan med fordel innlegges en styring som hever dosen noe ved de høyeste hydrauliske belastningene.
- For doseringen av jernklorid kan det velges flere strategier og da jernklorid er den største driftskostnaden, er det viktig med optimal styring av doseringen. Den valgte styringen vil avhenge av aktuelle utslippskrav.

Utslippskravet kan spesifiseres på mange måter f.eks et ensidig krav til renseeffekt for en gitt parameter, et ensidig krav til utløpskonsentrasjon for en gitt parameter eller evt. en kombinasjon av disse.

Den nødvendige jernkloriddoseringen avhenger av den stoffmessige belastningen og kan med fordel styres etter turbiditetsmåler på utløpet. I tillegg til en sådan styring bør en legge inn pH-styring som sikrer en akseptabel fellings-pH.

En styring etter turbiditet på utløpet vil sikre at det blir besparelse i jernkloriddoseringen ved lave hydrauliske belastninger, noe som ble funnet ut i pilotforsøkene.

## 8. Belastningsforsøk del 2

I dette kapittel beskrives forsøk, hvor JKL erstattes helt eller delvis med kationisk polymer. På denne måten endres prosessens egenskaper, slik at slamproduksjonen reduseres.

Det primære formål med å erstatte JKL med polymer er å redusere slamproduksjonen. Hensikten med å dosere JKL er bl.a. å felle ut fosfor som et tungt oppløselig fast stoff. Dermed produseres det en viss mengde slam avhengig av doseringens størrelse. Dersom det ikke er spesielt strenge krav til fosforfjerningen er det ofte mulig å redusere JKL - doseringen samtidig med at kravene overholdes. Dermed reduseres slamproduksjonen, som medfører lavere kostnader til slambehandlingen.

I og med at doseringen av JKL, ut over å felle fosfor, har en positiv påvirkning på flokkuleringen vil en lavere dosering medføre, at flokkuleringen blir dårligere slik at SS-fjerningen reduseres. For å oppveie dette er det nødvendig å dosere kationisk polymer, slik at flokkene blir tilstrekkelig store. Dermed er det mulig å opprettholde tilfredsstillende fjerning av SS.

### 8.1 Generelle forsøksbetingelser

Målet med disse forsøkene var å etablere solid kjennskap til prosessens yteevne på det aktuelle avløpsvann, når JKL - doseringen reduseres. Forsøkene skulle gi erfaringer vedrørende optimal innstilling av prosessen og hvilken renseeffekter som kunne forventes.

Det var dessuten ønskelig å vurdere slamproduksjonen og avvanningsegenskapene på produsert slam.

For å oppfylle disse målene ble et antall forsøk gjennomført.

Følgende forsøk ble utført:

- Innledende forsøk
- Belastningsforsøk
- Døgnforsøk
- Slamavvanningsforsøk

I de innledende forsøkene ble det utført en rekke forundersøkelser, hvor forskjellige polymertyper ble undersøkt. På bakgrunn av disse undersøkelsene ble et mindre antall polymertyper valgt ut og brukt i de etterfølgende forsøk.

I belastningsforsøkene ble det undersøkt hvilke kationiske og anioniske polymer-typer som ga det beste resultat. Det ble dessuten undersøkt hvilke dosering av

både kationisk og anionisk polymer som var nødvendig for å oppnå tilfredsstillende rensing. Disse undersøkelsene ble utført ved forskjellige doseringer av JKL for å vurdere betydningen av JKL - doseringen.

I døgnforsøkene ble optimale innstillinger av prosessen funnet i belastningsforsøk i døgn med varierende belastninger. Videre ble det i døgnforsøkene forsøkt å bestemme slamproduksjonen som gjennomsnitt over døgnet.

Slamavvanningsforsøkene ble utført på slam fra pilotanlegget og med separat utstyr uavhengig av pilotanlegget. Det var forventet at slammets konsistens i disse forsøkene hvor slammet inneholdt både anionisk og kationisk polymer, var endret i forhold til slammet som kun inneholdt anionisk polymer.

Det ble satt inn vanndyser i slamloppen for å løse problemet med slamakkumulering pga. klebrig slam i forsøkene med kationisk polymer.

Alle forsøk ble utført på avløpsvann tatt ut foran silene.

## **8.2 Innledende undersøkelser**

De innledende undersøkelsene besto i å undersøke flere forskjellige kationiske polymertyper, og deretter velge ut de typer som ga de beste resultatene.

Forsøkene ble utført etter samme prinsipp som tidligere, men prøvene ble kun analysert i mini - laboratoriet i anlegget. Det ble hovedsakelig undersøkt polymer som hadde lav-/middels molvekt med varierende ladningsstyrker. Det ble bl.a. testet polymerene FO 4190 BPM, FO 4290 PG, FO 4350 PG, FO 4550 BPM og FO 4650 D fra SNF Floerger samt Magnafloc 1597 og 1697 fra Allied Colloids.

Forsøkene viste at FO 4190 BPM, FO 4350 PG og FO 4550 BPM ga de beste resultatene. Det ble derfor bestemt å arbeide videre med disse.

## **8.3 Forsøk med kationisk polymer og lav JKL - dosering**

De første forsøkene med kationisk og anionisk polymer ble utført med lav JKL-dosering. Dette ble valgt da det innledningsvis var forventet at en viss JKL-dosering var nødvendig for å oppnå tilfredsstillende resultat.

### **8.3.1 Belastningsforsøk**

Et samleskjema med alle forsøksparemetrene og analyseresultatene fra belastningsforsøkene, fremgår av bilag F.

### Test av kationisk polymertype

Den 12. januar 1998 ble det utført forsøk med sikte på å finne den best egnede kationiske polymertypen til bruk på det aktuelle vannet.

Det ble testet tre forskjellige kationiske polymertyper; nemlig FO 4190 BPM, FO 4350 PG og FO 4550 BPM. Alle disse polymertypene har lav-/middels molekylvekt idet denne typen polymer forventes å gi best resultat sammen med anioniske polymerer med høy molekylvekt. De kationiske polymertypene skilte seg fra hverandre ved at de hadde varierende ladningsstyrke.

Da det også skulle doseres anionisk polymer kunne polymerberederen ikke anvendes for kationisk polymer. Den kationiske polymeren ble derfor blandet ut batchvis til en konsentrasjon på 0,9 % i en av de tre kjemikalietankene, og dosert ved hydrosyklonen med den ene slangepumpen. En så høy konsentrasjon vil lett kunne medføre problemer med innblanding av polymerløsningen i avløpsvannet og dårligere utnyttelse av polymeren (overdosering). Dette må en ta med i vurderingen av de dosene som ble benyttet i forsøkene.

For å kunne relatere renseeffekten til benyttet polymertype ble alle andre parametre holdt uendret gjennom hele testen. I tabell 8.1 fremgår de generelle forsøksbetingelsene.

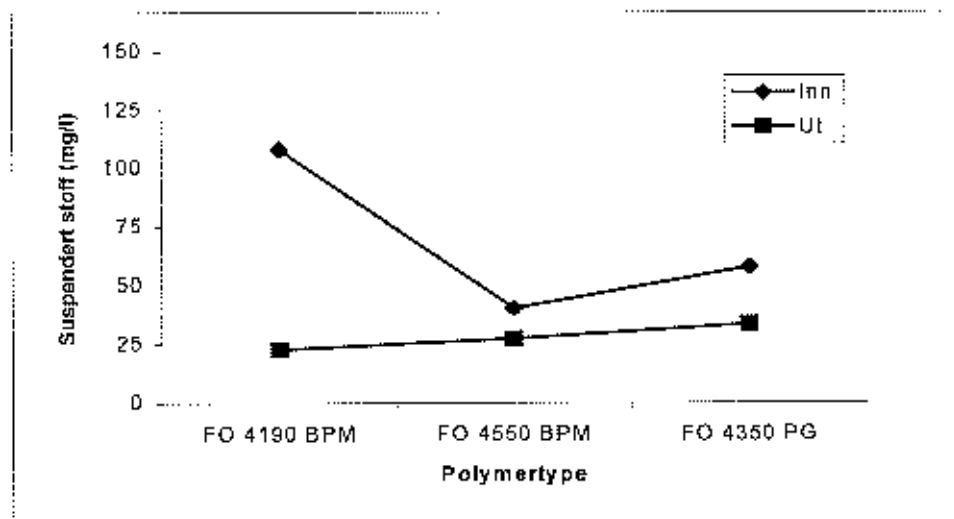
Tabell 8.1 Generelle forsøksbetingelser

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h  |
| Resirkulasjon     | 5,6 m <sup>3</sup> /h |
| Slamrejekt        | 4,4 m <sup>3</sup> /h |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l             |
| Polymerdosering   | 0,75 mg/l (AN934)     |
| Sandkonsentrasjon | 5,8 kg/m <sup>3</sup> |

Forsøkene ble utført ved å dosere en av de kationiske polymertypene med en spesifikk dosering på 1,0 mg/l. Samtidig ble det dosert 8 mg Fe/l samt 0,75 mg/l av AN934. Når stabile forhold ble oppnådd ble det tatt ut en prøve på innløpet og en på utløpet. Deretter ble den testede polymertypen fjernet og det ble gjort klart til dosering av en ny polymertype.

Denne prosedyren ble gjentatt inntil alle polymertypene var testet. Prøvene ble sendt til analyse, og samtlige analyseresultater fremgår av i bilag F.

I figur 8.1 er analyseresultatene av suspendert stoff som funksjon av de forskjellige kationiske polymertypene, presentert.

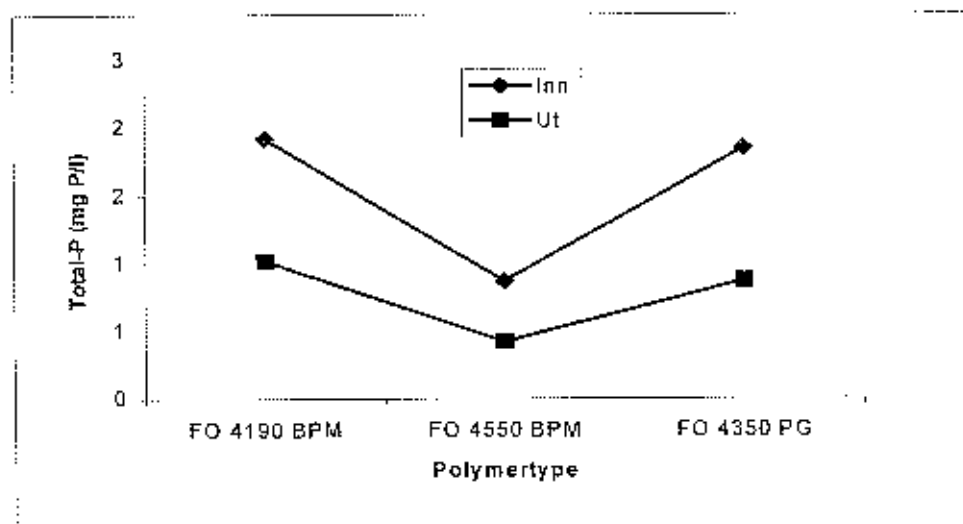


Figur 8.1 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige kationiske polymertyper

Av figuren må det bemerkes at det har vært en viss variasjon i innløpskonsentrasjonene. Allikevel oppnås det en relativt stabil utløpskonsentrasjon på ca. 25-30 mg/l. Det laveste innholdet av suspendert stoff i utløpet fant man ved den høyeste konsentrasjonen i innløpet, nemlig ved testen av polymertype FO 4190 BPM. Her er renseeffekten 79% for SS.

De to andre polymertypene gav kun renseeffekter på hhv. 32% og 42%. Dette skyldtes sannsynligvis det laveste innholdet av suspendert stoff i innløpet. Innholdet av SS i utløpet er i begge tilfeller større enn ved type FO 4190 BPM, hvilket indikerer at effekten er redusert.

På bakgrunn av suspendert stoff- resultatene viser altså FO 4190 BPM de beste resultatene. Dette bekreftes dessuten av turbiditetsmålingene, jfr. bilag F.



Figur 8.2. Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige kationiske polymertyper

I figur 8.2 fremgår analyseresultatene av totalfosfor som funksjon av de forskjellige kationiske polymertypene.

Av figuren kan man se at ca. halvparten av totalfosforet ble fjernet i alle tre tilfellene. Det var således ikke signifikant forskjell i polymertypenes effekt for fosfor.

Polymertype FO 4550 BPM gav dog det laveste innhold av totalfosfor. Dette skyldtes sannsynligvis ikke polymerenes effekt, men i stedet en bedre felling. Innholdet av ortofosfat i utløpet var lavere enn ved de to andre polymertyper, jfr. bilag F.

På bakgrunn av utførte forsøk fant man at polymertype FO 4190 BPM, som har den laveste ladningsstyrken av de testede polymertypene, hadde den beste effekten på det aktuelle avløpsvann.

#### Test av anionisk polymertype

Den 13. januar 1998 ble det utført forsøk med sikte på å finne den best egnede anioniske polymertypen i kombinasjon med FO 4190 BPM. Det ble testet fire forskjellige anioniske polymertyper, nemlig AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG og AN 945 PWG.

For å kunne relatere renseeffekten til den anvendte polymertypen så ble alle andre parametre holdt mest mulig uendret gjennom hele testen. I tabell 8.2 fremgår de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 8.2. Generelle forsøksbetingelser

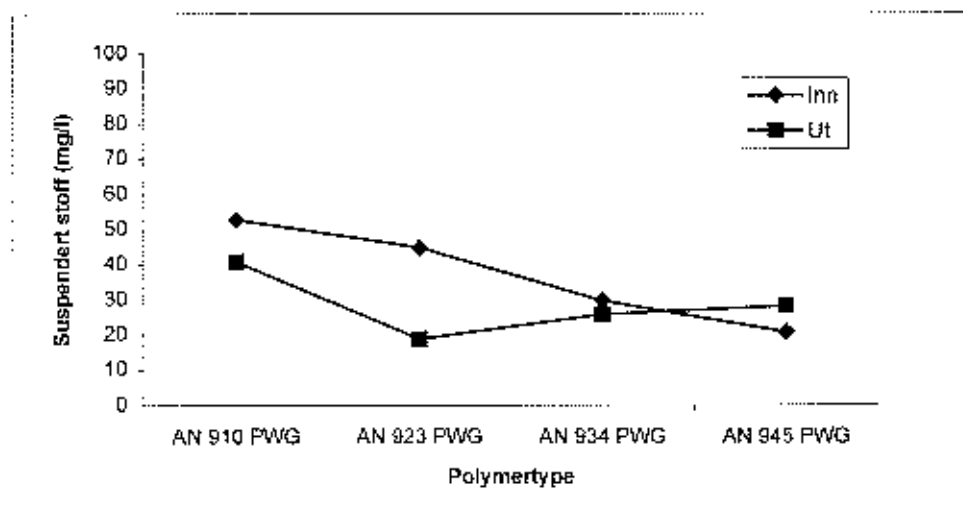
|                   |                        |
|-------------------|------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h   |
| Resirkulasjon     | 5,6 m <sup>3</sup> /h  |
| Slamrejekt        | 5,0 m <sup>3</sup> /h  |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l              |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (FO 4190 BPM) |
| Sandkonsentrasjon | 5,5 kg/m <sup>3</sup>  |

Forsøkene ble utført ved å dosere en av de anioniske polymertypene med en spesifikk dose på 0,75 mg/l. Samtidig ble det dosert 8 mg Fe/l samt 1,0 mg/l FO 4190 BPM. Når stabile forhold ble oppnådd så ble det tatt ut en prøve fra innløpet og utløpet. Deretter ble den testede polymertypen fjernet og det ble gjort klart til dosering av en ny polymertype.

Denne prosedyren ble gjentatt inntil alle polymertypene var testet. Prøvene ble sendt til analyse, og samtlige analyseresultater fremgår av bilag F.

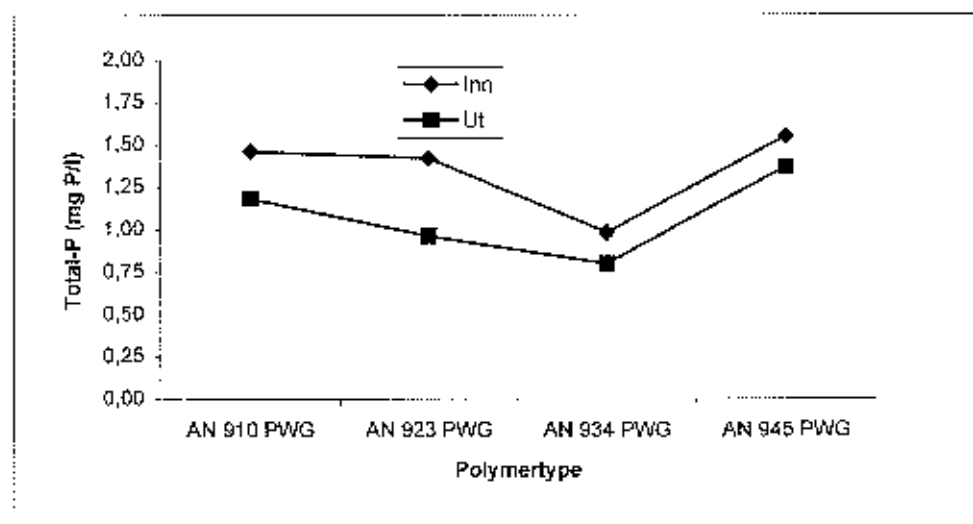
I figur 8.3 er presentert analyseresultatene av suspendert stoff som funksjon av de

forskjellige anioniske polymertyper, presentert.



Figur 8.3. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige anioniske polymertyper.

Som det fremgår av figuren varierte innløpskonsentrasjonen av suspendert stoff mye. Dette gjør det vanskelig å trekke klare konklusjoner. Dessuten stemmer analyseresultatene dårlig overens med turbiditetsmålingene, jfr bilag F. De indikerer nemlig en betydelig bedre renseeffekt for alle polymertyper. Det tyder på at det har vært problemer i forbindelse med prøvetakingen eller analyse av prøvene. I figur 8.4 er analyseresultatene av totalfosfor som funksjon av de forskjellige anioniske polymertyper, presentert.



Figur 8.4. Innhold av total fosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige anioniske polymertyper

Av figuren fremgår det at AN 934 PWG gav det laveste innhold av totalfosfor i utløpet selv om det var ved det laveste innholdet av totalfosfor i innløpet. Renseeffekten for de forskjellige polymertypene varierte ikke betydelig.

På bakgrunn av utførte forsøk er det vanskelig å si eksakt hvilken polymer som er den beste. AN 945 PWG gir dog dårligere resultater enn de andre. Av hensyn til tidligere forsøk ble det bestemt å fortsette med AN 934 PWG, da denne polymertypen hadde vært brukt i samtlige tidligere forsøk.

#### Test av kationisk polymerdosering

Etter å ha fastlagt hvilke polymertyper som skulle anvendes videre fremover, ble effekten av doseringene undersøkt. Dette ble gjort ved to forskjellige JKL-doseringer, nemlig 4 mg Fe/l og 8 mg Fe/l. På denne måten kunne det vurderes hvilken effekt JKL - doseringen hadde samt evt. hvor mye polymer som skulle til, for å oppveie den reduserte JKL - doseringen.

Den 22. januar ble det utført forsøk med en JKL - dosering på 4 mg Fe/l og den 14. januar ble forsøkene med 8 mg Fe/l utført. I forsøkene ble det tilsatt en konstant mengde anionisk polymer. I forsøket med den minste JKL - doseringen ble det tilsatt 1,5 mg/l og i forsøket med den største JKL - doseringen ble det tilsatt 0,75 mg/l.

For å kunne relatere renseeffekten til benyttede polymerdoser forble alle andre parametre holdt mest mulig uendret gjennom hele testen. I tabell 8.3 fremgår de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 8.3. Generelle forsøksbetingelser

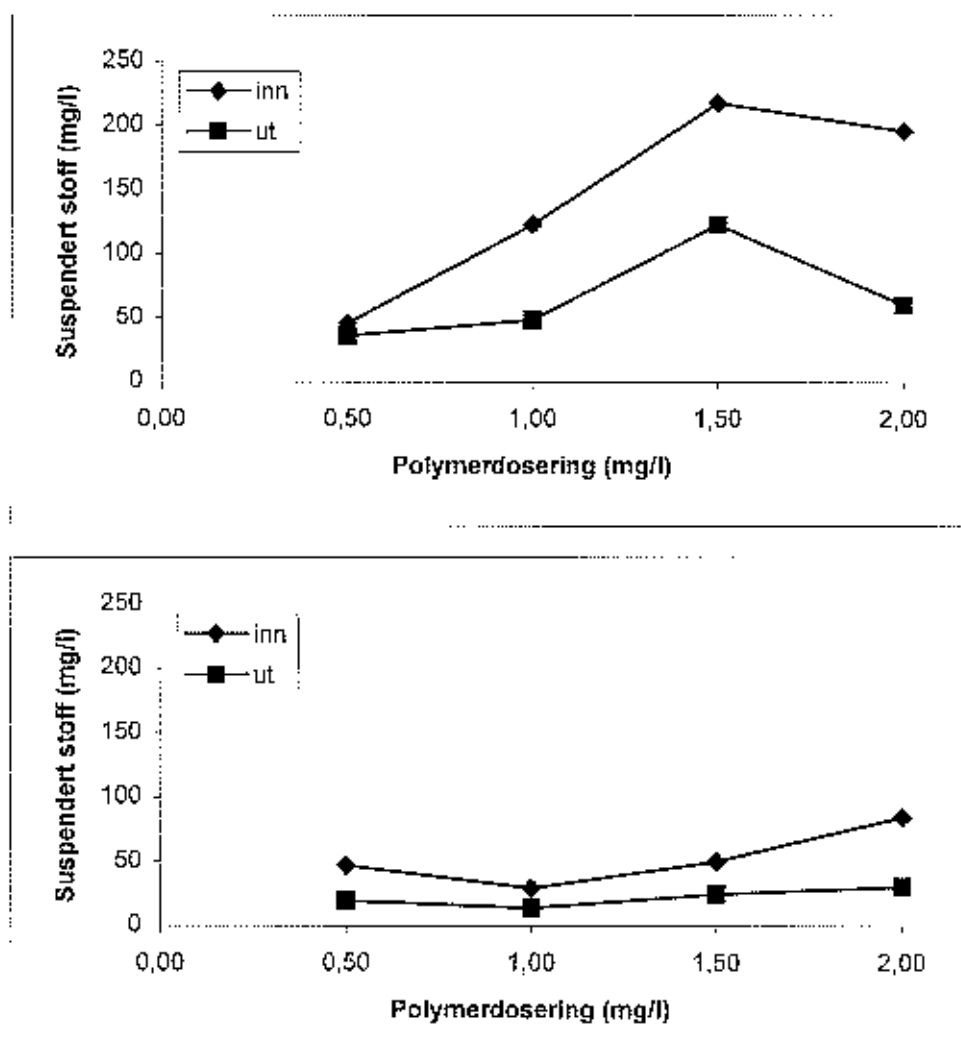
|                   |                         |
|-------------------|-------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h    |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h   |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h   |
| JKL - dosering    | 4/8 mg Fe/l             |
| Polymerdosering   | 1,5/0,75mg/l (AN934PWG) |
| Sandkonsentrasjon | 3-5 kg/m <sup>3</sup>   |

Det ble utført i alt 8 forsøk med forskjellige polymerdoseringer mellom 0,5 – 2,0 mg/l.

I figur 8.4 er analyseresultatene av suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene, presentert. Det fremgår av figuren at konsentrasjonene av suspendert stoff i innløpet varierte ganske mye. Belastningen økte i forbindelse med at polymerdoseringen ble økt. Det er derfor vanskelig å vurdere polymerens effekt. Det fremgår dog at renseeffekten økte med økende dosering noe som viser at polymeren hadde en viss effekt.

Det var også stor forskjell i belastningen mellom de to forsøksrundene. Det er derfor ikke mulig å vurdere effekten av varierende JKL - dosering.

I figur 8.5 vises analyseresultatene av totalfosfor som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene.



Figur 8.4. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av FO 4190 BPM. Den øverste grafen er ved 4 mg Fe/l og den nederste er ved 8 mg Fe/l.

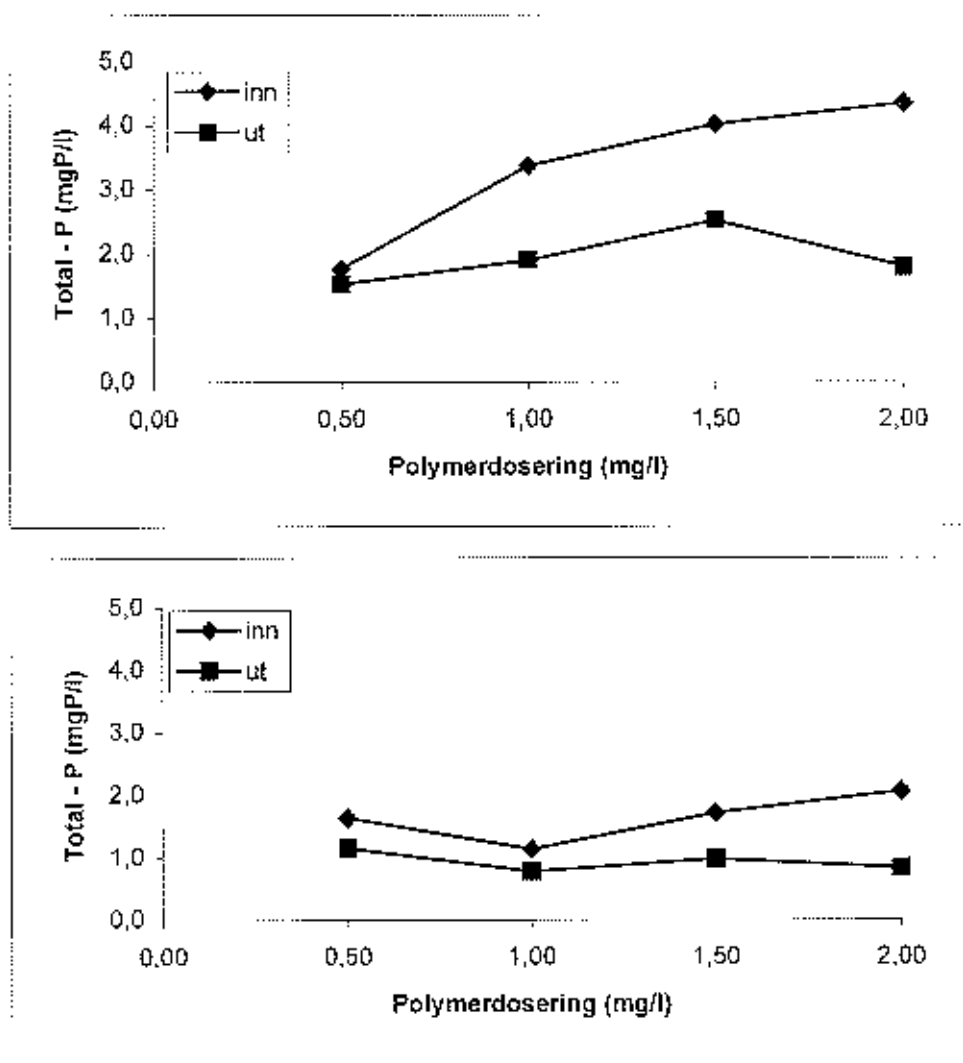
Også innholdet av totalfosfor viste betydelige variasjoner, men igjen viste det seg at renseeffekten økte med økende polymerdosering.

På grunn av variasjonen mellom de to forsøkene var det vanskelig å se effekten av varierende JKL - dosering.

På bakgrunn av de utførte forsøk ble det valgt å fortsette med en relativt høy dosering av FO 4190 BPM, nemlig 1,5 mg/l. På grunn av variasjonene i forsøkene var det nødvendig med høy dosering, slik det også ved høye belastninger var tilstrekkelig dosering.

#### Test av anionisk polymerdosering

Det ble deretter testet hvilken effekt den anioniske polymeren hadde. Undersøkelsene ble også her utført ved forskjellige JKL-doseringer, henholdsvis 4 mg Fe/l og 8 mg Fe/l. Den 26. og 27. januar ble det utført forsøk med JKL - dosering på 4 mg Fe/l og den 15. januar ble forsøkene med 8 mg Fe/l utført.



Figur 8.5. Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av FO 4190 BPM. Den øverste grafen er ved dosering av 4 mg Fe/l og den nederste er ved 8 mg Fe/l

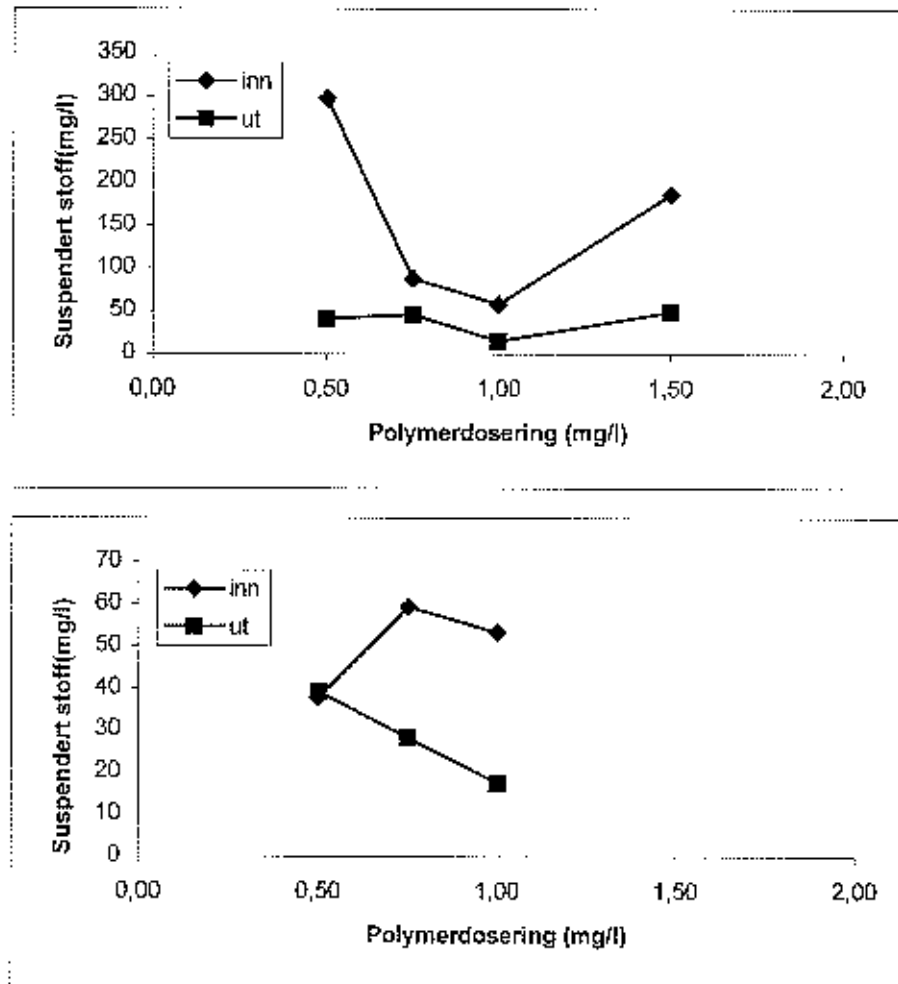
I forsøkene ble det tilsatt en konstant mengde kationisk polymer på 1,5 mg/l. For å kunne relatere renseeffekten til anvendt polymerdosering så ble alle andre parametre holdt så konstant som mulig gjennom hele testen. I tabell 8.4 fremgår de generelle forsøksbetingelsene.

Det ble utført i alt 7 forsøk med forskjellige polymerdoseringer mellom 0,5 – 1,5 mg/l. I figur 8.6 vises analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene. Det fremgår av figuren at innløpskonsentrasjonen av suspendert stoff igjen varierte ganske betydelig, noe som innebærer at det er vanskelig å bestemme effekten av polymeren. Det ble imidlertid registrert god renseeffekt i nesten alle forsøk noe som viser at prinsippet fungerer.

I forsøket med 8 mg Fe/l kan man se tydelig effekt ved å øke polymerdoseringen opp til 1 mg/l. Ved denne doseringen ser man også tilfredsstillende resultat i forsøket med 4 mg Fe/l. Det må derfor antas, at en dosering på ca. 1,0 mg/l vil være tilstrekkelig.

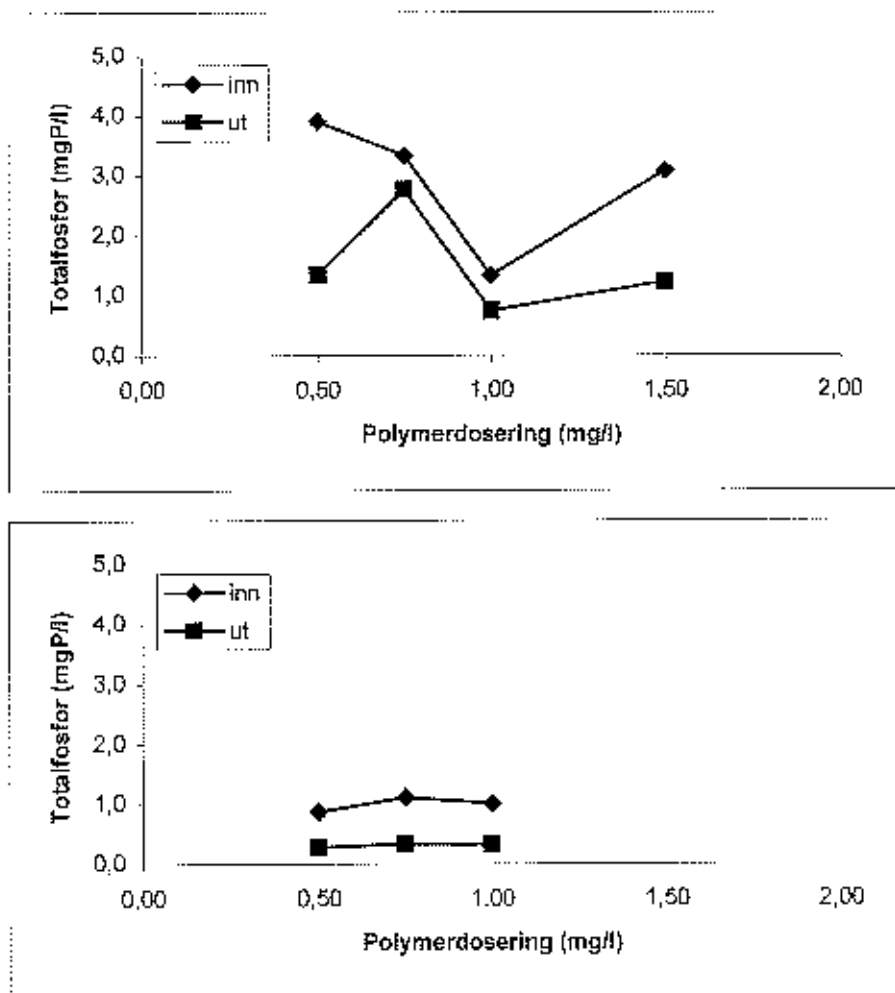
Tabell 8.4. Generelle forsøksbetingelser

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h  |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h |
| JKL - dosering    | 4/8 mg Fe/l           |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l IFO4190 BPMI |
| Sandkonsentrasjon | 5,5 kg/m <sup>3</sup> |



Figur 8.6. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av AN 934 PWG. Den øverste grafen er ved dosering av 4 mg Fe/l og den nederste er ved 8 mg Fe/l

I figur 8.7 er analyseresultatene av totalfosfor som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene presentert. Igjen ble det registrert betydelige variasjoner i innløpskonsentrasjonen, noe som gjorde tolkningen av resultatene vanskelig. I forsøket med 8 mg Fe/l ble det dog observert god fosforfjerning på ca. 70% uavhengig av polymerdoseringen, noe som er litt bedre enn i forsøket med 4 mg Fe/l.



Figur 8.7. Innhold av total fosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av AN 934 PWG. Den øverste grafen er ved dosering av 4 mg Fe/l og den nederste er ved 8 mg Fe/l

På bakgrunn av forsøkene ble det besluttet å fortsette med en dosering av AN 934 PWG på 1,0 mg/l, da denne dosering tilsynelatende virket tilstrekkelig.

### 8.3.2 Døgnprøver

På bakgrunn av utførte belastningsforsøk ble det utført en rekke døgnforsøk. Det ble i alt utført fire døgnforsøk med lav JKL - dosering, nemlig ett med 4 mg Fe/l og tre med 8 mg Fe/l. Disse døgnforsøkene beskrives i det følgende. Analyseresultatene fra forsøkene fremgår av bilag G.

#### Døgnprøve den 9-10. mars 1998

Ved dette døgnforsøket ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 8.5.

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- |                    |     |
|--------------------|-----|
| • Suspendert stoff | 66% |
| • Ortofosfat       | 9%  |
| • Totalfosfor      | 53% |
| • KOF              | 34% |
| • Totalnitrogen    | 6%  |

Tabell 8.5. Generelle forsøksbetingelser

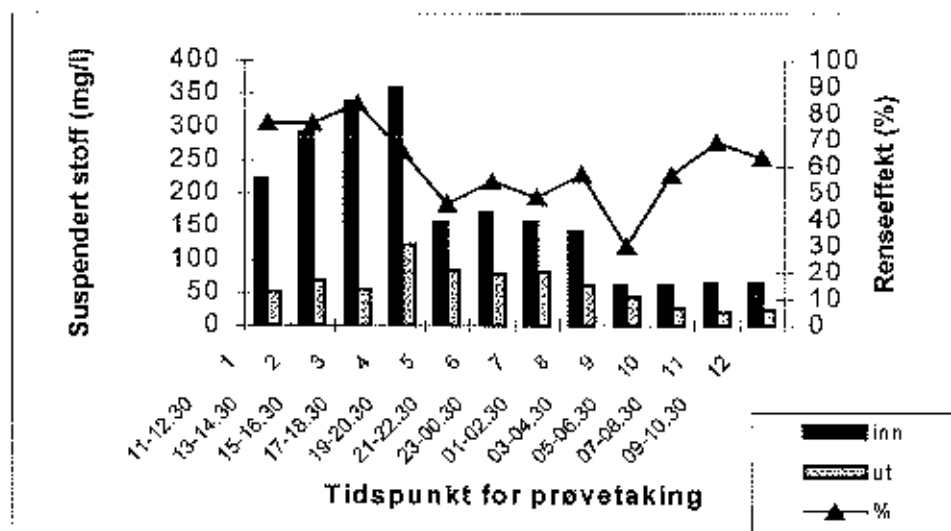
|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                        |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Slamrejekt        | 5,2 m <sup>3</sup> /h                       |
| JKL - dosering    | 4 mg Fe/l                                   |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (AN934PWG)<br>1,5 mg/l (FO419DBPM) |
| Sandkonsentrasjon | 7 – 8 kg/m <sup>3</sup>                     |

Den lave renseeffekten for ortofosfat er sannsynligvis feil, da flere av fraksjonsprøvene inneholdt mer ortofosfat i utløpet enn i innløpet. Dette virker urealistisk og kan skyldes analysefeil eller ombytting av prøver.

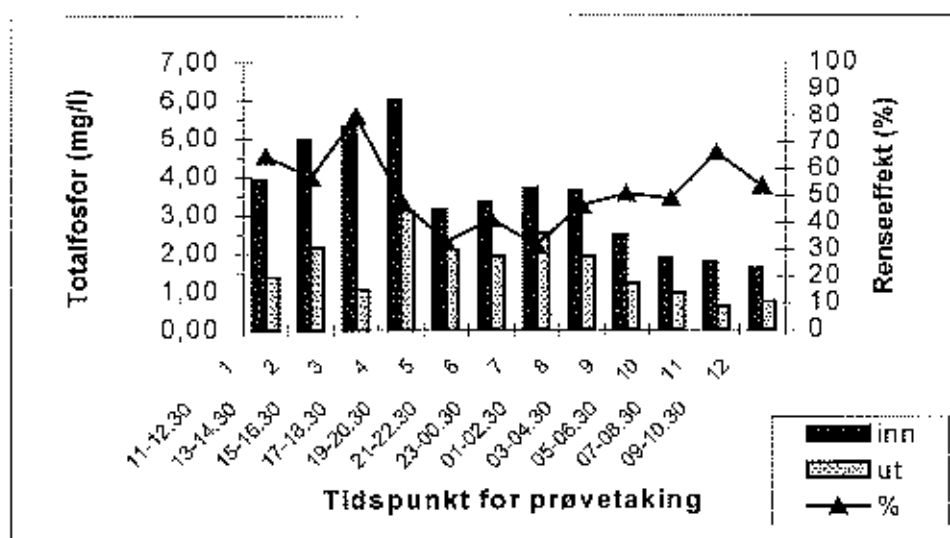
Renseeffektene er generelt noe mindre enn i forsøkene med større JKL - dosering. Dette gjelder især fosfor, som tidligere viste renseeffekter på omkring 80%.

I figur 8.8 vises resultatene for suspendert stoff fra de fraksjonerte prøvene. Av figuren fremgår det at konsentrasjonen av suspendert stoff i innløpet varierte mye over døgnet. De høyeste renseeffektene ble registrert ved de høyeste innløpskonsentrasjonene. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen i utløpet var ca. 60 mg/l. Figur 8.9 viser analyseresultatene for totalfosfor fra de fraksjonerte prøvene. Figuren viser at det også var betydelige variasjoner i konsentrasjonen av totalfosfor i innløpet. Allikevel ble det oppnådd gjennomsnittlig renseeffekt på over 50%, som er tilfredsstillende sett i forhold til den lave JKL - doseringen.

Døgnforsøket viste at den reduserte JKL - doseringen ikke helt ble oppveid av den kationiske polymer med hensyn til suspendert stoff. Det ble allikevel oppnådd en renseeffekt på nesten 70%, som er tilfredsstillende. Fosfortjerningen er naturligvis mindre da JKL - doseringen er meget lav.



Figur 8.8. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 9 – 10. mars 1998.



Figur 8.9. Innhold av total fosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 9 – 10. mars 1998

### Døgnpøve den 18-19. januar 1998

Ved dette døgpforsøket ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 8.6.

Tabell 8.6. Generelle forsøksbetingelser

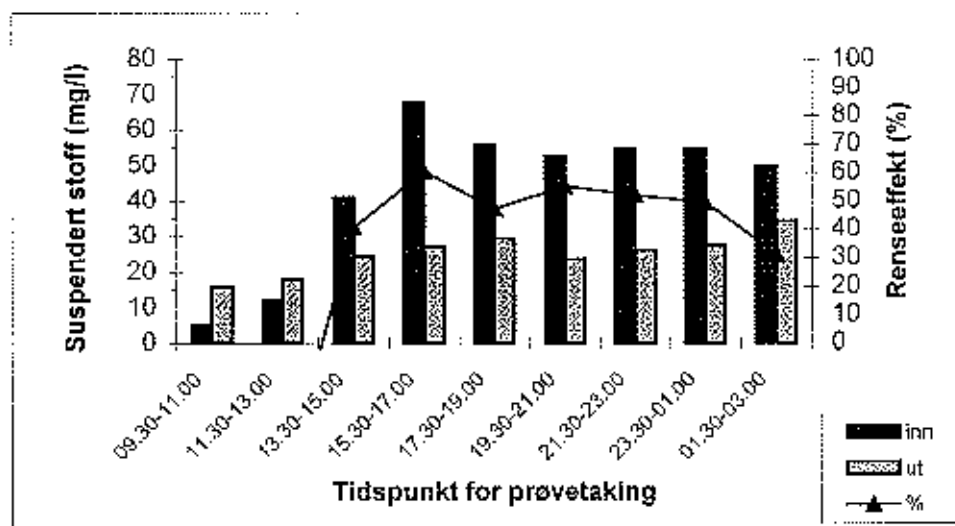
|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                        |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h                       |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h                       |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l                                   |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (AN934PWG)<br>1,5 mg/l (FO4190BPM) |
| Sandkonsentrasjon | 7 - 8 kg/m <sup>3</sup>                     |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 43%
- Ortofosfat 34%
- Totalfosfor 39%
- KOF 31%
- Totalnitrogen 9%

Renseeffektene var litt mindre enn tidligere noe som bl.a. skyldtes, at innløpet var meget tynt på grunn av langvarig regnvær. Det bemerkes dessuten, at økt JKL - dosering fører til en større fjerning av ortofosfat.

I figur 8.10 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff.

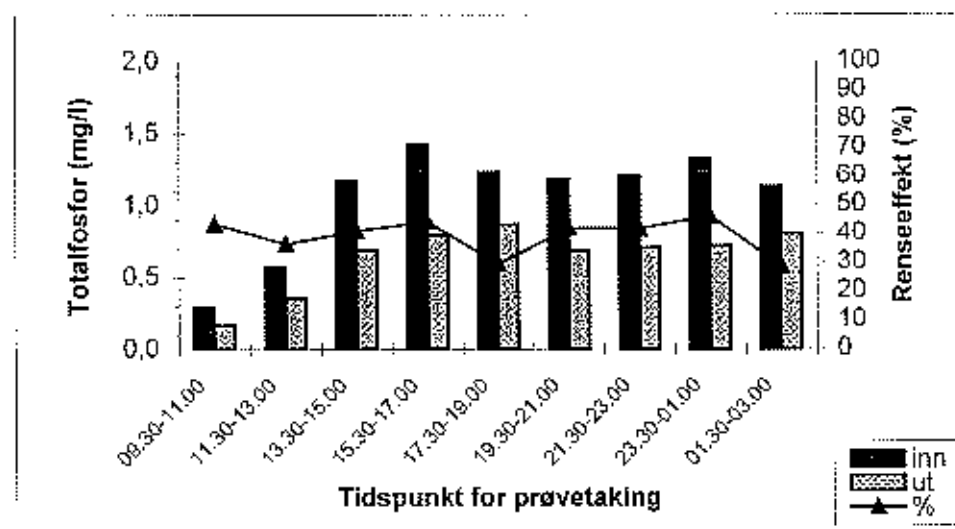


Figur 8.10 Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnsprøven 18 - 19. januar 1998

Av figuren kan man se at konsentrasjonen av suspendert stoff i innløpet er svært lav. Med en midlere renseeffekt på 43% ble det oppnådd en midlere konsentrasjon i utløpet på ca. 25 mg/l. Grunnen til at forsøket sluttet kl. 03.00 var at den kationiske polymeren tok slutt.

Figur 8.11 viser analyseresultatene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene. Av figuren kan man også se at fosforkonsentrasjon i innløpet var meget lav. Således var middelkonsentrasjonen i utløpet 0,64 mg P/l.

Slamproduksjonen i forsøket ble også målt. Den ble funnet til 5,4 mg SS/mg Fe. Døgnsforsøket viste relativt lave renseeffekter som i hovedsak skyldes, at innløpsvannet var veldig tynt. Det ble derfor valgt å gjenta forsøket med mer konsentrert innløpsvann.



Figur 8.11 Innhold av total fosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnsprøven 18 - 19. januar 1998

**Døgnprøve den 2-3. februar 1998**

Ved dette døgnforsøket ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 8.7.

*Tabell 8.7. Generelle forsøksbetingelser*

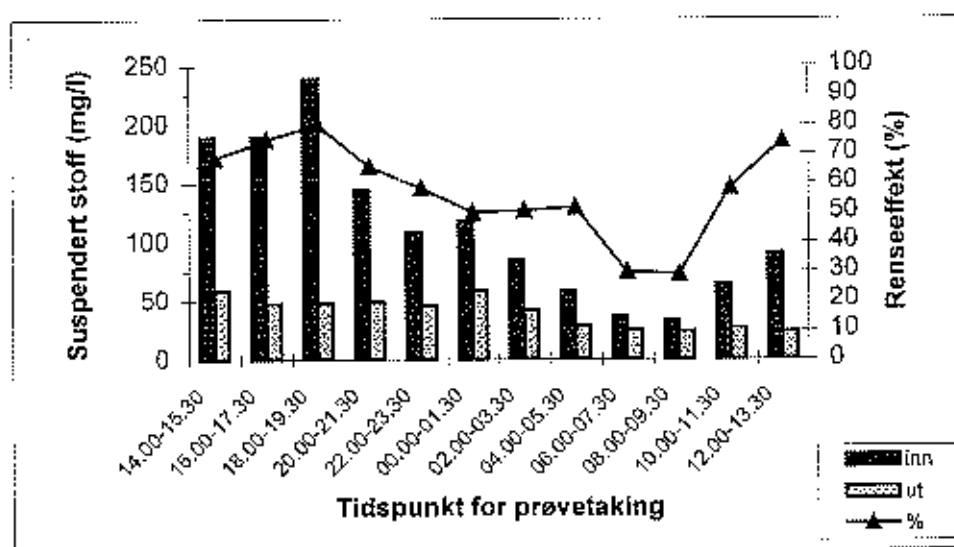
|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                        |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Slamrejekt        | 5,3 m <sup>3</sup> /h                       |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l                                   |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (AN934PWG)<br>1,5 mg/l (FO4190BPM) |
| Sandkonsentrasjon | 4 - 6 kg/m <sup>3</sup>                     |

Følgende gjennomsnittlige rensegrader ble oppnådd:

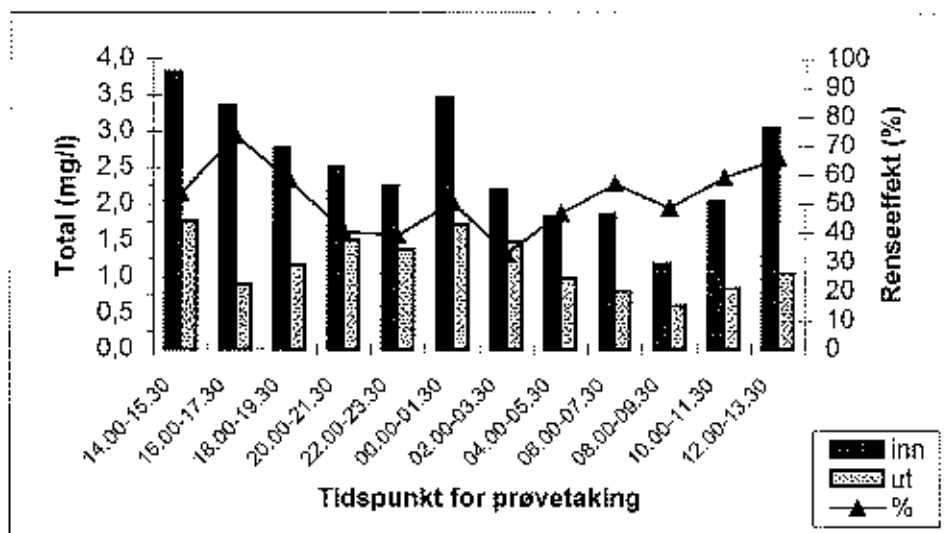
- Suspendert stoff 65%
- Ortofosfat 53%
- Total fosfor 53%
- KOF 16%
- Totalnitrogen 25%

I figur 8.12 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff. Av figuren kan man se at det var store variasjoner i innholdet av suspendert stoff. Innholdet i utløpet er dog relativt konstant omkring 40 mg/l. Igjen kan man se de største renseeffektene ved de høyeste innløpskonsentrasjonene.

Figur 8.13 viser analyseresultatene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene.



Figur 8.12. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnprøven 2 - 3. februar 1998



Figur 8.13. Innhold av total fosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 2 – 3. februar 1998

Man kan se at fosforfjerningen var ca. 50 % i gjennomsnitt noe som resulterer i en utløpskonsentrasjon på ca. 1,2 mg P/l.

Døgnforsøket viste generelt gode renseeffekter på både suspendert stoff, orto-fosfat og totalfosfor. Generelt ble de største renseeffektene observert ved de høyeste innløpskonsentrasjonene noe som betydde, at utløpskonsentrasjonene ikke varierte betydelig.

#### Døgnpøve den 8-9. februar 1998

Ved dette døgnforsøket ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 8.8.

Tabell 8.8. Generelle forsøksbetingelser

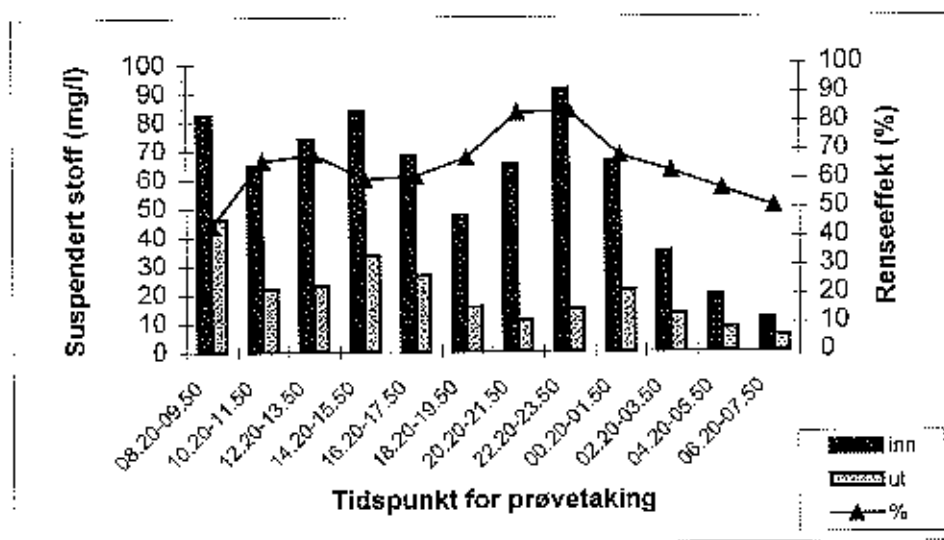
|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                        |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Slamrejekt        | 5,3 m <sup>3</sup> /h                       |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l                                   |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (AN934PWG)<br>1,5 mg/l (FO4190BPM) |
| Sandkonsentrasjon | 10-11 kg/m <sup>3</sup>                     |

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 66%
- Ortofosfat 53%
- Totalfosfor 75%
- KOF 60%
- Totalnitrogen 16%

Disse renseeffektene må generelt sies å være meget tilfredsstillende.

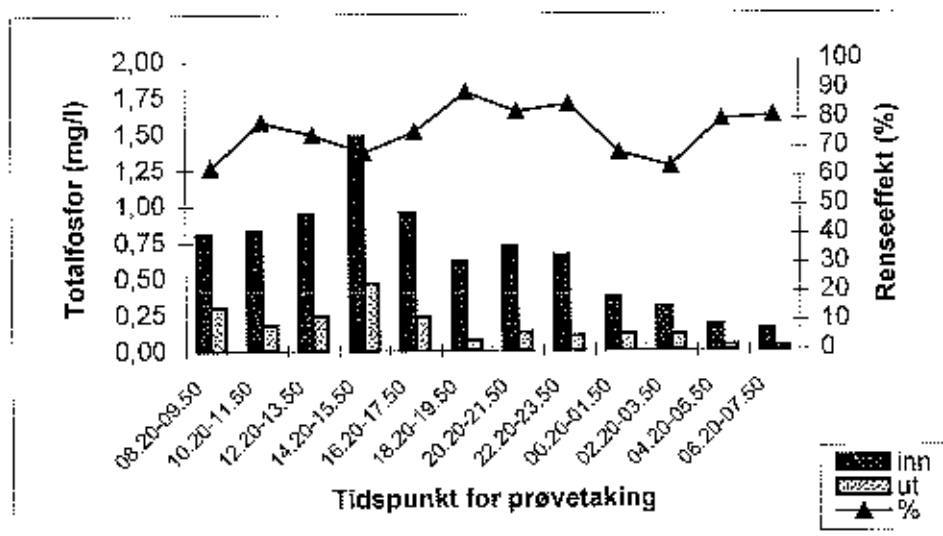
I figur 8.14 vises resultatene fra de fraksjonerte prøvene for suspendert stoff.



Figur 8.14. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 8 – 9. februar 1998

Av figuren fremgår det generelt at man oppnådde lavt innhold av suspendert stoff i utløpet. Middelkonsentrasjoner i utløpet var ca. 20 mg/l.

Figur 8.15 viser analyseresultatene for total fosfor på de fraksjonerte prøvene. Figuren viste også meget god fjerning av fosfor. Utløpskonsentrasjonen var i gjennomsnitt mindre enn 0,2 mg P/l, noe som er meget tilfredsstillende.



Figur 8.15. Innhold av total fosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 8 – 9. februar 1998

## 8.4 Forsøk med kationisk polymer og ingen JKL dosering

Det ble også utført en rekke forsøk helt uten JKL - dosering for å vurdere hvorvidt det var mulig å unngå den ekstra slamproduksjonen som jernet medfører.

### 8.4.1 Belastningsforsøk

Det ble i forsøkene valgt å anvende de samme polymertypene som ble funnet tidligere, AN 934 PWG og FO 4190 BPM. Belastningsforsøkene besto utelukkende av å undersøke effekten av polymerdoseringen.

#### Test av kationisk polymerdosering

Først ble effekten av den kationisk polymeren undersøkt. Forsøkene ble utført den 20. januar og doseringer fra 1,5 – 2,5 mg/l ble undersøkt. I og med at JKL - doseringen var stanset var det forventet at det skulle økt polymerdosering til for å oppnå tilfredsstillende resultater. I forsøkene ble det konstant dosert 0,75 mg/l av den anioniske polymertypen.

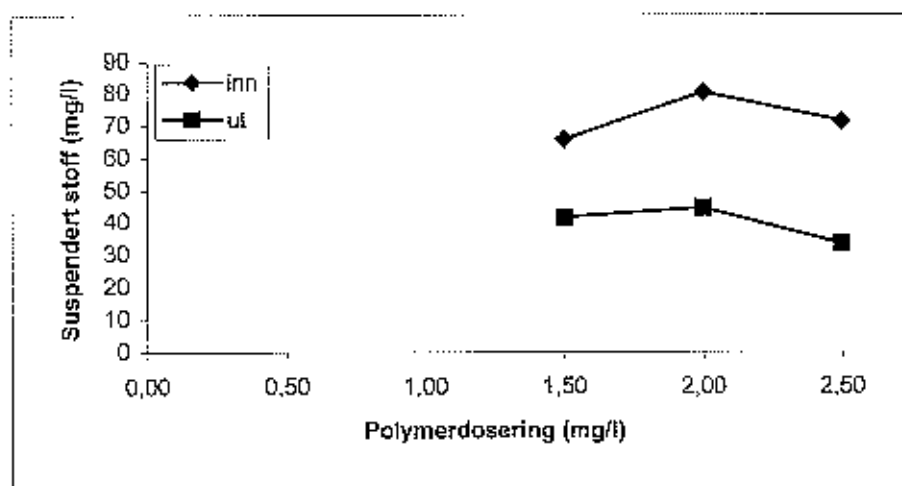
For å kunne relatere renseeffekten til anvendte polymerdoseringer så ble alle andre parametre holdt uendret så langt som mulig gjennom hele testen. I tabell 8.9 vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 8.9. Generelle forsøksbetingelser

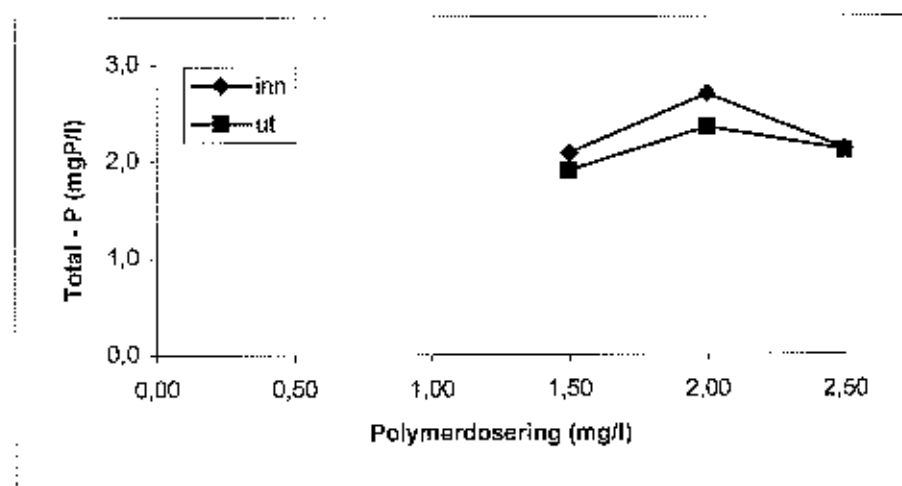
|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h  |
| Resirkulasjon     | 4,7 m <sup>3</sup> /h |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h |
| JKL - dosering    | 0 mg Fe/l             |
| Polymerdosering   | 0,75 mg/l (AN934PWG)  |
| Sandkonsentrasjon | 5 kg/m <sup>3</sup>   |

Det ble i alt utført 3 forsøk med forskjellige polymerdoseringer mellom 1,5 – 2,5 mg/l. I figur 8.16 er analyseresultatene for suspendert stoff som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene presentert. Det fremgår av figuren at renseeffekten økte litt med økende polymerdosering. Således ble det oppnådd det en renseeffekt på ca. 50% ved en dosering på 2,5 mg/l. Det er dog ikke snakk om vesentlig økning. En dosering på 2,0 mg/l vil sannsynligvis være mest realistisk.

I figur 8.17 er analyseresultatene for totalfosfor som funksjon av de forskjellige polymerdoseringene presentert.



Figur 8.16. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av FO 4190 BPM



Figur 8.17. Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av FO 4190 BPM

Det fremgår av figuren at fjerningen av fosfor var svært beskjeden. Dette skyldtes at det meste av fosforen forelå på løst form som ortofosfat, jfr bilag F, som kun fjernes når det doseres jern. Fjernet fosfor foreligger således på suspendert form og innebygges i den mengden suspendert stoff som fjernes.

På bakgrunn av forsøkene ble det valgt å anvende en dosering FO 4190 BPM på 2,5 mg/l i de videre forsøk.

#### Test av anionisk polymerdosering

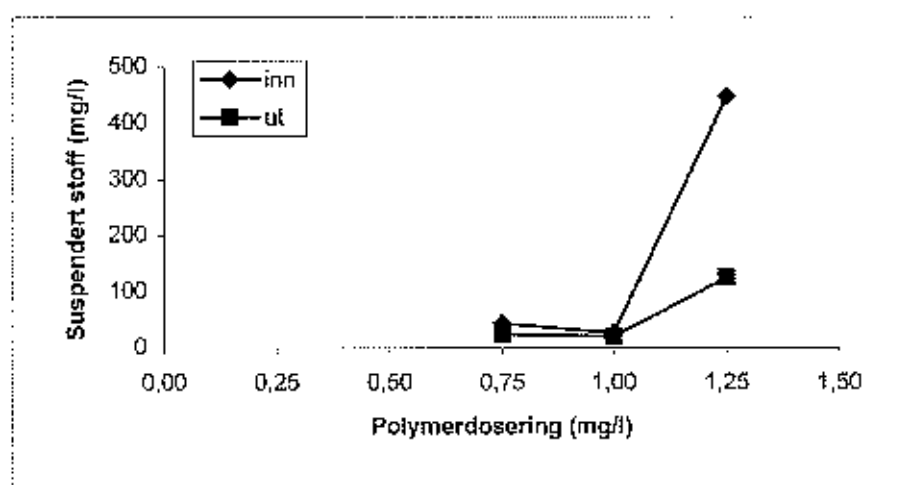
Videre ble effekten av den anioniske polymeren undersøkt. Forsøkene ble utført den 21. januar, og det ble undersøkt forskjellige doseringer av AN 934 PWG. I forsøkene ble FO 4190 BPM dosert med en konstant dosering på 2,5 mg/l. For å kunne relatere renseeffekten til anvendte polymerdoseringer ble alle andre parametre holdt uendret så langt som mulig gjennom hele testen. I tabell 8.10

vises de generelle forsøksbetingelsene.

Tabell 8.10. Generelle forsøksbetingelser

|                   |                       |
|-------------------|-----------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h  |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h |
| Slamrejekt        | 3,8 m <sup>3</sup> /h |
| JKL - dosering    | 0 mg Fe/t             |
| Polymerdosering   | 2,5 mg/l (FO4190BPM)  |
| Sandkonsentrasjon | 2-4 kg/m <sup>3</sup> |

Det ble i alt utført 3 forsøk med forskjellige polymerdoseringer mellom 0,75 – 1,25 mg/l. I figur 8.18 er analyseresultater for suspendert stoff som funksjon av forskjellige polymerdoseringer presentert.



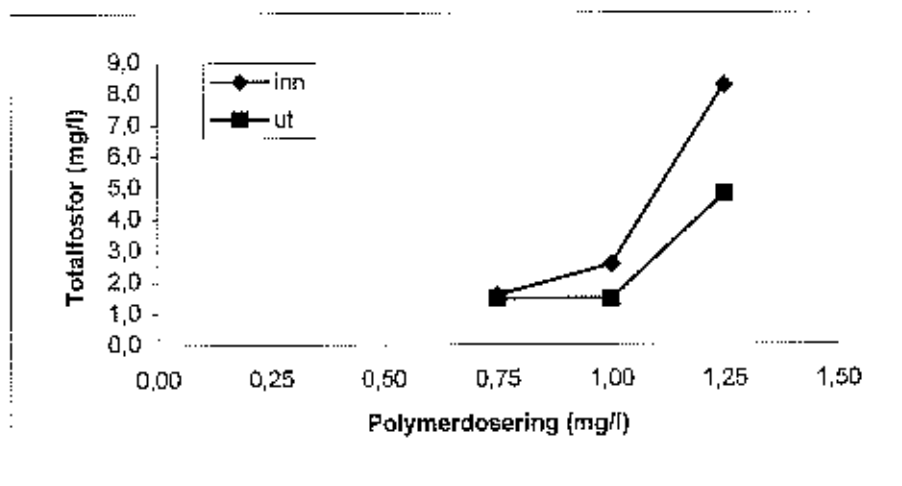
Figur 8.18. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av AN 934 PWG

Det fremgår av figuren at innholdet av suspendert stoff i innløpet økte kraftig i forsøket med polymerdose på 1,25 mg/l. Allikevel ble det registrert betydelige renseresultater. Ved doseringene på 0,75 mg/l og 1,0 mg/l var resultatene mer beskjedne, men det skyldtes meget lav konsentrasjon i innløpet.

I figur 8.19 er analyseresultatene for totalfosfor som funksjon av forskjellige polymerdoseringer presentert.

Av figuren fremgår det at fosforfjerningen økte med stigende polymerdosering. Det skyldtes at det i forsøket med 1,25 mg/l ble fjernet betydelige mengder suspendert stoff, jfr. figur 8.18, hvor det også ble fjernet en del fosfor som var bundet til det suspenderte stoffet.

Det ble med bakgrunn i forsøkene valgt å benytte en dosering AN 934 PWG på 1,0 mg/l i de videre forsøkene.



Figur 8.19. Innhold av totalfosfor i innløp og utløp som funksjon av forskjellige doseringer av AN 934 PWG

#### 8.4.2 Døgnprøver

Det ble utført ett døgnforsøk uten dosering av JKL. Analyseresultatene fremgår av bilag G.

##### Døgnprøve den 4-5. mars 1998

Ved dette døgnforsøket ble det anvendt forsøksbetingelser som vist i tabell 8.11.

Tabell 8.11. Generelle forsøksbetingelser

|                   |                                             |
|-------------------|---------------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                        |
| Resirkulasjon     | 6,4 m <sup>3</sup> /h                       |
| Slamrøkt          | 5,3 m <sup>3</sup> /h                       |
| JKL - dosering    | 0 mg Fe/l                                   |
| Polymerdosering   | 1,0 mg/l (AN934PWG)<br>2,0 mg/l (FO4190BPM) |
| Sandkonsentrasjon | 4-8 kg/m <sup>3</sup>                       |

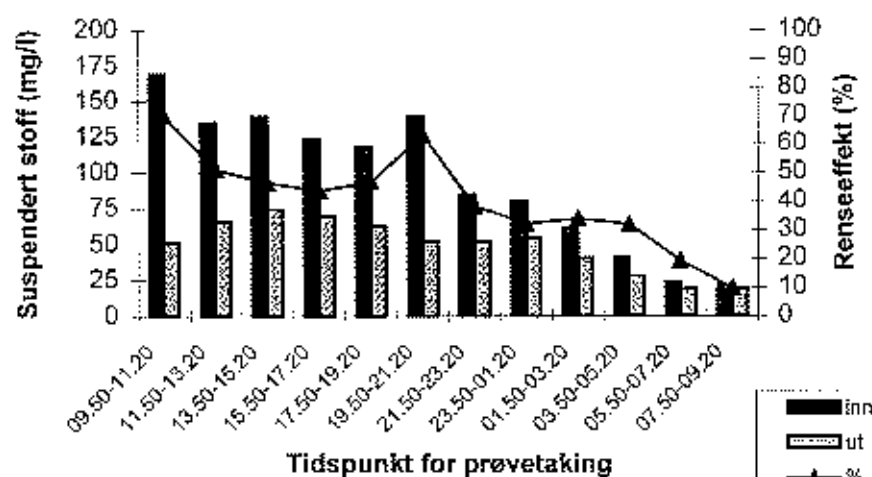
På tross av at det tidligere ble anvendt en dosering FO 4190 BPM på 2,5 mg/l ble det valgt kun å anvende 2,0 mg/l i døgnforsøket.

Følgende gjennomsnittlige renseeffekter ble oppnådd:

- Suspendert stoff 48%
- Ortofosfat 32%
- Totalfosfor 33%
- KOF 27%
- Totalnitrogen 16%

I og med at det ikke doseres jernklorid, er det overraskende at det allikevel fjernes 32% ortofosfat.

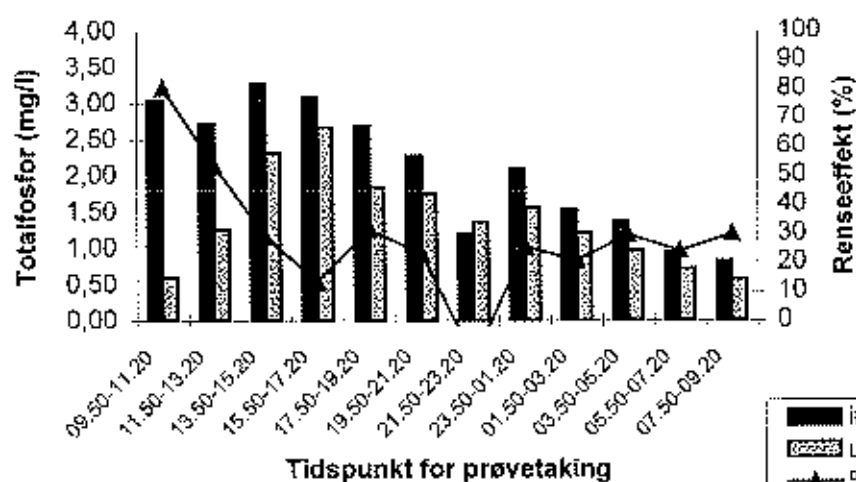
I figur 8.20 vises resultatene fra fraksjonerte prøver for suspendert stoff.



Figur 8.20. Innhold av suspendert stoff i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 4 – 5. mars 1998

Av figuren fremgår det at det generelt ble oppnådd et suspendert stoff - innhold i utløpet på ca. 50 mg/l. Det vises tydelig at de største renseeffektene ble oppnådd ved de høyeste innløpskonsentrasjonene.

Figur 8.21 viser analyseresultatene for totalfosfor på de fraksjonerte prøvene. Av figuren fremgår det at renseeffekten varierte betydelig. Således ble det registrert meget høye renseeffekter for fosfor i starten av forsøket, som dog raskt avtok. Døgnpøven viste at det kan oppnås brukbare renseeffekter for totalfosfor uten JKL - dosering. Ved sammenligning med tidligere utførte forsøk kan det dog fastslå at en mindre JKL - dosering vil ha en positiv effekt.



Figur 8.21. Innhold av totalfosfor i innløp og utløp i fraksjonerte prøver fra døgnpøven 4 – 5. mars 1998

## 8.5 Slamavvanning

Disse forsøkene ble gjennomført på samme måte som beskrevet for forsøkene med høyere JKL - dosering (avsnitt 7.4).

De generelle forsøksbetingelsene for Actiflo-anlegget fremgår av tabell 8.12.

Tabell 8.12. Generelle forsøksbetingelser ved prøvetaking av slam

|                   |                                     |
|-------------------|-------------------------------------|
| Vannmengde        | 80 m <sup>3</sup> /h                |
| Resirkulasjon     | 4,8 m <sup>3</sup> /h               |
| Slamrejekt        | 3,7 m <sup>3</sup> /h               |
| JKL - dosering    | 8 mg Fe/l                           |
| Polymerdosering   | 1,5 mg/l FO 4190<br>og 1 mg/l AN934 |
| Sandkonsentrasjon | 3 -5 kg/m <sup>3</sup>              |

### 8.5.1 Forsøksresultater

#### Slamvolum

Resultatene av sedimenteringsforsøkene fremgår av bilag E side 2.

For slamprøven uten resirkulasjon ble den raskeste sedimenteringen av slammet oppnådd uten ekstra tilsetning av anionisk polymer. Etter 3 timers sedimentering var slamvolumet bare halvparten så stort som for prøven med ekstra polymer.

For prøveuttaket med 50% slamresirkulasjon sedimenterte prøvene med ekstra polymer hurtigere i de første 30 minutter, hvoretter den ble forbigått av prøven uten polymer. Etter 3 timer var forholdet det samme som for prøven tatt uten resirkulasjon.

#### Flokkuleringsforsøk

For slam både med og uten resirkulasjon var det også her en kationisk polymer, som ble funnet best egnet til flokkulering av slammet.

I disse forsøkene var det den svakt kationiske polymeren Zetag 92 som var den beste. Den nødvendige dosering var 0,5 - 0,6 kg/tonn TS.

#### Avvanningsforsøk

Resultatene av CST-målingene og avvanningsforsøkene fremgår dette av bilag E side 4.

CST på slammet før polymertilsetning var på samme nivå eller litt lavere enn ved forsøkene med høyere JKL - dosering når det korrigeres for tørrstoffinnholdet. CST etter polymertilsetningen var meget lavt.

Det ble oppnådd tørrstoff i slamkaken på 34 - 39% TS med kaketykkelser på 3 - 7 mm. Dette var litt høyere enn det ble oppnådd i forsøkene med høyere JKL - dosering.

### **Gravitasjonsforsøk**

Ved gravitasjonsforsøkene ble det oppnådd en god filtrering. Gjennomløpt filtratmengde i løpet av 10 minutter var noe større enn i forsøkene med høyere JKL - dosering.

Filtratet var gulfarget og litt til svært grumset.

#### **8.5.2 Sammensetning av slam**

Sammensetningen av slammet fremgår av bilag E side 5. Jern- og fosforinnholdet var litt lavere enn i forsøkene med høyere JKL - dosering.

Glødetapet var til gjengjeld forholdsvis høyt, nemlig 66 – 70 % av TS.

### **8.6 Oppsummering forsøk del 2**

I forsøkene som er presentert i avsnitt 8.2, 8.3 og 8.4, ble det brukt kationisk polymer som koagulant. Det kan derfor trekkes noen sammenfattende konklusjoner for alle forsøkene som er presentert i dette kapitlet.

#### **8.6.1 Belastningsforsøk**

De viktigste resultatene fra belastningsforsøkene viste at:

- den beste anvendelse av kationisk polymer som koagulant, ble oppnådd i kombinasjon med en anionisk polymer for å binde sanden sammen med de koagulerte partiklene
- polymer FO 4190 var den beste kationiske polymeren av de typene som ble testet
- polymertypen AN 934 PWG var den beste anioniske polymeren av de typene som ble testet
- den gunstigste doseringen av kationisk polymer var 1,5 mg/l ved lav dosering av JKL og 2,0 mg/l uten tilsetning. Disse doseringsmengdene kunne dekke store svingninger i stoffkonsentrasjonen i innløpet
- den optimale doseringen av anionisk polymer var på 1,0 mg/l både med og uten JKL - dosering og at denne doseringsmengden kunne dekke store svingninger i stoffkonsentrasjonene i innløpet
- en JKL - dosering på 4 – 8 mg Fe/l sammen med kationisk polymer ga økt renseseffekt i forhold til rensing med kationisk polymer som koagulant
- det generelt var store svingninger over døgnet i stoffkonsentrasjonene i innløpet noe som bl.a. skyldes meget lang tilførselstunnel til rensenanlegget hvor sedimentering finner sted ved lav vannføring og hvor resuspensjon finner sted ved høy vannføring. Det var også stor forskjell på stoffkonsentrasjonene i innløpet mellom tørrværs- og regnværsbelastning

- det var betydelige svingninger i avløpsvannets sammensetning med store pH - svingninger i innløpet mellom ca. 7 – 11 over kort tid og fra dag til dag. Disse svingningene indikerte en meget ujevn og kraftig industribelastning. Med liten kontroll med den faktiske industribelastningen medfører dette ukontrollerte tilførsler.

### 8.6.2 Døgnprøver

De viktigste resultatene fra døgnprøvene viste at:

- En med anvendelse av lav JKL - dosering (koagulant) og kationisk polymer som hjelpekoagulant kan forvente renseeffekter på det aktuelle avløpsvannet på omtrent:
  - Suspendert stoff 66 %
  - Ortofosfat 38 %
  - Totalfosfor 60 %
  - KOF 37 %
  - Totalnitrogen 16 %

Man kunne klart se at en med lav JKL-dosering fikk mindre utfelling av fosfor.

- En med anvendelse av kationisk polymer som koagulant, kunne forvente renseeffekter på det aktuelle avløpsvannet på omtrent:
  - Suspendert stoff 48 %
  - Ortofosfat 32 %
  - Totalfosfor 33 %
  - KOF 27 %
  - Totalnitrogen 16 %

Man kunne klart se at det uten JKL - dosering skjedde en begrenset utfelling av fosfor.

- Actiflo-prosessen klarer betydelige svingninger i stoffbelastningen med stabilt utslippsresultat ved anvendelse av kationisk polymer som koagulant. I alle døgnforsøkene svingte suspendert stoff - konsentrasjonen i innløpsprøvene mellom 5 mg/l til 359 mg/l med et gjennomsnitt på ca. 97 mg/l. De høyeste renseeffektene ble typisk oppnådd ved de høyeste suspendert stoff - konsentrasjonene i innløpet dvs at for mer konsentrert avløpsvann så kan man forvente høyere renseeffekt.
- det ut over fjernet mengde suspendert stoff må forventes en slamproduksjon beregnet i forhold til doserte jernmengder på 5 – 6 mg SS/mg Fe. Dette høye forholdet kan ikke skyldes den kjemiske slamproduksjonen alene, men også koagulering av oppløst stoff og kolloider til primærpartiklene som felles ut under rensingen. Det var således betydelig lavere slamproduksjon ved anvendelse av kationisk polymer alene enn med kationisk polymer sammen med lav JKL - dosering.

### 8.6.3 Slamavvanning

De viktigste resultatene fra slamavvanningsforsøkene viste at:

- best flokkulering av slammet ble oppnådd ved tilsetning av anionisk polymer til slammet før konsentrering. Det førte til at slammet ble negativt ladet. Det skulle derfor anvendes en kationisk polymer i forbindelse med slamavvanningen
- sedimenteringsforsøkene på slammet ikke ga noe entydig resultat
- en ved avvanning i stempelpresse oppnådde tørrstoffinnhold på 34 – 39 % TS med tynne slamkaken. Nødvendig polymerdosering var 0,5 – 0,6 kg/tonn TS. I fullskala forventer en å oppnå 18 – 24 % TS
- det ikke var noen vesentlig forskjell på avvanningsegenskapene for slam med og uten resirkulasjon av 50 % slammengde. Det var heller ikke vesentlig forskjell på tørrstoffinnholdet i forsøkene med høy JKL - dosering jfr. avsnitt 7.4.2 og lav JKL - dosering/kationisk polymer
- vannfasen fra gravitasjonsforsøkene var noe uklar. Generelt hadde vannfasen dog lavt innhold av suspendert stoff

### 8.7 Dimensjoneringserfaringer

Med de utførte forsøkene med anvendelse av kationisk polymer som koagulant er det skapt et godt erfaringsgrunnlag for evt. dimensjonering av et fullskala Actiflo-anlegg med denne alternative kjemikalietylsetningen.

Det oppnås gode renseeffekter ved en overflatebelastning i lamellseparatoren på 80 m/h. Dette betyr at det for maksimal hydraulisk belastninger i tørrvær, vil være naturlig å benytte en belastning på 80 m/h eller lavere som dimensjonerende verdi. For maksimal hydraulisk belastning i regnvær forventes det på samme måte som angitt i kap.7, 120 m/h benyttet som dimensjonerende verdi. Dette ble dog ikke dokumentert i dette delforsøket i og med at en ikke hadde høyere belastninger enn 80 m/h. Tendensen var imidlertid den samme som i delforsøk 1.

Renseeffektene er lavere når JKL - doseringen helt eller delvis erstattes av med kationisk polymer. Men man ser også at renseeffekten kan tilpasses ønsket nivå ved å tilsette lave doser med JKL når det er nødvendig.

For fosfor kan en ikke forvente fullstendig utfelling fordi det tilsettes lite eller ikke noe JKL. Høye renseeffekter for fosfor kan ikke oppnås med denne alternative kjemikalietylsetningen.

Når det gjelder flokkuleringen så forventes en oppholdstid på ca. 4 min. ved en hastighet på 80 m/h og en oppholdstid på ca. 2,7 min, ved hastighet på 120 m/h å gi god flokkulering.

Det ble gjennom pilotforsøkene med kationisk polymer funnet ut at slammet ble mer klebrig og derfor ikke glir så lett ned i en slamlommen. Dette er ikke et forhold som forventes å gi problemer for et Actiflo-fullskalaanlegg, fordi det benyttes

mekaniske bunnskraper for transport av slammet til slampumpene og ikke en løsning med slamlommer. Det klebrige slammet medførte ingen påvirkning på hydrosyklonenes effektivitet.

## 8.8 Styring av innsatsmidler

Det må anvendes forskjellige styringsstrategier for de innsatsmidler som anvendes (sand, polymer og JKL).

Sand styres som ved normal drift med kontinuerlig dosering av ca. 3 – 5 g/m<sup>3</sup> behandlet vann for å opprettholde en konsentrasjon i anlegget på ca. 3 – 5 kg/m<sup>3</sup>. Sandkonsentrasjonen i anlegget styres uavhengig av hydraulisk og stoffmessig belastning.

Den anioniske polymeren doseres typisk med en fast dose uavhengig av den stoffmessige belastningen. Det kan dog med fordel legges inn en styring som hever dosen noe ved de høyeste hydrauliske belastningene.

For dosering av JKL vil valgt styring avhenge av aktuelle utslippskrav. Dosering av jern kan enten utelates, anvendes kontinuerlig eller anvendes periodevis som støttedosering for å oppfylles utslippskravene.

Den nødvendige JKL - doseringen kan med fordel styres etter turbiditetsmåler i utløpet. I tillegg bør en slik styring ha pH-overstyring som skal sikre et akseptabelt pH-nivå for fellingen.

Doseringen av kationisk polymer ved varierende stoffmessig belastning kan typisk holdes konstant både ved tilsetning av JKL og uten tilsetning av JKL men med forskjellig nivå. Velges det en styring med periodevis støttedosering med JKL bør doseringen av kationisk polymer styres deretter.

## 9. Innsatsmiddelforbruk

Det er i forsøksprogrammet undersøkt tre forskjellige driftstyper med forskjellig innsatsmiddelforbruk. De forskjellige driftstypene hadde forskjellige mål m.h.t forventet renseeffekt for forskjellige parametre og akseptabel slamproduksjon.

I det følgende oppsummeres, sammenhørende renseeffekt og innsatsmiddelforbruk for de tre driftstypene på det aktuelle avløpsvannet til Flesland renseanlegg:

1. Renseeffekt SS > 85 %, Tot.P > 85 %

- Jernklorid                      20 mg Fe/l  
                                          (10–15 mg Fe/l ved lav hydraulisk belastning)
- Anionisk polymer        1,25 mg/l
- Mikrosand                3-5 mg/l

2. Renseeffekt SS > 65 %, redusert kjemisk slamproduksjon:

- Jernklorid                      4-8 mg Fe/l
- Kationisk polymer        1,5 mg/l
- Anionisk polymer        1,0 mg/l
- Mikrosand                3-5 mg/l

3. Renseeffekt SS > 45 %, lavest mulig kjemisk slamproduksjon:

- Kationisk polymer        2,0 mg
- Anionisk polymer        1,0 mg/l
- Mikrosand                3-5 mg/l

Forbruk av sand er hentet fra erfaringer i fullskalaanlegg.

## 10. Praktiske erfaringer fra forsøkene

Den praktiske oppfølgingen av forsøkene på anlegget har i gjennomsnitt krevd 1,5 person. Det har vist seg nødvendig med minst en person med kjemiteknisk bakgrunn. Pilotforsøk av denne typen vil kreve store ressurser både p.g.a. oppfølging både av driften og prøvetakingen.

Under prosjektperioden har det vært en del driftsproblemer som både skyldes driften av anlegget og ulovlige innslipp på ledningsnett. Sistnevnte problemområde er omtalt foran i rapporten.

Problemer som skyldes driften av anlegget, har hovedsakelig vært:

1. Påbygging av papir, hår o.l. på turbiditetsmålerne. Regelmessig skylling var nødvendig. Typen måler vil trolig ikke være egnet for styring av et fullskalaanlegg.
2. Fastkiling av ristgods i trommelsilene. Trapperist vil trolig være en bedre løsning.
3. Klebrig slam i forsøkene med kationisk polymer (høye totaldoser) resulterte i pakking av slam på sidene i slamfommene. I et fullskalaanlegg, hvor mekaniske skraper benyttes, antas dette ikke å medføre problemer.
4. Sandflukt enten via slamrejekt eller rensset avløpsvann skjedde ved noen anledninger. Det ble ikke fastslått endelig hvor sanden tok veien men noe sand ble påvist i utløpskassen.
5. Gjentetting av slampumpe p.g.a. dårlig funksjon på rist har skjedd ved noen enkelttilfeller.
6. Ved høye konsentrasjoner i innløpet har det i perioder vært nødvendig med økt hastighet på slampumpen. Det er viktig at lamellseparatoren har forholdsvis stor dybde under lamellene slik at lamellene kun blir brukt som en tilnærmet etterpolering. Behovet for rengjøring av lamellene vil derfor bli lite.
7. Luftproblemer som av og til har resultert i flyteslam. Risten synes å være den mest sannsynlige årsaken til problemet.

Påslipp av olje på nettet har som nevnt påvirket resultatene kraftig. I fullskalaanlegg vil det derfor være viktig med fettfang foran Actiflo-anleggene.

Forsøkene er gjennomført med god dialog med Bergen kommune som lokalt ansvarlig, og Krüger som totalansvarlig for prosjektet.

Samarbeidet mellom kommune og leverandør/konsulent har fungert meget godt. Samarbeidet med laboratoriet har gått forholdsvis bra preget av fleksibilitet og hjelpsomhet.

## 11. Fullskala erfaringer

Actiflo<sup>TM</sup>-prosessen er etter hvert blitt en kjent og utprøvd prosess. Prosessen ble først benyttet på vannverk for rensing av overflatevann før filtrering og desinfisering av drikkevannet. Det er siden 1991 bygd og idriftsatt ca. 32 fullskala anlegg i 5 land i drikkevannssektoren. Det er videre 6 anlegg i designfasen.

Anleggenes kapasitet varierer mellom ca. 6.000 – 800.000 m<sup>3</sup> pr. dag. De har vist stor driftssikkerhet og gode resultater på mange forskjellige vanntyper og kvaliteter.

Innenfor avløp har Actiflo<sup>TM</sup>-prosessen vist seg å være en robust prosess og det er i år idriftsatt to Actiflo<sup>TM</sup>-anlegg for rensing av avløpsvann. De idriftsatte anleggene har vist god driftssikkerhet og god renseeffekt. Videre er det 3 anlegg i designfasen.

Actiflo<sup>TM</sup>-prosessen kan anvendes for rensning av forskjellige typer avløpsvann:

- Primærfelling av avløpsvann
- Rensing av overløpsvann
- Tertiær rensing av biologisk rensset avløpsvann (etterpolering)
- Rensning av spylevann fra biofiltre

Alle disse bruksområdene er dekket av idriftsatte anlegg eller anlegg i designfasen.

Disse anleggene har kapasiteter mellom 1.700 – 81.000 m<sup>3</sup> pr. time.

## 12. Konklusjon

Gjennom et intensivt forsøksprogram ble det oppnådd god kunnskap om det aktuelle avløpsvannet på Flesland renseanlegg i Bergen kommune. Avløpsvannet varierte mye i kvalitet. Dette ble godt illustrert med suspendert stoff-konsentrasjonen som varierte mellom 5 og 493 mg SS/l gjennom døgnforsøkene. Middel var ca. 120 mg SS/l noe som kan karakteriseres som lavt.

Høy industribelastning ble klart påvist gjennom store svingninger i pH over kort tid fra dag til dag. I innløpet ble det målt pH i området ca. 7 – 11.

Industribelastningen var kraftig og ikke utjevnet over lengre tid. De store variasjonene ga periodevis problemer med fellingen i Actiflo™-pilotanlegget.

Forsøkene viste at det for en hydraulisk belastning på Actiflo™-anlegget på opptil 80 – 100 m/h (overflatebelastning på lamellsedimenteringen) ble oppnådd gode rensresultater mens renseneffektene falt ved 120 m/h.

Forsøkene viste videre at en ved dimensjonering av et Actiflo™-anlegg på det aktuelle avløpsvannet kan anvende en overflatebelastning på ca. 120 m/h ved maks. hydraulisk timebelastning under regnvær. For maks. hydraulisk timebelastning under tørrvær kan det anvendes en overflatebelastning på ca. 80 – 100 m/h.

I forsøkene ble det undersøkt 3 forskjellige driftsformer med forskjellige kjemikalie-tilsetninger. De forskjellige driftsformene adskilte seg fra hverandre gjennom den koaguleringsmetode som ble benyttet. Koagulantene som ble benyttet, var jernklorid (JKL) og kationisk polymer enten hver for seg eller samtidig. Formålet med å erstatte JKL helt eller delvis med kationisk polymer var å unngå eller redusere den kjemiske slamproduksjonen som med JKL viste seg å være ca. 4-6 mg SS/mg Fe. Med kationisk polymer alene ble kjemisk slamproduksjon ikke målt.

I tabell 12.1 nedenfor fremgår oppnådde resultater ved de ulike driftsformene.

Tabell 12.1. Doseringsmengder og renseneffekter ved 3 forskjellige driftsformer ved belastning 80 m/h  
1: Vanlig JKL, 2: Lav JKL + kationisk, 3: Bare kationisk

| Parameter                 | Enhet            | Driftsformer |       |       |
|---------------------------|------------------|--------------|-------|-------|
|                           |                  | 1            | 2     | 3     |
| <b>Kjemikaliedosering</b> |                  |              |       |       |
| Jernklorid                | mg Fe/l          | 20 (10 - 15) | 4 - 8 |       |
| Kationisk polymer         | mg/l             |              | 1,5   | 2,0   |
| Anionisk polymer          | mg/l             | 1,25         | 1,0   | 1,0   |
| Sand                      | g/m <sup>3</sup> | 3 - 5        | 3 - 5 | 3 - 5 |
| <b>Renseeffekter</b>      |                  |              |       |       |
| Suspendert stoff          | %                | 86           | 66    | 48    |
| Totalfosfor               | %                | 87           | 60    | 32    |
| Ortofosfat                | %                | 87           | 38    | 33    |

Dersom man ser nærmere på renseeffektene så ble de høyeste verdiene oppnådd ved de høyeste innløpskonsentrasjonene. Det undersøkte avløpsvannet var som beskrevet ovenfor, tynt. Ved mer konsentrert avløpsvann kan man derfor forvente høyere rense-effekter enn de som fremgår av tabellen ovenfor.

Doseringsmengden for JKL angitt i parentes i tabellen ble oppnådd ved lav hydraulisk belastning tilsvarende en overflatebelastning på 40 m/h. Dette nivået vil være typisk for store deler av tørrværsbelastningen og således gi store muligheter for besparelser i JKL-forbruket.

Online-styring av JKL - doseringen etter ønsket utløpskvalitet (turbiditet) forventes å gi best optimalisering av kjemikalieforbruket. Her gir den korte oppholdstiden i Actiflo™-anlegget på 5 – 10 minutter optimale betingelser for vurderingen av aktuell driftssituasjon og betydningen av en eventuell endring i doseringsmengden.

Renseresultatene viste at man oppnådde høye renseeffekter med hensyn på suspendert stoff, totalfosfor og ortofosfat ved anvendelse av JKL som koagulant. Oppnådde resultater var som forventet og stemmer bra overens med resultater fra andre undersøkelser.

Ved erstatning av JKL helt eller delvis med kationisk polymer som flokkulant, falt renseeffektene spesielt for totalfosfor og ortofosfat fordi utfellingen av ortofosfat ikke skjer med kationisk polymer.

De forskjellige driftsformene gir således mulighet for å tilpasse Actiflo™-prosessen til aktuelle utslippskrav. I tillegg vil anvendelse av driftsformen med kationisk polymer gi sikkerhet mot fremtidig skjerpede utslippskrav fordi skifte av driftsform raskt kan finne sted.

Driftsmessig fungerte Actiflo™-anlegget bra i forsøksperioden med unntak av i spesielle tilfeller. De største driftsproblemene oppstod i perioder med plutselige endringer i avløpsvannets kvalitet pga. kraftig industribelastning. Fellings- og koaguleringsmekanismene ble i disse periodene delvis ødelagt noe som medførte nedsatte renseeffekter i kortere eller lengre tid. En slik påvirkning vil imidlertid også gjelde generelt for alle fellingsprosesser. En nærmere oppfølging av og utjevning av industripåslipp forventes å redusere eller fjerne denne skadelige påvirkningen.

Ved de 2 driftsformene med kationisk polymer ble det registrert mer klebrig slam, enn driftsformen uten. Det førte til påbygging av slam på sideflatene i slam-lommen. Montering av vanndyser i slam-lommen reduserte problemet. I fullskala-anlegg anvendes slamskraper slik at problemer med klebrig slam unngås. Det var ingen nedsatt effekt i hydrosyklonen som følge av klebrig slam.

Det ble også ved enkelte anledninger spesielt ved dårlig fungerende fellings-prosess, påvist sandflukt uten at en kunne fastslå endelig hvor sanden tok veien. Den kan enten følge slamrejektet og/eller avløpsvannet ut.

Totalt sett viste forsøkene ved Flesland Renseanlegg at i Actiflo™-prosessen er en velegnet, kompakt, effektiv og fleksibel prosess for kjemisk rensing av kommunalt avløpsvann. Det ble oppnådd stabil drift og det ble dokumentert at prosessen kunne belastes meget høyt hydraulisk samtidig som gode renseeffekter ble oppnådd med hensyn på SS, OrtoP og Tot.P.

Det ble også dokumentert at prosessen var meget fleksibel i forhold til hydrauliske og stoffmessige belastningsvariasjoner samt i valg av driftsformer med ulike kjemikalie-typer/-doser for å oppnå aktuelle utslippskrav.

### 13. Referanseliste

1. "Result of sludge investigations 29-30 October 1997".  
Krüger A/S, November 1997.
2. "Forsøksplan for slamafvandingsforsøg".  
Krüger A/S, notat af 24. november 1997.
3. "Effektiv partikkelseparasjon innen avløpsteknikken. Strategisk forprosjekt".  
NORVAR Prosjektrapport 85/1998, 4. mars 1998.
4. "En analyse av en høybelastet renseprosess for avløpsvann med tanke på  
utslipp til marine farvann".  
Hovedoppgave Kristine Skagestad, Inst. For Vassbygging, D1-1996-32,  
NTNU, 1996.

# BILAG

Samleskjema for forsøk utført på avløpsvann før rist.

| Forsøk nr. | Dato   | Klokken   | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |                | Fe mg/l | Polymer Type mg/l | pH  |      | Temp C | Sand kg/m <sup>3</sup> | Turbiditet NTU |     |      | SS mg/l |    |       | Ortotosfat mg P/l |    |      | Totalt - P mg P/l |    |      | KOF mg/l |    |    | Total-N mg N/l |    |    |    |     |                                               |
|------------|--------|-----------|------------------------------|----------------|---------|-------------------|-----|------|--------|------------------------|----------------|-----|------|---------|----|-------|-------------------|----|------|-------------------|----|------|----------|----|----|----------------|----|----|----|-----|-----------------------------------------------|
|            |        |           | inn                          | resirk. rejekt |         |                   | inn | ut   |        |                        | inn            | ut  | %    | inn     | ut | %     | inn               | ut | %    | inn               | ut | %    | inn      | ut | %  | inn            | ut | %  |    |     |                                               |
| 1          | 06.0kt | kl. 9.35  | 80                           | 4,8            | 3,8     | 15                | 910 | 1,00 | 8,8    | 7,4                    | 11             | 3,7 | 138  | 10,3    | 93 | 47,4  | 15,6              | 67 | 0,69 | 0,02              | 97 | 1,53 | 0,42     | 72 | 23 | 12             | 47 | 19 | 20 | -6  | Valg av polymer type                          |
| 2          | 06.0kt | kl. 10.25 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 923 | 1,00 | 8,0    | 6,6                    | 11             | 2,4 | 1500 | 13,9    | 99 | 108,0 | 20,7              | 81 | 0,83 | 0,03              | 95 | 1,65 | 0,50     | 70 | 39 | 21             | 45 | 17 | 15 | 14  |                                               |
| 3          | 06.0kt | kl. 12.30 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,00 | 7,3    | 6,6                    | 12             | 3,1 | 640  | 32,1    | 95 | 532,0 | 18,0              | 97 | 1,18 | 0,13              | 89 | 5,12 | 1,07     | 79 | 89 | 33             | 62 | 29 | 22 | 23  |                                               |
| 5          | 07.0kt | kl. 9.20  | 80                           | 4,8            | 3,9     | 15                | 934 | 1,00 | 7,9    | 5,7                    | 12             | 3,3 | 83   | 11,6    | 86 | 33,7  | 11,3              | 66 | 0,49 | 0,02              | 96 | 1,12 | 0,43     | 61 | 25 | 15             | 40 | 23 | 18 | 19  |                                               |
| 4          | 06.0kt | kl. 13.25 | 80                           | 4,8            | 3,6     | 15                | 945 | 1,00 | 7,2    | 6,8                    | 12             | 3,1 | 1500 | 45,7    | 97 | 308,0 | 43,7              | 86 | 0,99 | 0,06              | 94 | 4,58 | 1,42     | 59 | 78 | 35             | 55 | 33 | 27 | 20  | Valg av polymer type                          |
| 1          | 21.0kt | kl. 08.45 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,50 | 7,4    | 6,7                    | 11             | 5,5 | 38   | 12,3    | 68 | 19,3  | 10,2              | 47 | 0,32 | 0,07              | 78 | 0,83 | 0,22     | 73 | 83 | 45             | 46 | 27 | 27 | -3  |                                               |
| 2          | 21.0kt | kl. 09.30 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 15                | 910 | 1,50 | 7,9    | 6,6                    | 11             | 4,0 | 30   | 13,9    | 54 | 20,1  | 16,6              | 17 | 0,49 | 0,26              | 48 | 1,30 | 0,44     | 66 | 64 | 39             | 39 | 25 | 25 | 1,2 |                                               |
| 3          | 21.0kt | kl. 11.05 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 15                | 923 | 1,50 | 7,4    | 6,7                    | 11             | 5,7 | 45   | 17,2    | 62 | 53,1  | 15,8              | 70 | 0,82 | 0,35              | 57 | 1,71 | 0,51     | 70 | 57 | 33             | 42 | 34 | 28 | 16  |                                               |
| 4          | 21.0kt | kl. 11.55 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 945 | 1,50 | 7,5    | 6,8                    | 11             | 5,6 | 85   | 17,6    | 79 | 135,0 | 21,1              | 84 | 1,34 | 0,49              | 64 | 3,35 | 0,77     | 77 | 63 | 33             | 48 | 32 | 31 | 3,7 | Valg av polymer-dosering til polymeren AN 934 |
| 1          | 08.0kt | kl. 08.50 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 25                | 934 | 2,00 | 7,7    | 5,8                    | 11             | 5,4 | 996  | 7,7     | 99 | 94,0  | 2,0               | 98 | 0,42 | 0,00              | 99 | 0,97 | 0,05     | 95 | 29 | 6              | 83 | 10 | 8  | 24  |                                               |
| 1          | 09.0kt | kl. 08.50 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 2,00 | 7,8    | 6,6                    | 11             | 4,1 | 600  | 11,5    | 98 | 47,0  | 8,0               | 83 | 0,42 | 0,12              | 72 | 0,87 | 0,19     | 78 | 28 | 13             | 52 | 57 | 25 | 56  |                                               |
| 2          | 09.0kt | kl. 10.00 | 80                           | 4,8            | 3,6     | 15                | 934 | 1,75 | 8,5    | 7,1                    | 12             | 3,5 | 539  | 12,4    | 98 | 61,0  | 10,0              | 84 | 0,73 | 0,20              | 72 | 1,40 | 0,31     | 78 | 60 | 34             | 43 | 25 | 18 | 30  |                                               |
| 2          | 08.0kt | kl. 13.25 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,50 | 6,6    | 5,7                    | 11             | 5,4 | 183  | 12,2    | 93 | 70,0  | 16,0              | 77 | 0,68 | 0,01              | 99 | 1,62 | 0,05     | 97 | 31 | 5              | 83 | 10 | 8  | 24  |                                               |
| 4          | 09.0kt | kl. 12.15 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,50 | 7,4    | 5,6                    | 12             | 4,9 | 620  | 15,7    | 97 | 96,9  | 12,2              | 87 | 1,37 | 0,43              | 69 | 2,09 | 0,65     | 68 | 46 | 21             | 53 | 31 | 25 | 16  |                                               |
| 3          | 09.0kt | kl. 10.50 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,25 | 7,3    | 6,5                    | 12             | 4,5 | 56   | 15,8    | 72 | 69,0  | 12,1              | 82 | 0,93 | 0,24              | 74 | 1,66 | 0,40     | 76 | 41 | 20             | 52 | 27 | 24 | 11  |                                               |
| 5          | 09.0kt | kl. 13.15 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 1,00 | 7,4    | 6,6                    | 12             | 3,2 | 71   | 19,8    | 72 | 77,0  | 12,0              | 84 | 1,59 | 0,51              | 68 | 2,36 | 0,77     | 67 | 45 | 32             | 28 | 32 | 30 | 7   |                                               |
| 2          | 16.0kt | kl. 09.25 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 0,75 | 8,4    | 6,9                    | 12             | 4,4 | 54   | 19,0    | 65 | 47,7  | 31,1              | 35 | 1,35 | 0,24              | 82 | 1,94 | 0,70     | 64 | 56 | 26             | 53 | 38 | 33 | 13  |                                               |
| 3          | 16.0kt | kl. 12.20 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 15                | 934 | 0,50 | 8,4    | 7,3                    | 12             | 3,3 | 282  | 31,0    | 89 | 71,4  | 53,8              | 25 | 2,04 | 0,43              | 79 | 2,47 | 1,73     | 30 | 47 | 29             | 38 | 35 | 33 | 4   |                                               |
| 4          | 13.0kt | kl. 12.00 | 80                           | 4,8            | 3,6     | 25                | 934 | 1,50 | 8,2    | 6,8                    | 12             | 5,0 | 44   | 8,4     | 81 | 58,1  | 5,2               | 91 | 1,30 | 0,08              | 94 | 2,08 | 0,14     | 93 | 49 | 29             | 41 | 27 | 22 | 19  |                                               |
| 3          | 13.0kt | kl. 11.00 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 20                | 934 | 1,50 | 7,7    | 6,6                    | 12             | 5,4 | 52   | 7,2     | 88 | 45,3  | 3,9               | 91 | 0,98 | 0,07              | 93 | 1,44 | 0,09     | 94 | 60 | 33             | 45 | 30 | 26 | 13  |                                               |
| 2          | 13.0kt | kl. 09.00 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 15                | 934 | 1,50 | 7,0    | 6,4                    | 11             | 3,1 | 20   | 6,2     | 68 | 20,5  | 2,4               | 88 | 0,55 | 0,05              | 90 | 0,81 | 0,10     | 87 | 17 | 8              | 52 | 21 | 18 | 16  |                                               |
| 1          | 13.0kt | kl. 08.10 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 10                | 934 | 1,50 | 6,9    | 6,5                    | 11             | 3,0 | 23   | 10,0    | 57 | 13,7  | 8,1               | 41 | 0,55 | 0,24              | 57 | 0,77 | 0,32     | 59 | 14 | 11             | 27 | 18 | 18 | 0   |                                               |
| 5          | 13.0kt | kl. 13.00 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 5                 | 934 | 1,50 | 7,8    | 7,4                    | 12             |     | 77   | 27,5    | 64 | 63,2  | 38,3              | 45 | 1,71 | 1,13              | 34 | 2,72 | 1,47     | 46 | 71 | 34             | 52 | 34 | 27 | 21  |                                               |
| 1          | 18.0kt | kl. 08.35 | 60                           | 3,6            | 2,6     | 15                | 934 | 1,50 | 7,2    | 6,7                    | 11             | 4,4 | 40   | 11,8    | 70 | 28,0  | 14,6              | 48 | 1,00 | 0,31              | 69 | 1,72 | 0,41     | 76 | 53 | 28             | 47 | 34 | 29 | 14  |                                               |
| 1          | 20.0kt | kl. 10.40 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 15                | 934 | 1,50 | 7,6    | 6,8                    | 11             | 4,2 | 28   | 13,0    | 53 | 44,2  | 15,2              | 66 | 1,18 | 0,36              | 69 | 1,92 | 0,64     | 67 | 86 | 51             | 41 | 34 | 30 | 12  |                                               |
| 2          | 20.0kt | kl. 12.10 | 100                          | 6              | 4,8     | 15                | 934 | 1,50 | 8,2    | 7,0                    | 11             | 4,7 | 38   | 15,5    | 59 | 61,8  | 19,6              | 68 | 1,57 | 0,79              | 50 | 2,17 | 1,11     | 49 | 87 | 49             | 44 | 35 | 32 | 8   |                                               |
| 3          | 20.0kt | kl. 13.15 | 120                          | 7,2            | 6,1     | 15                | 934 | 1,50 | 7,8    | 6,8                    | 11             | 3,2 | 40   | 21,3    | 45 | 61,0  | 53,8              | 12 | 1,50 | 0,43              | 72 | 2,23 | 1,73     | 22 | 76 | 29             | 61 | 33 | 33 | -1  |                                               |

Samleskjema for forsøk utført på avløpsvann før rist.

Side 2 av 2

| Forsøk nr. | Dato   | Klokken   | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |         |        | Fe mg/l | Polymer Type mg/g | pH   |     | Temp C | Sand kg/m <sup>2</sup> | Turbiditet NTU |    |      | SS mg/l |       |      | Ortofosfat mg P/l |      |      | Total - P mg P/l |      |      | KOF mg/l |     |     | Total - N mg N/l |    |    |    |                                                                                    |
|------------|--------|-----------|------------------------------|---------|--------|---------|-------------------|------|-----|--------|------------------------|----------------|----|------|---------|-------|------|-------------------|------|------|------------------|------|------|----------|-----|-----|------------------|----|----|----|------------------------------------------------------------------------------------|
|            |        |           | inn                          | resirk. | refekt |         |                   | inn  | ut  |        |                        | inn            | ut | %    | inn     | ut    | %    | inn               | ut   | %    | inn              | ut   | %    | inn      | ut  | %   | inn              | ut | %  |    |                                                                                    |
| 1          | 27.okt | kl. 11.40 | 80                           | 4,8     | 3,7    | 20      | 934               | 1,50 | 7,8 | 6,6    | 11                     | 3,2            | 59 | 13,0 | 78      | 76,2  | 27,9 | 63                | 1,78 | 0,92 | 48               | 2,45 | 1,11 | 56       | 225 | 183 | 19               | 35 | 31 | 11 | Forsøk 1 med vanlig kjøting.<br>Forsøk 2 og 3 med 50 % resirkulasjon av slam.      |
| 2          | 27.okt | kl. 12.35 | 80                           | 4,8     | 3,7    | 20      | 934               | 1,50 | 7,5 | 6,6    | 11                     |                | 87 | 14,9 | 78      | 87,6  | 62,5 | 29                | 2,32 | 0,94 | 59               | 3,11 | 1,54 | 50       | 172 | 168 | 2                | 37 | 31 | 17 |                                                                                    |
| 3          | 27.okt | kl. 13.35 | 80                           | 4,8     | 3,7    | 20      | 934               | 2,02 | 8,0 | 6,7    | 11                     | 4,0            | 66 | 9,6  | 80      | 127,0 | 33,8 | 73                | 2,30 | 0,57 | 75               | 3,53 | 0,88 | 75       | 188 | 175 | 7                | 33 | 30 | 9  |                                                                                    |
| 1          | 30.okt | kl. 10.15 | 80                           | 4,8     | 3,8    | 20      | 934               | 1,50 | 7,4 | 6,2    | 10                     | 8,5            | 32 | 4,5  | 86      | 46,3  | 8,2  | 82                | 0,82 | 0,03 | 96               | 1,35 | 0,07 | 96       | 48  | 30  | 37               | 19 | 16 | 13 | Forsøk1, 50% resirkulasjon av slam. Forsøk2 vanlig                                 |
| 2          | 30.okt | kl. 11.20 | 80                           | 4,9     | 4,0    | 20      | 934               | 1,50 | 7,3 | 6,4    | 10                     | 3,3            | 81 | 7,4  | 91      | 73,8  | 17,6 | 76                | 1,26 | 0,11 | 92               | 1,80 | 0,24 | 87       | 52  | 32  | 39               | 32 | 29 | 9  |                                                                                    |
| 1          | 29.okt | kl. 10.20 | 80                           | 4,8     | 3,8    | 20      | 934               | 1,50 | 7,4 | 6,2    | 10                     | 6,7            | 45 | 4,6  | 89      | 56,6  | 4,1  | 93                | 0,68 | 0,03 | 96               | 1,48 | 0,19 | 88       | 29  | 9,4 | 68               | 19 | 15 | 21 | Forsøk 1 vanlig, forsøk 2, 50% pol. v/hydr.sykl., forsøk 3, 100% pol. v/hydr.sykl. |
| 2          | 29.okt | kl. 11.40 | 80                           | 4,8     | 3,8    | 20      | 934               | 1,50 | 7,2 | 6,3    | 10                     | 2,5            | 72 | 5,9  | 92      | 88,3  | 14,0 | 84                | 0,91 | 0,05 | 94               | 1,82 | 0,17 | 91       | 41  | 20  | 51               | 25 | 22 | 9  |                                                                                    |
| 3          | 29.okt | kl. 12.15 | 80                           | 4,8     | 3,8    | 20      | 934               | 1,50 | 7,2 | 6,3    | 10                     | 6,7            | 70 | 9,3  | 87      | 122,0 | 24,0 | 80                | 1,20 | 0,07 | 94               | 2,87 | 0,27 | 90       | 41  | 19  | 55               | 25 | 21 | 16 |                                                                                    |

Polymer: Det er anvendt følgende polymertyper fra SNF Floerger, AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG og AN 945 PWG.

Døgnprøver. 23.10.97-24.10.97

Parametre:

Jern dosering 20 mg Fe/l

Polymerdos. 1,5 mg an 934/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hRejekt 4,8 m<sup>3</sup>/hSandmengde ca. 8 kg/m<sup>3</sup> om kvelden, 2,1 kg/m<sup>3</sup> om morgenen dagen etter.  
Økte til 4,8 kg/m<sup>3</sup> etter tilsetning av sand.

| Klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/t |      |    | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|------|----|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut   | %    |
| 12:25       | 63,5                     | 10,4 | 84 | 1,09                 | 0,14 | 87 | 2,40               | 0,40 | 84 | 90,0        | 51,9 | 42 | 27,9              | 24,5 | 12,2 |
| 13:30-14:30 | 125,0                    | 13,9 | 89 | 0,65                 | 0,02 | 96 | 2,00               | 0,15 | 92 | 55,4        | 33,6 | 40 | 26,4              | 22,5 | 14,8 |
| 15:30-16:30 | 253,0                    | 14,2 | 94 | 0,92                 | 0,06 | 93 | 3,25               | 0,22 | 93 | 81,1        | 40,1 | 51 | 27,2              | 24,7 | 9,2  |
| 17:30-18:30 | 94,6                     | 12,6 | 87 | 0,49                 | 0,04 | 91 | 1,79               | 0,12 | 93 | 59,6        | 37,9 | 36 | 26,3              | 24,9 | 5,3  |
| 19:30-20:30 | 76,5                     | 8,2  | 89 | 0,53                 | 0,04 | 92 | 1,32               | 0,12 | 91 | 44,0        | 31,0 | 30 | 26,0              | 25,4 | 2,3  |
| 21:30-22:30 | 70,4                     | 6,8  | 90 | 0,80                 | 0,11 | 86 | 1,79               | 0,21 | 88 | 46,5        | 33,7 | 28 | 26,8              | 24,2 | 9,7  |
| 23:30-00:30 | 76,7                     | 17,2 | 78 | 1,06                 | 0,29 | 72 | 1,96               | 0,42 | 79 | 65,6        | 40,0 | 39 | 24,8              | 24,2 | 2,4  |
| 01:30-02:30 | 46,3                     | 8,5  | 82 | 0,62                 | 0,09 | 86 | 1,06               | 0,17 | 84 | 32,8        | 27,3 | 17 | 22,8              | 22,5 | 1,3  |
| 03:30-04:30 | 35,6                     | 6,6  | 81 | 0,64                 | 0,04 | 93 | 0,94               | 0,11 | 89 | 45,9        | 26,2 | 43 | 26,1              | 24,5 | 6,1  |
| 05:30-06:30 | 25,1                     | 7,0  | 72 | 0,49                 | 0,02 | 95 | 0,73               | 0,09 | 88 | 26,1        | 15,2 | 42 | 22,3              | 21,2 | 4,9  |
| 07:30-08:30 | 18,4                     | 6,1  | 67 | 0,39                 | 0,08 | 79 | 0,62               | 0,08 | 87 | 81,1        | 38,4 | 53 | 18,9              | 15,5 | 18,0 |
| 09:30-10:30 | 47,9                     | 6,4  | 87 | 0,63                 | 0,03 | 95 | 0,97               | 0,10 | 89 | 92,2        | 49,8 | 46 | 23,6              | 20,6 | 12,7 |
| Samlet      | 77,8                     | 9,8  | 87 | 0,69                 | 0,08 | 88 | 1,57               | 0,18 | 88 | 60,1        | 35,4 | 41 | 24,9              | 22,9 | 8,2  |

Døgnprøver. 30.10.97-31.10.97

Parametre:

Jerndosering 20 mg Fe/l

Polymerdos. 1,5 mg an 934/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hRejekt 4,8 m<sup>3</sup>/hSandmengde Ca. 8 kg/m<sup>3</sup> ved start, 4 kg/m<sup>3</sup> klokken 16.50, 6,8 kg/m<sup>3</sup> klokken 17.30  
7 kg/m<sup>3</sup> klokken 18.30. Om morgenen 5,2 kg/m<sup>3</sup>.

| klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |       |     | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|-------|-----|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut    | %   | inn               | ut   | %    |
| 13:30       | 138,0                    | 6,3  | 95 | 2,36                 | 0,13 | 95 | 3,19               | 0,28 | 91 | 60,1        | 31,8  | 47  | 24,0              | 19,1 | 20,4 |
| 14:30-15:30 | 291,0                    | 32,5 | 89 | 2,03                 | 0,14 | 93 | 4,76               | 0,44 | 91 | 154,0       | 68,0  | 56  | 38,5              | 25,6 | 30,9 |
| 16:30-17:30 | 134,0                    | 27,5 | 79 | 0,67                 | 0,11 | 84 | 2,70               | 1,26 | 53 | 156,0       | 110,0 | 29  | 30,1              | 25,1 | 16,6 |
| 18:30-19:30 | 87,0                     | 13,7 | 84 | 1,07                 | 0,11 | 89 | 2,22               | 0,46 | 79 | 60,8        | 42,5  | 30  | 18,2              | 16,7 | 8,2  |
| 20:30-21:30 | 101,0                    | 19,7 | 80 | 0,98                 | 0,07 | 93 | 2,40               | 0,33 | 86 | 56,5        | 40,0  | 29  | 24,4              | 21,8 | 11,5 |
| 22:30-23:30 | 107,0                    | 24,4 | 77 | 0,54                 | 0,22 | 60 | 2,90               | 0,47 | 84 | 60,9        | 34,4  | 44  | 25,1              | 22,5 | 10,4 |
| 00:30-01:30 | 88,3                     | 14,9 | 83 | 0,46                 | 0,27 | 41 | 1,95               | 0,38 | 80 | 75,9        | 43,2  | 43  | 23,6              | 20,3 | 14,0 |
| 02:30-03:30 | 102,0                    | 26,3 | 74 | 1,80                 | 0,73 | 60 | 3,40               | 0,99 | 71 | 76,3        | 43,5  | 43  | 26,1              | 20,9 | 19,9 |
| 04:30-05:30 | 50,4                     | 11,0 | 78 | 0,95                 | 0,25 | 74 | 1,53               | 0,25 | 83 | 35,3        | 26,6  | 25  | 26,3              | 22,8 | 13,3 |
| 06:30-07:30 | 34,4                     | 8,7  | 75 | 0,79                 | 0,12 | 85 | 0,94               | 0,12 | 87 | 24,1        | 18,8  | 22  | 21,1              | 19,9 | 5,7  |
| 08:30-09:30 | 493,0                    | 28,4 | 94 | 2,39                 | 0,26 | 89 | 5,47               | 0,45 | 92 | 80,9        | 32,3  | 60  | 33,7              | 19,3 | 42,7 |
| 10:30-11:30 | 412,0                    | 57,8 | 86 | 3,60                 | 0,19 | 95 | 6,72               | 1,08 | 84 | 144,0       | 44,2  | 69  | 36,7              | 24,8 | 32,4 |
| 12:30       | 143,0                    | 26,5 | 81 | 2,54                 | 1,24 | 51 | 4,03               | 1,83 | 55 | 87,5        | 122,0 | -39 | 24,7              | 19,4 | 21,5 |
| Samlet      | 181,8                    | 24,8 | 86 | 1,68                 | 0,32 | 81 | 3,52               | 0,69 | 80 | 89,4        | 54,8  | 39  | 29,4              | 23,3 | 20,9 |

## Samleskjema for forsøk utført på avløpsvann etter rist.

| Forsøk nr. | Dato   | Klokken  | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |                | Fe mg/l | Polymer Type mg/l | pH  |      | Temp C | Sand kg/m <sup>2</sup> | Turbiditet NTU |     |     | SS mg/l |    |       | Ortofosfat mg P/l |    |      | Total - P mg P/l |    |      | KOF mg/l |    |     | Total-N mg N/l |    |    |    |     |                                               |  |
|------------|--------|----------|------------------------------|----------------|---------|-------------------|-----|------|--------|------------------------|----------------|-----|-----|---------|----|-------|-------------------|----|------|------------------|----|------|----------|----|-----|----------------|----|----|----|-----|-----------------------------------------------|--|
|            |        |          | inn                          | resirk./rejekt |         |                   | inn | ut   |        |                        | inn            | ut  | %   | inn     | ut | %     | inn               | ut | %    | inn              | ut | %    | inn      | ut | %   | inn            | ut | %  |    |     |                                               |  |
|            | 11.nov | kl.08.30 | 80                           | 6,5            | 5,3     | 20                | 945 | 1,25 | 9,4    | 6,8                    | 10             | 8,5 | 34  | 7,5     | 78 | 28,1  | 15,9              | 43 | 1,47 | 0,18             | 88 | 1,99 | 0,33     | 84 | 50  | 30             | 39 | 26 | 20 | 22  | Valg av polymer type                          |  |
| 1          |        |          |                              |                |         |                   |     |      |        |                        |                |     |     |         |    |       |                   |    |      |                  |    |      |          |    |     |                |    |    |    |     |                                               |  |
| 2          | 11.nov | kl.08.40 | 80                           | 6,3            | 5,4     | 20                | 945 | 1,25 | 9,5    | 8,1                    | 10             | 8,5 | 37  | 8,2     | 78 | 31,6  | 6,1               | 81 | 1,45 | 0,25             | 83 | 2,22 | 0,42     | 81 | 49  | 48             | 2  | 30 | 26 | 13  |                                               |  |
| 6          | 11.nov | kl.13.15 | 80                           | 6,4            | 5,3     | 20                | 945 | 1,25 | 8,4    | 6,7                    | 10             | 4,7 | 166 | 35,7    | 78 | 84,8  | 27,9              | 67 | 2,17 | 1,41             | 35 | 3,55 | 2,09     | 41 | 117 | 76             | 35 | 30 | 31 | -5  |                                               |  |
| 4          | 11.nov | kl.11.15 | 80                           | 6,4            | 5,3     | 20                | 934 | 1,25 | 7,6    | 6,3                    | 10             | 4,2 | 96  | 15,1    | 84 | 110,0 | 15,3              | 86 | 1,56 | 0,32             | 79 | 2,70 | 0,56     | 79 | 66  | 48             | 27 | 24 | 21 | 12  |                                               |  |
| 3          | 11.nov | kl.10.15 | 80                           | 6,5            | 5,3     | 20                | 923 | 1,25 | 7,4    | 6,5                    | 10             | 4,3 | 48  | 20,0    | 59 | 69,3  | 36,2              | 48 | 1,00 | 0,37             | 63 | 1,78 | 0,57     | 68 | 55  | 48             | 12 | 29 | 29 | -2  |                                               |  |
| 5          | 11.nov | kl.12.30 | 80                           | 6,4            | 5,3     | 20                | 910 | 1,25 | 8,4    | 6,7                    | 10             | 4,2 | 87  | 31,0    | 64 | 97,3  | 25,2              | 74 | 1,90 | 1,36             | 28 | 3,09 | 2,04     | 34 | 63  | 59             | 6  | 20 | 27 | -30 |                                               |  |
| 4          | 13.nov | kl.12.30 | 80                           | 6,4            | 5,4     | 20                | 934 | 1,75 | 7,8    | 6,5                    | 11             | 4,2 | 104 | 88,9    | 15 | 124,0 | 14,3              | 88 | 1,87 | 0,45             | 76 | 3,73 | 0,74     | 80 | 165 | 80             | 52 | 29 | 27 | 5,6 | Valg av polymerdoserings til polymeren AN 934 |  |
| 5          | 13.nov | kl.13.15 | 80                           | 6,4            | 5,4     | 20                | 934 | 1,50 | 7,8    | 6,5                    | 11             | 3,1 | 180 | 88,5    | 45 | 186,0 | 32,3              | 83 | 2,21 | 0,67             | 70 | 4,13 | 1,05     | 75 | 84  | 59             | 30 | 29 | 27 | 6,9 |                                               |  |
| 1          | 14.nov | kl.8.55  | 80                           | 6,4            | 5,2     | 20                | 934 | 1,25 | 7,2    | 6,1                    | 10             | 3,6 | 119 | 3,3     | 97 |       |                   |    | 0,18 | 0,04             | 78 | 3,01 | 0,10     | 97 | 136 | 141            | -4 | 11 | 7  | 34  |                                               |  |
| 1          | 13.nov | kl.8.30  | 80                           | 6,5            | 5,2     | 20                | 934 | 1,00 | 9,2    | 7,4                    | 10             | 2,1 | 43  | 6,1     | 86 | 40,9  | 11,9              | 71 | 1,76 | 0,16             | 91 | 2,22 | 0,30     | 86 | 47  | 22             | 52 | 22 | 21 | 2,3 |                                               |  |
| 2          | 13.nov | kl.11.00 | 80                           | 6,4            | 5,4     | 20                | 934 | 0,75 | 6,2    | 6,8                    | 11             | 4,0 | 98  | 27,3    | 72 | 91,7  | 48,6              | 47 | 1,76 | 0,25             | 86 | 3,03 | 1,20     | 60 | 68  | 36             | 47 | 28 | 29 | -4  |                                               |  |
| 3          | 13.nov | kl.11.45 | 80                           | 6,4            | 5,2     | 20                | 934 | 0,50 | 7,8    | 6,6                    | 11             | 3,2 | 81  | 46,1    | 43 | 105,0 | 95,4              | 9  | 1,98 | 0,26             | 87 | 3,37 | 1,83     | 46 | 59  | 44             | 26 | 29 | 27 | 6,9 |                                               |  |
| 1          | 18.nov | kl.08.50 | 80                           | 6,6            | 5,5     | 10                | 934 | 1,25 | 8,7    | 7,1                    | 10             |     | 32  | 4,0     | 87 | 20,9  | 9,0               | 57 | 0,91 | 0,19             | 79 | 1,10 | 0,29     | 73 | 41  | 36             | 12 | 16 | 17 | -8  | Valg av jerndoserings                         |  |
| 2          | 14.nov | kl.9.40  | 80                           | 6,4            | 5,3     | 15                | 934 | 1,25 | 6,8    | 6,1                    | 10             | 6,1 | 185 | 10,5    | 94 |       |                   |    | 0,19 | 0,05             | 72 | 5,19 | 0,33     | 94 | 86  | 81             | 29 | 18 | 14 | 21  |                                               |  |
| 1          | 14.nov | kl.8.55  | 80                           | 6,4            | 5,2     | 20                | 934 | 1,25 | 7,2    | 6,1                    | 10             | 3,6 | 119 | 3,3     | 97 |       |                   |    | 0,18 | 0,04             | 78 | 3,01 | 0,10     | 97 | 136 | 141            | -4 | 11 | 7  | 34  |                                               |  |
| 3          | 14.nov | kl.10.30 | 80                           | 6,4            | 5,3     | 25                | 934 | 1,25 | 6,9    | 5,9                    | 9              | 5,1 | 208 | 1,2     | 99 |       |                   |    | 0,16 | 0,03             | 80 | 4,97 | 0,10     | 98 | 80  | 21             | 74 | 10 | 8  | 23  |                                               |  |
| 5          | 17.nov | kl.14.10 | 80                           | 6,3            | 5,4     | 30                | 934 | 1,25 | 6,8    | 5,8                    | 10             | 6,7 | 206 | 3,7     | 98 | 217,0 | 11,5              | 95 | 1,41 | 0,08             | 94 | 4,52 | 0,12     | 97 | 176 | 131            | 26 | 33 | 24 | 26  |                                               |  |
| 1          | 17.nov | kl.11.00 | 80                           | 6,7            | 5,4     | 20                | 934 | 1,75 | 7,5    | 6,6                    | 10             | 4,7 | 128 | 10,7    | 92 | 116,0 | 44,8              | 61 | 1,91 | 0,56             | 71 | 3,14 | 0,76     | 76 | 78  | 58             | 26 | 38 | 28 | 25  | Valg av polymerdoserings til polymeren AN 934 |  |
| 4          | 17.nov | kl.13.20 | 80                           | 6,4            | 5,4     | 20                | 934 | 1,75 | 6,8    | 6,0                    | 10             | 6,3 | 186 | 5,1     | 97 | 228,0 | 12,6              | 94 | 1,36 | 0,14             | 90 | 4,00 | 0,27     | 93 | 91  | 72             | 20 | 36 | 24 | 34  |                                               |  |
| 2          | 17.nov | kl.11.55 | 80                           | 6,7            | 5,5     | 20                | 934 | 1,50 | 7,6    | 6,6                    | 10             | 4,7 | 140 | 5,5     | 96 | 142,0 | 21,0              | 85 | 1,09 | 0,24             | 78 | 2,95 | 0,37     | 88 | 93  | 91             | 2  | 34 | 23 | 15  |                                               |  |
| 3          | 17.nov | kl.12.40 | 80                           | 6,5            | 5,5     | 20                | 934 | 1,25 | 7,0    | 6,3                    | 10             | 6,8 | 299 | 7,5     | 97 | 212,0 | 29,0              | 86 | 1,31 | 0,23             | 82 | 4,77 | 0,38     | 92 | 76  | 37             | 51 | 34 | 26 | 24  |                                               |  |
| 2          | 24.nov | kl.11.35 | 60                           | 4,2            | 3,5     | 20                | 934 | 1,25 | 8,6    | 7,2                    | 10             | 3,3 | 98  | 10,6    | 89 | 85,6  | 21,8              | 75 | 1,70 | 0,27             | 84 | 3,49 | 0,75     | 79 | 68  | 57             | 17 | 30 | 27 | 11  |                                               |  |
| 2          | 18.nov | kl.09.35 | 80                           | 6,7            | 5,4     | 20                | 934 | 1,25 | 8,8    | 7,4                    | 10             |     | 31  | 2,6     | 92 | 29,3  | 6,6               | 77 | 0,70 | 0,10             | 86 | 1,00 | 0,16     | 85 | 30  | 17             | 41 | 17 | 18 | -9  | Valg av hydraulisk overflatebelastning        |  |
| 3          | 18.nov | kl.13.15 | 100                          | 6,1            | 4,9     | 20                | 934 | 1,25 | 7,2    | 6,2                    | 10             |     | 56  | 8,2     | 85 | 57,7  | 19,8              | 66 | 1,41 | 0,22             | 85 | 1,93 | 0,40     | 79 | 89  | 78             | 12 | 29 | 25 | 14  |                                               |  |
| 1          | 24.nov | kl.09.30 | 120                          | 7,2            | 6,3     | 20                | 934 | 1,25 | 9,8    | 8,5                    | 10             | 4,2 | 153 | 17,4    | 89 | 65,7  | 29,4              | 55 | 1,21 | 0,33             | 73 | 2,16 | 1,12     | 46 | 33  | 20             | 38 | 28 | 29 | -3  |                                               |  |

| Forsøk nr. | Dato   | Klokken  | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |                | Fe mg/l | Polymer Type mg/l | pH  |      | Temp C | Sand kg/m <sup>3</sup> | Turbiditet NTU |      |     | SS mg/l |    |    | Ortofostat mg P/l |      |    | Total - P mg P/l |      |    | KOF mg/l |     |    | Total - N mg N/l |    |    |                                                                                    |
|------------|--------|----------|------------------------------|----------------|---------|-------------------|-----|------|--------|------------------------|----------------|------|-----|---------|----|----|-------------------|------|----|------------------|------|----|----------|-----|----|------------------|----|----|------------------------------------------------------------------------------------|
|            |        |          | inn                          | resirk. rejekt |         |                   | inn | ut   |        |                        | inn            | ut   | %   | inn     | ut | %  | inn               | ut   | %  | inn              | ut   | %  | inn      | ut  | %  | inn              | ut | %  |                                                                                    |
| 1          | 25.nov | kl.10.20 | 80                           | 4,7            | 3,6     | 25                | 934 | 1,25 | 7,1    | 6,4                    | 10             | 6,5  | 57  | 11,6    | 80 | 93 | 0,85              | 0,18 | 78 | 2,42             | 0,09 | 96 | 50       | 30  | 40 | 35               | 37 | -6 | Forsøk i vanlig, forsøk 3, 50% pol. v/hydr.sykl., forsøk 2, 100% pol. v/hydr.sykl. |
| 2          | 25.nov | kl.11.15 | 80                           | 5,2            | 4,3     | 25                | 934 | 1,25 | 7,1    | 6,3                    | 10             | 9,5  | 68  | 16,8    | 75 | 80 | 1,35              | 0,15 | 89 | 2,57             | 0,31 | 88 | 58       | 36  | 37 | 36               | 28 | 21 |                                                                                    |
| 3          | 25.nov | kl.12.10 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 25                | 934 | 1,25 | 7,1    | 6,4                    | 10             | 9,5  | 152 | 24,2    | 84 | 74 | 1,72              | 0,34 | 80 | 3,02             | 0,60 | 80 | 60       | 37  | 38 | 44               | 36 | 19 |                                                                                    |
| 1          | 27.nov | kl.10.00 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 20                | 934 | 1,25 | 7,4    | 6,7                    | 10             |      | 50  | 15,0    | 70 | 45 |                   |      |    |                  |      |    |          |     |    |                  |    |    | 50%resirk<br>Vanlig<br>Vanlig<br>Vanlig                                            |
| 1          | 01.des | kl.10.40 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 20                | 934 | 1,25 | 6,8    | 6,5                    | 10             |      | 64  | 8,6     | 86 | 59 | 14,70             | 4,64 | 88 | 17,00            | 4,96 | 71 | 166      | 157 | 5  | 47               | 39 | 16 |                                                                                    |
| 1          | 03.des | kl.10.55 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 20                | 934 | 1,25 | 6,8    | 6,6                    |                |      | 62  | 13,3    | 79 | 74 | 2,01              | 1,06 | 47 | 4,60             | 1,42 | 69 | 129      | 80  | 38 | 40               | 35 | 14 |                                                                                    |
| 2          | 03.des | kl.13.45 | 80                           | 4,6            | 3,7     | 20                | 934 | 1,25 |        | 6,5                    |                |      | 123 | 12,4    | 90 | 93 | 2,32              | 1,93 | 17 | 6,50             | 2,34 | 64 | 121      | 67  | 45 | 50               | 35 | 31 | Lav hydraulisk belastning og<br>jern dosering                                      |
| 1          | 18.mar | kl.10.30 | 40                           | 3,2            | 2,7     | 15                | 934 | 1,25 | 6,4    | 6,1                    | 5              | 9,2  | 48  | 1,3     |    | 95 | 1,18              | 0,01 | 99 | 1,31             | 0,04 | 97 | 91       | 54  | 41 | 19               | 13 | 35 |                                                                                    |
| 2          | 18.mar | kl.11.40 | 40                           | 3,3            | 2,7     | 10                | 934 | 1,25 | 7,0    | 6,4                    | 6              | 11,0 | 79  | 9,8     |    | 81 | 1,92              | 0,34 | 82 | 1,47             | 0,49 | 67 | 41       | 17  | 59 | 22               | 16 | 29 |                                                                                    |
| 3          | 18.mar | kl.13.00 | 40                           | 3,3            | 2,8     | 5                 | 934 | 1,25 | 7,1    | 6,7                    | 6              | 3,7  | 250 | 8,3     |    | 89 | 1,50              | 0,72 | 52 | 1,70             | 0,93 | 45 | 90       | 55  | 39 | 23               | 20 | 14 |                                                                                    |

**Polymer:** Det er anvendt følgende polymertyper fra SNF Floerger, AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG og AN 945 PWG.

Døgnprøver. 15.04 - 16.04.98

Parametre:

Jerndosering 10 mg Fe/l  
 Polymerdos. 1,25 mg an 934/l  
 Vannmengde 40 m<sup>3</sup>/h  
 Resirkulasjon 3,2 m<sup>3</sup>/h  
 Sandmengde 5-8 kg/m<sup>3</sup>

|                   | Suspendert stoff |      |    | Ortofosfat |       |    | Total -P |       |    | KOF  |      |    | Tot-N |       |    | Total tørrstoff |     |    |
|-------------------|------------------|------|----|------------|-------|----|----------|-------|----|------|------|----|-------|-------|----|-----------------|-----|----|
|                   | mg/l             |      |    | mg P/l     |       |    | mg/l     |       |    | mg/l |      |    | mg/l  |       |    | mg/l            |     |    |
| klokkeslett       | inn              | ut   | %  | inn        | ut    | %  | inn      | ut    | %  | inn  | ut   | %  | inn   | ut    | %  | inn             | ut  | %  |
| kl. 10.40 - 12.10 | 95,8             | 37   | 61 | 0,703      | 0,392 | 44 | 2,57     | 0,935 | 64 | 44,3 | 24,8 | 44 | 33,2  | 23,70 | 29 | 476             | 399 | 16 |
| kl. 12.40 - 14.10 | 118              | 29,8 | 75 | 0,979      | 0,641 | 35 | 4,08     | 1,54  | 62 | 53,6 | 28,4 | 55 | 39,5  | 28,5  | 28 | 496             | 390 | 21 |
| kl. 14.40 - 16.10 | 156              | 30,4 | 81 | 1,33       | 0,783 | 41 | 4,43     | 1,65  | 58 | 72   | 45,5 | 37 | 66,3  | 50,6  | 24 | 572             | 421 | 28 |
| kl. 16.40 - 18.10 | 147              | 30,2 | 79 | 1,27       | 0,811 | 36 | 4,22     | 1,71  | 59 | 68,1 | 45,8 | 33 | 56,4  | 45,4  | 20 | 554             | 448 | 19 |
| kl. 18.40 - 20.10 | 153              | 37,5 | 75 | 1,21       | 0,827 | 32 | 3,85     | 1,86  | 52 | 58,6 | 37,8 | 35 | 41,9  | 34,8  | 17 | 571             | 470 | 18 |
| kl. 20.40 - 22.10 | 106              | 27,9 | 74 | 0,677      | 0,615 | 9  | 3,18     | 1,42  | 55 | 48,6 | 28,8 | 41 | 35,6  | 29,4  | 17 | 478             | 391 | 18 |
| kl. 22.40 - 00.10 | 102              | 18,2 | 82 | 0,708      | 0,648 | 8  | 2,99     | 1,26  | 58 | 43,4 | 23,6 | 46 | 36,6  | 28,4  | 22 | 404             | 352 | 13 |
| kl. 00.40 - 02.10 | 114              | 22,1 | 81 | 1,22       | 0,971 | 20 | 4,06     | 1,83  | 55 | 55,7 | 31,3 | 44 | 38,9  | 29,6  | 20 | 499             | 361 | 28 |
| kl. 02.40 - 04.10 | 95,8             | 18,8 | 80 | 0,974      | 0,776 | 20 | 3,29     | 1,52  | 54 | 46,1 | 25,7 | 44 | 36,4  | 28,4  | 22 | 400             | 349 | 13 |
| kl. 04.40 - 06.10 | 71,9             | 16,5 | 77 | 0,779      | 0,622 | 20 | 2,87     | 1,26  | 58 | 32   | 19,6 | 39 | 35    | 28,2  | 19 | 386             | 353 | 9  |
| kl. 06.40 - 08.10 | 56,2             | 13,7 | 76 | 0,73       | 0,565 | 23 | 2,18     | 1,03  | 53 | 30,7 | 19,4 | 37 | 34,3  | 28,8  | 16 | 393             | 356 | 9  |
| kl. 08.40 - 10.10 | 83,9             | 8,7  | 90 | 0,722      | 0,587 | 19 | 2,35     | 1,15  | 51 | 53,4 | 52   | 3  | 31,1  | 27,4  | 12 | 477             | 438 | 9  |
| Samlet            | 108              | 24,2 | 78 | 0,9418     | 0,687 | 27 | 3,35     | 1,45  | 57 | 51,4 | 31,9 | 38 | 40,27 | 31,93 | 21 | 476             | 394 | 17 |

Døgnprøver. 20.11-21.11.1997

Parametre:

**Jerndosering** 20 mg Fe/l fra kl. 11.00-17.00 og 18.20-18.55. Fe = 25 mg/l i den resterende perioden**Polymerdos.** 1,25 mg AN 934/l**Vannmengde** 80 m<sup>3</sup>/h**Resirkulasjon** 5,6 m<sup>3</sup>/h**Sandmengde** Sandmengde varierte mellom 5,7-10,4 kg/m<sup>3</sup> om kvelden. Om morgenen 5,0 kg/m<sup>3</sup>

| Klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total-P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |    | Total-N<br>mg N/l |      |       |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|----|-------------------|------|----|-------------|------|----|-------------------|------|-------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %  | inn               | ut   | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut   | %     |
| 11.30-13.00 | 128,0                    | 36,5 | 71 | 0,64                 | 0,22 | 66 | 3,40              | 0,71 | 79 | 56,3        | 47,1 | 16 | 35,6              | 28,0 | 21,3  |
| 13.30-15.00 | 285,0                    | 37,1 | 87 | 0,68                 | 0,24 | 65 | 5,41              | 1,15 | 79 | 120,0       | 75,2 | 37 | 46,4              | 35,9 | 22,5  |
| 15.30-17.00 | 275,0                    | 50,5 | 82 | 0,81                 | 0,24 | 71 | 5,53              | 1,71 | 69 | 104,0       | 72,0 | 31 | 47,5              | 36,2 | 23,8  |
| 17.30-19.00 | 227,0                    | 51,5 | 77 | 1,17                 | 0,23 | 81 | 5,93              | 1,26 | 79 | 97,5        | 46,9 | 52 | 42,5              | 34,1 | 19,8  |
| 19.30-21.00 | 103,0                    | 29,3 | 72 | 0,76                 | 0,14 | 82 | 3,76              | 0,72 | 81 | 58,9        | 44,3 | 25 | 35,0              | 30,0 | 14,3  |
| 21.30-23.00 | 107,0                    | 20,5 | 81 | 0,63                 | 0,25 | 61 | 3,84              | 0,66 | 83 | 120,0       | 81,2 | 32 | 30,3              | 27,3 | 9,9   |
| 23.30-01.00 | 108,0                    | 21,1 | 80 | 0,26                 | 0,21 | 20 | 3,20              | 0,56 | 83 | 106,0       | 82,8 | 22 | 32,8              | 37,1 | -13,1 |
| 01.30-03.00 | 84,9                     | 35,7 | 58 | 1,12                 | 0,47 | 58 | 6,15              | 2,35 | 62 | 132,0       | 89,7 | 32 | 31,3              | 32,9 | -5,1  |
| 03.30-05.00 | 76,6                     | 19,8 | 74 | 1,65                 | 0,27 | 83 | 2,62              | 0,74 | 74 | 40,1        | 33,5 | 15 | 33,3              | 29,6 | 11,1  |
| 05.30-07.00 | 52,3                     | 6,0  | 89 | 1,22                 | 0,11 | 91 | 2,01              | 0,11 | 94 | 29,7        | 9,2  | 69 | 27,8              | 32,2 | -15,6 |
| 07.30-09.00 | 35,9                     | 11,5 | 68 | 1,34                 | 0,14 | 90 | 2,27              | 0,31 | 86 | 32,8        | 18,1 | 45 | 33,4              | 26,0 | 22,2  |
| 09.30-11.00 | 48,1                     | 28,6 | 41 | 0,44                 | 0,24 | 46 | 2,28              | 0,83 | 64 | 71,7        | 57,2 | 20 | 33,2              | 28,9 | 13,0  |
| Samlet      | 127,6                    | 29,0 | 77 | 0,89                 | 0,23 | 74 | 3,88              | 0,93 | 76 | 80,8        | 54,8 | 32 | 35,8              | 31,5 | 11,9  |

Døgnprøver. 25.11-26.11.1997

Parametre:

Jern dosering 30 mg Fe/l

Polymerdos. 1,25 mg AN 934/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hResirkulasjon 5,4 m<sup>3</sup>/hSandmengde Sandmengde var 9,5 kg/m<sup>3</sup> om kvelden

Dagen etter ble ikke sandmengden målt, men det var nok sand i systemet.

| klokkestett   | Suspendert stoff<br>mg/l |       |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |       | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|---------------|--------------------------|-------|----|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|------|-------|-------------------|------|------|
|               | inn                      | ut    | %  | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut   | %     | inn               | ut   | %    |
| 15.25-16.55   | 137,0                    | 53,1  | 61 | 1,83                 | 0,43 | 77 | 6,02               | 1,42 | 76 | 72,6        | 68,1 | 6,2   | 44,6              | 42,3 | 5,2  |
| 17.25 - 18.55 | 142,0                    | 49,5  | 65 | 1,55                 | 0,18 | 89 | 5,05               | 1,87 | 63 | 85,6        | 74,9 | 12,5  | 47,1              | 41,3 | 12,3 |
| 19.25 - 20.55 | 150,0                    | 41,8  | 72 | 1,53                 | 0,27 | 82 | 4,41               | 1,08 | 76 | 76,9        | 72,9 | 5,2   | 42,3              | 37,5 | 11,3 |
| 21.25 - 22.55 | 189,0                    | 64,9  | 66 | 1,66                 | 0,35 | 79 | 4,90               | 1,31 | 73 | 138,0       | 94,1 | 31,8  | 40,0              | 32,9 | 17,8 |
| 23.25 - 00.55 | 135,0                    | 69,8  | 48 | 2,56                 | 0,69 | 73 | 6,00               | 1,78 | 70 | 159,0       | 96,1 | 39,6  | 42,0              | 34,0 | 19,0 |
| 01.25 - 02.55 | 157,0                    | 25,7  | 84 | 2,04                 | 0,25 | 88 | 5,08               | 0,52 | 90 | 69,0        | 85,4 | -23,8 | 38,8              | 35,1 | 9,5  |
| 03.25 - 04.55 | 104,0                    | 9,9   | 90 | 2,05                 | 0,12 | 94 | 3,93               | 0,22 | 94 | 40,2        | 16,2 | 59,7  | 43,4              | 43,9 | -1,2 |
| 05.25 - 06.55 | 98,8                     | 12,8  | 87 | 1,87                 | 0,11 | 94 | 3,41               | 0,13 | 96 | 42,7        | 18,1 | 57,6  | 45,4              | 36,5 | 19,6 |
| 07.25 - 08.55 | 66,0                     | 14,7  | 78 | 1,86                 | 0,13 | 93 | 3,16               | 0,29 | 91 | 86,7        | 74,4 | 14,2  | 41,2              | 35,5 | 13,8 |
| 09.25 - 10.55 | 76,7                     | 25,7  | 66 | 2,14                 | 0,25 | 88 | 3,68               | 0,81 | 79 | 179,0       | 96,8 | 45,9  | 45,0              | 44,5 | 1,1  |
| 11.25 - 12.55 | 115,0                    | 44,6  | 61 | 2,36                 | 0,19 | 92 | 4,62               | 0,44 | 91 | 97,0        | 67,9 | 9,4   | 42,3              | 36,5 | 13,7 |
| 13.25 - 14.25 | 130,0                    | 103,0 | 21 | 2,09                 | 0,18 | 91 | 4,76               | 2,88 | 39 | 95,3        | 84,7 | 11,1  | 47,1              | 39,9 | 15,3 |
| Samlet        | 125,0                    | 43,0  | 66 | 1,96                 | 0,26 | 87 | 4,60               | 1,06 | 77 | 95,2        | 72,5 | 23,9  | 43,3              | 38,3 | 11,4 |

Døgnprøver. 01.12-02.12.97

Parametre:

Jerndosering (20 og 25 mg/l)

Polymerdos. 1,25 mg AN 934/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/h

Resirkulasjon 5,4 m<sup>3</sup>/h

Sandmengde kl. 12.00 8,4 kg/m<sup>3</sup>, kl. 16.25 10,1 kg/m<sup>3</sup>, kl 09.00 3,4 kg/m<sup>3</sup>.

| klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |    | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|------|----|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut   | %    |
| 11.30-13.00 | 202,0                    | 72,4 | 64 | 5,55                 | 0,59 | 89 | 9,39               | 2,61 | 72 | 112,0       | 66,2 | 41 | 49,1              | 39,8 | 18,9 |
| 13.30-15.00 | 297,0                    | 54,5 | 82 | 1,87                 | 0,26 | 86 | 6,37               | 0,87 | 86 | 106,0       | 61,8 | 42 | 50,2              | 38,3 | 23,7 |
| 15.30-17.00 | 231,0                    | 78,0 | 66 | 0,73                 | 0,53 | 27 | 6,59               | 1,56 | 76 | 108,0       | 73,4 | 32 | 52,5              | 45,9 | 12,6 |
| 17.30-19.00 | 248,0                    | 93,8 | 62 | 1,48                 | 0,49 | 67 | 6,09               | 1,75 | 71 | 125,0       | 81,7 | 35 | 51,0              | 41,5 | 18,6 |
| 19.30-21.00 | 204,0                    | 73,6 | 64 | 2,29                 | 0,75 | 67 | 5,51               | 1,96 | 65 | 127,0       | 83,2 | 34 | 43,0              | 36,3 | 15,6 |
| 21.30-23.00 | 212,0                    | 76,3 | 64 | 2,83                 | 1,16 | 59 | 6,40               | 2,59 | 60 | 131,0       | 86,5 | 34 | 46,2              | 42,1 | 8,9  |
| 23.30-01.00 | 210,0                    | 71,6 | 66 | 4,33                 | 1,46 | 66 | 8,00               | 2,83 | 65 | 121,0       | 85,2 | 30 | 45,0              | 34,8 | 22,7 |
| 01.30-03.00 | 189,0                    | 26,5 | 84 | 2,04                 | 0,24 | 88 | 4,06               | 0,51 | 87 | 69,6        | 33,5 | 52 | 42,3              | 37,4 | 11,6 |
| 03.30-05.00 | 162,0                    | 24,7 | 85 | 1,67                 | 0,24 | 86 | 3,59               | 0,56 | 84 | 68,4        | 29,0 | 58 | 46,6              | 34,0 | 27,0 |
| 05.30-07.00 | 150,0                    | 16,4 | 89 | 1,57                 | 0,21 | 86 | 3,14               | 0,40 | 87 | 52,2        | 20,8 | 60 | 42,8              | 34,8 | 18,7 |
| 07.30-09.00 | 75,7                     | 36,7 | 52 | 2,15                 | 0,23 | 89 | 3,24               | 0,55 | 83 | 62,4        | 39,7 | 36 | 35,4              | 34,4 | 2,8  |
| 09.30-11.00 | 111,0                    | 30,9 | 72 | 2,80                 | 0,47 | 83 | 4,72               | 1,43 | 70 | 124,0       | 81,2 | 35 | 41,9              | 41,7 | 0,5  |
| Samlet      | 180,3                    | 54,6 | 71 | 2,44                 | 0,55 | 77 | 5,59               | 1,47 | 74 | 100,6       | 61,8 | 39 | 45,5              | 38,4 | 15,6 |

Døgnprøver. 21.12 - 22.12.1997

Parametre:

Jerndosering 25 mg Fe/l

Polymerdos. 1,25 mg AN 934/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/h

Resirkulasjon 5,6 m<sup>3</sup>/h

Sandmengde 5,5 kg/m<sup>3</sup> om formiddagen. Anlegget ble stanset klokken 16.40 pga flyteslam. All sand hadde forsvunnet. Tilsatte ca. 70 kg. Sand, da ble 5,4 kg/m<sup>3</sup>. Om morgenen 5,5 kg/m<sup>3</sup>

Slamprodukt. Den kemiske slamproduksjon er beregnet til: 4,7 mg SS/mg Fe

| Klokkeslett     | Suspendert stoff<br>mg/l |       |    | Orthofosfat<br>mg P/l |      |    | Total-P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |    | Total-N<br>mg N/l |      |       |
|-----------------|--------------------------|-------|----|-----------------------|------|----|-------------------|------|----|-------------|------|----|-------------------|------|-------|
|                 | inn                      | ut    | %  | inn                   | ut   | %  | inn               | ut   | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut   | %     |
| 12.30 - 14.00   | 111,0                    | 20,2  | 82 | 1,14                  | 0,08 | 93 | 2,20              | 0,11 | 95 | 48,3        | 16,0 | 67 | 39,4              | 35,3 | 10,4  |
| 14.30 - 16.00   | 292,0                    | 36,2  | 88 | 1,52                  | 0,12 | 92 | 4,67              | 0,40 | 91 | 105,0       | 21,3 | 80 | 45,3              | 32,5 | 28,3  |
| 16.30 - 18.00   | 330,0                    | 157,0 | 52 | 1,27                  | 0,09 | 93 | 4,40              | 1,59 | 84 | 160,0       | 63,0 | 48 | 42,7              | 49,4 | -15,7 |
| 18.30 - 20.00   | 230,0                    | 16,5  | 93 | 0,82                  | 0,06 | 92 | 3,08              | 0,18 | 94 | 97,2        | 33,8 | 65 | 22,1              | 20,4 | 7,7   |
| 20.30 - 22.00   | 150,0                    | 11,0  | 93 | 0,62                  | 0,05 | 93 | 2,23              | 0,07 | 97 | 60,8        | 30,6 | 50 | 26,5              | 20,7 | 21,9  |
| 22.30 - 00.00   | 167,0                    | 15,8  | 91 | 0,54                  | 0,06 | 90 | 2,20              | 0,14 | 94 | 48,8        | 14,0 | 71 | 19,4              | 17,6 | 9,3   |
| 00.30 - 02.00   | 130,0                    | 9,4   | 93 | 0,51                  | 0,04 | 93 | 1,80              | 0,07 | 96 | 57,6        | 8,3  | 86 | 24,4              | 21,5 | 11,9  |
| 02.30 - 04.00   | 86,0                     | 21,8  | 75 | 0,60                  | 0,04 | 93 | 1,33              | 0,07 | 95 | 24,6        | 8,5  | 65 | 37,4              | 21,4 | 42,8  |
| 04.30 - 06.00   | 48,3                     | 10,7  | 78 | 0,57                  | 0,05 | 92 | 1,01              | 0,06 | 94 | 20,2        | 8,3  | 59 | 23,5              | 13,8 | 41,3  |
| 06.30 - 08.00   | 32,3                     | 10,6  | 67 | 0,42                  | 0,04 | 90 | 0,67              | 0,06 | 91 | 12,1        | 4,1  | 66 | 18,8              | 18,5 | 1,6   |
| 08.30 - 10.00   | 51,6                     | 16,4  | 68 | 0,30                  | 0,05 | 84 | 0,87              | 0,10 | 89 | 46,5        | 33,0 | 29 | 17,0              | 8,5  | 50,0  |
| 10.30 - 12.00   | 90,2                     | 14,2  | 84 | 0,50                  | 0,04 | 92 | 1,72              | 0,07 | 96 | 86,3        | 57,7 | 33 | 19,0              | 11,8 | 37,9  |
| Samlet          | 143,2                    | 28,3  | 80 | 0,74                  | 0,06 | 92 | 2,18              | 0,24 | 89 | 64,0        | 26,5 | 58 | 28,0              | 22,6 | 19,1  |
| Samlet (u nr.3) | 126,2                    | 16,6  | 87 | 0,69                  | 0,06 | 92 | 1,98              | 0,12 | 94 | 55,2        | 21,4 | 61 | 26,6              | 20,2 | 24,2  |

## Resultater fra sedimenteringsforsøk

Generelle driftsbetingelser for Actiflo: 20 mg/l jern og 1,25 mg/l AN934

| Prøvetakningsdato                 | 971029            | 971030            | 971127 | 971201 | 971203 | 971203 |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| Prøve nr.                         | 1                 | 1                 | 1      | 1      | 1      | 2      |
| Med/uten resirkulasjon            | Uten              | Med <sup>1)</sup> | Med    | Uten   | Uten   | Uten   |
| Ekstra dos. av AN934, mg/l        | 0                 | 0                 | 0      | 2      | 4      | 5      |
| SS, %                             | 0,3 <sup>2)</sup> | 0,6 <sup>2)</sup> | 0,46   | 0,3    | 0,17   | 0,33   |
| SV <sub>10</sub> , ml/l           |                   |                   | 680    | 340    | 350    | 475    |
| SV <sub>20</sub> , ml/l           |                   |                   | 620    | 320    | 330    | 440    |
| SV <sub>30</sub> , ml/l           | 230               | 770               | 740    | 305    | 320    | 430    |
| SV <sub>60</sub> , ml/l           |                   |                   | 550    | 292    | 310    | 420    |
| SV <sub>180</sub> , ml/l          | 165               | 400               | 280    | 270    | 280    | 385    |
| SVI, ml/g (for SV <sub>30</sub> ) | 77                | 130               | 161    | 102    | 188    | 130    |

1) I dette forsøk var tilsetningen av AN 934 i Actiflo anlegget 1,5 mg/l.

2) Ved disse innledende forsøk ble TS bestemt i stedet for SS.

## Resultater fra sedimenteringsforsøk

Generelle driftsbetingelser for Actiflo: 8 mg/l jern, 1,5 mg/l FO 4190 og 1 mg/l AN934

| Prøvetakningsdato                 | 980127 |      | 980127 |      |
|-----------------------------------|--------|------|--------|------|
| Prøve nr.                         | 1      |      | 2      |      |
| Med/uten resirkulation            | Uten   |      | Med    |      |
| Ekstra dos. av AN934, mg/l        | 2      | 0    | 4      | 0    |
| SS, %                             | 0,27   | 0,27 | 0,58   | 0,58 |
| SV <sub>10</sub> , ml/l           | 850    | 290  | 750    | 880  |
| SV <sub>20</sub> , ml/l           | 490    | 210  | 665    | 770  |
| SV <sub>30</sub> , ml/l           | 390    | 190  | 625    | 653  |
| SV <sub>60</sub> , ml/l           | 360    | 170  | 570    | 420  |
| SV <sub>180</sub> , ml/l          | 310    | 150  | 530    | 300  |
| SVI, ml/g (for SV <sub>30</sub> ) | 144    | 70   | 108    | 113  |

## Resultater fra avvanningsforsøk

Generelle driftsbetingelser for Actiflo: 20 mg/l jern og 1,25 mg/l AN934

| Prøvetakningsdato                               | 971029 |      | 971030 | 971127  | 971201 | 971203 | 971203  |        |
|-------------------------------------------------|--------|------|--------|---------|--------|--------|---------|--------|
| Prøve nr.                                       | 1      | 2    | 1      | 1       | 1      | 1      | 2       |        |
| Med/uten resirkulasjon                          | Uten   | Uten | Med*   | Med     | Uten   | Uten   | Uten    |        |
| TS i slam, %                                    | 1,8    | 2,8  | 1,6    | 2,3     | 1,7    | 3,5    | 4,0     |        |
| CST <sub>10</sub> før polymertilsetning, sek.   | 23     | 41   | 25     | 15,9    | 49,5   | 48     | 22 (42) |        |
| CST <sub>10</sub> etter polymertilsetning, sek. | 14     | 18   | 17     | 12      | -      | -      | 13      | 21 43  |
| Polymertype                                     | AN 945 |      | AN 945 | FO 4190 | -      | -      | FO 4190 |        |
| Polymerdosering, kg/tonn TS                     | 0,4    | 0,3  | 1,3    | 0,5     | -      | -      | 1,5     | 0,3 0  |
| Kaketykkelse, mm                                | 2,5    | 14   | 4      | 9       | -      | -      | 15      | 18     |
| Tørrestoff i kake, % TS                         | 32     | 19   | 32     | 19      | -      | -      | 24      | 20 9,4 |

\* I dette forsøk var tilsetningen av AN 934 i Actiflo anlegget 1,5 mg/l.

## Resultater fra avvanningsforsøk

Generelle driftsbetingelser for Actiflo: 8 mg/l jern, 1,5 mg/l FO 4190 og 1 mg/l AN934

| Prøvetakingsdato                                | 980127 | 980127 |
|-------------------------------------------------|--------|--------|
| Prøve nr.                                       | 1      | 2      |
| Med/uten resirkulasjon                          | Uten   | Med    |
| TS i slam, %                                    | 2,2    | 2,4    |
| CST <sub>10</sub> før polymertilsetning, sek.   | 17     | 13     |
| CST <sub>10</sub> etter polymertilsetning, sek. | 8      | 11     |
| Polymertype                                     | Z 92   | Z 92   |
| Polymerdosering, kg /tonn TS                    | 0,5    | 0,6    |
| Kaketykkelse, mm                                | 3      | 7      |
| Tørrestoff i kake, % TS                         | 39     | 34     |

## Kjemisk karakterisering av slam

| Driftsbetingelser for<br>Actiflo | 20 mg/l Fe<br>1,25 mg/l AN 934<br>Med 50% resirk. | 20 mg/l Fe<br>1,25 mg/l AN 934<br>Uten 50% resirk. | 20 mg/l Fe<br>1,25 mg/l AN 934<br>Uten 50% resirk. | 20 mg/l Fe<br>1,25 mg/l AN 934<br>Uten 50% resirk. | 8 mg/l Fe,<br>1,5 mg/l FO 4190<br>1 mg/l AN 934<br>Med 50% resirk. |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Prøvetagningsdato                | 971127                                            | 971201                                             | 971203                                             | 971203                                             | 980127                                                             |
| Prøve nr.                        | 1                                                 | 1                                                  | 1                                                  | 2                                                  | 2                                                                  |
| Råslam:                          |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                                    |
| SS, %                            | 0,46                                              | 0,3                                                | 0,17                                               | 0,33                                               | 0,58                                                               |
| VSS, % av TS                     | 61,9                                              | -                                                  | -                                                  | -                                                  | -                                                                  |
| TS, %                            | 0,51                                              | 0,37                                               | 0,21                                               | 0,39                                               | 0,58                                                               |
| FTS, % av TS                     | 59,4                                              | 54,1                                               | 63,9                                               | 74,6                                               | -                                                                  |
| Konsentrert slam:                |                                                   |                                                    |                                                    |                                                    |                                                                    |
| TS, %                            | 2,3                                               | 1,7                                                | 3,5                                                | 4,0                                                | 2,4                                                                |
| FTS, % av TS                     | 60,6                                              | 50,2                                               | 54,6                                               | 73,1                                               | 70,2                                                               |
| Jern, % av TS                    | 12,5                                              | 10,4                                               | -                                                  | 4,3                                                | 5,2                                                                |
| Total-P, % av TS                 | 2,0                                               | 5,4                                                | -                                                  | 1,6                                                | 1,3                                                                |
| KOF, % av TS                     | 13,5                                              | 13,1                                               | -                                                  | -                                                  | 3,8                                                                |

## Samleskjema for forsøk utført på avløpsvann før rist.

| Forsøk nr. | Dato     | Klokken   | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |        |        | Fe mg/l | Polymer |      |      | pH   |     | Temp. C | Sand kg/m <sup>3</sup> | Turbiditet NTU |     |     | SS mg/l |    |       | Ortostofat mg P/l |    |      | Total - P mg P/l |     |      | KOF mg/l |    |     | Total-N mg N/l |     |     |    |    |                                    |
|------------|----------|-----------|------------------------------|--------|--------|---------|---------|------|------|------|-----|---------|------------------------|----------------|-----|-----|---------|----|-------|-------------------|----|------|------------------|-----|------|----------|----|-----|----------------|-----|-----|----|----|------------------------------------|
|            |          |           | inn                          | restk. | relekt |         | Type    | mg/l | Type | mg/l | inn |         |                        | ut             | %   | inn | ut      | %  | inn   | ut                | %  | inn  | ut               | %   | inn  | ut       | %  | inn | ut             | %   | inn |    | ut | %                                  |
|            |          |           |                              |        |        |         |         |      |      |      |     |         |                        |                |     |     |         |    |       |                   |    |      |                  |     |      |          |    |     |                |     |     |    |    |                                    |
| 1          | 12. jan. | kl. 13.15 | 80                           | 5,6    | 4,4    | 8       | 4190    | 1,00 | 934  | 0,75 |     | 6,0     |                        | 7              | 5,8 | 211 | 7,7     | 96 | 108,0 | 22,7              | 79 | 1,41 | 1,07             | 24  | 1,92 | 1,02     | 47 | 75  | 47             | 37  | 29  | 23 | 20 | Valg av kationisk polymer type     |
| 2          | 12. jan. | kl. 09.45 | 80                           | 5,5    | 4,4    | 8       | 4550    | 1,00 | 934  | 0,75 |     | 6,1     |                        | 7              | 5,8 | 67  | 7,9     | 88 | 40,2  | 27,4              | 32 | 0,67 | 0,25             | 62  | 0,87 | 0,42     | 52 | 20  | 13             | 35  | 23  | 17 | 22 |                                    |
| 3          | 12. jan. | kl. 12.30 | 80                           | 5,8    | 4,4    | 8       | 4350    | 1,00 | 934  | 0,75 |     | 6,0     |                        | 7              | 5,8 | 119 | 8,8     | 93 | 57,8  | 33,5              | 42 | 1,37 | 0,67             | 51  | 1,85 | 0,87     | 53 | 59  | 42             | 30  | 31  | 19 | 38 |                                    |
| 1          | 13. jan. | kl. 10.00 | 80                           | 4,8    | 3,9    | 8       | 4190    | 1,00 | 945  | 0,75 |     | 7,8     | 6,8                    | 7              | 5,5 | 14  | 6,3     | 54 | 20,6  | 28,1              | 36 | 1,71 | 0,74             | 57  | 1,55 | 1,37     | 12 | 48  | 33             | 30  | 27  | 24 | 12 | Valg av anionisk polymer type      |
| 2          | 13. jan. | kl. 10.45 | 80                           | 5,1    | 4      | 8       | 4190    | 1,00 | 934  | 0,75 |     | 7,1     | 6,5                    | 7              | 5,5 | 21  | 6,7     | 68 | 29,8  | 25,7              | 13 | 0,68 | 0,35             | 48  | 0,98 | 0,80     | 19 | 49  | 48             | 3,2 | 17  | 18 | -3 |                                    |
| 3          | 13. jan. | kl. 11.45 | 80                           | 5,1    | 4      | 8       | 4190    | 1,00 | 923  | 0,75 |     | 7,1     | 6,4                    | 7              | 5,5 | 18  | 4,4     | 78 | 44,8  | 18,7              | 58 | 0,92 | 0,39             | 58  | 1,42 | 0,96     | 32 | 43  | 31             | 27  | 24  | 18 | 26 |                                    |
| 4          | 13. jan. | kl. 12.30 | 80                           | 4,9    | 4,1    | 8       | 4190    | 1,00 | 910  | 0,75 |     | 7,2     | 6,6                    | 8              | 5,5 | 51  | 9,9     | 81 | 52,7  | 40,7              | 23 | 1,38 | 1,02             | 28  | 1,46 | 1,18     | 19 | 111 | 74             | 33  | 28  | 29 | -1 |                                    |
| 1          | 14. jan. | kl. 10.20 | 80                           | 4,8    | 3,7    | 8       | 4190    | 1,00 | 934  | 0,75 |     | 7,8     | 6,8                    | 7              | 5,5 | 14  | 2,6     | 82 | 29,2  | 13,7              | 63 | 0,84 | 0,60             | 30  | 1,13 | 0,78     | 31 | 23  | 16             | 32  | 15  | 13 | 10 | Valg av polymerdosering til kation |
| 2          | 14. jan. | kl. 11.05 | 80                           | 4,8    | 3,8    | 8       | 4190    | 2,00 | 934  | 0,75 |     | 8,0     | 7,0                    | 7              | 5,5 | 43  | 6,7     | 85 | 84,3  | 30,4              | 64 | 1,15 | 0,62             | 46  | 2,06 | 0,83     | 60 | 43  | 20             | 54  | 26  | 19 | 22 |                                    |
| 3          | 14. jan. | kl. 12.45 | 80                           | 4,8    | 3,7    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 0,75 |     | 8,5     | 7,3                    | 8              | 5,5 | 54  | 7,8     | 86 | 50,0  | 24,6              | 50 | 1,10 | 0,80             | 27  | 1,71 | 0,98     | 43 | 39  | 24             | 40  | 28  | 23 | 17 |                                    |
| 4          | 14. jan. | kl. 13.30 | 80                           | 4,7    | 3,6    | 8       | 4190    | 0,50 | 934  | 0,75 |     | 7,9     | 7,1                    | 8              | 5,5 | 35  | 7,8     | 78 | 46,8  | 19,6              | 58 | 1,25 | 1,02             | 18  | 1,63 | 1,15     | 29 | 48  | 32             | 34  | 28  | 24 | 16 |                                    |
| 1          | 15. jan. | kl. 10.30 | 80                           | 4,8    | 3,6    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 0,50 |     | 7,2     | 6,5                    | 7              | 5,5 | 25  | 5,1     | 79 | 37,8  | 39,1              | -3 | 0,81 | 0,06             | 91  | 0,87 | 0,28     | 68 | 33  | 18             | 44  | 13  | 11 | 14 | Valg av polymerdosering til anion  |
| 2          | 15. jan. | kl. 12.50 | 80                           | 4,8    | 3,7    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 1,00 |     | 6,6     | 6,2                    | 7              | 5,5 | 54  | 4,3     | 92 | 53,1  | 17,5              | 67 | 0,78 | 0,25             | 68  | 1,01 | 0,33     | 68 | 43  | 21             | 52  | 15  | 13 | 14 |                                    |
| 3          | 15. jan. | kl. 13.30 | 80                           | 4,8    | 3,7    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 0,75 |     | 6,7     | 6,2                    | 7              | 5,5 | 56  | 9,4     | 83 | 59,3  | 28,1              | 53 | 0,70 | 0,23             | 67  | 1,11 | 0,34     | 69 | 33  | 25             | 24  | 12  | 12 | -1 |                                    |
| 1          | 27. jan. | kl. 9.10  | 80                           | 4,8    | 3,7    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 1,00 |     | 7,3     | 6,6                    | 6              |     | 96  | 6,3     | 93 | 111,0 | 25,4              | 77 | 0,68 | 0,11             | 84  | 1,71 | 0,38     | 78 | 32  | 11             | 65  | 17  | 16 | 7  | Dosisfanger                        |
| 2          | 27. jan. | kl. 12.10 | 80                           | 4,8    | 3,9    | 8       | 4190    | 1,50 | 934  | 1,00 |     | 7,1     | 6,4                    | 6              |     | 98  | 4,4     | 96 | 128,0 | 15,0              | 88 | 0,96 | 0,31             | 88  | 2,38 | 0,45     | 81 | 35  | 12             | 66  | 16  | 13 | 21 |                                    |
| 1          | 20. jan. | kl. 12.00 | 60                           | 4,7    | 3,7    | 0       | 4190    | 1,50 | 934  | 0,75 |     | 7,3     | 7,1                    | 8              | 5,0 | 59  | 25,9    | 56 | 65,7  | 41,6              | 37 | 1,64 | 1,46             | 11  | 2,08 | 1,90     | 9  | 51  | 35             | 31  | 41  | 37 | 9  | Valg av polymerdosering til kation |
| 2          | 20. jan. | kl. 13.00 | 80                           | 4,7    | 3,8    | 0       | 4190    | 2,50 | 934  | 0,75 |     | 7,4     | 7,2                    | 8              | 5,0 | 54  | 27,9    | 56 | 71,3  | 33,3              | 53 | 1,60 | 1,48             | 8   | 2,13 | 2,11     | 1  | 46  | 36             | 22  | 46  | 44 | 4  |                                    |
| 3          | 20. jan. | kl. 14.00 | 80                           | 4,7    | 3,8    | 0       | 4190    | 2,00 | 934  | 0,75 |     | 7,6     | 7,2                    | 8              | 5,0 | 66  | 34,4    | 48 | 80,5  | 44,6              | 45 | 1,89 | 1,67             | 12  | 2,69 | 2,35     | 13 | 53  | 38             | 28  | 51  | 50 | 3  |                                    |
| 1          | 21. jan. | kl. 10.30 | 80                           | 4,8    | 3,9    | 0       | 4190    | 2,50 | 934  | 1,00 |     | 7,3     | 7,1                    | 8              | 2,0 | 32  | 15,9    | 50 | 28,6  | 20,6              | 23 | 1,11 | 0,82             | 26  | 2,55 | 1,47     | 42 | 24  | 21             | 11  | 32  | 35 | -8 | Valg av polymerdosering til anion  |
| 2          | 21. jan. | kl. 11.15 | 80                           | 4,7    | 3,7    | 0       | 4190    | 2,50 | 934  | 0,75 |     | 8,0     | 7,7                    | 8              | 4,0 | 58  | 20,3    | 66 | 43,4  | 24,5              | 44 | 1,31 | 1,54             | -18 | 1,56 | 1,47     | 7  | 105 | 106            | -1  | 41  | 36 | 10 |                                    |
| 3          | 21. jan. | kl. 13.15 | 80                           | 4,8    | 3,8    | 0       | 4190    | 2,50 | 934  | 1,25 |     | 7,2     | 7,0                    | 8              | 2,1 | 435 | 136,0   | 69 | 447,0 | 125,0             | 72 | 3,44 | 2,71             | 21  | 8,26 | 4,76     | 42 | 158 | 161            | 30  | 45  | 33 | 20 |                                    |

Samleskjema for forsøk utført på avløpsvann før rist.

Side 2 av 2

| Forsøk nr. | Dato   | Klokken   | Vannmengde m <sup>3</sup> /h |                | Fe mg/l | Polymer |      | pH   |      | Temp C | Sand kg/m <sup>3</sup> | Turbiditet NTU |    | SS mg/l |     | Ortofosfat mg P/l |    | Total - P mg P/l |       | KOF mg/l |      | Total - N mg N/l |    | Valg av polymerdoseform kation |      |    |     |     |    |    |    |     |
|------------|--------|-----------|------------------------------|----------------|---------|---------|------|------|------|--------|------------------------|----------------|----|---------|-----|-------------------|----|------------------|-------|----------|------|------------------|----|--------------------------------|------|----|-----|-----|----|----|----|-----|
|            |        |           | inn                          | resirk./rejekt |         | Type    | mg/l | Type | mg/l |        |                        | inn            | ut | inn     | ut  | inn               | ut | inn              | ut    | inn      | ut   | inn              | ut |                                | inn  | ut |     |     |    |    |    |     |
| 1          | 22.jan | kl. 09.30 | 80                           | 4,7            | 3,9     | 4       | 4190 | 0,50 | 934  | 1,50   | 7,6                    | 6,9            | 11 | 3,0     | 46  | 13,7              | 70 | 45,5             | 35,9  | 21       | 1,35 | 0,97             | 28 | 1,76                           | 1,52 | 14 | 94  | 85  | 10 | 32 | 31 | 2   |
| 2          | 22.jan | kl. 12.50 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 4       | 4190 | 1,50 | 934  | 1,50   | 7,4                    | 6,8            | 8  | 5,0     | 527 | 68,5              | 87 | 218,0            | 123,0 | 44       | 2,10 | 1,56             | 26 | 4,02                           | 2,52 | 37 | 116 | 96  | 17 | 83 | 73 | 12  |
| 3          | 22.jan | kl. 13.35 | 80                           | 4,8            | 3,9     | 4       | 4190 | 1,00 | 934  | 1,50   | 6,2                    | 7,2            | 8  | 3,8     | 321 | 18,6              | 94 | 123,0            | 48,1  | 61       | 2,23 | 1,16             | 48 | 3,37                           | 1,89 | 44 | 123 | 115 | 7  | 49 | 50 | -1  |
| 4          | 22.jan | kl. 14.20 | 80                           | 4,7            | 3,8     | 4       | 4190 | 2,00 | 934  | 1,50   | 7,8                    | 7,1            | 8  | 3,0     | 318 | 35,7              | 89 | 195,0            | 60,2  | 69       | 2,48 | 1,22             | 51 | 4,35                           | 1,80 | 59 | 110 | 86  | 22 | 83 | 81 | -10 |
| 1          | 26.jan | kl. 10.35 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 4       | 4190 | 1,50 | 934  | 1,00   | 7,2                    | 6,8            | 8  |         | 40  | 6,5               | 84 | 58,1             | 15,2  | 74       | 0,86 | 0,56             | 34 | 1,33                           | 0,74 | 44 | 79  | 65  | 17 | 36 | 33 | 9   |
| 2          | 26.jan | kl. 14.20 | 80                           | 4,8            | 3,8     | 4       | 4190 | 1,50 | 934  | 0,75   | 7,3                    | 7,0            | 8  |         | 90  | 26,4              | 71 | 88,0             | 45,7  | 48       | 2,60 | 2,13             | 18 | 3,33                           | 2,76 | 17 | 69  | 70  | 21 | 42 | 39 | 7   |
| 3          | 27.jan | kl. 10.20 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 4       | 4190 | 1,50 | 934  | 0,50   | 7,2                    | 6,6            | 6  |         | 339 | 44,6              | 87 | 297,0            | 41,1  | 86       | 1,39 | 0,76             | 46 | 3,90                           | 1,35 | 65 | 90  | 34  | 62 | 26 | 19 | 25  |
| 4          | 27.jan | kl. 11.05 | 80                           | 4,8            | 3,7     | 4       | 4190 | 1,50 | 934  | 1,50   | 7,1                    | 6,6            | 6  |         | 380 | 22,3              | 94 | 186,0            | 49,0  | 74       | 1,04 | 0,62             | 41 | 3,07                           | 1,22 | 60 | 46  | 20  | 59 | 19 | 16 | 12  |

Polymer:

Der er anvendt følgende polymerer fra SNF Floerger: FO 4190 BPM, FO 4350 PG og FO 4550 BPM samt AN 910 PWG, AN 923 PWG, AN 934 PWG og AN 945 PWG.

Dagnprøver. 09.03.98-10.03.98

Parametre:

Jern dosering 4 mg Fe/l  
 Polymerdos. 1 mg AN 934/l  
 1,5 mg FO 4190 BPM/l  
 Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/h  
 Rejekt 6,4 m<sup>3</sup>/h  
 Sandmengde

| Klokkeslett |    | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |       |     | Total -P<br>mg P/l |       |    | KOF<br>mg/l |      |    | Total-N<br>mg N/l |       |     |
|-------------|----|--------------------------|------|----|----------------------|-------|-----|--------------------|-------|----|-------------|------|----|-------------------|-------|-----|
|             |    | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut    | %   | inn                | ut    | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut    | %   |
| 11-12.30    | 1  | 223                      | 52,2 | 77 | 0,996                | 0,375 | 62  | 3,94               | 1,38  | 65 | 112         | 72,1 | 36 | 52,8              | 46,40 | 12  |
| 13-14.30    | 2  | 292                      | 69,2 | 76 | 0,975                | 0,754 | 23  | 4,99               | 2,15  | 57 | 104         | 56,3 | 46 | 52,5              | 47,7  | 9   |
| 15-16.30    | 3  | 339                      | 55,2 | 84 | 1,06                 | 0,355 | 67  | 5,35               | 1,07  | 80 | 116         | 57,7 | 50 | 56,9              | 51,7  | 9   |
| 17-18.30    | 4  | 359                      | 123  | 66 | 0,977                | 1,17  | -20 | 6,04               | 3,12  | 48 | 134         | 71,5 | 47 | 56,1              | 59    | -5  |
| 19-20.30    | 5  | 155                      | 84   | 46 | 0,568                | 0,976 | -72 | 3,15               | 2,11  | 33 | 90          | 63,5 | 29 | 59,8              | 52,3  | 13  |
| 21-22.30    | 6  | 171                      | 78   | 54 | 0,582                | 1,02  | -75 | 3,33               | 1,95  | 41 | 107         | 74,1 | 31 | 42,8              | 41,8  | 2   |
| 23-00.30    | 7  | 157                      | 81,2 | 48 | 0,74                 | 1,1   | -49 | 3,72               | 2,54  | 32 | 90,5        | 70,3 | 97 | 43,9              | 39,2  | 11  |
| 01-02.30    | 8  | 143                      | 61,4 | 57 | 0,657                | 0,669 | -2  | 3,63               | 1,94  | 47 | 82,1        | 56,1 | 32 | 50,2              | 36,8  | 27  |
| 03-04.30    | 9  | 60,9                     | 42,7 | 30 | 0,715                | 0,588 | 18  | 2,49               | 1,22  | 51 | 52,3        | 37,9 | 28 | 37,5              | 40,6  | -8  |
| 05-06.30    | 10 | 62,6                     | 27   | 57 | 0,765                | 0,506 | 34  | 1,89               | 0,962 | 49 | 43,6        | 35,7 | 18 | 36,6              | 43,2  | -18 |
| 07-08.30    | 11 | 63,8                     | 19,7 | 69 | 0,576                | 0,35  | 39  | 1,8                | 0,608 | 66 | 35,7        | 28,4 | 20 | 44,1              | 43,9  | 0   |
| 09-10.30    | 12 | 64,9                     | 23,8 | 63 | 0,518                | 0,462 | 11  | 1,61               | 0,745 | 54 | 80,4        | 70,7 | 12 | 39,5              | 37    | 6   |
| Samlet      |    | 174,3                    | 59,8 | 65 | 0,76                 | 0,69  | 9   | 3,50               | 1,65  | 53 | 87,3        | 57,9 | 34 | 47,7              | 45,0  | 6   |

Døgnprøver. 18.01 - 19.01.98

Parametre:

Jern dosering 8 mg Fe/l

Polymerdos. 1 mg AN 934/l

1,5 mg FO 4190 BPM/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hResirkulasjon 4,8 m<sup>3</sup>/hSandmengde Sandmengden var 8,1 kg/m<sup>3</sup> om kvelden

Slamprodukt. Den kjemiske slamproduksjon er beregnet til: 5,7 mg SS/mg Fe

| Klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |      | Ørtofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |    | Total-N<br>mg N/l |      |       |
|-------------|--------------------------|------|------|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|------|----|-------------------|------|-------|
|             | inn                      | ut   | %    | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut   | %  | inn               | ut   | %     |
| 09.30-11.00 | 5,0                      | 15,8 | -216 | 0,28                 | 0,15 | 47 | 0,29               | 0,17 | 44 | 12,0        | 8,7  | 27 | 11,9              | 13,4 | -12,6 |
| 11.30-13.00 | 12,0                     | 18,0 | -50  | 0,36                 | 0,22 | 38 | 0,57               | 0,36 | 37 | 13,3        | 10,8 | 19 | 16,7              | 17,9 | -7,2  |
| 13.30-15.00 | 40,9                     | 24,3 | 41   | 0,79                 | 0,55 | 30 | 1,17               | 0,69 | 41 | 19,7        | 14,4 | 27 | 24,6              | 22,3 | 9,3   |
| 15.30-17.00 | 67,9                     | 26,9 | 60   | 1,00                 | 0,57 | 43 | 1,42               | 0,79 | 44 | 25,8        | 17,3 | 33 | 29,1              | 23,9 | 17,9  |
| 17.30-19.00 | 55,8                     | 29,5 | 47   | 0,68                 | 0,44 | 35 | 1,23               | 0,87 | 30 | 29,9        | 15,8 | 44 | 23,2              | 19,9 | 14,2  |
| 19.30-21.00 | 52,7                     | 23,6 | 55   | 0,54                 | 0,41 | 25 | 1,18               | 0,69 | 42 | 24,2        | 18,8 | 22 | 25,8              | 20,8 | 19,4  |
| 21.30-23.00 | 54,5                     | 26,2 | 52   | 0,52                 | 0,41 | 21 | 1,21               | 0,70 | 42 | 27,5        | 17,8 | 35 | 26,7              | 24,6 | 7,9   |
| 23.30-01.00 | 54,5                     | 27,5 | 50   | 0,57                 | 0,43 | 24 | 1,33               | 0,72 | 46 | 26,1        | 18,4 | 30 | 27,5              | 25,1 | 8,7   |
| 01.30-03.00 | 50,0                     | 34,3 | 31   | 0,76                 | 0,45 | 41 | 1,13               | 0,80 | 29 | 24,9        | 17,5 | 30 | 27,8              | 26,3 | 5,4   |
| Samlet      | 43,7                     | 25,1 | 43   | 0,61                 | 0,40 | 34 | 1,06               | 0,64 | 39 | 22,6        | 15,6 | 31 | 23,7              | 21,6 | 9,0   |

Døgnprøver. 02.02-03.02.1998

Parametre:

Jern dosering 8 mg Fe/l

Polymerdos. 1 mg AN 934/l

1,5 mg FO 4190 BPM/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hResirkulasjon 6,4 m<sup>3</sup>/h

Sandmengde Om ettermiddagen var det "roping" mesteparten av tiden. Tilsatte 50 kg sand om kvelden, tilsatte 25 kg sand om morgenen.

| Klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |     | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |       |     | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|-----|--------------------|------|----|-------------|-------|-----|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %   | inn                | ut   | %  | inn         | ut    | %   | inn               | ut   | %    |
| 14.00-15.30 | 189,0                    | 59,6 | 68 | 0,31                 | 0,27 | 13  | 3,82               | 1,77 | 54 | 56,7        | 39,7  | 30  | 35,3              | 31,3 | 11,4 |
| 16.00-17.30 | 190,0                    | 47,7 | 75 | 0,20                 | 0,18 | 11  | 3,36               | 0,89 | 73 | 67,7        | 54,8  | 19  | 37,0              | 31,4 | 15,1 |
| 18.00-19.30 | 239,0                    | 47,9 | 80 | 0,25                 | 0,25 | 1   | 2,77               | 1,18 | 58 | 91,0        | 82,7  | 9   | 38,5              | 30,0 | 22,1 |
| 20.00-21.30 | 144,0                    | 49,5 | 66 | 0,31                 | 0,44 | -43 | 2,52               | 1,50 | 40 | 144,0       | 157,0 | -8  | 33,1              | 28,6 | 13,8 |
| 22.00-23.30 | 109,0                    | 45,6 | 58 | 0,26                 | 0,35 | -36 | 2,25               | 1,37 | 39 | 43,4        | 48,1  | -11 | 35,1              | 31,2 | 11,1 |
| 00.00-01.30 | 118,0                    | 59,0 | 50 | 0,88                 | 0,26 | 70  | 3,48               | 1,71 | 51 | 45,5        | 42,1  | 7   | 34,1              | 28,7 | 15,8 |
| 02.00-03.30 | 85,0                     | 41,9 | 51 | 0,69                 | 0,39 | 44  | 2,20               | 1,48 | 33 | 30,4        | 19,1  | 37  | 34,9              | 28,2 | 19,2 |
| 04.00-05.30 | 58,6                     | 28,3 | 52 | 0,88                 | 0,25 | 64  | 1,84               | 0,98 | 47 | 25,1        | 17,9  | 29  | 30,4              | 26,4 | 13,2 |
| 06.00-07.30 | 36,1                     | 25,3 | 30 | 0,52                 | 0,16 | 69  | 1,87               | 0,81 | 57 | 17,6        | 15,1  | 14  | 30,7              | 27,3 | 11,1 |
| 08.00-09.30 | 33,8                     | 24,0 | 29 | 0,33                 | 0,10 | 70  | 1,18               | 0,61 | 49 | 28,3        | 14,5  | 49  | 29,8              | 24,7 | 17,1 |
| 10.00-11.30 | 64,0                     | 26,6 | 58 | 0,24                 | 0,13 | 44  | 2,05               | 0,84 | 59 | 88,1        | 60,3  | 30  | 53,0              | 25,3 | 52,3 |
| 12.00-13.30 | 90,8                     | 23,3 | 74 | 1,57                 | 0,15 | 90  | 3,05               | 1,05 | 66 | 88,7        | 60,6  | 32  | 66,6              | 32,5 | 51,2 |
| Samlet      | 113,1                    | 39,9 | 65 | 0,52                 | 0,24 | 53  | 2,53               | 1,18 | 53 | 60,4        | 51,0  | 16  | 38,2              | 28,8 | 24,6 |

Døgnprøver. 08.02.98-09.02.98

Parametre:

Jerndosering 8 mg Fe/l

Polymerdos. 1 mg AN 934/l

1,5 mg FO 4190 BPM/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hRejekt 6,4 m<sup>3</sup>/hSandmengde Sandmengde var 11 kg/m<sup>3</sup> kl. 10.00, om kvelden var den 10 kg/m<sup>3</sup>

| Klokkeslett | Suspensert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |      |    | Total -P<br>mg P/l |      |    | KOF<br>mg/l |      |     | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|------|----|--------------------|------|----|-------------|------|-----|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut   | %  | inn                | ut   | %  | inn         | ut   | %   | inn               | ut   | %    |
| 08.20-09.50 | 82,3                     | 46,2 | 44 | 0,07                 | 0,03 | 53 | 0,81               | 0,30 | 63 | 20,3        | 13,0 | 36  | 14,3              | 11,5 | 19,6 |
| 10.20-11.50 | 64,9                     | 21,8 | 66 | 0,20                 | 0,04 | 78 | 0,83               | 0,18 | 79 | 17,8        | 9,9  | 44  | 18,9              | 15,7 | 16,9 |
| 12.20-13.50 | 73,8                     | 23,1 | 69 | 0,28                 | 0,10 | 63 | 0,95               | 0,24 | 74 | 25,1        | 12,5 | 50  | 24,1              | 20,0 | 17,0 |
| 14.20-15.50 | 83,8                     | 33,5 | 60 | 0,42                 | 0,23 | 46 | 1,48               | 0,47 | 66 | 41,8        | 15,0 | 64  | 23,8              | 21,8 | 8,4  |
| 16.20-17.50 | 68,1                     | 26,5 | 61 | 0,26                 | 0,12 | 54 | 0,95               | 0,23 | 76 | 21,7        | 11,5 | 47  | 15,6              | 14,1 | 9,6  |
| 18.20-19.50 | 47,6                     | 15,5 | 67 | 0,11                 | 0,04 | 68 | 0,62               | 0,07 | 89 | 17,1        | 8,9  | 48  | 9,3               | 8,6  | 8,4  |
| 20.20-21.50 | 65,3                     | 11,0 | 83 | 0,04                 | 0,03 | 28 | 0,72               | 0,13 | 82 | 16,4        | <3   | >82 | 6,3               | 4,6  | 26,9 |
| 22.20-23.50 | 91,4                     | 14,7 | 84 | 0,04                 | 0,03 | 21 | 0,66               | 0,10 | 85 | 12,2        | 4,1  | 67  | 5,1               | 3,3  | 35,7 |
| 00.20-01.50 | 66,5                     | 21,2 | 68 | 0,04                 | 0,03 | 29 | 0,38               | 0,12 | 68 | 20,6        | 4,1  | 80  | 4,6               | 3,2  | 31,7 |
| 02.20-03.50 | 35,0                     | 13,0 | 63 | 0,04                 | 0,03 | 28 | 0,30               | 0,11 | 63 | 11,1        | 3,1  | 72  | 4,3               | 3,6  | 17,6 |
| 04.20-05.50 | 19,6                     | 8,5  | 57 | 0,05                 | 0,03 | 30 | 0,18               | 0,04 | 80 | 8,9         | 4,0  | 55  | 4,0               | 3,4  | 14,9 |
| 06.20-07.50 | 11,5                     | 5,7  | 50 | 0,03                 | 0,03 | 19 | 0,15               | 0,03 | 81 | 7,6         | 3,1  | 59  | 4,0               | 3,6  | 10,1 |
| Samlet      | 69,2                     | 20,1 | 66 | 0,13                 | 0,06 | 53 | 0,67               | 0,17 | 75 | 18,4        | 7,4  | 60  | 11,2              | 9,4  | 15,7 |

Døgnprøver. 04.03.98-05.03.98

Parametre:

Jern dosering 0 mg Fe/l

Polymer dos. 1 mg AN 934/l

2 mg FO 4190 BPM/l

Vannmengde 80 m<sup>3</sup>/hResirkulasjon 6,4 m<sup>3</sup>/h

Sandmengde Tilsatte 50 kg ved starten av forsøket. Frem til kl. 10.20 var det litt lite sand 4 kg/m<sup>3</sup>. Prøve da å løsne sanden fra bunnen av lamellsep. Da ble sandreturen ok, med tilnærmet "roping". Kl. 11.00 6 kg/m<sup>3</sup>, kl. 14.00 8 kg/m<sup>3</sup>, kl. 18.20 8,4 kg/m<sup>3</sup>. Om morgenen var det fremdeles tilnærmet "roping".

| Klokkeslett | Suspendert stoff<br>mg/l |      |    | Ortofosfat<br>mg P/l |       |    | Total -P<br>mg P/l |       |     | KOF<br>mg/l |      |      | Total-N<br>mg N/l |      |      |
|-------------|--------------------------|------|----|----------------------|-------|----|--------------------|-------|-----|-------------|------|------|-------------------|------|------|
|             | inn                      | ut   | %  | inn                  | ut    | %  | inn                | ut    | %   | inn         | ut   | %    | inn               | ut   | %    |
| 09.50-11.20 | 169                      | 51,2 | 70 | 0,611                | 0,261 | 57 | 3,05               | 0,599 | 80  | 120         | 76,7 | 36   | 48                | 41,7 | 13   |
| 11.50-13.20 | 135                      | 66,2 | 51 | 0,575                | 0,387 | 33 | 2,73               | 1,27  | 53  | 114         | 70,6 | 38   | 48                | 38,9 | 19   |
| 13.50-15.20 | 139                      | 74,4 | 46 | 0,641                | 0,456 | 29 | 3,27               | 2,32  | 29  | 81,4        | 55,3 | 32   | 51,1              | 43   | 16   |
| 15.50-17.20 | 123                      | 69,4 | 44 | 0,724                | 0,424 | 41 | 3,08               | 2,67  | 13  | 87,3        | 65,2 | 25   | 47,3              | 40,7 | 14   |
| 17.50-19.20 | 118                      | 62,8 | 47 | 0,461                | 0,339 | 26 | 2,68               | 1,64  | 31  | 62,4        | 48,8 | 22   | 53,6              | 33,5 | 38   |
| 19.50-21.20 | 139                      | 51,6 | 63 | 0,478                | 0,288 | 40 | 2,27               | 1,75  | 23  | 47,5        | 37,1 | 22   | 35,7              | 31,6 | 11   |
| 21.50-23.20 | 84,8                     | 52,2 | 38 | 0,342                | 0,317 | 7  | 1,2                | 1,36  | -13 | 36,9        | 30,6 | 17   | 35,8              | 30,2 | 16   |
| 23.50-01.20 | 79,9                     | 54,2 | 32 | 0,522                | 0,362 | 31 | 2,09               | 1,56  | 25  | 45,1        | 33,7 | 25   | 34,4              | 30,2 | 12   |
| 01.50-03.20 | 61,3                     | 40,5 | 34 | 0,596                | 0,511 | 14 | 1,54               | 1,22  | 21  | 63,4        | 26,2 | 59   | 34,5              | 30   | 13   |
| 03.50-05.20 | 41,4                     | 28,1 | 32 | 0,64                 | 0,541 | 15 | 1,37               | 0,964 | 30  | 21,3        | 16,7 | 22   | 35,8              | 33,2 | 7    |
| 05.50-07.20 | 23,8                     | 19,2 | 19 | 0,564                | 0,351 | 38 | 0,948              | 0,719 | 24  | 13,6        | 39,2 | -188 | 35,4              | 33,1 | 6    |
| 07.50-09.20 | 21,5                     | 19,4 | 10 | 0,419                | 0,214 | 49 | 0,824              | 0,577 | 30  | 17          | 14,7 | 14   | 35,6              | 31,8 | 11   |
| Samlet      | 94,6                     | 49,1 | 48 | 0,55                 | 0,37  | 32 | 2,09               | 1,40  | 33  | 59,2        | 42,9 | 27   | 41,3              | 34,6 | 15,6 |