

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

0 - 31

Undersøkelse av slamdannelse
i vannforsyningsnettet fra
Aurevatn, Bærum.

Saksbehandler: siv.ing. Kari Ormerod.

Rapporten avsluttet i oktober 1967.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E:

Side:

| | |
|---|----|
| FORORD | 5 |
| 1. PROBLEMSTILLING | 7 |
| 2. UNDERSØKELSER I PERIODEN FEBRUAR - AUGUST 1965 | 12 |
| 2.1. Undersøkelser og observasjoner foretatt av Bærum vannverks personale | 12 |
| 2.2. Undersøkelser foretatt av NIVA | 14 |
| a. Beskrivelse av undersøkelser av forskjellige typer vann og slam | 15 |
| b. Beskrivelse av avsetningsforsøk med strømmende vann | 15 |
| c. Beskrivelse av fnokkdannelsesforsøk med forskjellige typer vann fra Aurevatn renseanlegg | 18 |
| d. Resultater i tabellform | 19 |
| 2.3. Diskusjon av resultatene fra avsnitt 1 og 2 | 29 |
| 2.4. Forsøk med desinfisering av ledningsnettet med klor, samt klorbehovsanalyser. | 35 |
| 2.5. Konklusjon. | 37 |
| 3. UNDERSØKELSE MED SIKTE PÅ Å KLARGJØRE OMFANGET AV SLAMPRODUKSJONEN, SAMT HVORFOR DEN OPPTREER I DETTE LEDNINGSNETT | 37 |
| Utført i perioden fra oktober 1965 til juli 1966. | |
| 3.1. Ozoneringens innvirkning på vannets innhold av biologisk nedbrytbare stoffer | 37 |
| 3.2. Måling av suspendert stoff i vann fra fordelingsnettet fra Aurevatn renseanlegg. | 45 |
| a. Sedimentering under henstand | 45 |
| b. Måling av suspendert stoff ved hjelp av sentrifugering | 56 |
| c. Kvalitativ undersøkelse av suspendert materiale ved membranfiltrering | 58 |
| d. Diskusjon av resultatene fra de forskjellige forsøk på å måle suspendert stoff | 59 |
| 3.3. Konklusjon | 70 |
| LITTERATURFORTEGNELSE | 84 |
| LISTE OVER NOTATER FRA TIDEN APRIL 1965 TIL FEBRUAR 1966 | 85 |
| ANALYSEMETODER | 87 |

| T A B E L L F O R T E G N E L S E: | Side: |
|---|----------|
| 1 a. Kjemiske analyser av vannprøver fra ledningsnett 12/4 1965. | 20 |
| 1 b. Prøver som 1 a; effekt av 9 døgns lagring ved 4°C. | 21 |
| 2. Kjemiske analyser av forskjellige typer vannledningsslam | 22 - 23 |
| 3. Mikroskopering av forskjellige klage- og spyleslamprøver | 24-25-26 |
| 4. Tørrstoff og kjemisk oksygenforbruk av slam på plater fra renneforsøk i perioden juni - juli 1965 | 27 |
| 5. Mikroskopering av prøver fra renneforsøk | 28 |
| 6. Innhold av løst og suspendert mangan i vann fra forskjellige steder langs ledningsnett | 34 |
| 7. Klordosering i perioden februar - august 1965 | 36 |
| 8 a. Oversikt over bestemmelser av biologisk oksygenforbruk av vann fra forskjellige steder langs ledningsnett | 40 |
| 8 b. Prosentvis forhold mellom BOF i de forskjellige vanntyper | 41 |
| 9. Kjemiske analyser av vannprøver til BOF-forsøk. | 42 |
| 10 a. Orienterende BOF-forsøk med fortynningsvann podet med vann fra Åmodt-gården | 44 |
| 10 b. Testing av mulig baktericid virkning av mikrosilt kontra ozonert vann. | 44 |
| 11 a. Analyser av slamavsetninger i plastkar. | 48 |
| 11 b. Kalkulerte verdier basert på analysene fra tabell 11 a. | 49 |
| 12. Mikrobiologiske undersøkelser av slam fra avsetningskar. | 51 |
| 13 a. Begroing av objektglass i avsetningskar fra prøveserie 23/11 - 15/12-65. | 52 |
| 13 b. Begroing av objektglass i avsetningskar fra prøveserie 18/1 - 9/2-66. | 53 |
| 14. Analyser av sentrifugert suspendert stoff i vann fra Aurevatn-nettet. | 57 |
| 15. Sammenlikning mellom strømningsforhold og avsetningsmengder fra renne- og karforsøk. | 60 |
| 16. Sammenlikning mellom resultatene fra forsøkene på å bestemme avsetningsmengder (kar) og suspendert materiale (sentrifuge). | 66 |
| 17. Sammenlikning mellom suspendert materiale på Jordbærhaugen og Blommenholm. | 67 |
| 18. Analyser av totalt tørrstoffinnhold i råvann og behandlet vann. | 68 |
| 19. Analyser av suspendert stoff bestemt ved glassfiberfiltrering. | 68 |
| 20. Sammenlikning mellom det rensede vanns innhold av totalt tørrstoff, suspendert stoff og stoff som sedimenterer i karoppsetninger. | 69 |
| 21. Liste over registrerte klager over stygt vann ved Bærum vannverk, for perioden 10/2-1965 - 31/12-1966. | 71 |
| 22. Data fra tabell 21, bearbeidet for skjematisk framstilling i fig. 3 b og 3 c. | 83 |

F I G U R F O R T E G N E L S E:

Side:

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | Kart over forsyningsområdet fra Aurevatn, Bærum vannverk. | 6 |
| 2. | Grafisk driftshistorikk, renseanlegg Aurevatn | 8 |
| 3a. | Råvannsanalyser. | 9 |
| 3b. | Råvannsanalyser og klager år 1965. | 10 |
| 3c. | Råvannsanalyser, klager og klordioksyd-dosering år 1966. | 11 |
| 4. | Utseende av filtre etter filtrering av 200 ml lagret prøve. | 13 |
| 5. | Skisse av apparatur for avsetningsforsøk i strømmende vann. | 16 |
| 6. | Kjemisk oksygenforbruk av prøver fra renneforsøk i perioden juni - juli 1965. | 32 |
| 7. | Prosentvis forhold mellom BOF i de forskjellige vanntyper. | 43 |
| 8. | Oppstilling av apparatur for måling av avsetningsmengder. Lengdesnitt. | 46 |
| 9. | Eksempel på utseende av fnokker fra avsetningskar med og uten klortilsetning. | 54 |
| 10. | Eksempel på utseende av fnokker fra avsetningskar med og uten klortilsetning. | 55 |
| 11. | Resultater fra tabell 3 og 4 i Notat 1. | 62 |

FORORD

Denne rapport beskriver undersøkelser og eksperimenter som er foretatt i forbindelse med slamdannelsen i vannforsyningsnettet fra Aurevatn. Arbeidet er utført i samarbeid med vannverkets personale.

Rapporten beskriver arbeid utført i perioden januar 1965 - juli 1966. Fra april 1966 har vannverket forsøkt å bekjempe slamplagen ved tilsetning av desinfeksjonsmidlet klordioksyd. Undersøkelser og resultater i forbindelse med dette vil bli beskrevet i en etterfølgende rapport.

Blindern, den 2. oktober 1967.

Kari Ormerod.

1. PROBLEMSTILLING

Vannforsyningsnettet fra Aurevatn ble tatt i bruk 1. mai 1960. De første 3 år ble råvannet silt gjennom vanlig vannverksduk og tilsatt klor før det ble sendt gjennom en omløpsledning inn i vannforsyningsnettet. Den 25. mars 1963 ble mikrosilene og ozonanlegget satt i drift, men etter ca. $2\frac{1}{2}$ måned ble ozonanlegget stoppet, da det måtte foretas en del utbedringer. I de neste 5 måneder ble råvannet bare grovsilt og tilsatt klor som i perioden 1960 - 1963. I oktober 1963 ble renseanlegget igjen satt i gang, og fra 11. november var både mikrosilene, ozonanlegget og kalk-doseringen i drift. Bortsett fra to perioder på 2 - 3 uker i desember 1963 - januar 1964 og mai 1964, da råvannet igjen ble sendt inn på ledningsnettet via omløpsledningen, var hele renseanlegget i drift fram til mars 1965. Skjematisk driftshistorikk i fig. 2, fra notat 5.

I august 1964, etter sommerferien, begynte det å komme mange klager fra konsumentene om brune fnokker i vannet, mest fra områdene Valler, Løkeberg og Høvik. Det ble da tappet en del prøver fra disse områdene, og i prøver som tilsynelatende var helt fine da de ble tappet, kom det utfnokking etter et par dagers henstand. Forsøk med henstand av vann fra hovedledning (Jordbærhaugen, Grinda, Løken) ga samme resultat. Vannet i ledningsnettet hadde på den tid en temperatur på $12 - 14^{\circ}\text{C}$, jerninnholdet i vannet lå stort sett i området $0,25 - 0,30 \text{ g/m}^3$, pH i overkant av 7. I forbindelse med klagen ble det satt i gang spyling, og vannet fikk samtidig en klor-tilsetning på $0,6 \text{ g/m}^3$. I slutten av august forsvant fnokkdanningstendensen fra hovedledningen, men det var spredte forekomster av fnokker i det øvrige ledningsnett ut november måned 1964.

Neste tilfelle av fnokkdannelse i vann fra hovedledningen ble oppdaget i slutten av januar 1965. Vanntemperaturen var da ca. 4°C , jerninnholdet $0,15 - 0,18 \text{ g/m}^3$, pH i overkant av 7. Kort tid etter begynte klagen å komme fra forskjellige steder langs fordelingsnettet. I perioden $10/2 - 3/4$ 1965 ble det registrert 103 klager over stygt og brunt vann som tettet siler, laget brune flekker på klesvasken etc. Bare 6 av klagen lot seg føre tilbake til rørbrudd og lekkasjer i de områder klagen kom fra. Av de øvrige 96 klagen kom 68 fra abonnenter som var tilknyttet endeleddninger, 21 fra ringledninger og 7 fra hovedledninger. Den tredje og fjerde påskedag ($20 - 21/4$) kom det, som etter sommerferien 1964, inn en mengde klager til vannverket over stygt, brunt vann (notat 9).

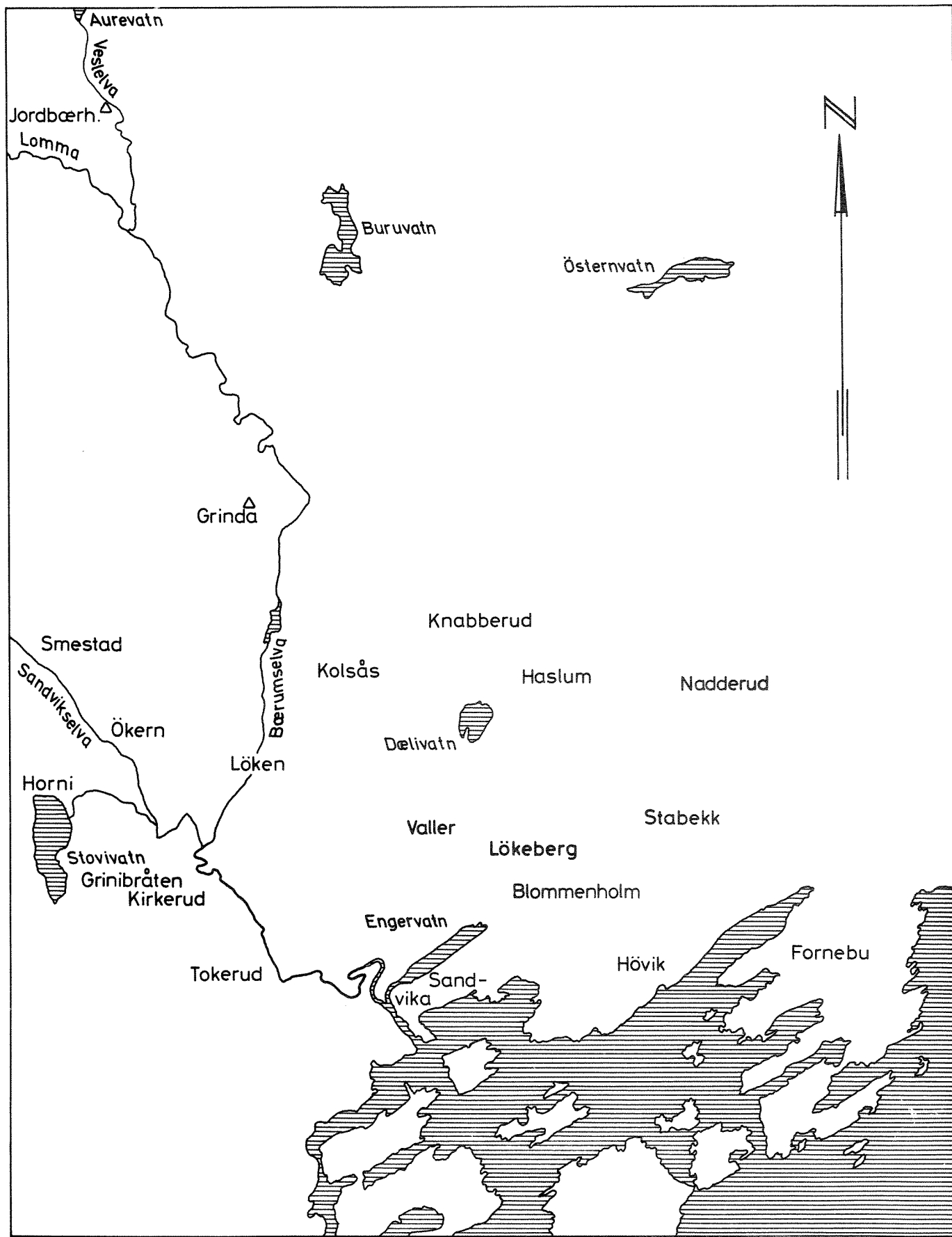


Fig.1 NIVA 0-31 3388

Fig. 2 Grafisk driftshistorikk, renseanlegg Aurevann

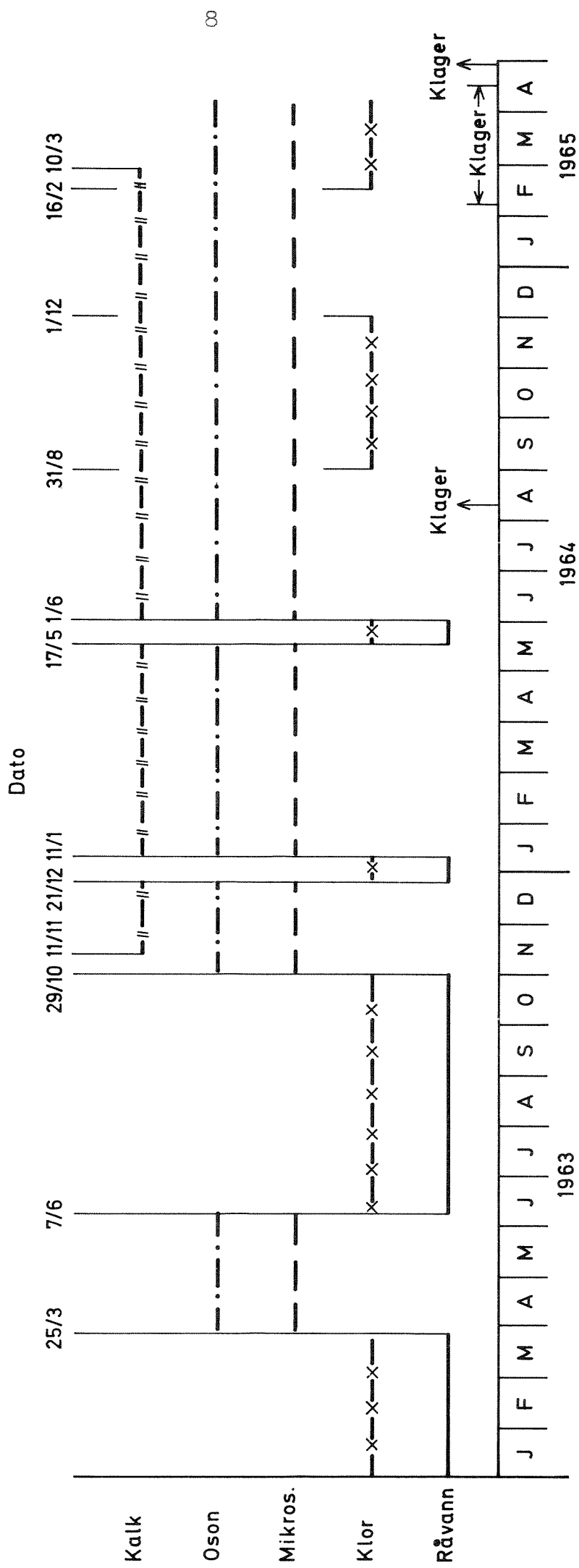
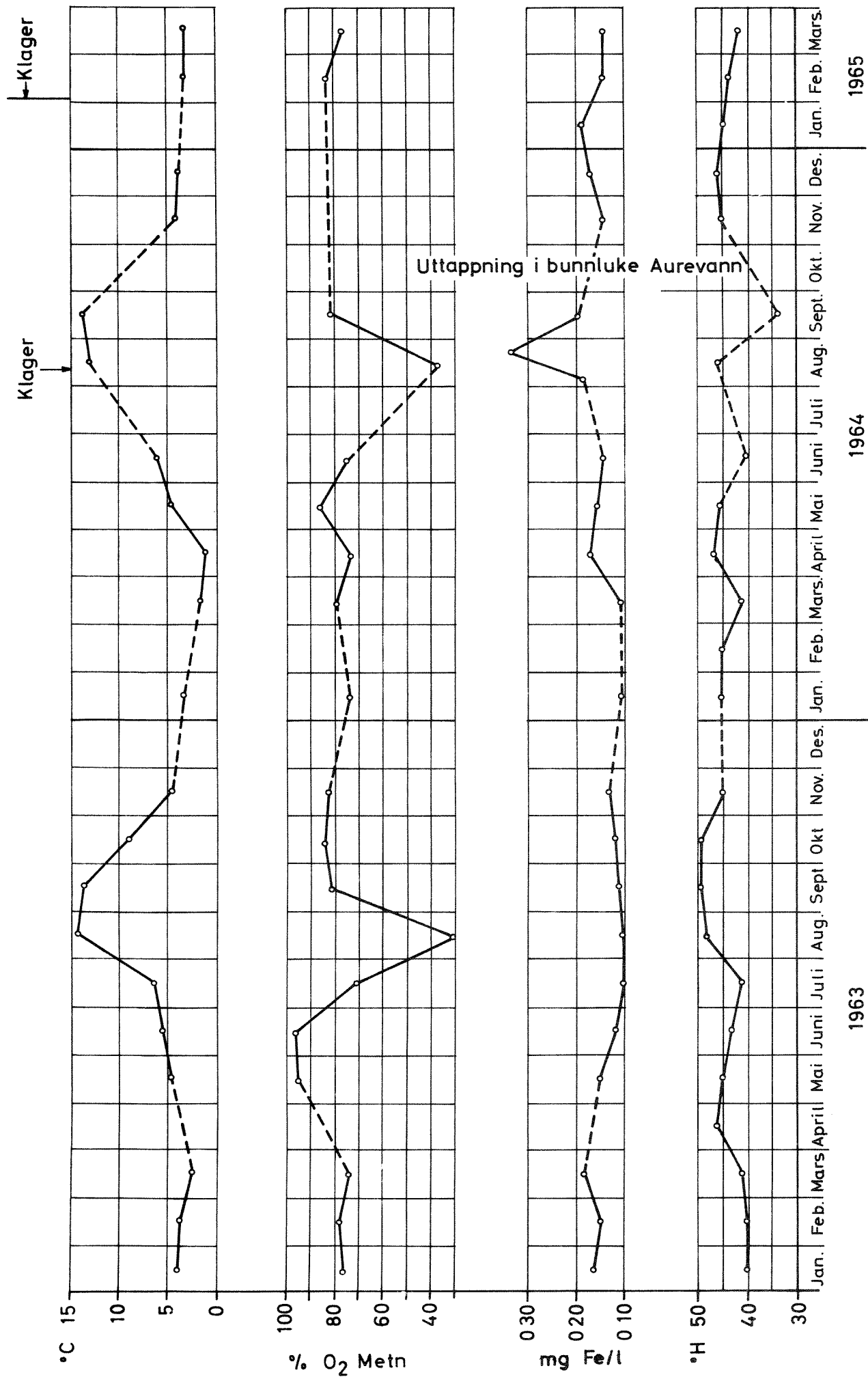
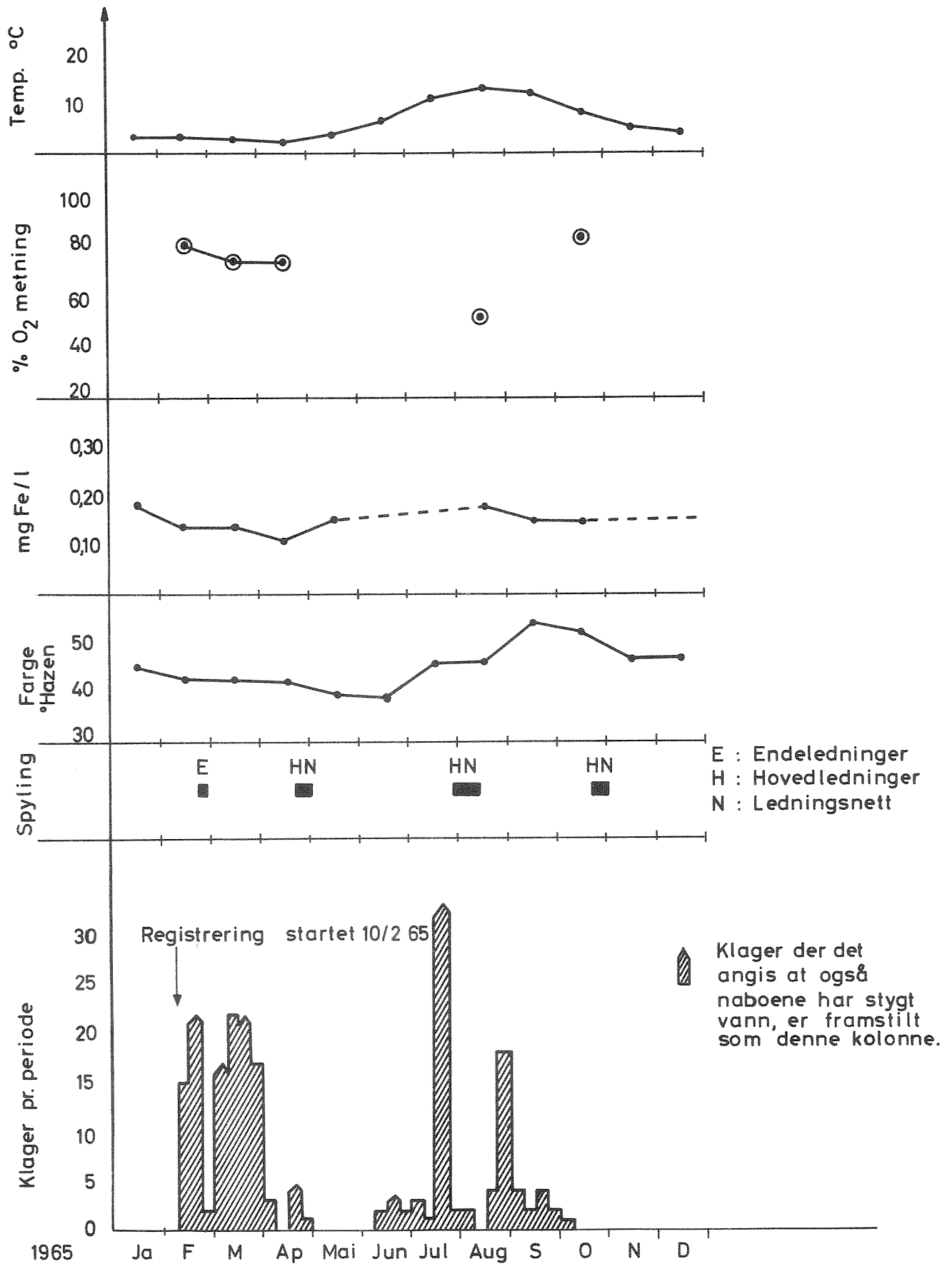


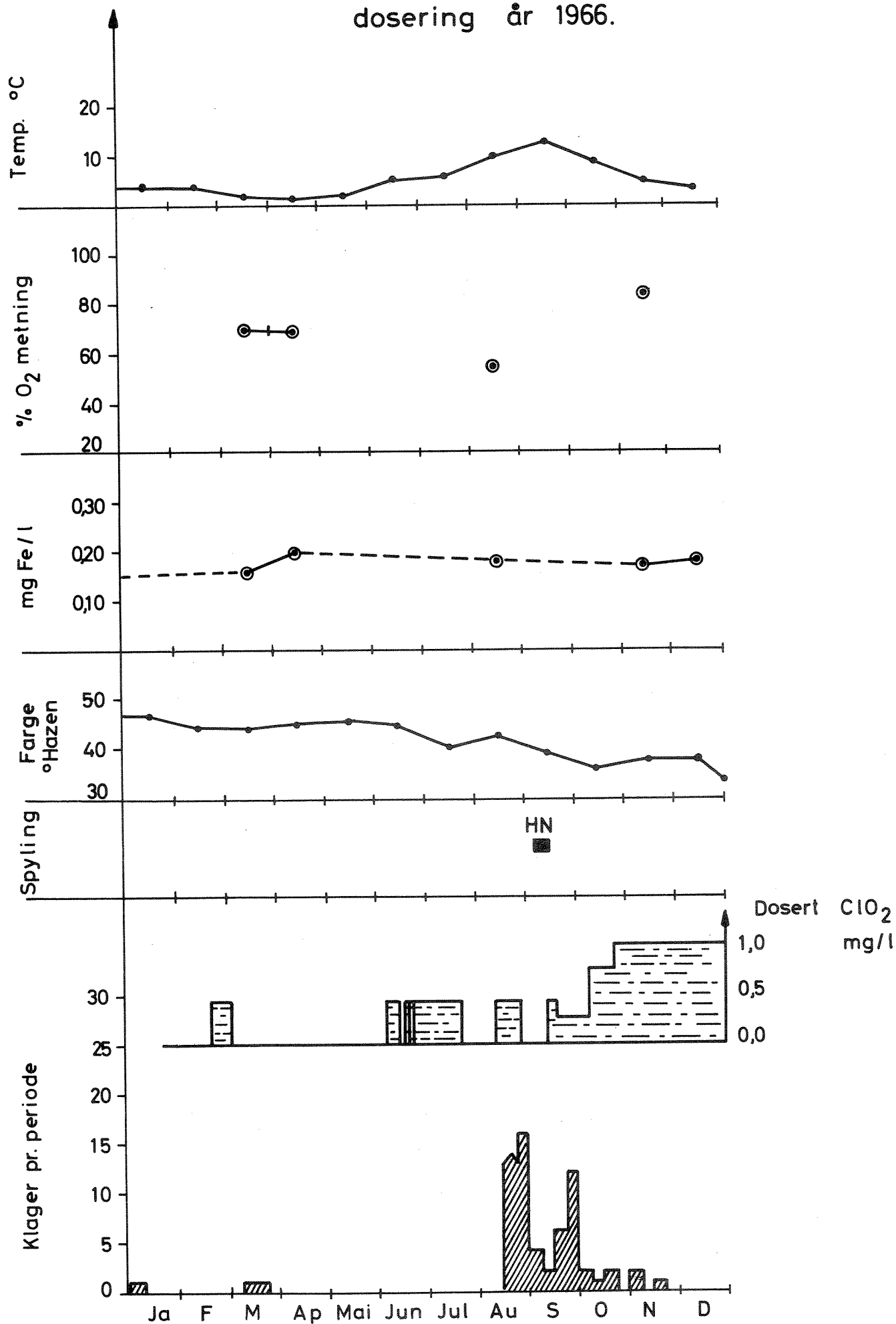
Fig. 3 Råvannsanalyser.



0-31 Fig. 3b Råvannsanalyser og klager år 1965.



O-31 Fig. 3c Råvannsanalyser, klager og klordioksyd-dosering år 1966.



Vannverkets ledelse tok i mars måned kontakt med Norsk institutt for vannforskning for å få hjelp til å løse dette problemet. NIVA påtok seg å utføre de undersøkelser som ble funnet nødvendig, og det ble besluttet at representanter fra NIVA og Bærum vannverk skulle komme sammen til ukentlige møter for å drøfte problemene og resultatene av de undersøkelsene som var foretatt. Det ble holdt i alt 9 slike møter, og de løpende resultater ble lagt fram som notater. Liste over notatene, side 85.

Fra den 10/2 1965 ble klager over vannet registrert i egen bok ved Bærum vannverk. Fig. 3 b og 3 c viser foruten råvannsanalyser også en skjematisk framstilling over antall klager i årene 1965 - 66. (Data om denne skjematisk framstilling finns i tabell 22, og liste over de registrerte klagene i tabell 21). Ved å betrakte figurene 3 a - c kan en se at klageperioden fra vinteren 1964/65 ikke gjentok seg året etter, da det bare ble registrert enkelte spredte klager i januar og mars. Klageperioden fra sommeren 1964 gjentok seg imidlertid både i 1965 og 1966. Under spyleperioden begge disse somre gikk klageantallet ned, antakelig på grunn av at spylingen var annonsert i dagspressen. Etter at spylingen var avsluttet steg klageantallet igjen, for deretter å avta utover høstmånedene. Klagene hver sommer så ut til å komme etter en periode med relativt lav oksygenmetning av vannet, og i en periode med relativt høy vanntemperatur. Kun i 1964 viste klageperioden sammenheng med høyt innhold av jern. Variasjoner i råvannets farge så ikke ut til å ha forbindelse med klageperiodene.

Det var etter dette ikke mulig, ved hjelp av de analyserte parametre for råvann, å finne noen sammenheng mellom råvannskvalitet og klager over stygt vann.

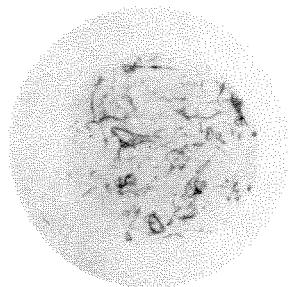
2. UNDERSØKELSENE I PERIODEN FEBRUAR - AUGUST 1965

2.1. Undersøkelser og observasjoner foretatt av Bærum vannverks personale.

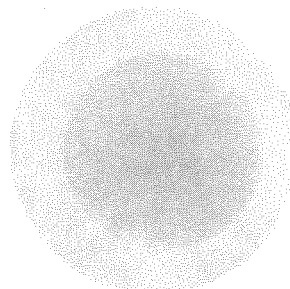
Etter den første klageperioden, august 1964, så det ut som om klortilsetning reduserte vannets evne til fnokkdannelse. Derfor ble klordoseringen, som var stoppet 1/12 1964, satt igang igjen den 15/2 1965 etter at klagene var begynt å komme.

Kalkdoseringen på $5,7 \text{ g/m}^3$ vann ble stoppet den 10/3, da en fryktet at kalkingen kanskje var en medvirkende årsak til slamproblemet i lednings-

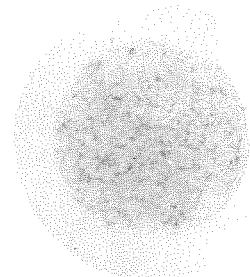
Fig. 4 UTSEENDE AV FILTRE ETTER FILTRERING AV 200 ML LAGRET PRØVE



Prøve fra Jordbærhaugen,
den 20/1-65 etter 13 døgns
henstand ved værelsestemperatur.



Prøve fra råvann, Aurevatn,
den 28/1-65 etter 5 døgns
henstand.



Prøve fra Jordbærhaugen,
den 29/1-65 etter 4 døgns
henstand.

Prøvene ble filtrert gjennom Whatman GF/C glassfiberfiltre med diameter 5,5 cm.

nettets. Renseanleggets personale fant fra begynnelsen av april at tendensen til fnokkdannelse på det tidspunkt var vesentlig redusert; fra fnokker etter 2 døgn under klageperioden, til fnokkdannelse først etter 6 døgn i april. Fig. 4 viser utseende av filterne etter filtrering av prøver med fnokker fra januar måned 1965.

Klordoseringen på 0,8 g klor/m³ vann (0,8 ppm) ga en restklormengde på 0,25 - 0,30 ppm i øvre ende av renvannsmagasinet, og 0,02 - 0,03 ppm på Jordbærhaugen, men lengre ned i ledningsnettets var restklormengden ubetydelig.

Vann fra Jordbærhaugen viste i begynnelsen av april, altså med klor, men uten kalk, pH 5,6. Videre nedover ledningsnettets steg pH-verdien et partiedeler (notat 6).

Vannverkets personale hadde også observert at periodene med mange klager så ut til å ha forbindelse med vannforbruket: I selve påskeuken var vannforbruket lavt, men 3. påskedags formiddag var forbruket ekstra stort, noe som skyldtes at de fleste husmødre satte i gang med klesvasken etter påskeferien.

2.2. Undersøkelser foretatt ved NIVA.

Planlagte forsøk:

De første tiltak som ble satt i verk skulle tjene til å avhjelpe den akutte situasjon med høyt slaminnhold i vannet. Det ble besluttet at NIVA i første omgang skulle ta vannprøver fra nettet og få disse analysert, for om mulig å få karakterisert det typiske klagevann, og for å finne ut hva slammet besto av. Deretter skulle det foretas en grundig spyling av fordelingsnettets fra Aurevatn, og NIVA skulle undersøke spyleslammet. Det ble ansett som en fordel om NIVA også kunne få undersøke spyleslam fra fordelingsnettets fra Østernvatn, fordi det var kommet få klager fra dette fordelingsnettets i perioder med stadige klager fra Aurevatnsnettets.

For å undersøke om renseprosessene ved vannverket hadde innflytelse på vannets evne til slamdannelse, ble det besluttet å sette opp et strømningsforsøk med de forskjellige vanntyper. En håpet hermed å få en kvantitativ bestemmelse av avsetningsmengden samt eventuell vekst av mikroorganismer i de forskjellige vanntyper.

Det ble også planlagt forsøk som hadde til hensikt å finne hvilke faktorer som hadde innvirkning på vannets evne til å danne fnokker.

Utførelse og resultater:

a. Undersøkelse av vann- og slamprøver.

Den 12/4 1965 ble det samlet inn vannprøver fra forskjellige steder langs fordelingsnettets fra Aurevatn, og disse prøvene ble analysert for visse kjemiske komponenter. Resultatene er sammenstilt i tabell 1 a og 1 b. Detaljer om analysene er før presentert i notatets form; notat nr. 13 og 15.

Enkelte prøver av klagevannet før påske ble brakt til NIVA til undersøkelse. Under spyling av hovedledningen fra Aurevatn natt til 24/4 ble det samlet spyleslam fra forskjellige steder langs ledningen. Under spyling ble det bemerket av vannverksarbeidere og rørleggere som hadde vært med på slik spyling i 20 - 30 år, at de aldri før hadde opplevd å få så mye slam ut av ledningene som da. I tiden 26 - 30/4 ble alle kanaler og ledninger innen renseanlegget rengjort og spylt; også inntakstunnelen og omløpsledningen. Spyleslamprøver ble tatt, og alle prøvene ble brakt til NIVA.

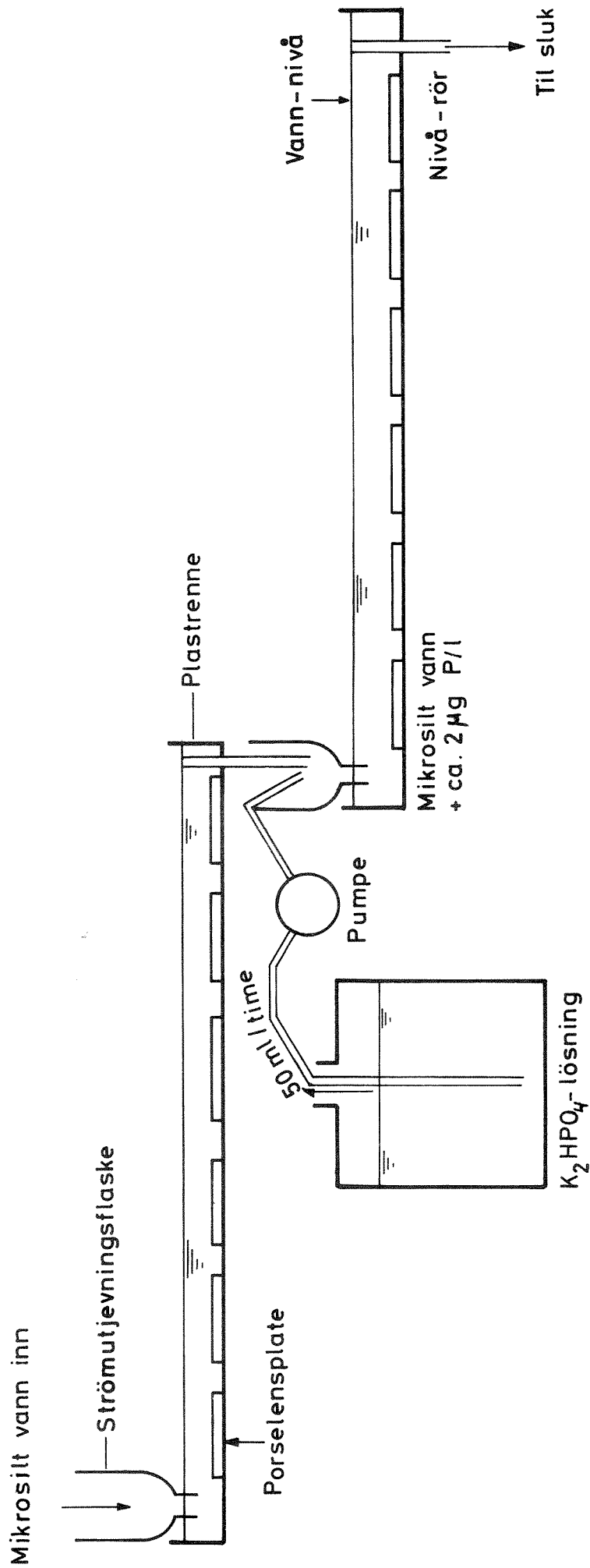
Slam fra renavnsmagasinet ble den 5/5 samlet inn av noen av NIVA's ansatte (notat nr. 14). Slam fra spyling av Østernvatns fordelingsnett den 13/5 ble også levert inn til NIVA. Dessuten fikk vi i midten av mai inn spyleslamprøver fra Asker vannverks ledningsnett, og den 16/6 en liknende prøve fra Nesoddtangen. De kjemiske analysene av alle disse slamprøvene er sammenstilt i tabell 2; de mikroskopiske undersøkelsene i tabell 3. Resultatene ble først publisert i notatene 10, 11 og 14.

b. Avsetningsforsøk med strømmende vann.

Etter en del eksperimentering med å finne egnet apparatur og prøvested, ble dette forsøk gjennomført i perioden 9/6 - 31/7 1965.

Den valgte apparatur besto av 90 cm lange renner av polyetylen; tverrsnitt 4,5 x 4,5 cm, med tverrvegger i begge ender. Vannet ble ledet inn i den ene enden av rennen, i den andre enden rant det ut gjennom et overløpsrør slik at rennene var helt fylt med vann, og vannføringen ble regulert likt for alle rennene. Langs rennenes bunn ble det plassert steriliserte

Fig. 5 Skisse av apparatur for avsetningsforsök i strömmende vann
Eksempel fra oppsats for mikrosilt vann



porselenplater; 6 i hver renne (skisse på fig. 5). I løpet av forsøkene ble det med jevne mellomrom tatt ut plater, og vekst og avsetninger ble skrapet av og kvantitativt bestemt.

Renner for råvann og mikrosilt vann (og mikrosilt vann tilsatt fosfat) ble plassert i kjelleren ved siden av verkstedet på Aurevatn renseanlegg. Renner for ozonert vann [†] kalktilsetning ble først forsøkt plassert ved et uttak utenfor ozoneringskammeret, men vannet inneholdt så mye rest-ozon at det hindret vekst i rennene; det virket desinfiserende.

Grunnen til at vi ville ha ozonert vann [†] kalk, kom av mistanken fra vannverkets ansatte om at kalktilsetningen kunne ha innvirkning på fnokkdannelsen. Ved begroingsforsøk i NIVA's innendørs renneanlegg var det blitt observert at et tilskudd av orto-fosfat, selv i så små mengder som 2 mg P/m^3 , ga stor økning av begroingen i rennene. NIVA analyserte kalken som ble brukt i renseanlegget, og fant at den inneholdt nok orto-fosfat til at doseringsmengden ville bringe fosfattilskuddet opp til nevnte størrelsesorden. Da det ikke var mulig å bruke ozonert vann fra ozoneringskammeret til renneforsøket, og da vannet ved Jordbærhaugen i denne forsøksperioden allerede var tilsatt kalk, ble det valgt å teste virkningen av fosfat-tilskudd med mikrosilt istedenfor ozonert vann. Det ble av praktiske grunner valgt å tilsette K_2HPO_4 istedenfor kalk, og fosfatløsningen ble dosert til rennen med pumpe. Renner for ferdig behandlet vann kunne heller ikke plasseres i selve renseanlegget på grunn av at den stadig økende klortilsetningen til vannet ville kunne komme til å hindre eventuell vekst i rennene. Derfor ble rennen for ferdig behandlet vann plassert på Jordbærhaugen.

Frengangsmåte ved høsting av slam fra plater:

Platen ble tatt forsiktig ut av rennen, og slammet ble skrapet og spylt av med gummiskraper og destillert vann. Slammet ble skilt fra vaskevannet ved filtrering gjennom Whatman GF/C glassfiberfiltre som på forhånd var kokt i kaliumdikromat-løsning, vasket, tørket ved 105° og veid. Filtrene ble igjen tørket og veid, og etterpå ble slammets kjemiske oksygenforbruk bestemt ved å la hele filtret være med i oksydasjonsprosessen (kaliumdikromat-metoden).

Forbehandlingen av GF/C-filtrene med kaliumdikromat så ut til å gjøre dem mindre egnet til tørrstoffanalyser, slik at bare få av prøvene ga representative resultater. Resultatene fra dikromat-analysene, tabell 4, er skjematisk fremstilt i fig. 6.

Langs rennenes sider ble det lagt ned objektglass som med jevne mellomrom ble tatt ut for mikroskopiske undersøkelser. Også den først prøvde gjennom-

strømningsapparat, som besto av glassrør på ca. $1\frac{1}{2}$ m lengde og diameter ca. 25 mm, hadde innlagt objektglass. Disse objektglass ble tatt ut for mikroskopering på samme måte som for plastrennene. Rørene måtte ha vanngjennomstrømning under hele forsøksperioden på grunn av at vannføringsreguleringen var knyttet til dem. Resultatene fra mikroskoperingene finnes i tabell 5.

c. Utfnokningsforsøk med forskjellige typer vann fra Aurevatn renseanlegg.

For om mulig å klargjøre hvorfor det ble dannet fnokker i vannet fra ledningsnettet etter en tids henstand, ble det besluttet å utføre lagringsforsøk med forskjellige typer vann. Vannet ble tappet direkte på sterile kolber den 23/4 1965, og lagret ved værelsestemperatur til den 21/6 1965, da alle prøvene ble filtrert. Med jevne mellomrom ble det kontrollert om det var kommet fnokker i prøvene.

Prøveserie I ble utført slik:

| Type vann, tappet 23/4-65 (ingen kalkdosering) | Behandling ved NIVA | |
|---|-------------------------------------|---|
| | Podet med vann fra Jordbærhaugen | Tilsatt 3,6 ml mett kalkløsn. pr.l; pH ca. 7 |
| Råvann | ja | nei |
| Råvann | nei | nei |
| Mikrosilt, ozonert | ja | nei |
| " " | ja | ja |
| " " | nei | ja |
| " " | nei | nei |
| Jordbærhaugen | | nei |
| " | | ja |

Det ble også satt opp et annet lagringsforsøk med mikrosilt, ozonert vann.

Prøveserie II:

Plastflasker á 3 l ble den 12/4 fylt med mikrosilt, ozonert vann, og følgende stoffer ble tilsatt:

| | |
|---------------|---|
| Flaske nr. 1: | Ingen tilsetning |
| " " | 2: $\text{Ca}(\text{OH})_2$, 6 mg/l |
| " " | 3: NH_4NO_3 , 10 mg/l + K_2HPO_4 , 5 mg/l |
| " " | 4: HgCl_2 , 1 mg/l. |

Prøver av vannet i flaskene ble filtrert gjennom membranfiltre flere ganger under lagringsperioden, som varte i ca. 2 mnd. til den 14/6 1965.

d. Resultater i tabellform.

Resultatene fra forsøkene beskrevet i avsnitt 2.2. er presentert i tabellform på de etterfølgende sider.

Tabell 1 a

KJEMISKE ANALYSER AV VANNPRØVER FRA LEDNINGSNETTET 12/4 1965

| Analyse | Prøvested | | Råvanns- magasin | Mikrosilt vann | Mikrosilt, ozonert, klorert vann | Jordbær- haugen | Grinda | Løken | Framhalds- skolen | Fjordvn. |
|--|--------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|---|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------|----------------|
| | For- behandling | Ingen | | | | | | | | |
| Stoff fra- filtrerbart på GF/A- filter, mg/l | Ingen | Ingen | 1,40 | 0,25 | 0,18 | 1,40 0,51 | 4,56 | 2,04 0,31 | 0,35 | 0,25 |
| mg O/l | Ingen | Ingen | | | 12,80 | | 12,43 | | 12,46 | 12,15 |
| Farge mg Pt/l (Hazen) | Ingen: Etter filtrering: | 48 36 | | 41 37 | 17 17 | 18 15 | 96 30 | 91 52 | 20 19,5 | 17 15 |
| Kjemisk oksygenforbr. KMnO ₄ , mg O/l | Ingen: Etter filtrering: | 6,0 6,0 | | 6,3 6,7 | 4,9 4,8 | 5,3 5,0 | 5,2 4,7 | 4,8 4,4 | 4,7 4,6 | 4,8 4,3 |
| Totalt jern- innhold, mg Fe/l | Ingen: Etter filtrering: | 0,245 0,085 | | 0,140 0,120 | 0,160 0,130 | 0,545 0,190 | 0,850 0,385 | 1,250 0,695 | 0,180 0,090 | 0,185 0,105 |
| mg Fe ⁺⁺ /l | Ingen: Etter filtrering: | 0,175 0,080 | | 0,100 0,090 | 0,170 0,130 | 0,390 0,170 | 0,600 0,285 | 0,850 0,420 | 0,190 0,090 | 0,180 0,105 |
| Hårhet, mg CaO/l | Etter filtrering: | 5,3 | - | | 5,4 | 5,6 | 5,2 | 5,5 | 5,5 | 5,5 |
| Bemerkninger | | Dårlig prøve- taking | | | | Dårlig prøve- taking | Uheldig prøve- taking | Dårlig prøve- taking | | |

Tabell 1 b

KJEMISKE ANALYSER AV VANNPRØVER FRA LEDNINGSNETTET, 12/4 1965

Effekt av 9 døgn lagring av vannprøvene ved 4°C.

UF = ufiltrert, F = filtrert prøve.

| Analyse | Prøvested Be- handling | Mikrosilt vann | | Ozonert, kloret vann | | Framhalds- skolen | | Fjordvn. | | Ozonert, kloret vann tilsatt kalk (7ppm.) |
|--|------------------------------|-------------------|-------|----------------------------|-------|----------------------|-------|----------|-------|--|
| | | UF | F | UF | F | UF | F | UF | F | |
| Frafiltrert- bart stoff på GF/Λ- filter, mg/l | Før lagring | 0,25 | | 0,18 | | 0,35 | | 0,24 | | - |
| | Etter lagring | 0,18 | | 0,12 | | 0,49 | | 0,37 | | 0,30 |
| Farge, mg Pt/l (O-Hazen) | Før lagring | 41 | 37 | 17 | 17 | 20 | 19,5 | 17 | 15 | - |
| | Etter lagring | 42 | 38 | 18 | 17 | 21 | 17 | 18 | 14 | 23,5 |
| KMnO ₄ , mg O/l | Før lagring | 6,3 | 6,7 | 4,9 | 4,8 | 4,7 | 4,6 | 4,8 | 4,3 | - |
| | Etter lagring | 6,6 | 7,1 | 5,2 | 4,9 | 5,2 | 4,6 | 4,6 | 4,4 | 5,2 |
| Fe totalt, mg Fe/l | Før lagring | 0,140 | 0,120 | 0,160 | 0,130 | 0,180 | 0,090 | 0,185 | 0,105 | - |
| | Etter lagring | 0,120 | 0,090 | 0,115 | 0,110 | 0,120 | 0,095 | 0,120 | 0,120 | 0,100 |
| | Δ | 0,020 | | 0,045 | | 0,060 | | 0,065 | | |
| <u>Kalkulert:</u> | | | | | | | | | | |
| | Før lagring | 86% | | 81% | | 50% | | 87% | | 83% |
| | Etter lagring | 75% | | 96% | | 79% | | 100% | | |
| Tot. Fe "forsvunnet" under lagring; UF: | | 14% | | 28% | | 33% | | 35% | | |

KJEMISKE ANALYSER AV FORSKJELLIGE TYPER VANNLEDNINGSSLAM

Tabell 2

| Type prøve: År 1965 Dato | Prøvested | mg/100 mg tørrstoff | | | | | Fe/Mn | mg/100 mg gløderest | | Volum av slam i renvannsmagasinet: l/m ² bunnflate |
|---|------------------------------|---------------------|-------------------|------|------|------|-------|--------------------------------|------------------|---|
| | | Glødetap (org.) | Gløderest (uorg.) | Fe | Mn | CaO | | Fe ₂ O ₃ | MnO ₂ | |
| Klagevann 20/4 | Høvik | 81 | 19 | 5,3 | 3,1 | | 1,7 | 40 | 26 | |
| - " - 20/4 | Dragveien | 57 | 43 | 5,2 | 3,1 | | 1,7 | 17 | 11 | |
| - " - 20/4 | Seljeholtet 6 | 73 | 27 | 6,5 | 3,3 | | 2,0 | 34 | 19 | |
| - " - 20/4 | Engerjordet 126 | 62,5 | 37,5 | 8,6 | 5,1 | | 1,7 | 33 | 21 | |
| - " - 21/4 | Gjønesvn. 23 | 94 | 6 | 2,8 | 0,77 | | 3,7 | 67 | 20 | |
| Spyleslam 24/4 | Dragveien | 54 | 46 | 9,7 | 9,0 | | 1,0 | 30 | 33 | |
| - " - 24/4 | Jordbarhaugen | 75 | 25 | 3,5 | 0,19 | | 18 | 20 | 1,2 | |
| - " - 24/4 | Grinda | 60 | 40 | 9,2 | 7,8 | | 1,2 | 33 | 30 | |
| - " - 24/4 | Løken | 64 | 36 | 9,2 | 3,5 | | 2,6 | 37 | 15 | |
| Spyleslam fra Aurevatn renseanlegg 26. - 30 april | Råvannstunnel | 50,5 | 49,5 | 21,4 | 2,7 | 2 | 8 | 61 | 8 | |
| | Kanal etter mikrosiler | 46,5 | 53,5 | 8,0 | 13,8 | 10 | 0,6 | 20 | 40 | |
| | Kjølevannstank | 44,5 | 55,5 | 15,7 | 2,4 | | 6 | 40 | 7 | |
| | Slam fra kalket vann | 41 | 59 | 18,7 | 2,3 | | 8,2 | 45 | 6 | |
| Slam fra renvannsmagasinet, 5. mai | 10 m fra innløp | 4,4 | 95,6 | 1,5 | 0,10 | 43 | 15 | - | - | 0,6 |
| | 50 m fra innløp | 23 | 77 | 6,8 | 1,4 | 23 | 4,9 | - | - | 1,0 |
| | 250 m fra innløp | 39 | 61 | 7,9 | 3,2 | 3-15 | 2,5 | 19 | 8 | 2,0 |
| | 450 m fra innløp | 37 | 63 | 9,6 | 3,4 | 2-7 | 2,9 | 22 | 8 | 1,0 |

Tabell 2 forts.

| Type prøve: År 1965 Dato: | Prøvested | mg/100 mg tørrstoff | | | | | | Fe/Mn | | mg/100 mg Gløderest | |
|---|--------------------------|---------------------|----------------------|------|---------|-----|---------------------------|-------|--------------------------------|------------------------|----|
| | | Glødetap (org.) | Gløderest (uorg.) | Fe | Mn | CaO | Fe | Mn | Fe ₂ O ₃ | MnO ₂ | |
| | | | | | | | | | | | Fe |
| Spyleslam fra Østervatn- nett, 13.mai | Vold Terrasse 50 | 26 | 74 | 7,5 | 1,3 | | 5,6 | 14 | 3 | | |
| | Fagertunv. 58 | 16 | 84 | 5,3 | 1,3 | | 4 | 9 | 2,5 | | |
| | Nadderud Terr. (ende) | 44 | 56 | 10,1 | 6,7 | 5 | 1,5 | 26 | 19 | | |
| | Hagalivn. 15 | 45 | 55 | 23 | 0,22 | 6 | 103 | 59 | 0,6 | | |
| | Fornebuvn. 9 | 36 | 64 | 32,8 | 0,77 | 4 | 43 | 73 | 2 | | |
| Spyleslam fra Asker vannverks ledningsnett, mai 1965 | Nr. 1 | 27,5 | 72,5 | 6,0 | 1,5 | | 4 | 12 | 3 | | |
| | Nr. 2 | 22,5 | 77,5 | 6,6 | 1,2 | | 5,6 | 12 | 2 | | |
| | Nr. 3 | 17 | 83 | 21 | ca.0,14 | | 150 (Gallio- nella) | 35 | - | | |
| Spyleslam fra Mesoddtangen 16/6 | | 46,5 | 53,5 | 9,9 | 6,6 | | 1,6 | 27 | 19 | | |

MIKROSKOPERING AV FORSKJELLIGE KLAGE- OG SPYLESAMPROVER

0 - 31 Tabell 3.

| Type prøve | Prøvetakingsdato. År 1965 | Prøvested | Slammets farge og konsistens | Mikroskopert, dato | Henstand i dagn, ved ca. 18 °C. | Trådbakt, med og uten brun kapsel | Gallionella (Jern-bakterie) | Tydlig Zoogloea-formasjon | Hyphomicrobium | Andre mikroorganismer etc. |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|--|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------|--|
| Utfnokningsprøve? | 20/1 | Jordbærhaugen | Filamentøst bunnfall | 2/2 | 13 | Alt vesentlig | | | + | Kiselalger Flagellater Små stavbakterier. |
| Utfnokningsprøve? | 29/1 | " | " | 2/2 | 4 | " | | | | Noen stavbakt. |
| Utfnokningsprøve? | 11/2 | " | - | 19/2 | 8 | Voldsomme mengder | | | | Flagellater Nematoder |
| Klage | 17/2 | Gamleveien, Lommedalen | - | 19/2 | 2 | + | | | | Brune humusklumper; etter behandl. med HCl framkom små stavbakt. i kjeder. |
| Klage | 17/2 | Bærumsveien nr. 357 | - | 19/2 | 4 | Alt vesentlig | | | | Humusklumper |
| Som 20/1 | 30/1 | Conradis vei, (Valler) | Intet synlig bunnfall, noen fnokker | 2/2 | 3 | + | + | | | Stavbakterier |
| Som 20/1 | 23/3 | Conradis vei 8 | Hvitaktige fnokker | 2/4 | 10 | + | | | | Humus-klumper, noen stavbakt. |
| Som 20/1 | 23/3 | Åmotgården | Noen få brune og hvite fibrose fnokker | 2/4 | 10 | Nett av tomme hylser | | Dom. | | |
| Klagevann | 20/4 | Baalsrud, Blommenholm | Brunt grums | 20/4 | 0 | Noen | | Mye | | Dom. humusklumper. Nematoder |
| Klagevann | 20/4 | Bergan, Høvik | " | 20/4 | 0 | + | | Dom. | | Mye humusklumper og protozoer. |
| Klagevann | 20/4 | Thune, Seljeholtet 6 | Voldsomt store mengder "lodne" brune fnokker | 22/4 | 2(4 ⁰) | Ganske mange | | <----- Dominans-----> | | >i humusklumpene. Nematoder. |
| Klagevann | 20/4 | Petersen, Engerjordet 126 | Store mengder brune fnokker | 22/4 | 2 | Noen | | Dom. | Mange-----> | >i humusklumpene. Mange nematoder |
| Klagevann | 21/4 | Faye, Gjønnsveien 23 | Få fnokker, brunlige til gåhvite. Noen hvite klumper | 22/4 | 1 | Noen | | <----- Dominans-----> | | >i humusklumpene. Nematoder. |
| Klagevann | 21/4 | Vierveien 15, Haslum | Lys brunt, løst. | 30/4 | 9 | Mange | | <--- Noe --- Dom.-----> | | >i humusklumper |
| Spylevann | 24/4 | Baalsrud, Blommenholm | Mørke brune partikler | 26/4 | 2 | Ganske mange | | | | Ganske mye i humusklumper |

Tegnforklaring:

- Ikke utført.

+ Ikke tilstede i prøven.

+ Tilstede i små mengder.

Blank rute: Ingen bemerkning i mikroskopingsnotatene.

0 - 31 Tabell 3 fortsatt (I)

| Type prøve | Prøvetakingsdato. År 1965 | Prøvested | Slammets farge og konsistens | Mikroskopert, dato | Henstand i døgn; ved ca. 18 °C. | Trådbakt, med og uten brun kapsel | Gallionella (Jern-bakterie) | Tydelig Zoogloea-formasjon | Hypomicrobium | Andre mikroorganismer etc. | |
|------------------------------------|---------------------------|-------------------------|---|--------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--|--|---|
| Spyleslam fra Aurevatn renseanlegg | 26-30/4 | Råvannstunnel | Mørk brunt | 30/4 | - | Dominans | Mye | | | Beggiatoa Humusklumper | |
| | | Kanal etter mikrosiller | Mørk brunt, fast | 30/4 | - | " | + | | | Humusklumper Protozoer | |
| | | Kjølevannstank | Okerfarget, løst | 30/4 | - | Ganske mange | Dominans | | | Humusklumper | |
| | | Kalket vann | Brunt, klumpete | 30/4 | - | " | Noe | | | Humusklumper | |
| Slam fra renvannsmagasin | 5/5 | 10m fra innløp | Grått+liitt brunt | 6/5 | 1 | + | | | + | Kalkslam? Humusklumper | |
| | | 50m " | Sjokoladebrunt | 6/5 | 1 | + | | | | " | " |
| | | 250m " | Mørk brunt | 6/5 | 1 | Ganske mange | | | | | " |
| | | 450m " | Sjokoladebrunt | 6/5 | 1 | + | + | | | | " |
| Spyleslam fra Østernvatn-nettet | 13/5 | Vold Terrasse 50 | Humus"ull" Mørk brune part. | 18/5 | 15 | Dominans | Ganske mye | + | | Humusklumper, Kiselalgeskall, Protozoer | |
| | | Vold Terrasse 59 | Brune tråder (Chironomidhylser) Humus"ull" | 31/5 | 18 | Noen | | | | Sopphyter Nematoder Chironomidlarver Større rundorm Kiselalgeskall Humusklumper | |
| | | Granfosbakken | Okerfargete partikler, Humus"ull" | 28/5 | 15 | Ganske mange | Noe | | | Sopphyter Protozoer Div.debris Humusklumper | |
| | | Fagertunvn. 58 | Humus"ull" forskj. partikler (voksaktige) | 31/5 | 18 | Noen | + | | | Humusklumper Protozoer Mange nematoder | |
| | | Ringstadbekkveien 5 | Humus"ull" | 31/5 | 18 | Mange | Dom. | | | Humusklumper Protozoer Nematoder Krepsdyr Div.debris | |
| Nadderud terrasse, ende | | | Blanding av harde, organiske, mørke brune klumper og humus"ull" | 28/5 | 15 | Mange | Noe | | Humusklumper Protozoer Nematoder | | |

0 - 31 Tabell 3 fortsatt (II)

| Type prøve | Prøve- takings- dato, År 1965 | Prøvested | Slammets frage og konsistens | Mikro- skopert, dato | Henstand i døgn ved ca. 18 °C. | Trådbakt. med og uten brun kapsel | Gallionella (Jernbakterie) | Tydelig Zoogloea- formasjon | Hypho- microbium | Andre mikro- organismer etc. |
|---|--|------------------------------|---|----------------------------|---|--|-------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Spyleslam fra Østern- vatn-nettet | 13/5 | Hagalivn. 15 | Humus "ull", litt lysere enn vanlig | 28/5 | 15 | Ganske mange | Ganske mye | + | | Humusklumper Protozoer |
| | | Endekum, Gamle Førnebuvei | Humus "ull", oker- fargete part. voksaktige part. | 31/5 | 18 | Mange | Dominans | | | Humusklumper Soppmyfer Mange protozoer Nematoder Krepsdyr En større mark |
| | | Førnebuvn. 9 | Lysere slam enn vanlig | 31/5 | 18 | Neen | Dominans | | | Humusklumper Intet levende eller debris |
| Spylesalm fra Asker | 13/5 | Prøve nr. 1 | Humusfarget stoff | 14/5 | 1 | + | | | | Mye: Beggiatoa, Spirocheteter, Nematoder Børsteormer Protozoer Humusklumper |
| | | 2 | Mørk brunt stoff, Lysere grønn- brunt stoff | 14/5 | 1 | | | | | Mye: Beggiatoa Nematoder Børsteormer Naplier Protozoer Humusklumper |
| | | 3 | Stoff av for- skj. brune fargetoner. | 18/5 | 4 (4°) | + | Mye | | | Humusklumper Mange protozoer |
| Spyleslam fra Nes- oddtangen | 16/6 | 1 | | 18/6 | 2 | Dominans | + | Mye | Humusklumper Mange: Protozoer Nematoder Spirocheteter Børsteormer | |

Tabell 4

TØRRSTOFF OG KJEMISK OKSYGENFORBRUK AV SLAM PÅ PLATER
FRA RENNEFORSØK I PERIODEN JUNI-JULI 1965

| Dato | Råvann | | Mikrosilt vann | | Mikrosilt vann + 3 µg P/l som fosfat | | Ferdig behandlet vann fra Jordbærhaugen | |
|------|--------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------------------|-------------------|---|-------------------|
| | mg tørrstoff | mg O ₂ | mg tørrstoff | mg O ₂ | mg tørrstoff | mg O ₂ | mg tørrstoff | mg O ₂ |
| 9/6 | start | | start | | - | | start | |
| 17/6 | 2,3 | 1,12 | 1,2 | 0,41 | - | - | - | 0,38 |
| 19/6 | | | | | start | | | |
| 23/6 | - | 1,45 | 1,1 | 0,46 | - | 0,21 | - | ødelagt |
| 29/6 | 3,7 | 2,07 | 1,0 | 1,19 | - | 0,41 | - | 0,43 |
| 7/7 | - | 2,04 | 1,0 | 1,23 | - | 0,69 | - | 0,87 |
| 22/7 | 7,8 | 3,12 | - | 1,82 | 0,6 | 1,37 | - | 0,40 |
| 29/7 | 9,1 | 3,10 | ca.9 | 2,02 | 9,8 | 1,87 | 1,2 | 1,55 |

Alle verdier er angitt som stoff pr. porselensplate med dimensjoner 35x110 mm. Vannhøyde over platene var ca. 4 cm. Vanntilførsel til rennene ca. 30 l/time. Slammet fra Jordbærhaugen var voluminøst og var løst festet til platene, og det var derfor vanskelig å høste kvantitativt. Forbehandlingen av GF/C-filtrene med K₂Cr₂O₇ så ut til å gjøre dem mindre egnet til tørrstoff-analyser; slik at bare få av prøvene ga representative resultater.

Tabell 5.

MIKROSKOPERING AV PRØVER FRA RENNEFORSØK

| Prøve | Dato | Råvann | Mikrosilt vann | Mikrosilt + fosfat | Jordbarhaugen |
|-------|------|--|--|---|---|
| 1 | 17/6 | | <u>Obj.glass fra rør:</u> Dominans i bakterier: <u>Zoogloea</u> og enkeltvis stavbakterier. Noen trådbakt. Alge-cyster over alt. Test for jern: + | Startet 10 dager senere enn de andre. | <u>Obj.glass fra renne:</u> Forskjellige typer stav- bakterier i en slags film på glassoverflaten. Test for jern: Svakt + |
| 2 | 23/6 | <u>Obj.glass fra rør:</u> Bakterieinnholdet domi- nert av <u>Hyphomicrobium</u> . Brunt. | <u>Fra rør:</u> Div. typer bakt.-staver, en del bakt.-filamenter, litt <u>Hyphomicrobium</u> , <u>Vorticella</u> , amøber, alger og humus til- stede. | | <u>Fra renne:</u> Spredte grupper av bakt.- staver. Noen lange fila- menter. Test for jern: - |
| 3 | 29/6 | <u>Obj.glass fra renne:</u> Svakt buede bakt.staver dominerende, men spredt. Noe <u>Hyphomicrobium</u> . Lite jern. | <u>Fra renne:</u> Svakt buede staver jevnt utbredt, spredt <u>Sidero-</u> <u>capsa</u> , humus-part.etc. Noen lange, tynne, nesten usynlige tråder på glasset. Ikke alle bakt.assosiert med jern. | <u>Fra renne:</u> Spredte staver som uten fosfat; lite jern. | <u>Fra renne:</u> Mange staver, jevnt utover, tettere enn for mikrosilt vann. Mye <u>Siderocapsa</u> over- alt. |
| 4 | 7/7 | <u>Slam fra rør:</u> Staver av forskjellig art, i matrix. Alge- cyster, <u>Siderocapsa</u> . | <u>Fra plate i renne:</u> som → <u>Slam fra rør:</u> ← som | <u>Fra plate i renne:</u> Humus-slam med lite synlig innhold av bakterier. | <u>Obj.glass fra renne:</u> Spredte ansamlinger av div. stavbakt. Lite jern. |
| 5 | 22/7 | <u>Obj.glass fra renne:</u> Enkelte <u>Leptothrix</u> - filamenter. Div.stav.- bakt, ofte assosiert med jern. Enkelte tråder ikke ass. med Fe. Mye slam. | <u>Fra renne:</u> Mer Lept.enn i råvann. Diverse staver, mye <u>Hyphomicrobium</u> + <u>Caulo-</u> <u>bacter</u> . | <u>Fra renne:</u> ← som også lange, tynne tråder som mikrosilt, 29/6. Mye slam. | <u>Fra renne:</u> Lite vekst, dominert av rela- tivt store staver i kjede; opp til 50 staver i kjedene. Lite slam. |
| 6 | 29/7 | <u>Obj.glass fra renne:</u> Forholdsvis mye slam. En del tykke <u>Leptothrix</u> Bakt.-staver jevnt ut- over; noen trådbakt. i spiralform. Humuspart. | <u>Fra renne:</u> Omtrent som råvann. En del krepsdyr- og alge- debris. <u>Hyphomicrobium</u> , <u>Vorticella</u> . | <u>Fra renne:</u> Omtrent som mikro- silt, men mer spredt. | <u>Fra renne:</u> Tykk vekst lokalt, der strømningen var minst: Div. typer staver, lite slam; ingen <u>Leptothrix</u> (Mangan- oksyderende). |

2.3. Diskusjon av resultatene fra avsnitt 1 og 2.

Ved å betrakte råvannsanalysene på fig. 3, side 9, ser en at da den første klageperioden kom i august 1964, var råvannet av forholdsvis dårlig kvalitet: Høyt jerninnhold; lavt oksygeninnhold og dessuten høy temperatur. Dette var ikke tilfelle da klagen igjen begynte å komme i februar. Dermed utelukkes den dårlige råvannskvaliteten som hovedårsak til klagevannet.

Av fig. 2, side 8, ser en at den første klageperioden kom etter at hele renseprosessen hadde vært i nesten kontinuerlig drift i ca. 10 måneder. Forut for dette var fordelingsnettets i $3\frac{1}{2}$ år forsynt med silt, kloret råvann, bortsett fra en periode på ca. 3 måneder våren 1963, uten at det typiske "klagevann" fra 1964 var oppstått. I vannverks-litteratur fra U.S.A. er det beskrevet problemer med slam i vannet ved overgang fra en vanntype til en annen, men dette pleier å gå over etter en kort tid, hvis den nye vanntypen ikke er av en slik kvalitet at den frembringer stor begroing av nettet, (se litt. 1). Ifølge slik litteratur vil det oftest være et mer eller mindre mørkt belegg på innsiden av alle vannledningsrør, men så lenge belegget er tynt og stabilt gir det få eller ingen plager. Da klagen over slamførende vann også kom igjen i februar 1965, og vannet fortsatte å være slamførende hele våren, var det sannsynligvis ikke bare en stabilitetsforstyrrelse av det nevnte belegg som var årsak til dette.

a. Analysene av vannprøver tatt fra forskjellige steder langs ledningsnettets, tabell 1 a og 1 b, var ikke helt vellykkede. Dels var vi uheldige med prøvetakingen, og dels ga analyseresultatene få nye opplysninger. Det kunne fastslås statistisk at det var en økning av frafiltrerbar substans, samt en sikker, men liten reduksjon av vannets oksygeninnhold nedover ledningsnettets, og at vann fra Framhaldskolen og Fjordveien, samt ozonert, kloret vann tilsatt kalk, ga en sikker økning av frafiltrerbart stoff etter lagring.

Analysene av klageprøver og diverse spyleslam, tabell 2, viste at slam fra Aurevatn-nettet skilte seg fra slam fra de andre vannforsyningsnett ved at innholdet av organisk stoff var høyere enn gløderesten. Slam fra vann fra selve renseanlegget viste derimot litt høyere gløderest enn glødetap.

De fleste prøver fra Aurevatn-nettet viste et større innhold av mangan enn Østernvatn-slam. Dessuten så det ut som om slammets innhold av mangan var større ute i fordelingsnettet enn det var ved renseanlegget; det foregår altså en konsentrering av mangan i slammet i ledningsnettet.

Resultatene fra mikroskopering av klage- og spyleprøvene er sammenstillet i tabell 3.

Aurevatn-nettet.

Prøvene fra januar til mars 1965 hadde stått fra 2 til 14 dager ved værelses-temperatur før de ble levert inn til NIVA. De var karakterisert ved store mengder tråd- eller hylse-bakterier; såkalte jernbakterier (Sphaerotilus-Leptothrix gruppen). Disse bakterier er i stand til å felle ut jern og mangan som avleirer seg som en kapsel rundt bakterietrådene. I utfnokingsprøvene kunne disse filamentene ha vært produsert i vannet under lagringen, men i klageprøvene var nok veksten foregått allerede i ledningsnettet, da prøvene inneholdt meget store mengder filamenter. Slammet i klageprøvene etter påske hadde en mer ull-liknende konsistens enn de løse filamentøse fnokkene beskrevet ovenfor. Det inneholdt fremdeles trådformige jernbakterier, men slammet var generelt dominert av stavbakterier og gulbrunt humusmateriale. Stavbakteriene besto hovedsakelig av to typer Zoogloea, som er fellesbetegnelsen på bakterier som lever inne i en gelatinøs masse de selv produserer, og Hyphomicrobium, bakterier som danner lange, tynne tråder, i enden av hvilke nye bakterier blir produsert. Begge disse organismene har den egenskap at de lett fanger opp og assosierer seg med andre organismer og partikler, slik at de kan komme til å danne voluminøse ansamlinger. I mange av prøvene var det en del protozoer og nematoder - mikroskopiske dyr som fortærer bakterier og organisk partikulært stoff. Små mengder partikler av fyttoplankton og annet debris fra Aurevatn var også tilstede i slammet.

Prøver av spyleslam fra renseanlegget var dominert av brunt humusmateriale, hylsebakterier og den virkelige jernbakterien Gallionella, som skaffer seg energi ved å oksydere jern. Prøvene fra renvannsmagasinet viste færre bakterier, og de var dominert av humusmateriale, kalkpartikler og biologisk debris.

Østernvatn-nettet.

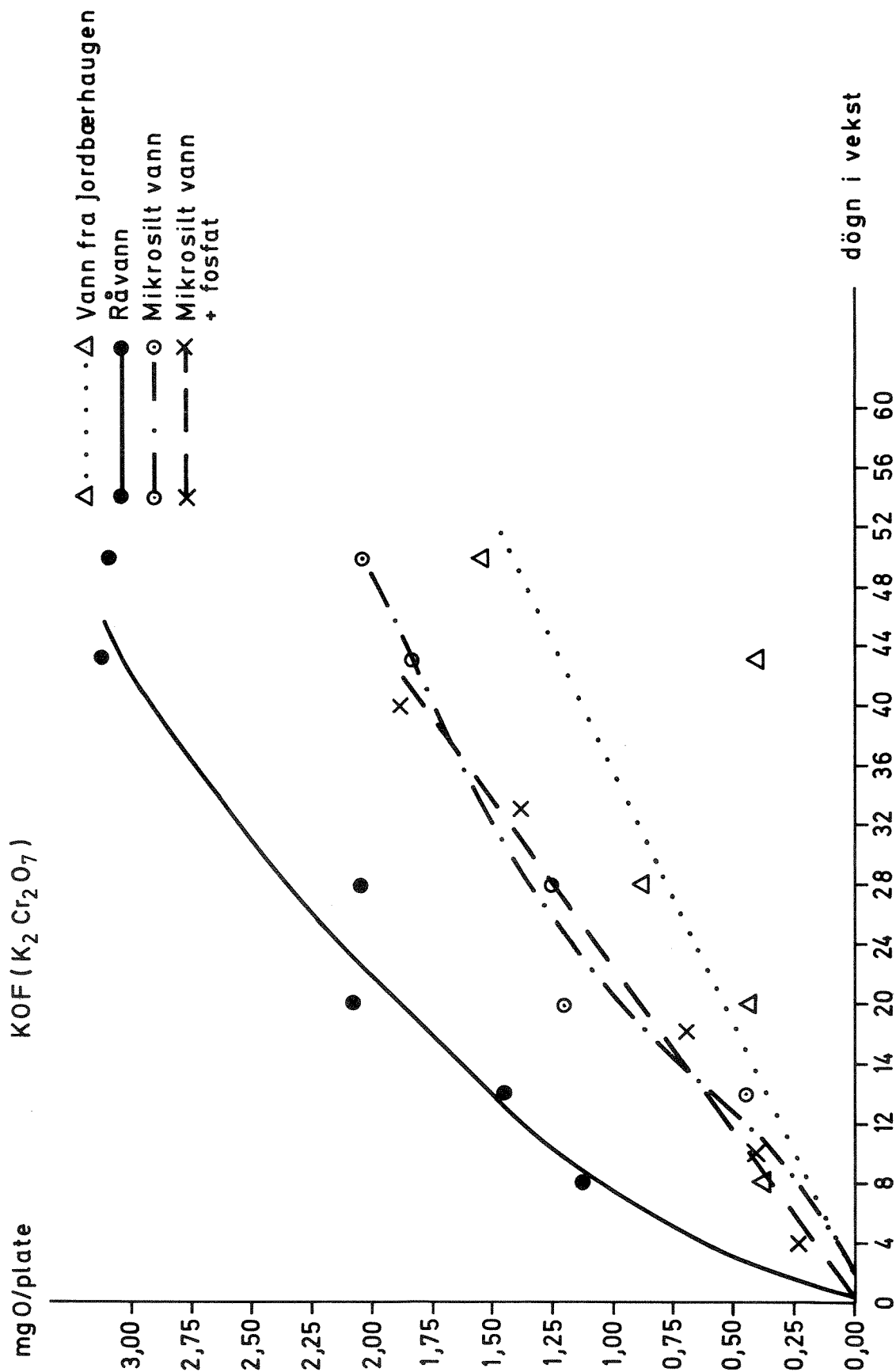
Slammet fra dette forsyningsnettet viste et meget større innhold av mikroskopiske dyr enn Aurevatn-slammet. Dessuten var bakteriesamfunnet dominert av hylsebakterier og Gallionella, og ingen tydelige Zoogloea-formasjoner eller Hyphomicrobium ble observert.

Slam fra ledningsnettet i Asker og på Nesoddtangen viste et meget mer variert bakteriesamfunn enn slam fra begge Bårums-nettene, men de hadde mest til felles med Østernvatn-slammet. Det har vært slamførende vann både i Asker og på Nesoddtangen.

Det høye innhold av organisk materiale i slammet fra Aurevatn-nettet er i samsvar med den observasjon at en vesentlig del av klageprøvene besto av bakterier, som vanligvis inneholder 90 - 95 % organisk stoff. Det er mulig at tilstedeværelsen av Zoogloea- og Hyphomicrobium-bakterier i dette ledningsnettet var grunnen til at slammet her fikk en annen konsistens og lettere ble revet løs fra rørveggene enn slammet fra Østernvatn-nettet.

b. Strømningsforsøk med renner.

Resultatene fra avsetningsmålingene i renneforsøkene er vist i tabell 4, og KOF-resultatene er vist skjematisk på figur 6. Slam ble avsatt fortere og i større mengder fra råvann enn fra mikrosilt vann, og tilsetning av små mengder orto-fosfat ga ingen økning av slammengden fra mikrosilt vann. Avsetningen fra vannet på Jordbærhaugen ble dannet saktere enn fra de andre vanntyper; den hadde en geléaktig konsistens og satt meget løst på platene, slik at den var vanskelig å høste.



De mikroskopiske undersøkelserne viste at materialet på objektglassene fra råvann, og fra mikrosilt vann [†] fosfat, besto av organismer og debris, humus osv. fra Aurevatn, samt en del vekst av Zoogloea, Hyphomicrobium og Siderocapsa inne i og rundt avsetningspartiklene. Materialet på objektglassene fra Jordbærhaugen besto hovedsakelig av bakterievekst; for det meste Zoogloea.

c. Lagringsforsøk med kolber.

Prøveserie I ble ikke helt entydig, da fnokkene som ble dannet i de fleste prøvene viste seg å være av en annen karakter enn fnokkene i ledningsnettet. Kun med ubehandlet vann fra Jordbærhaugen var fnokkene noenlunde typiske av utseende, med Zoogloea og Hyphomicrobium som dominerende organismer.

Kalking så ut til å føre til mer kornet materiale, og membranfiltrene etter filtrering av kalket vann hadde mørkere brunfarge enn tilsvarende filtre for ukalket vann. Mikroskopisk undersøkelse av alle typer fnokker viste at de var preget av bakterier - for det meste stavformede. Hyphomicrobium og Siderocapsa-liknende organismer var alltid tilstede, men ikke dominerende.

Resultatene fra prøveserie II var følgende: Bakterieveksten i ozonert vann var kun i liten utstrekning assosiert med utfelt jern. Tilsetning av kalk ledet sannsynligvis til utfelning av et brunt materiale som inneholdt jern, og bakterieveksten i disse fnokkene var mindre og av en annen karakter enn i ukalket vann. Tilsetning av N- og P-salter så ut til å ha liten virkning på bakterieveksten. Det ble ikke dannet fnokker i prøvene tilsatt 1 ppm $HgCl_2$.

Assosiasjoner mellom bakterier og jernholdig materiale ble testet under mikroskop ved bruk av kaliumferrocyanid i surt miljø. Jernholdig materiale ble da farget blått. På tilsvarende måte ble frafiltrert materiale fra kolbene i serie I, etter endt lagring, testet for sitt innhold av oksydert mangan, (se litt. 2). Råvannets innhold av Mn-holdige partikler var forholdsvis stort, opptil 50 partikler pr. rute på membranfiltret. Ozonert vann hadde svært få og små Mn-holdige partikler, 0 - 0,5 pr. rute. Ozonert vann + kalk hadde noe mer Mn-partikler enn ozonert vann, men i området 0 - 0,5 partikler pr. rute. Jordbærhaugen : Få, men flere partikler enn i ozonert vann, 0,04 - 0,1 pr. rute, tildels store. Jordbærhaugen + kalk: Øket innhold av Mn-partikler, 0,3 - 1,2 pr. rute, tildels store.

Ved en anledning ble det forsøkt å følge vannets innhold av løst og uløst mangan fra renseanlegget nedover langs ledningsnett. Som et supplement til de ovenfor nevnte undersøkelser er resultatene vist her i tabell 6. Prøvene fra de forskjellige steder tatt samme dato representerer ikke samme vannmasser, da de alle ble tatt i løpet av en dag.

Tabell 6. INNHOLD AV LØST OG SUSPENDERT MANGAN I VANN FRA FORSKJELLIGE STEDER LANGS LEDNINGSNETTET.

| Vanntype | 1965 Dato | Uløst Mn µg/l | Løst Mn µg/l | Bemerkninger |
|------------------------------------|-----------|------------------|-----------------|--|
| Råvann | 17/6 | 0 | 41 | Muligens for lite stoff på filter til å registrere Mn |
| " | 2/2-66 | - | 39-40 | |
| Mikrosilt vann | 25/6 | 4 | 39 | |
| Ozonert vann | 25/6 | 1,6 | 48 | |
| Jordbærhaugen (ozonert, kalket) | 25/6 | 4 | 21 | |
| Sandvika | 25/6 | 23 | 8 | Muligens dårlig prøvetaking slik at vannet ble slamførende |
| Dragveien | 25/6 | 1,8 | 10 | Få partikler, men alle inneholdt Mn |

Resultatene viser at ozoneringen reduserer uløst og øker mengden av løst mangan i vannet. Dette er som ventet, da ozon er istand til å oksydere mangan til permanganat (Mn^{7+}), som er løselig i vann. Denne permanganat skulle siden, etter lengre kontakt med organiske stoffer i vannet, reduseres til Mn^{4+} og dermed felles ut som MnO_2 . Dette skulle bevirke en økning av suspendert Mn og en reduksjon av løst Mn nedover langs nettet, som funnet i forsøket. Om en antar at råvannets manganinnhold varierte lite i dagene før prøvene ble tatt, kan en av disse resultatene slutte at over halvparten av det løste mangan i ozonert vann forsvinner i løpet av oppholdstiden i renvannsmagasinet, og at ca. halvparten av det gjenværende løste mangan forsvinner på veien fra Jordbærhaugen til Sandvika og Blommenholm. Resultatene for uløst mangan varierer meget; antakelig på grunn av større eller mindre mengder slam i vannet i ledningsnett.

2.4. Klordosering.

På grunn av alle indisiene som pekte i retning av at slamplagen vesentlig var et biologisk problem, ble det besluttet å øke dosen av klor slik at en kunne få restklor ut i ledningsnett. I den forbindelse ble det ved NIVA's kjemiavdeling utført en rekke tester på klorbehov for dette vann etter forskjellige behandlingstrinn. Resultatene er publisert i notat 12 og 17, men de viktigste konklusjoner av laboratorietestene repeteres her:

- 1) Kalking så ut til å øke klorbehovet.
- 2) For å oppnå ønskelig restklormengde måtte klordoseringen ligge i området 2 - 2,5 g/m³ vann.
- 3) Smaksulempene så ut til å være små etter tilstrekkelig lang oppholdstid.

Klอร์ดosen ble så øket gradvis (se tabell 7) som en sikkerhetsforanstaltning mot et plutselig kloggjennomslag med høye restklormengder ute i ledningsnett. Det ble ført nøye kontroll med restklormengden i vannet i renvannsmagasinet og på Jordbærhaugen, men inntil midten av august 1965, da klอร์ดosen var 3,2 g Cl₂/m³, var det bare påvist spor av restklor ved Jordbærhaugen. En kunne for første gang kjenne klorlukt der den 29. juli, men analysen viste < 0,01 ppm fritt restklor. Et eksempel på nedgangen i restklor fra begynnelsen av renvannsmagasinet til Jordbærhaugen, har en i analyse av overflatevann i renvannsmagasinet fra 29/7:

| | | | | | |
|------------------------|-----------|------|------|------|-----------|
| Meter fra innløp, ca.: | 10 | 200 | 300 | 450 | Jordbærh. |
| Funnet restklor, ppm : | 0,35 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | <0,01 |
| Klormengde dosert | : 2,7 ppm | | | | |

En ser at restklormengden ved øvre ende av renvannsmagasinet i dette tilfelle bare var litt større enn ved en dosering på 0,9 ppm klor i april, da kalk ikke ble tilsatt. Ved Jordbærhaugen var restklormengden bare 0,01 ppm, selv ved en dosering på 3,2 ppm klor (15-18/8-1965), mens restklor her i den nevnte periode i april var 0,02 - 0,03 ppm. Laboratorieforsøk hadde vist at en klordose på 2 - 2,5 ppm skulle gi tilstrekkelig restklormengde. Til sammenlikning kan det nevnes at da NIVA i perioden 1951 - 1958 undersøkte forskjellige rensemetoder for drikkevann fra Trehørningsvassdraget, ble det funnet ved kloreringsforsøk at vannets "break-point" lå ved en dosering på 10 mg Cl₂/l. (Se litt. 3, bilag 17 og 19). Ved disse forsøk hadde råvannet, tatt fra Aurevatn, en farge på 50° Hazen, og forsøket ble utført med klogassdosering (surt miljø).

Tabell 7. KLORDOSERING I PERIODEN FEBRUAR - AUGUST 1965.

| Dato | Dosering: g Cl ₂ /m ³ vann | Restklor ved Jordbærhaugen g Cl ₂ /m ³ | Kalkdosering |
|-----------------------|---|--|--------------------------------|
| 15/2-22/2 1965 | 0,6 | | ja |
| 22/2-10/3 | 0,8 - 0,9 | | ja |
| 10/3- 3/5 | 0,8 - 0,9 | 0,02 - 0,03 | nei |
| 3/5- 5/5 | 0,9 | | nei |
| 5/5-17/5 | 0,9 | | ja |
| 17/5-24/5 | 1,0 | 0 | kontinuerlig drift fra 5/5. |
| 24/5-31/5 | 1,1 | 0 | |
| 31/5- 7/6 | 1,2 | 0 | |
| 7/6-14/6 | 1,3 | 0 | |
| 14/6-21/6 | 1,4 | 0 | |
| 21/6-28/6 | 1,7 | 0 | |
| 28/6- 5/7 | 1,9 | 0 | |
| 5/7-12/7 | 2,1 | 0 | |
| 12/7-22/7 | 2,3 | 0 | |
| 22/7-28/7 | 2,5 | 0 | |
| 28/7- 3/8 | 2,7 | < 0,01 | |
| 3/8-10/8 | 2,9 | 0,01 | |
| 10/8-15/8 | 3,0 | 0,01 | |
| 15/8-17/8 | 3,2 | 0,01 | |
| 17/8 og fram- over | 1,0 | 0 | |

2.5. Konklusjon.

Hovedinntrykket etter disse forsøkene var at den behandling vannet gjennomgikk i renseanlegget, hadde virkning på konsistensen av vekst- og avsetningsmaterialet fra vannet: Slam fra behandlet vann hadde et betraktelig større bakterieinnhold enn slam fra ubehandlet vann. Tilsetning av næringssalter til ozonert vann øket ikke vannets evne til å danne fnokker; tilsetning av bakteriehemmende stoff motvirket fnokkdannelse. Det er derfor sannsynlig at hovedårsaken til slam- og fnokk-plagen i ledningsnettene fra Aurevatn er av biologisk natur, men ingen av de utførte forsøkene har greidd å kaste lys over problemet om hva som forårsaker forandringene i vannets evne til å danne begroing.

Konsentreringen av mangan i slammet i ledningsnettene kan være enten av biologisk eller kjemisk natur, eller en kombinasjon av begge.

Da det ikke lyktes å få restklor ut i ledningsnettene selv med en dosering på $3,2 \text{ g Cl}_2/\text{m}^3$ vann, ble det besluttet at klordosen skulle reduseres til $1,0 \text{ g}/\text{m}^3$, og at NIVA skulle undersøke mulighetene for å bruke andre desinfeksjonsmidler i ledningsnettene.

3. UNDERSØKELSER MED SIKTE PÅ Å KLARGJØRE OMFANGET AV SLAMDANNELSEN, SAMT HVORFOR DEN OPPTRER I DETTE LEDNINGSNETTET.

Utført i perioden fra oktober 1965 til juli 1966.

3.1. Ozoneringens innvirkning på vannets innhold av biologisk nedbrytbare stoffer.

Undersøkelser beskrevet i del I viste at klage- og slamprøver fra ledningsnettene inneholdt store mengder bakterier. Det er da naturlig å spørre hvilket vekstgrunnlag disse organismene har. Bakterier av den typen som ble observert, d.v.s. vesentlig Zoogloea og Hyphomicrobium, ernærer seg av organisk materiale. Hyphomicrobium kan imidlertid bare oksydere lavere organiske forbindelser, fortrinnsvis stoffer med bare ett carbonatom (CH_3OH etc.), og til carbonkilde bruker den fortrinnsvis CO_2 (se litt. 4 og 5).

Et meget følsomt mål for biologisk utnyttbart organisk materiale er vannets biologiske oksygenforbruk, BOF. Prinsippet for analysen er følgende:

En måler oksygenvinnet etter et visst antall døgn i en vannprøve som står innelukket i en flaske ved temperatur 20°C , beskyttet mot lys. Under disse forhold vil bakterier i vannet oksydere dets innhold av biologisk nedbrytbart stoff, og oksygenforbruket vil være proporsjonalt med den mengde organisk stoff som blir nedbrutt. BOF uttrykkes som mg O_2 /l forbrukt etter et spesifisert antall døgn.

For å sammenlikne biologisk utnyttbart materiale i behandlet og ubehandlet vann, ble et større antall BOF-analyser utført med råvann, mikrosilt vann, ozonert vann og vann fra forskjellige steder langs fordelingsnettene.

Resultatene er vist i tabell 8a.

Korttidsvariasjoner i råvannets sammensetning fører til en viss usikkerhet når en skal sammenlikne BOF-tallene fra forskjellige prøvesteder på samme prøvetakingsdato, da det tar ca. 2 døgn fra vannet renses ved Aurevatn til det kommer ned til f.eks. Sandvika. De viktigste tall i tabellen er derfor de for mikrosilt vann (eller råvann) og ozonert vann, da en kan regne med at disse representerer de samme vannmasser.

Resultatene viser at ozonering forårsaker en sikker økning av mengde biologisk oksyderbart materiale i vannet. Denne økning antas å være et resultat av ozonets nedbrytning av store humusmolekyler til mindre, biologisk lettere nedbrytbare sådanne.

Det har også vært hevdet av enkelte vitenskapsmenn at humusstoffer ser ut til å virke hemmende på bakterievekst, angivelig på grunn av deres innhold av fenoler. Ozon blir brukt i vannverk for å fjerne fenol-smak og lukt fra vannet. Hvis denne teorien er riktig, kan det hende at ozonet bryter ned de bakteriehemmende komponenter i humusstoffene, og således gjør dem lettere nedbrytbare for bakterier.

Da BOF-verdiene fra disse undersøkelsene ligger i nedre grenseområde for analysen ($< 2 \text{ mg O/l}$), trengs det et stort antall analyser for å se om resultatene viser noen tendens. Resultatene i tabell 8a er blitt bearbeidet til å vise de prosentvise forhold mellom BOF-verdiene for de forskjellige vanntyper, og deretter er gjennomsnittsverdien utregnet for hver vanntype; tabell 8b. Disse resultatene er fremstilt i kurveform på figur 7.

En ser fra denne figuren den tydelige økning av BOF-verdien etter ozonering av vannet. BOF-verdien viser dessuten tendens til å være høyere for vann fra Jordbærhaugen enn for ozonert vann, for deretter å avta nedover ledningsnett. Det er sannsynlig at den høye BOF-verdi i vann fra Jordbærhaugen er en pH-effekt, da det ozonerte vann er surt (pH 5 - 6), mens vannet fra Jordbærhaugen er tilsatt kalk til pH ca. 7 - 7,5, og det sistnevnte området regnes for å være det beste for optimal BOF-verdi. Den stiplede kurve på fig. 7 viser det sannsynlige forløp hvis teorien om pH-effekten er riktig. Det er lite trolig at BOF-verdien av vannet øker under dets opphold i renvannsmagasinet.

Denne pH-effekt er blitt bekreftet ved BOF-forsøk utført i april 1967. Vann tappet fra et uttak like etter ozoneringskammeret ble brukt i forsøket. Alle prøvene ble podet med $1/100$ vann fra Åmodt-gården, og nøytraliseringen ble utført med NaOH. Ozondøse: $1,8 \text{ g/m}^3$.

Resultat:

Ozonert vann, pH 6,27 : $\text{BOF}_{14} = 0,92 \pm 0,08 \text{ mg O/l}$
Ozonert vann, pH 7,02 : $\text{BOF}_{14} = 1,87 \pm 0,19 \text{ mg O/l}$

BOF_{14} var i dette tilfellet dobbelt så høy etter nøytralisering av det ozonerte vannet.

Tabell 8 a. OVERSIKT OVER BESTEMMELSER AV BIOLOGISK OKSYGENFORBRUK AV VANN FRA FORSKJELIGE STEDER LANGS LEDNINGSNETTET

| Prøvetakingsdato | Forbehandling | Podet med | Incuberingsstid (døgn) | Antall paralleller | Diverse | BOF (mg O ₂ /l). Prøvetype eller sted | | | | | |
|------------------|--------------------------------------|--|------------------------|--------------------|--|--|--|--|--|------------------------|-----------|
| | | | | | | Råvann | Mikrosilt | Ozonert | Jordbærh. | Baalsrud | Sandvika |
| 2/6-65 | - | - | 6 13 | 2 2 | | | ± 0,1 0,7 ± 0,1 | 1,2 ± 0,1 1,2 ± 0,2 | | | |
| 17/6-65 | +10 µg P/l: + kalk til pH 7,0: | 1 ^o /oo mikrosilt vann til ozonert vann | 14 14 14 | 4 4 4 | | | 0,6 ± 0,2 | 1,1 ± 0,2 0,9 ± 0,2 | 1,2 ± 0,2 | | |
| 25/6-65 | - | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen til ozonert vann | 3 10 10 | 1 6 6 | * 3,5 g O ₃ /m ³ * 3,5 " * 3,0 " | | 1,0 ± 0,4 | * 0,4 * 1,3 ± 0,2 * 1,2 ± 0,1 | 0,7 ± 0,4 | 1,0 ± 0,5 | 0,9 ± 0,2 |
| 7/7-65 | - | - | 7 | 4 | | | 0,6 ± 0,1 | 0,9 ± 0,2 | 1,1 ± 0,4 | 0,4 ± 0,1 | |
| 22/7-65 | GF/A-filtrert | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen til ozonert vann | 7 7 | 4 4 | * 3,5 g O ₃ /m ³ * 2,5 " | | 0,7 ± 0,2 | * 1,3 ± 0,2 * 0,9 ± 0,2 | 1,2 ± 0,2 | | 1,1 ± 0,3 |
| 14/10-65 | | | 7 7 | 3 3 | 250ml flasker 100ml flasker | | 0,2 ± 0,1 0,5 ± 0,1 | 0,8 ± 0,1 1,0 ± 0,3 | 1,1 ± 0,1 1,4 ± 0,5 | 0,6 ± 0,1 1,0 ± 0,2 | |
| 23/11-65 | GF/A-filtrert | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen | 7 | 3 | | | 0,4 ± 0 | 1,0 ± 0,2 | 1,0 ± 0,2 | 0,6 ± 0,2 | |
| 6/12-65 | | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen | 7 | 2 | | | 0,8 | 1,1 ± 0,3 | | | |
| 6/1-66 | GF/A-filtrert | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen i alle | 3 7 14 28 | 2 2 2 2 | | | ± 0,3 0,7 ± 0,1 0,9 ± 0,1 1,2 ± 0,1 | ± 0 1,1 ± 0 1,3 ± 0,2 1,7 ± 0,2 | ± 0 1,2 ± 0 1,5 ± 0,1 2,2 ± 0 | | |
| 31/3-66 | - | 1 ^o /oo vann fra Baalsrud | 14 28 | 2 - 3 | | | 0,4 ± 0,1 0,6 ± 0,1 | 1,5 ± 0,2 1,9 ± 0,2 | | 0,9 ± 0,1 1,3 ± 0,1 | |
| juli-66 | - | 1 ^o /oo vann fra Jordbærhaugen | 7 14 | 2 | | | 0,7 ± 0,3 0,8 ± 0,1 | 1,3 ± 0,4 1,4 ± 0,3 | 1,8 ± 0,1 2,1 ± 0,3 | | |

* : BOF-verdiene merket med * gjelder for ozonert vann med ozondose forskjellig fra den vanoverket kjørte som rutine på det tidspunkt prøven ble tatt. Den aktuelle ozondose er angitt under "Diverse".

Tabell 8 b.

PROSENTVIS FORHOLD MELLOM BOF I DE FORSKJELLIGE VANNTYPER

BOF resultater fra tabell 6; alle data fra inkuberings-tider på 6 døgn eller mer.

| Rå- eller mikro-silt vann | | Ozonert vann | | Vann fra Jordbærhaugen | | Vann fra Sandvika eller Blommenholm | |
|---------------------------|-----------|--------------|-----------------|------------------------|-----------|-------------------------------------|----------|
| mg O/l | % | mg O/l | Regnes som 100% | mg O/l | % | mg O/l | % |
| 0,8 | 67 | 1,2 | | | | | |
| 0,7 | 58 | 1,2 | | | | | |
| 0,6 | 55 | 1,1 | | 1,2 | 109 | | |
| 1,0 | 85 | 1,3 | | | | 0,9 | 77 |
| 0,6 | 67 | 0,9 | | 1,1 | 122 | 0,4 | 44 |
| 0,7 | 54 | 1,3 | | 1,2 | 92 | 1,1 | 85 |
| 0,2 | 25 | 0,8 | | 1,1 | 138 | 0,6 | 75 |
| 0,5 | 50 | 1,0 | | 1,4 | 140 | 1,0 | 100 |
| 0,4 | 40 | 1,0 | | 1,0 | 100 | 0,6 | 60 |
| 0,8 | 73 | 1,1 | | | | | |
| 0,7 | 64 | 1,1 | | 1,2 | 109 | | |
| 0,4 | 27 | 1,5 | | | | 0,9 | 60 |
| 0,7 | 54 | 1,3 | | 1,8 | 138 | | |
| 0,8 | 57 | 1,4 | | 2,1 | 150 | | |
| | | 1,9 | | | | 1,3 | 67 |
| SNITT: | 55 + 16 % | | 100% | | 122 ± 17% | | 71 ± 16% |

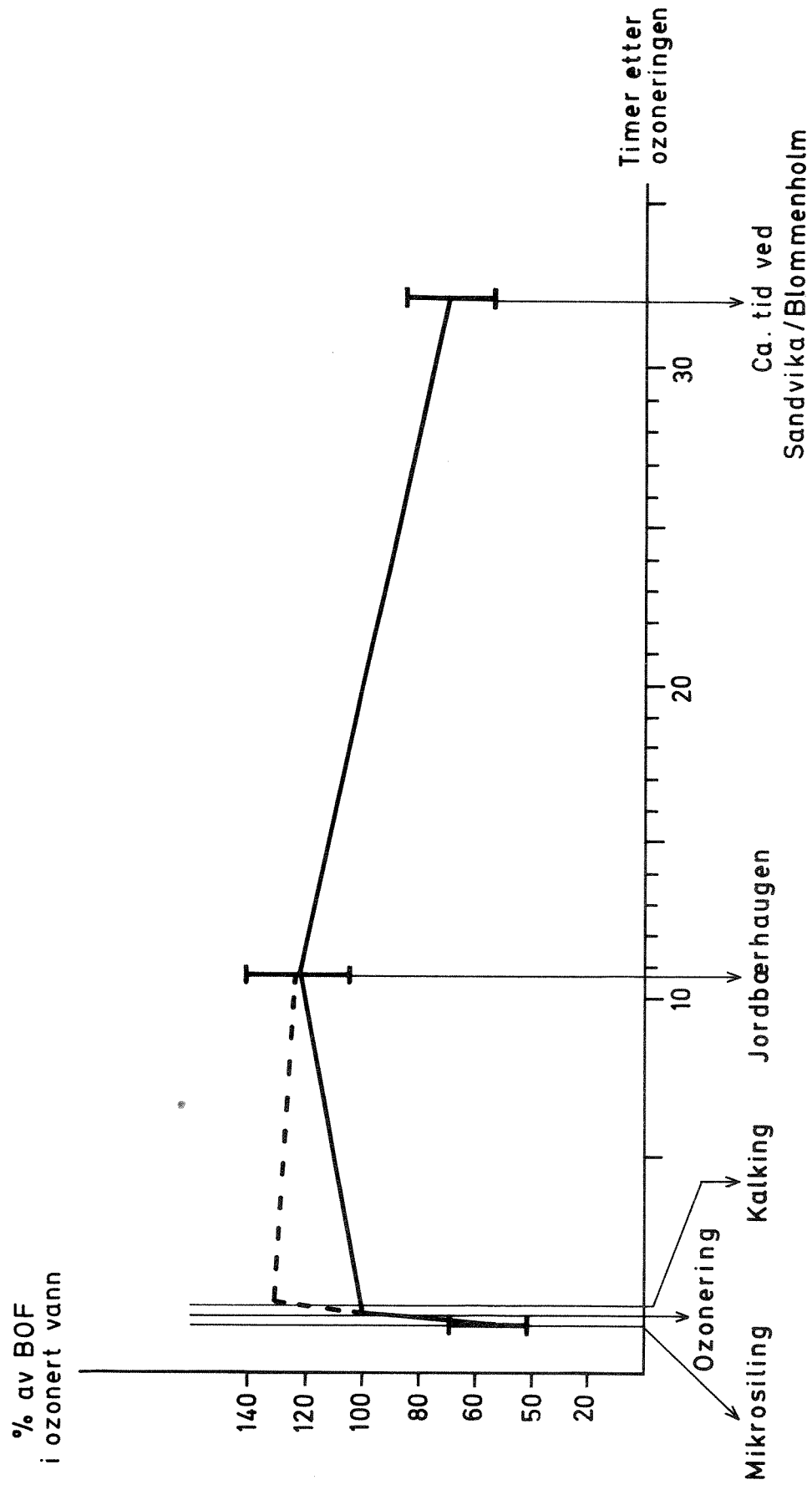
Det prosentvise forhold er utregnet slik:

BOF-verdien for ozonert vann settes alltid lik 100.

BOF-verdiene for vann fra Jordbærhaugen, Sandvika og fra råvann eller mikrosilt vann fra samme dato utregnes så som % av BOF-verdien for ozonert vann.

Tabell 9. KJEMISKE ANALYSER AV VANNPRØVER TIL BOF-FORSØK, TATT 25/6 1965.

| Type vann | pH | Lednings- evne μS/cm | Farge mg Pt/l | Turbidi- tet, mg SiO ₂ /l | Mangan mg Mn/l |
|---|------|----------------------------|------------------|--|-------------------|
| Mikrosilt vann | 6,20 | 24,6 | 34,7 | 0,38 | <0,05 |
| Ozonert, 3,0g O ₃ /m ³ vann | 5,84 | 24,8 | 14,2 | 0,48 | <0,05 |
| Ozonert, 3,5g " " | 5,80 | 25,2 | 12,7 | 0,40 | <0,05 |
| Jordbærhaugen | 6,88 | 38,1 | 12,7 | 0,48 | <0,05 |
| Jordbærhaugen tatt uforsiktig slik at brunt "snusk" kom med | 6,94 | 38,9 | 397,0 | 56,0 | 0,30 |
| Baalsrud's hus | 6,75 | 37,8 | 10,0 | 1,29 | <0,05 |
| Åmodt-gården | 6,85 | 36,5 | 18,1 | 0,72 | <0,05 |



BOF-verdien for prøver tatt i Sandvika og på Blommenholm er ifølge fig.7 tydelig lavere enn for prøver tatt nær renseanlegget. Dette tyder på at det i ledningsnett er et forbruk av de organiske stoffer i vannet. Omfanget av dette forbruk vil være avhengig av flere faktorer, bl.a. areal av rør-overflate i kontakt med vannet, antall aktive bakterier i belegget på denne overflaten, og vannets temperatur og innhold av organisk stoff ved de forskjellige årstider.

Teorien om at humus inneholder fenoler som virker hemmende på bakterievekst ble forsøkt testet i løpet av april - juni 1967. Forsøket gikk ut på å teste eventuell hemming av bakteriologisk nedbrytning av organiske stoffer i mikrosilt vann ved hjelp av BOF-analyser. Som test-stoffer ble det brukt en blanding av like mengder glucose og glutaminsyre; den vanlige test-metode for BOF-analyser ifølge litteratur 6, 1965-utgave. Prøvene ble podet med 1 0/00 av en vannprøve fra Åmodt-gården. Denne prøven hadde fått stå i mørket ved værelsestemperatur i ca. 1 uke, slik at den hadde stort innhold av fnokker.

Resultater:

1. Orienterende forsøk med fortynningsvann (standard BOF) tilsatt forskjellige mengder glucose + glutaminsyre.

Tabell 10 a. ORIENTERENDE BOF-FORSØK MED FORTYNNINGSVANN PODET MED VANN FRA ÅMODT-GÅRDEN

| Tilsetning | 2 + 2 mg/l | 2,5 + 2,5 mg/l | 3 + 3 mg/l |
|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| BOF ₇ | 3,15 [±] 0,59 | 3,40 [±] 0,43 | 4,12 [±] 0,30 |

2. Forsøk med mikrosilt kontra ozonert vann; 2 - 9/6-67. Begge prøver ble tilsatt thiosulfat for nøytralisering av ClO₂-rest, og pH ble regulert til ca. 7 med NaOH. Ozondose: 1,4 g/m³.

Tabell 10 b. TESTING AV MULIG BAKTERICID VIRKNING AV MIKROSILT KONTRA OZONERT VANN

| Vanntype | Mikrosilt vann | | Ozonert vann | |
|-------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | pH | 7,01 | | 6,96 |
| Tilsetning av standardstoff | 0+0 mg/l | 3+3 mg/l | 0+0 mg/l | 3+3 mg/l |
| BOF ₇ -total | 0,83 [±] 0,57 | 3,26 [±] 0,20 | 0,95 [±] 0,33 | 3,36 [±] 0,18 |
| BOF ₇ av standardstoffer | - | 2,43 [±] 0,77 | - | 2,41 [±] 0,51 |

Resultatene viser samme nedbrytning i mikrosilt som i ozonert vann, og dette tyder på at den generelt høyere BOF-verdi for ozonert vann i forhold til mikrosilt vann ikke skyldes bakteriehemmende stoffer i den sistnevnte vann-type.

BOF-analysene viser dessuten at det også er vekstgrunnlag for bakterier i råvann og mikrosilt vann. I hvilken utstrekning dette biologisk nedbrytbare stoff ville ha blitt forbrukt i ledningsnett, og dermed ha ledet til slamførende vann selv om ozonbehandlingen ble sløffet, kan disse forsøk ikke fastslå.

3.2. Måling av suspendert stoff i vann fra fordelingsnettene fra Aurevatn rensesanlegg.

Måling av suspendert stoff i vann kan gjøres på flere måter:

- a. Ved sedimentering under henstand.
- b. Ved sentrifugering.
- c. Ved filtrering.

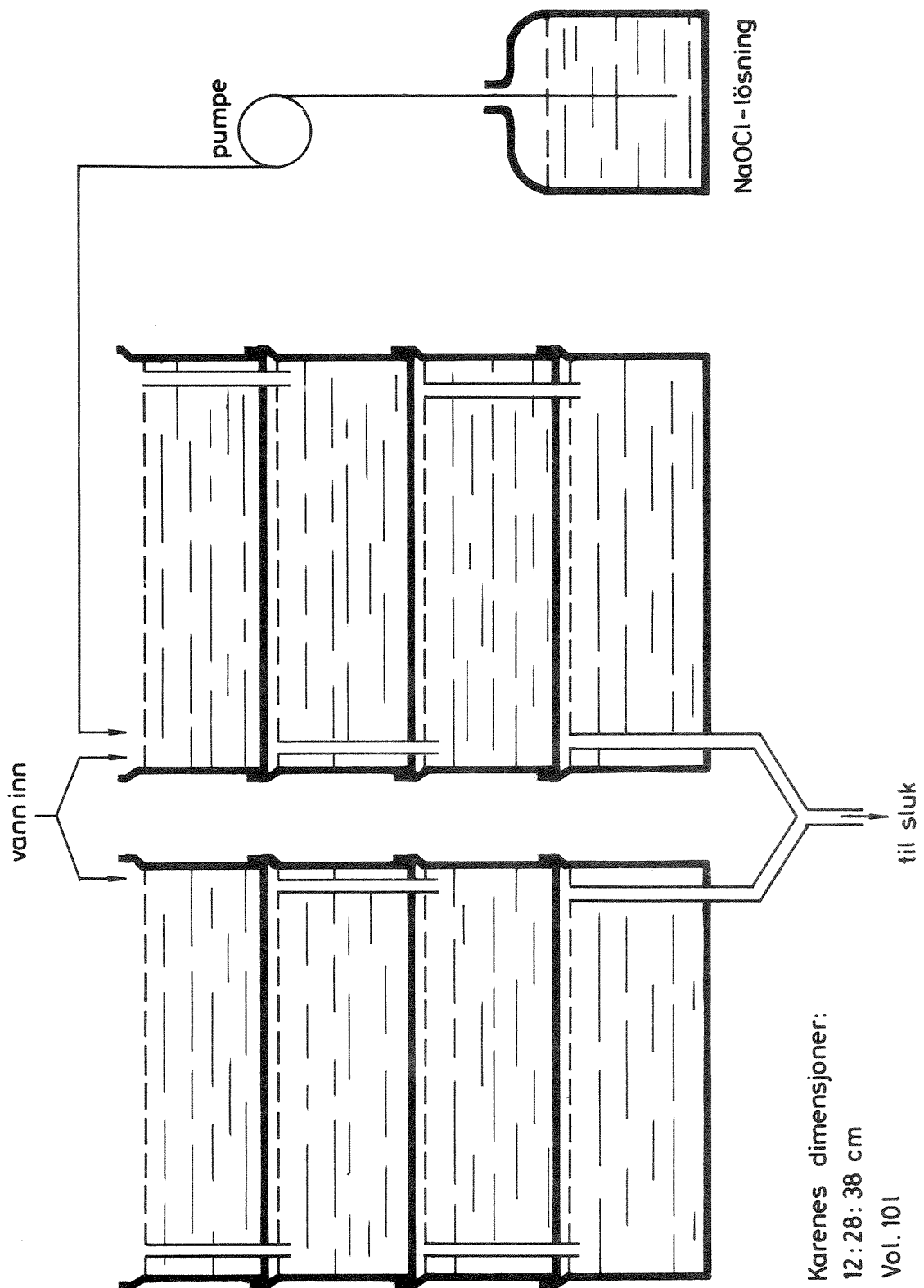
Alle tre metoder har vært benyttet i denne forsøksperioden. Formålet var å stadfeste eventuelle kvalitative forskjeller i det suspenderte materialet i vann fra ulike steder i vannverket og ledningsnettene.

a. Sedimentering under henstand.

Mengden av sedimentert stoff i en normal vannprøve, dvs. ikke "klageprøve", var så liten (under 0,1 mg/l) at det var nødvendig å lede vannet langsomt gjennom et system av plastkar. Vannvolum pr. kar var ca. 10 l, og det ble brukt 4 kar i hver serie; fig. 9. Vannmengden til karene ble regulert slik at vannets oppholdstid i systemet var 10 timer. Det var altså stadig tilstrømning av nytt vann til karene, og under disse betingelser ble en del av det suspenderte materialet i vannet avsatt på bunnen av karene, mens det resterende ble ført med vannet ut av karene igjen. Hvert forsøk var i gang så lenge at 1 - 2 m³ vann fikk passere gjennom karene. Avsetningene ble samlet og analysert for kjemiske og mikrobiologiske komponenter ved NIVA's laboratorier. Resultatene av de kjemiske analyser er vist i tabell 11a og b, og de mikrobiologiske undersøkelser i tabell 12.

Vanntemperaturen i karene var av betydning for resultatene, og den var avhengig av lufttemperaturen i forsøkslokalet. Vanntemperaturen er antydnet i tabell 11 a.

I noen av forsøkene ble virkning av desinfisering undersøkt parallelt ved å dosere hypoklorittløsning til vannet i et annet sett på 4 plastkar. Resultatene er inkludert i tabellene 11 og 12. Det ble i alt utført syv forsøk med oppstillinger av plastkar i denne perioden. Den mikrobiologiske sammensetning av avsetningene var stort sett lik fra gang til gang for de ulike prøvestedene, og resultatene fra disse undersøkelsene er derfor beskrevet bare en gang for hvert prøvested. Generell fremgangsmåte under de mikroskopiske undersøkelser:



Avsetningens utseende ble bedømt visuelt. Deretter ble en prøve uttatt for eksaminasjon under mikroskop. Så ble det til denne prøven som regel tilsatt fortynnet HCl eller H₂SO₄ (ca. 10 % syre) for å løse opp kalsium og jernforbindelser. Deretter ble det tilsatt en 4 % løsning av oxalsyre i 1N HCl, og virkningen av denne reagens ble fulgt i mikroskopet. Reagensen har en kraftig evne til å løse oksydert mangan. Dermed fjernes mye materiale fra manganholdige prøver slik at organismer og partikler som er tilstede i prøven blir avdekket. Som alternativ til den sistnevnte reagens ble det enkelte ganger brukt leucomalakittgrønt løst i H₂SO₄, litt. 2. Denne reagens virker også avklarende, og samtidig gir den en kraftig grønnfarge med oksydert mangan. I de tilfeller der avsetningene er assosiert med tydelig bakterievekst, beholder fnokkene sin form etter avklaring med oxalsyre-reagens. Fnokker fra avsetninger med liten eller ingen bakterievekst blir mer eller mindre oppløst med oxalsyre-reagens, og de enkelte partikler forsvinner med væskestrømmen ut av synsfeltet.

Alle reagenser ble tilsatt på objektglasset og trukket under dekkglasset, gjennom preparatet, ved hjelp av et stykke filterpapir.

I tillegg til de nevnte undersøkelser av slam fra plastkarene ble det også utført et annet begroingsforsøk med samme prøveapparat:

I det øverste plastkar i hver serie ble objektglass opphengt slik at de fikk henge fritt ned i vannet. Begroingen av disse ble undersøkt med mikroskop. Da objektglassene hang i vertikal stilling, ble lite ikke-levende materiale avsatt på dem. Resultatene fra denne prøveserie er vist i tabell 13 a og b.

Kommentarer til tabell 11 a og b.

Avsetningene i desinfisert vann er et mål for den kjemisk-fysisk sedimenterbare fraksjon av det suspenderte stoff i vannet, mens en i ikke desinfisert vann får en avsetningsmengde som tilsvarer den før nevnte fraksjon pluss den mengde biologisk vekst som er blitt dannet i karene i løpet av forsøks-tiden.

Det er mulig at klor oksyderer løste Fe- og Mn- forbindelser til uløselige oksyder, som dermed felles ut og gir høyere innhold av Fe og Mn i gløderesten fra disse avsetninger. Hvis bakterieveksten i karene uten klor-tilsetning oksyderer løste Fe- og Mn-forbindelser, kan en få en liknende økning av Fe og Mn i gløderesten også for disse avsetninger.

Slamavsetningene fra kar med desinfisert vann viste et tydelig mindre innhold av organisk materiale enn slam fra ikke desinfisert vann. Slamvolumene fra sistnevnte kar var dessuten meget større enn de fra desinfiserte kar.

Tabell 11 a.

ANALYSER AV SLAMAVSETNINGER I PLASTKAR

| Forsøks- periode | Prøvested | Fritt Cl ₂ ved utløp fra kar, mg/l | Vann- mengde passert, m ³ | Slam- volum mg | Tørr- stoff mg | Gløde- rest mg | Mn mg | Fe mg | SiO ₂ mg | Tempera- tur i karene °C |
|-------------------------|---|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|----------|----------|------------------------|-----------------------------------|
| 5-15/10 1965 | Råvann | 0 | 0,96 | | 110,0 | 49,7 | | | | 12 - 15 |
| | " + Cl ₂ | ca. 1 | 0,96 | | 107,7 | 59,6 | | | | |
| | Behandlet vann fra trykktank ved Aurevatn renseanlegg | 0 | 0,96 | | 168,5 | 71,0 | | | | |
| 10-20/11 1965 | Råvann | 0 | 0,96 | | 92,6 | 39,8 | | | | 12 - 15 |
| | " + Cl ₂ | ca. 1 | 0,96 | | 60,8 | 30,8 | | | | |
| | Vann fra trykktank " " + Cl ₂ | ca. 1 | 0,96 | | 49,6 | 20,6 | | | | |
| 23/11- 15/12 1965 | Jordbærhaugen | 0 | 2,1 | 1,9 | 56 | 27 | 0,47 | 3,8 | 12,0 | ca. 5 |
| | " " + Cl ₂ | ca. 1 | 2,1 | 1,0 | 49 | 30 | 0,78 | 6,5 | 14,0 | ca. 5 |
| | Blommenholm (Baalsruds hus) | 0 | 2,1 | - | 40 | 16 | 0,59 | 1,6 | 8,5 | 10 - 15 |
| 14-24/1 1966 | Råvann | 0 | 1,0 | - | 50,2 | 18,9 | | | | 12 - 15 |
| | " + Cl ₂ | ca. 1 | 1,0 | - | 32,4 | 20,0 | | | | |
| | Vann fra trykktank " " + Cl ₂ | ca. 1 | 1,0 | - | 38,2 | 16,8 | | | | |
| 18/1-9/2 1966 | Råvann | 0 | 2,0 | 2,0 | 56,3 | 21,9 | 3,1 | 2,9 | 10,1 | ca. 5 |
| | Jordbærhaugen | 0 | 2,0 | 2,5 | 50,3 | 25,6 | 0,33 | 3,6 | 13,5 | ca. 3 |
| | Blommenholm | 0 | 1,9 | 1,1 | 36,2 | 14,2 | 0,26 | 0,79 | 10,2 | 12 - 15 |
| 9/2-2/3 1966 | Jordbærhaugen | 0 | 2,1 | 1,86 | 66,3 | 26,1 | 0,19 | 3,5 | 14,2 | ca. 3 |
| | " " + Cl ₂ | ca. 1 | 2,1 | 0,52 | 37,5 | 24,7 | 0,68 | 3,8 | 10,4 | |
| 21-31/3 1966 | Blommenholm | 0 | 1,0 | 0,93 | 43,5 | 14,5 | 0,30 | 0,54 | 10,8 | 12 - 15 |
| | " " + Cl ₂ | ca. 1 | 1,0 | 0,14 | 31,6 | 14,0 | 0,71 | 1,75 | 4,2 | |

x) Rest etter ekstraksjon av gløderesten med varm, konsentrert HCl.

Tabell 11 b. KALKULERTE VERDIER BASERT PÅ ANALYSENE FRA TABELL 11 a.

| Forsøks- periode | Provested | Torr- stoff mg/m ³ vann | △ | Gløde- rest, mg/m ³ vann | Torrstoff mg/100 mg tørrstoff | | | mg/100 mg gløderest | | | | | Fe/Mn | | | |
|----------------------|---|---|----|--|-------------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|------|------------------|--------------------------------|------------------|-------|------------------|------|--|
| | | | | | Slamvolum mg/ml slam | Glødetap (org.) | Gløderest (uorg.) | Fe | Mn | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | MnO ₂ | | SiO ₂ | Rest | |
| 5-10/10- 1965 | Råvann | 115 | | 52 | - | 55 | 45 | | | | | | | | | |
| | Råvann + Cl ₂ | 112 | 3 | 62 | - | 45 | 55 | | | | | | | | | |
| | Behandlet vann fra trykk- tank ved Aurevatn rensean- legg | 176 | | 74 | - | 58 | 42 | | | | | | | | | |
| 10-20/11- 1965 | Råvann | 97 | 34 | 42 | - | 57 | 43 | | | | | | | | | |
| | Råvann + Cl ₂ | 63 | | 32 | - | 49 | 51 | | | | | | | | | |
| | Vann fra trykktank " " " + Cl ₂ | 52 31 | 21 | 21 15 | - | 58 51 | 42 49 | | | | | | | | | |
| 23/11-15/12- 1965 | Jordbærhaugen | 27 | 4 | 13 | 30 | 52 | 48 | 6,8 | 0,8 | 21 | 20 | 2,8 | 4,5 | 32 | 8,1 | |
| | " " + Cl ₂ | 23 | | 14 | 49 | 39 | 61 | 13,3 | 1,6 | 29 | 31 | 4,1 | 4,7 | 18 | 8,3 | |
| | Blommenholm (Baalsrud's Hus) | 19 | | 7,6 | - | 60 | 40 | 4 | 1,5 | 21 | 14 | 5,9 | 5,3 | 27 | 2,7 | |
| 14-24/1- 1966 | Råvann | 50 | 18 | 19 | - | 62 | 38 | | | | | | | | | |
| | " + Cl ₂ | 32 | | 20 | - | 38 | 62 | | | | | | | | | |
| | Vann fra trykktank " " " + Cl ₂ | 38 31 | 7 | 17 19 | - | 56 38 | 44 62 | | | | | | | | | |
| 18/1-9/2- 1966 | Råvann | 28 | | 11 | 27 | 61 | 39 | 5,1 | 5,5 | 18 | 19 | 2,2 | 4,6 | 13 | 0,9 | |
| | Jordbærhaugen | 25 | | 13 | 20 | 49 | 51 | 7,1 | 0,65 | 27 | 20 | 2,0 | 5,3 | 25 | 10,9 | |
| | Blommenholm | 19 | | 7,5 | 27 | 61 | 39 | 2,2 | 0,72 | 28 | 8 | 2,9 | 7,2 | 17 | 3,0 | |
| 9/2-2/3 1966 | Jordbærhaugen | 32 | 14 | 12,5 | 36 | 61 | 39 | 5,3 | 0,29 | 21 | 19 | 1,1 | 5,4 | 26 | 18,4 | |
| | " + Cl ₂ | 18 | | 12 | 72 | 34 | 66 | 10,1 | 1,82 | 28 | 22 | 4,3 | 4,2 | 32 | 5,6 | |
| 21-31/3- 1966 | Blommenholm | 44 | 12 | 15 | 47 | 67 | 33 | 1,2 | 0,69 | 23 | 5 | 3,3 | 7,5 | 17 | 1,8 | |
| | " + Cl ₂ | 32 | | 14 | 230 | 56 | 44 | 5,5 | 2,2 | 13 | 18 | 8,0 | 3,0 | 44 | 2,5 | |

Tegnet △ betegner forskjellen i tørrvekt av slam fra vann uten og med klortilsetning.

Verdiene for slammets tetthet i tabell 11 b viser at slamm i kar med desinfisert vann var atskillig tyngre enn slamm fra kar uten klor-tilsetning. Samme tabell viser forskjell i tørrvekt, betegnet med Δ , av slam fra vann med og uten klortilsetning. Det viset seg at kar med råvann, i 2 av 3 forsøk, ga 50 % mer tørrstoff enn råvann + Cl₂. De to forsøk fra Jordbærhaugen ga 17 og 100 % mer, og det ene forsøket fra Blommenholm 38 % mer tørrstoff i vann uten klortilsetning. Her må en ta i betraktning at det på Blommenholm kommer inn vann som inneholder mer partikulært materiale enn vannet på Jordbærhaugen, da det er funnet å være en økning av frafiltrerbare partikler nedover ledningsnett. (Tabell 1, notat 13). Vannet i trykk-tanker ved Aurevatn renseanlegg har ikke vært i forbindelse med ledningsnett. En må være oppmerksom på at det etter all sannsynlighet også foregår en begroing av tankens kontaktflater med vannet, og at partikler fra denne begroingen kan løsriveres og følge med ned i avsetningskarene. Resultatene fra desinfisert råvann og desinfisert vann fra trykk-tanker viser imidlertid det samme forhold mellom organisk og uorganisk stoff i avsetningene, og dette tyder på at det nevnte forhold ikke forandrer seg vesentlig under renseprosessene.

Analysene av slammens jern- og manganinnhold viser at renseprosessene reduserer innholdet av mangan i stor grad, mens jerninnholdet er uforandret. Slammets jerninnhold viser synkende og manganinnholdet økende tendens nedover langs fordelingsnett. Klortilsetning ser ut til å øke innholdet av både jern og mangan i alle typer slam.

Ett av forsøkene med råvann og alle forsøkene på Jordbærhaugen hadde samme temperatur som den vannet i ledningsnett har i lange perioder hvert år, og de resterende forsøk ble utført ved vanntemperaturer som forekommer i nettet i en kort periode om sommeren (fig. 3). Temperaturmessig er altså forsøkene utført innenfor rammen av det som kan forekomme i fordelingsnett.

Kommentarer til tabell 12.

Tilsetning av klor hadde en meget tydelig virkning på avsetningene, idet den hindret sammenbinding av sedimentene. Denne sammenbindings-substans, som samtidig gjorde slamm slimet og voluminøst, viste seg å være bakterievekst

MIKROBIOLOGISKE UNDERSØKELSER AV SLAM FRA AVSETNINGSKAR

| Prøve | Visuell bedømmelse av avsetningens utseende. | Mikroskopiske undersøkelser: | | | | Organismer: | | | | |
|---|---|---|----------------------------|---|---|---------------------------------|--|-------------------------|-------------------|--|
| | | Utseende | Fortynnet syre | Oxalysyre-reagens | Leuco-malakitt-grønt-reag. | Hylsebakt; Leptothrix og andre. | Stavbakt; Zoogloea, Hyphomicrobium o. a. | Sidero-capsa liknende | Levende protozoer | Diverse |
| Råvann | Heterogen, rødbrun, noe slimet, satt fast på alle flater i kontakt med vannet, lett å heste, avtok mot siste kar. | Dominans: Fнокker av gulbrun grunnsubstans. | Ingen endring. | Fullstendig avklaring. Struktur beholdt. | - | Noen alltid tilstede. | Noe H, og Z. alltid tilstede. | Varierer ender mengder. | Enkelte | Plankton fragmenter; annet debris og partikulært materiale fra Aurevatn. |
| Råvann + Cl ₂ . | Lys brun, ikke slimet; lå løst på bunnen, vanskelig å heste, avtok mot siste kar. | Dominert av gulbrun grunnsubstans. | Ingen endring av struktur. | Viss svekkelse av struktur; fullstendig avklaring | Sterkt positiv for oksydet Mn. | Færre enn ovenfor. | Færre enn ovenfor. | Ingen | Ingen | Som ovenfor. |
| Ozonert kal-ket vann fra trykktanken ved renseanlegget. | Lys gråbrun, homogen, slimet, satt fast på kontaktflatene, lett å heste, avtok mot siste kar. | Små mengder gulbrun grunnsubstans | - | Minimal virkning | - | Noen | Dom; vesentlig Z. | Noen | Noen | Som ovenfor. |
| Som ovenfor, men + Cl ₂ . | Lys gråbrun, ikke slimet, lå løst på bunnen, vanskelig å heste, avtok mot siste kar. | Små løse fнокker. Nesten ingen gulbrun grunnsubstans | - | Minimal virkning, da fнокkene opprinnelig var meget løse. | Minimal virkning. | Noen | + | Noen | Noen | Som ovenfor. |
| Vann fra Jordbørhaugen. | Lys brun, slimet, satt fast på kontaktflatene, lett å heste. | Lite gulbrun grunnsubstans | - | Noe avklaring; struktur beholdt. | - | + | Dom. Z. Mye H + andre | Noen | Noen | Partikulært materiale, debris. |
| Som ovenfor + Cl ₂ . | Lys brun til gulgrå, lå løst på bunnen, vanskelig å heste. | Små, løse fнокker, små mengder gulbrun grunnsubstans. | - | Fнокker fullstendig nedbrutt | - | Noen | + | Noen | + | Partikulært materiale. |
| Vann fra Dragveien, Blommenholm. | Lys gråbrun, voluminøs, slimet, satt fast på kontaktflatene. | Litt gulbrun grunnsubstans; dom. fнокker av bakterievekst. | - | Gulbrun substans fullstendig oppløst, resten upåvirket. | Gulbrune grunnsubstansfнокker oksydert Mn | Noen | Dom. Z + H. | Noen | Noen | Partikulært materiale. |
| Som ovenfor + Cl ₂ | Lys brun, løsere enn uten klor, lå på bunnen. | Dom. av hinne av Zoogloea-likn. bakt. delvis sammenkrøllet, + partikler og grunnsubstans. | - | Avklaring, men ingen strukturendring. | - | + | Dom. Z. Andre + | + | + | Partikulært materiale. |

Tegnforklaring:

- Ikke utført.

+ Tilstede i små mengder.

+ Ikke tilstede i prøven.

Blank rute: Ikke nevnt i mikroskopingsresultatene.

Tabell 13 a. BEGROING AV OBJEKTGLASS I AVSETNINGSKAR FRA PRØVESERIE 23/11 - 15/12-65.

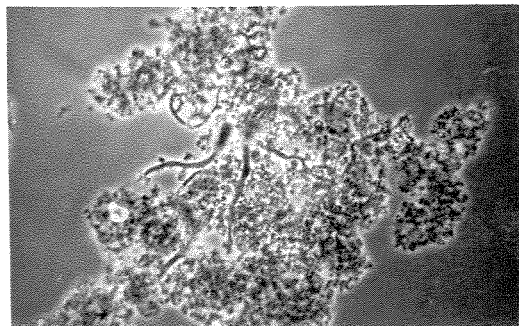
| | | | |
|---------------|---|---|--|
| Begroingsstid | Kar på Jordbærhaugen tilsatt klor. Temperatur ca. 5°C | Kar på Jordbærhaugen uten klor-tilsats. Ca. 5°C | Kar hos Baalsrud, Blommenholm, uten klor. 10 - 15°C |
| 1 uke | "Snusk", både grått og refraktilt i mikroskop. Ingen bakterier observert. | Svært lite stoff på glasset. Spredte bakterier av forskjellige morfologi. Spredte refraktile partikler. <400 bakt./mm | Små kolonier av <u>Zoogloea</u> , enkelte <u>Hyphomicrobium</u> . Svært lite annet. 2 Ca. 8.000 bakt./mm |
| 2 uker | Ingen bakterier observert, ellers som ovenfor. | Unge kolonier av <u>Zoogloea</u> ; to typer. 1. 3-5 x ca. 0,8 µm 2. ca. 3 x 0,5 µm Ca. 800 bakt./mm | <u>Hyphomicrobium</u> jevnt over. Kolonier av <u>Zoogloea</u> spredt, men tildels store (ca. 300 celler). Jevnt over små flekker "snusk" som ikke løses med oxalsyreagens. 2 Ca. 7.000 bakt./mm ² Ca. 20 amøber/mm |
| 3 uker | Noe <u>Siderocapsa</u> , ellers som ovenfor. | Vesentlig <u>Zoogloea</u> . 2 Ca. 20.000 bakt./mm | - |

Tabell 13 b. BEGROING AV OBJEKTGLASS I AVSETNINGSKAR FRA PRØVESERIE 18/1 - 9/2-66.

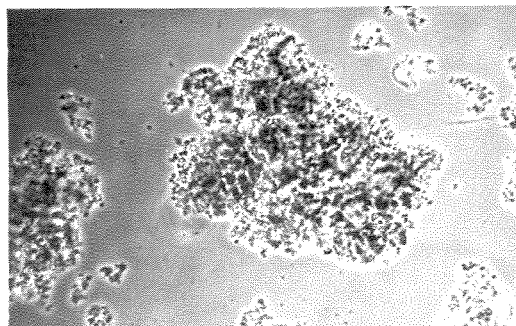
| | | | |
|--|--|---|--|
| Begroingsstid | Kar med råvann. 0°C. Temperatur ca. 5°C. | Kar på Jordbærhaugen. Temperatur ca. 30°C. | Kar hos Baalsrud, Blommenholm. Temperatur ca. 12 - 15°C |
| 1 uke, unntak: Blommenholm 12 dager. | Små <u>Zoogloea</u> -kolonier og stavbakterier ujevnt distribuert. Ca. 400 bakt./mm ² . Lite débris. | Diverse staver jevnt over glasset, en del <u>Caulobacter</u> og <u>sopphyfer</u> . Ca. 3.500 bakt./mm ² | Tydlig gelatinøst lag på glasset. Bakt.staver jevnt over, men også mye <u>Zoogloea</u> -kolonier og <u>Hyphomicrobium</u> . Ca. 12.000 bakt./mm ² . Ca. 140 amøber/mm ² . |
| 2 uker | Jevnt dekket med bakt.-staver, mye <u>Siderocapsa</u> og små, gule fnokker som inneholdt <u>Siderocapsa</u> , débris og kronglete tråder (typiske innkjøfnokker). Ca. 4.000 bakt./mm ² | Staver og unge <u>Zoogloea</u> -kolonier jevnt over, en god del débris, <u>Siderocapsa</u> . Ca. 4.500 bakt./mm ² | Staver jevnt over, vesentlig <u>Zoogloea</u> -kolonier og <u>Hyphomicrobium</u> . Færre amøber enn tidligere. Ca. 15.000 bakt./mm ² |
| 3 uker | Jevnt dekket med stavbakterier. Noen runde organismer, 2 µm i diameter, med glidende bevegelse, og som særlig var konsentrert ved og på humusfnokker som forekom spredt på glasset. Hyppig forekomst av en <u>Phycomycete</u> , vanligvis omgitt av bakterier i tydelig assosiasjon med soppen. Enkelte <u>Leptothrix</u> -tråder; bevegelige protozoer. | Unge <u>Zoogloea</u> -kolonier jevnt over. Enkelte bevegelige protozoer, små mengder <u>Siderocapsa</u> . | Glasset var dekket av en lys brun hinne som lett løsnet og krøllet seg sammen. Den inneholdt <u>Zoogloea</u> , trådbakterier, <u>Hyphomicrobium</u> og en del gulbrunt humusmateriale. Forholdsvis mange flagellatprotozoer og amøber. |

EKSEMPEL PÅ UTSEENDE AV FNOKKER FRA AVSETNINGSKAR MED
OG UTEN KLORTILSETNING, FIG. 9 OG 10

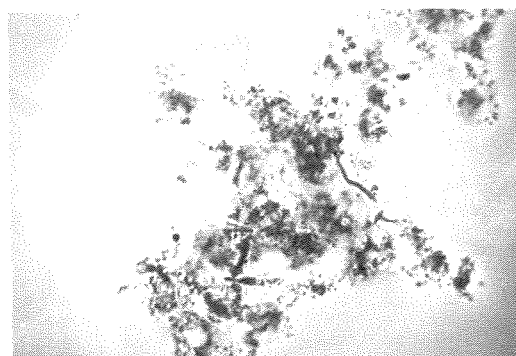
Fig. 9.



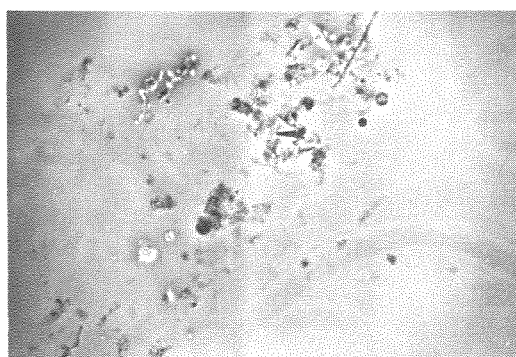
Fnokk fra råvann uten Cl_2 ,
14/1-66. Bemerkt de tydelige
Leptothrix - trådene.



Fnokk fra råvann med Cl_2 ,
14/1-66. Bemerkt det mer
kornete utseende.



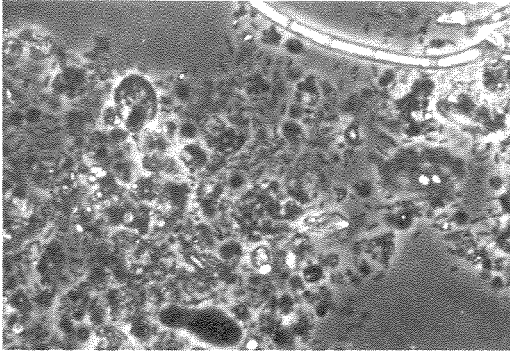
Fnokker fra råvann uten Cl_2 ,
20/11-65.



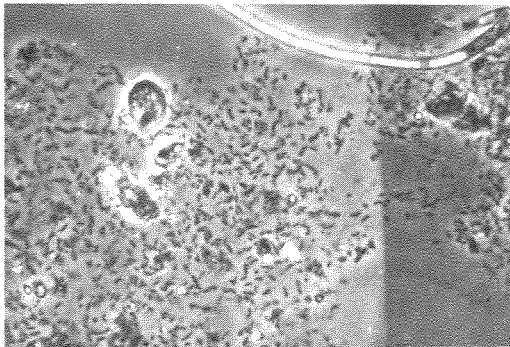
De samme fnokker tilsatt oksal-
syre-reagens. (litt.2).
Det meste av strukturen er
forsvunnet.

Alle bildene på denne siden viser fnokkene 100 ganger forstørret.
Mikrofotograferingen utført av J.G. Ormerod.

Fig. 10

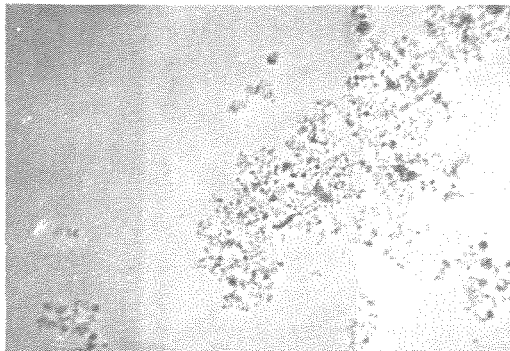


Fnökk fra Jordbærhaugen, 15/12-65,
400 ganger forstørret.

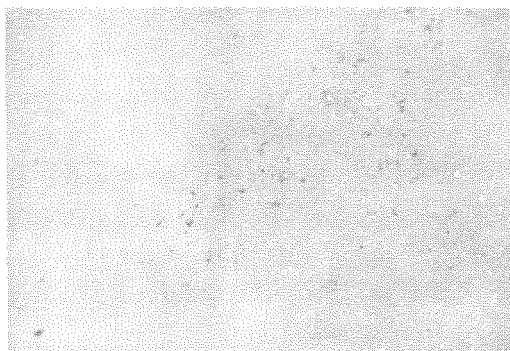


Den samme fnökk tilsatt oksalsyre-
reagens. Bemerkt hvor tydelig stav-
bakteriene trer fram i forhold til
bildet ovenfor.

Fnökkens struktur er i behold.
400 ganger forstørret.



Fnökk fra kar med klortilsetning,
Jordbærhaugen, 15/12-65.
Ingen tydelige bakterier å se.
100 ganger forstørret.



Den samme fnökk etter tilsats av
oksalsyre-reagens. Fnokken beholdt
ikke sin struktur.
100 ganger forstørret.

Uten denne vekst viste slammet liten evne til å feste seg til karenes sider og bunn, og under forhold med sterkere strømming, som i vannledningsrørene, er det usannsynlig at slikt sediment vil kunne danne nevneverdig slam i rørene. Testen for oksydert mangan viste at råvann inneholdt mange Mn-holdige partikler, mens disse praktisk talt var forsvunnet etter ozoneringen. Mn-holdige partikler var igjen oppstått da vannet var nådd ned til Blommenholm. Som en demonstrasjon på bakterievekstens evne til å binde sedimentene, ble det tatt en del bilder under mikroskoperingen av disse prøvene. Enkelte av disse bildene er vist, med kommentarer, i figurene 9 og 10. Alle slamavsetningene viste tilstedeværelse av organismer som også forekommer i Aurevatn, men karene uten klortilsetning skilte seg ut på grunn av sitt innhold av tydelig levende organismer, som protozoer og stavbakterier.

Kommentarer til tabell 13 a og b.

Klortilsetning til vannet viste seg å hemme bakterievekst på objektglassene fullstendig. Kolonisering av glassene så ut til å gå hurtigst i karene på Blommenholm. Dette kan skyldes at vanntemperaturen i karene på Blommenholm var 10 - 15°C, som følge av romtemperaturen, mens den på Jordbærhaugen og for råvann bare var 3 - 5°. Etter tre uker var slimlaget mer voluminøst på objektglassene fra Jordbærhaugen enn fra Blommenholm. Det er mulig at de relativt store mengder amøber tilstede på objektglassene fra Blommenholm hjalp til med å holde veksten nede. Likevel var det ved forsøkets slutt størst antall bakterier på objektglassene fra Blommenholm. Veksten som ble dannet her var utpreget slimet av karakter, og det antas at den likner det som vokser på rørveggene i forsyningsnettene. Det bemerkes også at det var atskillig bakterievekst på objektglass fra kar med råvann.

b. Måling av suspendert stoff ved hjelp av sentrifugering.

Til dette formål ble det benyttet en Sorvall superspeed kontinuerlig sentrifuge. I perioden 31/3 - 4/4 1966 ble det fra hvert av de forskjellige prøvesteder brakt inn 100 l vann til undersøkelse. Vannet ble ledet gjennom sentrifuge med en hastighet på 400 ml/min., og med en sentrifugal kraft på ca. 30.000 x g. Under disse betingelser ble alle partikler større enn 1 µm i tverrsnitt sedimentert. Sentrifugatene ble analysert med hensyn til vått volum, tørrvekt, gløderest, Mn, Fe og SiO₂. Analyseresultatene er vist i tabell 14.

Tabell 14. ANALYSER AV SENTRIFUGERT SUSPENDERT STOFF I VANN FRA AUREVATN-
NETTET.

Fra perioden 31/3 - 4/4-1966.

| Vanntype | | Råvann, 31/3 | Mikrosilt vann, 4/4 | Ozonert vann, 31/3 | Jordbær- haugen, 4/4 | Blommenholm, 4/4 |
|-----------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|
| Analyse | | | | | | |
| Vått slamvolum, ml/100 l | | 0,49 | 0,50 | 0,56 | 0,64 | 0,57 |
| Tørrstoff, mg/100 l | | 34,1 | 20,6 | 20,5 | 25,4 | 29,6 |
| Slamtetthet, mg/ml | | 70 | 42 | 36 | 40 | 52 |
| Gløderest, mg/100 l | | 12,5 | 7,4 | 8,1 | 11,3 | 9,0 |
| mg/100 mg tørrstoff | Glødetap | 63 | 66 | 60 | 55 | 70 |
| | Gløderest | 37 | 34 | 40 | 45 | 30 |
| | Mn | 0,85 | 1,1 | 0,5 | 1,2 | 4,3 |
| | Fe | 12 | 7,5 | 9,3 | 24 | 3,3 |
| | SiO ₂ | 6,3 | 13,4 | 19,3 | 21,6 | 19,6 |
| mg/100 mg gløderest | MnO ₂ | 3,6 | 4,7 | 2,1 | 4,3 | 22 |
| | Fe ₂ O ₃ | 47 | 30 | 34 | 76 | 16 |
| | SiO ₂ | 17 | 37 | 7,6 | 9,5 | 6,4 |
| | Rest | 32 | 28 | 59 | 10 | 56 |
| Fe/Mn | | 14 | 6,8 | 18,6 | 20 | 0,8 |

Resultatene viser at 60% av det sentrifugerbare tørrstoff i råvann fremdeles er tilstede i vannet etter mikrosiling og ozonering. Da de resterende vannprøver ble tatt på en senere dato, kan resultatene ikke sammenliknes direkte, men de viser en tendens til økning av sentrifugerbart materiale nedover nettet. Sentrifugat fra råvann pakkes tettere enn tilsvarende fra ozonert vann og vann fra Jordbærhaugen. Ved Blommenholm er slamtettheten større enn fra de to sistnevnte steder; og dette kan henge sammen med de tette, manganholdige klumper som ofte forekommer på dette sted. Manganinnholdet reduseres ved ozonering, men stiger igjen nedover langs nettet. Jernanalysene viser større variasjon enn i tidligere analyser, men jerninnholdet var tydelig minst i slam fra Blommenholm. Jordbærhaugen hadde størst slamvolum, men Blommenholm hadde størst mengde organisk stoff i slammet.

Den mikroskopiske undersøkelse av disse sentrifugater viste at de besto av tette, bløte, grågule klumper av partikler og bakterier, og det var tydelig at de var blitt presset sammen under den sterke sentrifugal-kraften. Sentrifugetet fra råvann inneholdt Siderocapsa, stavbakterier, små fragmenter av trådbakterier og refraktile partikler av ukjent natur. De fleste av disse gjenstander var i størrelsesområdet 0,3 - 2 μm . I tillegg var det enkelte større, gulbrune humusfnokker. Sentrifugatene fra ozonert vann og fra Jordbærhaugen liknet de fra råvann, men var ikke så gule. Sentrifugetet fra Blommenholm var mer dominert av stavbakterier enn de andre.

Kvantitative analyser av suspendert materiale har også vært utført ved filtrering av vann fra de vanlige prøvestedene gjennom glassfiberfiltre av type Whatman GF/A og CF/C, (litt.8). Resultatene stemmer bra med sentrifugeringsforsøket, da en får tørrstoffverdier i områdene 27-36, 12-30, 30 og 29 mg/100 l for henholdsvis mikrosilt vann, ozonert vann, vann fra Jordbærhaugen og vann fra Sandvika.

c. Kvalitativ undersøkelse av suspendert materiale ved membranfiltrering.

Ved å filtrere vannprøver gjennom membranfiltre med poreåpning 0,45 μm , blir partikler større enn dette holdt tilbake på filtrenes overflate. Ved denne anledning ble metoden ikke brukt til kvantitative bestemmelser av suspendert materiale, men til å undersøke dette materialets innhold av oksydert mangan.

Vannprøver fra de vanlige prøvesteder ble filtrert på denne måten, og membranfiltrene ble lagt over på et vanlig filterpapir fuktet med en 0,1 % løsning av leucomalakittgrønt i 0,1 N HCl. Partikler som inneholder oksydert mangan danner som før nevnt en intens grønnfarge med denne reagens (litt.2).

Råvannets innhold av Mn-holdige partikler varierte noe, men det var relativt høyt. Det samme gjaldt for mikrosilt vann. De fleste av disse partiklene var i størrelsesområdet 3-30 μm i tverrsnitt.

Ozonert vann tappet like utenfor ozoneringskammeret inneholdt vanligvis svært få eller ingen Mn-holdige partikler.

Vann fra Jordbærhaugen hadde et større innhold av Mn-partikler enn det nettopp ozonerte vannet. Prøver tatt på Blommenholm og i Sandvika viste som regel ganske stort innhold av Mn-holdige partikler. Disse observasjoner stemmer overens med resultatene fra Mn-balansenforsøket beskrevet i del 2.3. c. De viser at praktisk talt alt partikulært mangan blir oppløst under ozoneringen, antakelig ved oksydasjon til permanganat, og at manganforbindelser felles ut igjen under vannets opphold i ledningsnett.

d. Diskusjon av resultatene fra de forskjellige forsøk på å måle suspendert stoff.

Resultatene fra forsøk 2 a viser at det er stor sannsynlighet for at det foregår en vesentlig begroing av ledningsnett. Mulighetene for fysisk-kjemisk avsetning av suspenderte stoffer i vannet er mindre i ledningsnett enn i forsøkskarene, fordi vannhastigheten er større i nettet, og fordi strømningsforholdene i rørene dessuten ikke favoriserer sedimentering i samme grad som forholdene i karene. De meget forskjellige strømningsforhold i kar og ledningsnett gjør det vanskelig å vurdere mengden av biologisk vekst i nettet i forhold til det som er funnet i karene. En sammenlikning av funne verdier og forskjellige forhold som har innvirkning på begroingens omfang, er vist i tabell 15.

Tabell 15. SAMMENLIKNING MELLOM STRØMNINGSFORHOLD OG AVSETNINGSMENGDER FRA RENNE- OG KARFORSØK.

| Tekst | Renner | | Kar | Ledningsnett D= 80 cm Hovedledning |
|---|------------|--------------------|---------------------------------|--|
| | Råvann | Jordbær- haugen | Ca.område for behandlet vann | |
| Avsetning pr.m ² fuktet overfl. mg/m ² | 2340 | 312 | 20-50 | |
| Avsetningstid, døgn | 50 | 50 | 10 | |
| Avsetningsmengde mg pr.m ² pr.døgn | 42 | 6,2 | 2-5 | |
| Vannføring m ³ /døgn | 0,72 | | 0,1 | ca. 17.000 |
| <u>Fuktet periferi,</u> Fuktet tverrsnitt m/m ² | 69 | | 17 | 5 |
| <u>F. per. x vannf.</u> F. tverrsn. | 50 | | 1,7 | ca. 84.000 |
| Teoretisk vann- hastighet: (<u>vol.vann pr. tid</u>) Fuktet tverrsn. | 28 cm/min. | | 24 · 10 ⁻² cm/min. | 23 · 10 ² cm/min. |

De målte avsetningsmengder ligger i samme størrelsesområde når de regnes som mg avsetning pr. m² fuktet flate pr. døgn. Den 7 ganger større vannføring i rennene ga for råvann ca. 10 ganger større avsetningsmengde, men behandlet vann ga avsetningsmengder av samme størrelsesorden for renner og kar. Den 100 ganger mindre vannhastighet sammen med bare 7 ganger mindre vannføring skulle begunstige sedimentering i karene i forhold til i rennene, men de målte avsetningsmengder for behandlet vann viser ikke utslag i den retning.

Begroing av flater i kontakt med vannet er avhengig av flere faktorer; bl. a. tilgjengelig næring i vannet, begroingens evne til å ekstrahere denne næring fra vannet, og til å holde seg fastsittende under de gjeldende strømningsforhold.

Tilgjengelig næring vil i strømmende vann være proporsjonal med mengde biologisk nedbrytbare stoffer i vannet, med vannmengde pr. tidsenhet, og med begroingsflate pr. volumenhet vann. (Det sistnevnte forhold er det samme som fuktet periferi/fuktet tverrsnitt).

Tabell 15 viser at de to sistnevnte betingelser i høy grad skulle begunstige begroing av rennene i forhold til karene, hvilket ikke har gitt markante utslag i måling av fastsittende vekst i renner med behandlet vann. Det må derfor antas at den tilgjengelige næring ikke har vært begrensende for begroingen i de undersøkte systemer. En må imidlertid ikke se bort fra at produksjonen av slam i renner og rør består av en fastsittende og en løseveve fraksjon, og at den løseveve fraksjon blir dominerende når den fastsittende har nådd maksimal tykkelse under de herskende strømningsforhold.

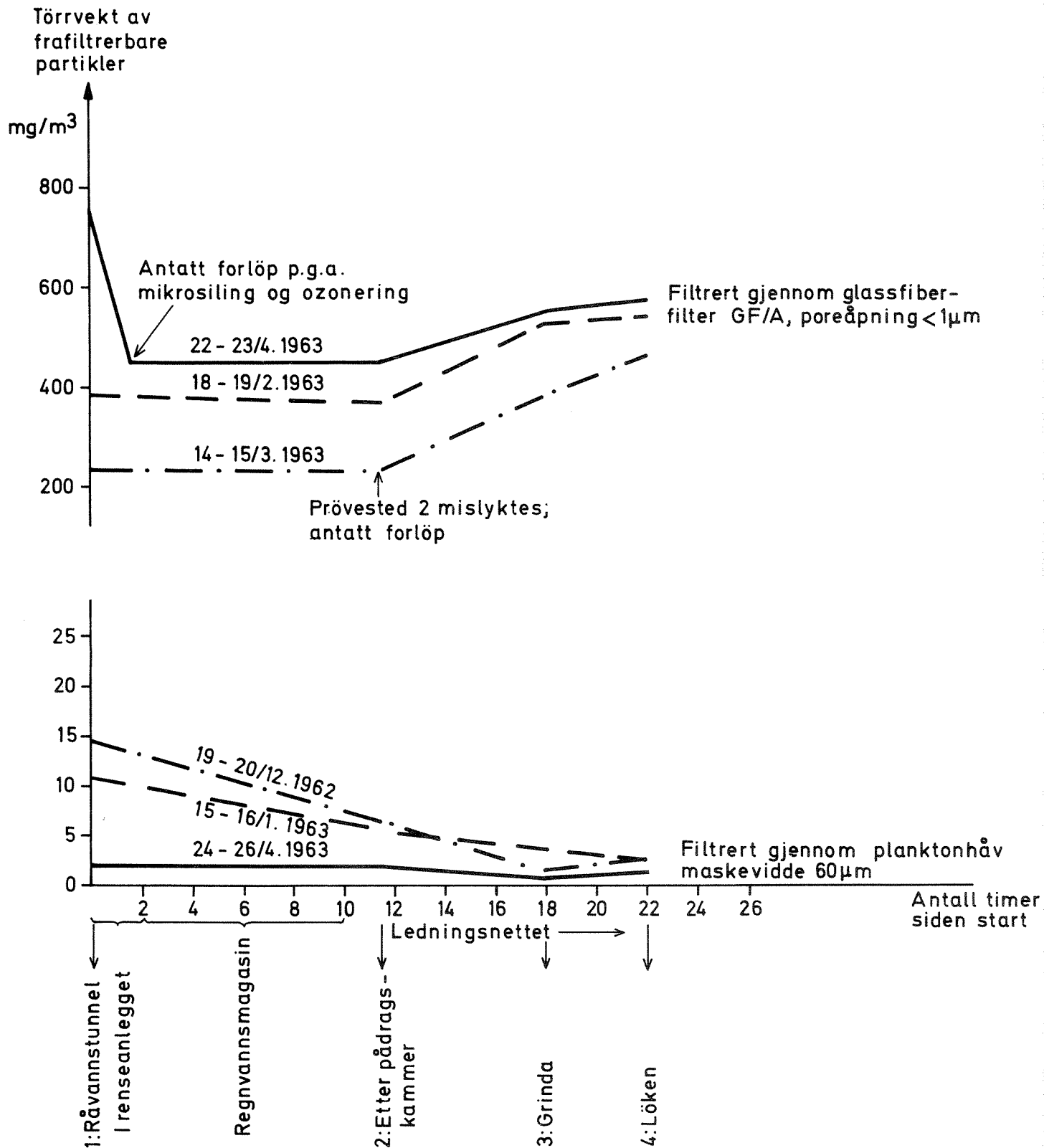
For å få en idé om størrelsesorden av slamproduksjonen i Aurevatn-nettet, ble opplysningene fra notat 1 benyttet sammen med opplysninger om ledningsnettet fra litt. 7.

Resultatene fra tabell 3 og 4 i notat 1 er vist her i kurveform på fig. 11. For detaljer henvises til det nevnte notat. Forsøkene ble utført slik at en i alle prøver opererte med de samme vannmasser, og resultatene fra de forskjellige steder langs ledningsnettet er derfor direkte sammenliknbare. Disse undersøkelser ble imidlertid utført i 1962/63, før alle renseprosessene var satt i drift ved Aurevatn renseanlegg, og ledningsnettet var derfor ennå dominert av forholdene med råvann i rørene.

En ser av figur 11 at den mengde partikler som holdes tilbake av planktonnett med maskevidde 60 μm er meget liten i forhold til mengde partikler som holdes tilbake opå glassfiberfiltre med poreåpning ca. 1 μm . Resultatene fra glassfiberfiltreringene viser for ubehandlet vann en økning i mengde partikler mellom prøvestedene (1-2) og (3-4). Resultatene for mikrosilt, ozonert vann viser samme tendens. Kalkdoseringsanlegget var ved dette tidspunkt ennå ikke satt i drift.

Det så altså ut til å foregå en økning i mengde frafiltrerbart stoff nedover langs ledningsnettet, og denne økning var tilstede allerede før mikrosil-, ozonering- og kalkdoseringsanleggene ble satt i drift.

Fig.11 Resultater fra tabell 3 og 4 i Notat 1



Den 22 - 23/4. og 24 - 26/4. var renseanlegget i drift, og vannet fra prøvested 2-3 og 4 er derfor mikrosilt og ozonert i disse periodene

Prøvested 2 og 3 var henholdsvis Jordbærhaugen og Grinda. I perioden før renseprosessen ble startet ble det funnet at økningen i innhold av frafiltrerbart stoff mellom Jordbærhaugen og Grinda var på ca. 150 mg pr. m³ vann. Like etter at mikrosilings- og ozoneringsanleggene var satt i drift ble økningen funnet å være ca. 100 mg/m² vann. Med et midlere døgnforbruk på 18.000 m³ i førstnevnte og 15.500 m³ vann i sistnevnte periode, skulle dette utgjøre (1,6-2,7) · 10⁶ mg frafiltrerbart materiale pr. døgn. Hovedledningen mellom Jordbærhaugen og Grinda har 80 cm diameter og er 5.400 m lang. Den innvendige flate utsatt for begroing er 0,8 · π · 5.400 m² = 13.600 m².

Nyprodusert, suspendert slam pr. døgn pr. m² innvendig flate vil da ligge i området:

$$\frac{(1,6 - 2,7) \cdot 10^6}{13.600} = \underline{\underline{120 - 200 \text{ mg}}}$$

Disse beregningene viser bl.a. at det også med råvann var en vesentlig slamproduksjon. Dette stemmer overens med resultatene fra kar-forsøkene, renneforsøkene og BOF-forsøkene. En kan tenke seg at en slik økning i frafiltrerbart stoff kan fremkomme ved at suspenderte partikler i vannet sedimenterer og legger seg som et løst teppe på bunnen av ledningen. Ved lav strømningshastighet i rørene kan det danne seg en forholdsvis bred sone med laminære strømningsforhold nærmest rørveggene, og slamteppet kan under slike forhold bli liggende i ro. Hvis strømningshastigheten økes slik at en får turbulente strømningsforhold nær rørveggen, vil slamteppet hvirvles opp og føres med vannet til forbrukeren, og der registreres som "klagevann". Denne form for klagevann skulle da ventes å opptre i forbindelse med stort vannforbruk, og i perioder med vanlig forbruk skulle vannet være fint og vise synkende mengde partikulært stoff nedover langs ledningsnett. Resultatene fra de tre prøveserier i notat 1 viser imidlertid samme tendens til økende partikkelmengde nedover ledningsnett. Det er også mulig at den økende partikkelmengde kommer av at bakterier i en hinne på rørveggene utnytter løste stoffer i vannet til produksjon av nye bakterier. Under normale strømningsforhold kan det være stadig løsriving av små partikler fra denne hinnen, men ved sterke strømningsforandringer kan det løsne store mengder som vil bli synlige hos forbrukeren som "klagevann". Det er lite sannsynlig at frittsvevende mikroorganismer, ved denne vanntemperatur (<4°C) og konsentrasjon av næringsstoffer, på ca. 10 timer skulle kunne være istand til å produsere den mengde partikulært materiale det her er snakk om; 100 - 150 mg tørrstoff/m³ vann.

Det mest sannsynlige er nok at det foregår bakterievekst på rørveggene samtidig som partikler i vannet sedimenterer eller oppfanges av denne bakterie - "slimveksten". Spørsmålet vil da være i hvor stor grad den kjemiske eller mekaniske utfelning vil skape problemer dersom det lykkes å eliminere bakterieveksten. Mikroskoperingsresultatene fra de forskjellige prøvesteder i notat 1 gir oss ingen mulighet til sammenlikning med senere forsøk. På det tidspunkt (1963) var ikke teknikken med å fjerne brunfargen i slamprøvene under mikroskoperingen utarbeidet, og NIVA hadde heller ikke mikroskop som var egnet til best mulig bestemmelse av bakterieinnhold. Dog kan en merke seg at råvannet i alle prøveseriene inneholdt vesentlige mengder hylsebakterier (Leptothrix) og Siderocapsa, og at de samme bakterier viste tilstedeværelse også i nettet; om enn i mindre mengde. Zoogloea, og spesielt Hyphomicrobium, er av de bakterier som neppe ville ha blitt registrert i disse prøvene selv om de hadde vært tilstede.

Mikroskoperingsresultatene fra forsøkene beskrevet i del 3 viste at begroingen inneholdt mange bakterier. Grunnen til at det ikke er flere bakterier assosiert med fnokker fra innsjøen (desinfisert råvann) kan være at utnyttelsen av næringsstoffene er bedre når veksten foregår på faste overflater. Fra objektglassene som var nedsenket i de øverste kar under sedimenteringsforsøkene, ble det isolert flere stammer av Zoogloea. De isolerte organismer viste seg å være av samme morfologiske type som Zoogloea-koloniene på objektglassene og i klageprøvene. Det lyktes ikke å isolere Hyphomicrobium, men denne bakterietype har et så karakteristisk utseende p.g.a. de lange, tynne trådene den produserer, at isolering ikke ble regnet å være nødvendig for å stadfeste tilstedeværelsen av denne organismen.

I årene siden 1960 er det blitt publisert en del litteratur om problemer med manganholdig slam i vannledninger, hvor det viste seg at slammet og dets høye manganinnhold var en følge av begroing av rørveggene med forskjellige typer manganoksyderende stavbakterier og Hyphomicrobium. (Se litt. 8 og 9). Hyphomicrobium og dens evne til å oksydere mangan, dens morfologi, vekst og næringsbehov er beskrevet i flere artikler (se litt. 10 - 14). Mikrofotografier av Hyphomicrobium fra denne litteratur viser en slående likhet med den organisme vi har funnet i slammet fra Aurevatn-nettet. Den nevnte litteratur angir at Hyphomicrobium ikke vokser i vanlige bakteriemedier. Den oksyderer lavere fettsyrer og alkoholer, fortrinnsvis forbindelser med bare 1 carbonatom til CO₂, men er ikke

istand til å angripe stoffer som carbohydrater og proteiner. Organismen kan benytte CO_2 som carbonkilde; den er muligens en chemo-autotrof, men dette er ennå ikke bevist. Det interessante i denne sammenheng er at Hyphomicrobium bare oksyderer de aller laveste fettsyrer og alkoholer, benytter CO_2 som carbonkilde, samt at den kan oksydere manganforbindelser til uløselige MnO_2 . Dette stemmer overens med antakelsen fra del 3 om at nedbrytning av humusstoffene under ozoneringen førte til et økt innhold av små, biologisk lettere nedbrytbare molekyler i vannet, og at dette igjen førte til økt bakterievekst i vannrørene. Hvis Hyphomicrobium er istand til å oksydere mangan, kan dette være forklaringen på at manganinnholdet i slam fra ledningsnettene er høyere enn i slam fra mikrosilt vann, til tross for at en finner meget liten forekomst av typiske manganoksyderende organismer (- eg. Leptothrix) i slammet.

Resultatene fra mangananalysene viser samme tendens i alle tre forsøks-typer: Ozonering fjerner suspendert mangan fra råvannet, men Mn-partikler viser seg igjen i vann fra Jordbørhaugen og viser tendens til økning nedover fordelingsnettene. Jerninnhold i suspendert materiale og slam viser stort sett synkende tendens nedover nettet.

Analyseresultatene fra de to kvantitative sedimenteringsforsøk, 1 a og b, kan gi oss opplysninger om størrelsesordenen av vannets totale innhold av suspendert stoff (sentrifugert) i forhold til den fraksjon som sedimenterte i karforsøkene. En slik sammenlikning er satt opp i tabellform, tabell 16.

Tabell 16. SAMMENLIKNING MELLOM RESULTATENE FRA FORSØKENE PÅ Å BESTEMME AVSETNINGSMENGDER (KAR) OG SUSPENDERT MATERIALE (SENTRIFUGE).

| Prøvested | Råvann | | Jordbærhaugen | | Blommenholm | |
|--|--|------------|--|------------|--|------------|
| | Kar | Sentrifuge | Kar | Sentrifuge | Kar | Sentrifuge |
| Dato: | 14 - 24/1 | 31/3 | 9/2-2/3 | 4/4 | 21-31/3 | 4/4 |
| Forsøk III 2: | a | b | a | b | a | b |
| Tørrstoff: mg/m ³ | -Cl ₂ : 50 +Cl ₂ : 32 | 341 | -Cl ₂ : 32 +Cl ₂ : 18 | 254 | -Cl ₂ : 44 +Cl ₂ : 32 | 296 |
| Kar (-Cl ₂) Sentrifuge : | 15 % | | 13 % | | 15 % | |
| Kar (+Cl ₂) Sentrifuge : | 10 % | | 7 % | | 11 % | |
| Gløderest, mg/m ³ vann | -Cl ₂ : 19 +Cl ₂ : 20 | 125 | -Cl ₂ : 13 +Cl ₂ : 12 | 113 | -Cl ₂ : 15 +Cl ₂ : 14 | 90 |
| Tørrstoff - gløderest, mg/m ³ | -Cl ₂ : 31 +Cl ₂ : 12 | 216 | -Cl ₂ : 19 +Cl ₂ : 6 | 141 | -Cl ₂ : 29 +Cl ₂ : 18 | 206 |
| mg gløderest 100 mg tørrst. | -Cl ₂ : 38 +Cl ₂ : 62 | 37 | -Cl ₂ : 39 +Cl ₂ : 66 | 46 | -Cl ₂ : 33 +Cl ₂ : 44 | 30 |

De to typer forsøk er ikke foretatt med de samme vannmasser, men tallene i tabell 16 ble for hvert prøvested tatt fra de a-forsøk som lå nærmest b-forsøkene i tid.

Den fraksjon av sentrifugerbart stoff som sedimenterte i karene finnes ved å sammenlikne med kar med desinfisert vann, da en ellers vil komme til å inkludere den biologiske vekst i karene. Av tørrstoffets gløderestfraksjon kan en se at denne er vesentlig større for kar-sediment enn for sentrifugat. Dette kan skyldes to ting, nemlig at det hovedsakelige er tyngre partikler med høyt gløderestinnhold som har sedimentert i karene, eller det kan være klortilsetningen som resulterer i et noe høyere innhold av Fe og Mn i gløderesten fra disse kar. Sannsynligvis skyldes det en kombinasjon av disse muligheter. Ca. 10 % av det sentrifugerbare stoff sedimenterer i karene. En ser dessuten at mengde sedimentert stoff avtar etter renseprosessene, men at det stiger til samme nivå som for råvann innen vannet er nådd ned til Blommenholm.

Ved å sammenlikne sentrifugatene med kar uten klortilsetning, ser en at den totale mengde slam i karene når opp i verdier på 15 % av det sentrifugerbare stoff.

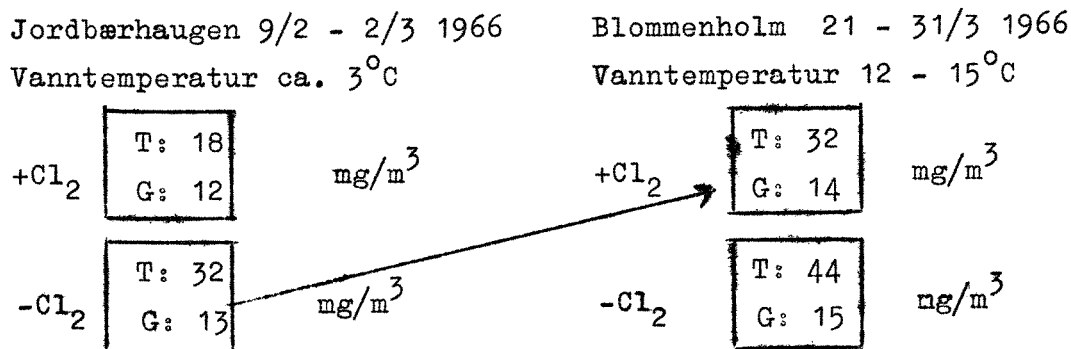
En sammenlikning av den mengde suspendert stoff som går inn i ledningsnett ved Jordbærhaugen med den som kommer ut igjen ved Blommenholm, viser følgende:

Tabell 17. SAMMENLIKNING MELLOM SUSPENDERT MATERIALE PÅ JORDBÆRHAUGEN OG BLOMMENHOLM

| | Sentrifugert; mg/m ³ vann | | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------|----------|
| | Tørrstoff | Gløderest | Organisk |
| Blommenholm | 296 | 90 | 206 |
| Jordbærhaugen | 254 | 113 | 141 |
| Differens | + 42 | - 23 | + 65 |
| <u>Differens</u> Jordbærhaugen | 17 % | 26 % | 46 % |

På strekningen Jordbærhaugen - Blommenholm var det den 4/4 1966 en økning i sentrifugerbart materiale på 17 %. 26 % av den uorganiske fraksjon forsvant, og den organiske fraksjon av det suspenderte stoff økte med 46 %. Dette tyder på at noe av vannets innhold av uorganiske partikler sedimenterer underveis, mens det samtidig produseres suspendert organisk materiale.

Det er også interessant å sammenlikne sedimenteringsforsøkene tørrstoff- og gløderestverdier fra Jordbærhaugen og Blommenholm:



Resultatene fra Jordbærhaugen viser at vannet på dette sted, under de gitte betingelser, ga grunnlag til biologisk vekst som resulterte i en slamøkning på $(32-18=)14$ mg tørrstoff/ m^3 vann. Ved Blommenholm finner en at vannet inneholder denne mengde sedimenterbart stoff, og at det fremdeles har evnen til å produsere $(44-32=) 12$ mg tørrstoff/ m^3 vann, dog ved vesentlig høyere temperatur enn i karene fra Jordbærhaugen og i vannet i ledningsnettets ved denne årstid. Denne gode overensstemmelse mellom karforsøk og forholdene i nettet kan være tilfeldig, da det bare er anledning til å sammenlikne en fullstendig forsøksserie, men videre testing av metoden skulle kunne gi oss svar på om den er egnet til slike undersøkelser.

Fra en tidligere NIVA-rapport (1959, litt. 9) har vi opplysninger om råvannets totale innhold av tørrstoff, gløderest, jern og mangan, og fra forsøk under utførelse (1967) har vi opplysninger om tørrstoff og gløderest i ubehandlet og behandlet vann.

Tabell 18. ANALYSER AV TOTALT TØRRSTOFFINNHOOLD I RÅVANN OG BEHANDLET VANN

| Periode | Vanntype | Tørrstoff mg/l | Gløderest mg/l | Fe mg/l | Mn mg/l |
|-----------|-------------------------|-------------------|-------------------|--|------------|
| 1951-1957 | Aurevatn før oppdemning | midd. 32 | 17 | 0,13 | 0,05 |
| | | max. 36 | 20 | 0,26 | 0,25 |
| | | min. 25 | 11 | 0,04 | 0,00 |
| 28/4-1967 | Råvann | $29,7 \pm 0,7$ | $19,0 \pm 0,8$ | Analysene foreløpig ikke utført (juni 1967). | |
| | Mikrosilt | $29,1 \pm 0,4$ | $18,8 \pm 0,4$ | | |
| | Ozonert | $29,4 \pm 0,4$ | $19,0 \pm 0,5$ | | |

Vannets totale tørrstoffinnhold ser altså ut til å ligge på samme nivå i april 1967 som før oppdemningen (1951-57). Prøvene fra 28/4 1967 ble også analysert for innhold av suspendert stoff som lot seg frafiltrere med Whatman GF/A glassfiberfilter.

Tabell 19. ANALYSER AV SUSPENDERT STOFF BESTEMT VED GLASSFIBERFILTRERING

| | mg tørrstoff/10 l | mg gløderest/10 l |
|----------------|-------------------|-------------------|
| Råvann | $3,8 \pm 0,4$ | $0,8 \pm 0,4$ |
| Mikrosilt vann | $3,4 \pm 0,4$ | $1,0 \pm 0,4$ |
| Ozonert vann | $2,2 \pm 0,3$ | $\leq 0,3$ |

Tabell 20 viser en sammenstilling av alle de forskjellige former for tørrstoff/gløderest i rensed vann fra Aurevatn-anlegget.

Tabell 20. SAMMENLIKNING MELLOM DET RENSEDE VANNS INNHOLD AV TOTALT TØRRSTOFF, SUSPENDERT STOFF OG STOFF SOM SEDIMENTERER I KAROPPSETNINGER

| | mg/m ³ vann | | % | |
|--|------------------------|-----------|----------|-----------|
| | Tørrstoff | Gløderest | Organisk | Uorganisk |
| Totalt innhold | 30.000 | 19.000 | 37 | 63 |
| Sentrifugerbart | 250 - 300 | 113 - 90 | 55 - 70 | 30 - 45 |
| Sedimentert i kar | 25 - 50 | 13 - 19 | 50 - 60 | 40 - 50 |
| Typisk klagevann, tatt under spyling 7/3-67, GF/A-filtret: | 830 | 280 | 67 | 33 |

Når vannet er fint, er innholdet av suspendert materiale ca. 1 % av det totale tørrstoffinnhold. Når vannet inneholder brune, synlige partikler, som forekommer i perioder med klagevann eller spyling, kan innholdet av suspendert materiale komme opp i ca. 3 % av det totale tørrstoffinnhold. Vannet var ved denne anledning (7/3-67) meget stygt, med stort innhold av brune partikler.

Avsetningene i sedimenteringskarene utgjorde 10 - 15 % av vannets innhold av suspendert materiale, og ca. 1/3 av dette var nydannet vekst i karene. Disse avsetningene utgjør bare ca. 1 % av vannets totale tørrstoffinnhold.

Ved å betrakte forholdet mellom den organiske og uorganiske fraksjon av tørrstoff-verdiene, ser en at det suspenderte stoff (sentrifugat) har overvekt av organisk materiale i likhet med spyleslam; det sedimenterbare stoff har omtrent like stor del av uorganisk og organisk materiale, mens vannets totale tørrstoffinnhold har overvekt av uorganisk materiale. Denne tydelige forskjell i forholdet organisk/uorganisk materiale mellom suspendert stoff fra "klagevann" og vannets totale tørrstoffinnhold, tyder på at det ikke er vannets innhold av uorganisk materiale som skaper problemet med grumset, brunt vann i ledningsnett. Vannets innhold av løste, organiske stoffer er ca. 10 g/m³, og BOF-forsøkene har vist at det er et visst forbruk av disse stoffene i ledningsnett. Derfor må det ansees som mest sannsynlig at det er dette innhold av løst, organisk materiale som er kilden til "klagevannet".

3.3. Konklusjon.

Forsøkene beskrevet i del 3 underbygger antakelsen fra del 2 om at slamproblemet vesentlig skyldes biologisk vekst. Grunnen til at det oppstår biologisk vekst i ledningsnettene er at råvannet inneholder rikelige mengder løste organiske stoffer. Disse blir gjort lettere tilgjengelige for bakterier under renseprosessene.

Ozoneringsprosessen øker vannets innhold av biologisk nedbrytbare stoffer, BOF, med ca. 50 %, og kalkingen av vannet til pH ca. 7,0 - 7,3 gir en ytterligere økning i BOF på ca. 20 %. (Tabell 8).

Slam fra behandlet vann skiller seg fra råvannsslam ved at det er mer voluminøst og at det har større innhold av bakterier. Noen av disse bakterier er av samme type som de en finner i slam fra råvann, men de dominerende bakterier i slam fra behandlet vann fins bare i liten utstrekning i råvannsslam. I del 2 ble det dessuten funnet at disse bakteriene ikke så ut til å forekomme i vesentlige mengder i slam fra andre vannverk. Det ser derfor ut som om ledningsnettene fra Aurevatn renseanlegg er blitt infisert med bakterier hvis naturlige habitat er vann, men at de i dette ledningsnettene har funnet spesielt egnede forhold for vekst. Det er derfor rimelig å anta at slamdannelsen kan forhindres ved en tilsetning av et desinfeksjonsmiddel til vannet før det går inn i ledningsnettene. For at dette skal bli vellykket, må en finne fram til et desinfeksjonsmiddel som holder seg aktivt, og i tilstrekkelig store konsentrasjoner, helt ut i de ytterste ender av ledningsnettene, samtidig som det ikke skal være giftig for mennesker eller dyr, og heller ikke gi vannet lukt eller smak.

Den sikreste måten til å bli kvitt slamplagen vil være å fjerne det organiske stoff fra vannet. De fordeler dette vil medføre framfor bruk av desinfeksjonsmiddel må imidlertid veies mot omkostninger og eventuelle driftsvanskeligheter med et fullrensningsanlegg.

Forsøk med desinfeksjonsmidlet klordioksyd ble igangsatt i april 1965. Virkningen av behandlingen må følges over en lengre periode før en kan si om den har tjent sin hensikt, og dette vil bli behandlet i en etterfølgende rapport.

Tabell 21.

LIISTE OVER REGISTRERTE KLAGER OVER STYGT VANN VED BÆRUM VANNVERK,
for perioden 10/2-1965 til 31/12-1966.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | Merknad |
|------|----------------------|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg, flytepart. | Ødelagt vask | |
| 10/2 | | Homansvn. 31 | x | | | Ringledn. |
| " | Aaserud | Blommenholm Ekeberg Ekeberg Blommenholmvn. 28 | x | | | Endelødn. Rørbrudd Ringledn. |
| " | | Blommenholm | x | | | Endeledn. |
| " | | Krumveien 12, Haslum | x | | | Ringledn. |
| 11/2 | Østby | Sandviksåsen, Sandvika | x | | | Endel. |
| " | | Grinibråten 5, Kirkerud | x | | | Endel. |
| " | | Kjonejordet 10, Kolsås | x | | | Ringl. |
| " | Siv.ing. Thorstensen | Sarbuvollvn., Høvik | x | | | Ringl. |
| " | | Preståsen 18, Sandvika | x | | | Endel. |
| " | | Kirkerudbakken, Kirkerud | x | | | Endel. |
| 11/2 | | Solbergvn. 40, Valler | x | | | Endel. |
| 13/2 | | Prestevn. 8, Blommenholm | x | | | Ringl. |
| " | Skipsreder Krougerud | Preståsen 20, Blommenholm | x | | | Ringl. |
| 15/2 | | Lindhaugsvingen 7, Høvik | x | | | Ringl. 12 hovedl. |
| " | Nerlin | Valler | x | | | Endel. |
| 16/2 | Abrahamsen | Kolsåslia 47, Kolsås | x | | | Endel. |
| " | Naume | Gjettumkollen 21c Levretoppen, Gjettum | x | | | Endel. |
| " | | | x | | | forts. |

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | Merknad |
|------|------------------|---|----------------------------|--------------------|--------------|---------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg, flytepart. | Ødelagt vask | |
| 26/2 | | Nedre Åsvei, Slepanden | x | | | Endel. |
| 1/3 | | Løkkeberg gård, Løkkeberg | x | | | Ringl. |
| 2/3 | | Gjettumkollen, Gjettum, 2 klager | x | | | Endel. |
| " | Abrahamsen | Kolsåslia 47, Kolsås | x | | | Endel. |
| 3/3 | Rostrup | Caroline Øverlands vei 46 | x | x | | Ringl. |
| 4/3 | Hunsdahl | Odinsvei 5 og 7, Avløs | x | | | Endel. |
| 5/3 | | Kirkerudbakken borettslag, flere klager | x | | | Endel. |
| 8/3 | | Damveien, Jongsåsen | x | | | Endel. |
| " | | Hiltonvn. 4, Juterud | x | | | Endel. |
| " | | Gommerudvn. 11 og 11 F, Kolsås | x | | | Endel. |
| " | | Vallerkroken 4, Valler. | x | | | Endel. |
| " | Fru Dølen | Kolsåslia 24, Kolsås | x | | | Endel. |
| " | Fru Toft | Seljeholtet 35, Løkkeberg | x | | | Endel. |
| " | Friis | Vallervn. 68, Valler | x | | | Ringl. |
| 9/3 | Andersen | Gommerudvn. 11B, Kolsås | x | | | Endel. |
| " | | Øjønnesvn. 29, Bekkestua | x | | | Ringl. |

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|------|------------------|--|------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| | | | Stygt,brunt fjørmete vann | Belegg, flytepart. | Ødelagt vask | Tetter siler | |
| 10/3 | Ammarksrud | Kirkedalsvn. 45, Haslum | x | | | | Endel. |
| " | Glende | Berglyvn. 5, Bekkestua ØSTERNVATN | x | | | | " |
| " | Svensen | Bårumsvn. | x | | | | Ringl. 8" hovedledn. Endel. |
| " | T. Lange | Fjordvn. 73, 75, 77, 79, 81, 83, 85 og 87. Høvik | | | | | Endel. |
| 11/3 | | Glassverksvn. 25B + alle naboer, Høvik | x | | | | Endel. |
| " | Djorme | Tuengvn. 1A, Høvik | x | | | | Endel. |
| 13/3 | Kraugerud | Sandviksåsen, Sandvika | x | | | | Ringl. Blått vann. Endel. |
| 15/3 | Martinowitz | Maarvn., Hamang | x | | | | Endel. |
| " | | Seljeholtet 19, Løkkeberg | x | | | | Endel. |
| " | | Engerjordet, Blommenholm | x | | | | Rørbrudd. Ringl. |
| " | | Skogvn. 72, Stabekk | x | | | | Endel. |
| " | | Jenshaugvn. 9 Høvik | x | | | | " |
| " | | Skogfaret 44, Høvik | x | | | | Ringl. 12" hovedl. |
| 16/3 | | Kirkevn. 6, Ramstad | x | | | | Endel. |
| 17/3 | | Halvosensvei 12, Engerjordet | x | | | | Rørbrudd. Endel. |
| " | | Engerjordet, Blommenholm | x | | | | Endel. |
| " | | Viervn., Avløs | x | | | | Rørbrudd. Endel. |
| 18/3 | Eke | | x | | | | forts. |

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | Merknad |
|------|-------------------|---|----------------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | |
| 18/3 | Åserud Tokerud | Skogstuvn., Høvik | x | | | Endel. |
| 19/3 | | Ekebergslia 5B, Ekeberg | x | | | Endel. |
| " | | Sarbuvollvn., Høvik | x | | | Endel. |
| 20/3 | | Jongstubben, Jongsåsen | x | | | Ringl. Rørbrudd. Ringl. |
| 22/3 | | Bekkevn. 12, Blommenholm | x | | | Endel. |
| " | | Lillehagn. 47, Valler | x | | | Endel. |
| " | | Kirkevn. 6, Ramstad | x | | | Ringl. |
| " | Kristoffersen | Kirkedalavn. 44, Haslum | i lengre tid | | | Endel. |
| " | | Engerjordet 24, Blommenholm | x | | | Endel. |
| " | | Lillehagn. 22, Valler | x | | | Endel. |
| " | Dr. Nordahl | Ganle Drammensvei 100, Stabekk | x | | | Endel. |
| 23/3 | | Seljeholtet 19, Løkkeberg | x | | | Endel. |
| " | Kopperud | Stasjonsvn. 67, Blommenholm | x | | | Endel. |
| | | Halvorsensvei 12, Blommenholm | x | | | Endel. |
| 24/3 | P. Djorme | Tuengvn. 1A, Høvik | i 2 mnd. | | | Endel. |
| " | Kraugerud | Sandviksåsen Sandvika | x | | | " |
| " | Fredlund | Bekkevn. 12 + alle naboer. Blommenholm | x | | | Ringl. |
| 25/3 | Johansen | Stasjonsvn. 61, Blommenholm | i 4-5 timer | | | Endel. |
| 26/3 | | Ramstad Borettslag, Ramstad | i flere dager | | | Ringl., hovedl. Ringl. |
| 30/3 | | Bekkevn. 18, Blommenholm | i lengre tid | | | forths. |

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|------|------------------|---|-------------------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------------------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 30/3 | | Drammensvn. 413, Høvik | x | x | x | | Ringl., hovedl. Ringl. |
| " | | Engfaret 6B, Løkkeberg | x | | x | | Endel. |
| " | Aronsen | Halvorsensvei 34, Blommenholm | i lengre tid | | | | Endel. |
| " | | Engerjordet 1, Blommenholm | x | | | | Endel. |
| " | | Kitty Kiellandsvei, Valler | periodevis | | | | Endel. |
| " | | Caroline Øverlandsv. 13B | x | | x | | Ringl. |
| " | Horgen | Kolleveien 5, Haslum | periodevis | | | | Endel |
| 31/3 | | Skogfaret 6, Løkkeberg | x | | | | Endel. |
| " | | Jenshaugvn. 2B, Høvik | x | | x | | Rørbrudd |
| " | | Engerjordet 5, Blommenholm | i lengre tid | | | | Endel. |
| " | Ing. Johansen | Stasjonsvn. 61, Blommenholm | x | | | | Endel. |
| " | | Engerjordet 2, Blommenholm | x | | | x | Endel. |
| " | Fosslien | Ekeberglia 6, Ekeberg | x | | | | Endel. |
| 1/4 | Fosslien | Ekeberglia 6, Ekeberg | | | x | | Endel. |
| 6/4 | G. Hansen | Skogvn. 72, Stabekk | i lengre tid | | | | Endel. |
| 7/4 | Salvesen | Presteveien 8, Haslum | x | | | | |
| " | Årmann | Kokkerudåsen 8, Høvik | x | | | | |
| 20/4 | Krogh | Boligblokk på 20 leiligheter Engerjordet 108 + naboer, Blommenholm | i hele vinter | | | | forts. |

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|------|-----------------------------------|--|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|---------|
| | | | Stygt, brunt sjørmete vann | Belegg, flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 20/4 | Vandleak | Engerjordet 124, 126 og 128 Blommenholm | i lengre tid | | x | | |
| 28/4 | Fru Rønning-Moe | Stasjonsveien 34, Blommenholm | x | | | | |
| 14/6 | Bærum Foto | Drammensveien, Sandvika | x | | | | |
| 16/6 | Brannsjef S. Waage | | x | | | | |
| 16/6 | Sokneprest Huseby | | x | | | | |
| 22/6 | K. Berg | Jesshaugvn. 8, Høvik | x | | | | |
| 24/6 | | Taunmyn. 22 og hele området ruddt, Sandvika | x | | | | |
| " | Ing. Middttun | Ekebergveien 8, Ekeberg | x | | | | |
| 28/6 | Jacobsen | Brynsveien 81B, Gjetttum | i ca. 1 uke | | | | |
| " | Gjestvang | Slepndvn. 33, Sandvika | x | | | | |
| 8/7 | Thorstensen | Sarbuvollvn. 6, Høvik | x | | | | |
| " | Fru Valentinsen | Fosslivn. 4B, Gjetttum | x | | | | |
| " | Tomten Fabrikker ing. Landmark | Ringeriksvn. 56, Sandvika | x | | | | |
| 12/7 | | Kjonejordet 10, Gjetttum | i lengre tid | | | | |
| 17/7 | | Micheletsvei 16, Lysaker | x | | | | |
| 19/7 | Wold | Lillehagveien 27, Haslum | x | | | | |
| " | Moe-gården | Ringeriksveien 12, Sandvika | x | | | | |
| " | | Blokkeveien, Sandvika | x | x | | | |
| " | Fru Ødegård | Granalléen 3, Høvik | x | x | | | |
| " | Edelmann | Løkebergv. 9a, Haslum | x | | | | |
| " | (Åmottgården) | Ringeriksvn. 18, | | | | | |
| " | Renseri | Sandvika | | | | | x |
| " | | Kitty Kiellandsvei 6, Haslum | x | | | | |
| 20/7 | Abrahamsen | Kolsåslia 47, Gjetttum | x | | | | |
| " | | Skogfaret 46, Haslum | i lengre tid | | | | |

Farlig for produksjonen, store tap.

Endel.

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|------|------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | | | Stygt, brunt gjormete vann | Belegg, flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 20/7 | Larsen | Gullbakkvn. 1, Høvik | x | | | | Ødelegger film |
| " | | Seljeholtet 31 m/flere | x | | | | |
| " | | Seljeholtet 16a, Løkkeberg | x | | | | |
| " | | Solhaugvn. 63, | i flere | | x | | |
| " | Nerlien Foto | Jongskollen | uker | | | | |
| 21/7 | | Bærumsvn. 357 D, Valler | x | | | | |
| " | | Stasjonsvn. 48, | x | | | | |
| " | | Blommenholm | x | | | | |
| " | | Bjørnekollen, Haslum | x | | | | |
| " | | Bjerkeholtet 4, Løkkeberg | x | | | | |
| " | | Vestlia 1, | i et par | | | | |
| " | | Haslum | dager | | | | |
| " | | Solvikvn., | i flere | | | | |
| " | | Blommenholm | dager | | | | |
| 22/7 | | Caroline Øverlandsvei 13, | i flere | | | | |
| " | | m/flere, Bekkestua | dager | | | | |
| " | | Seljeholtet, Løkkeberg | i flere | | | | |
| " | | Vestlivn., Haslum | dager | | | | |
| " | | Seljeholtet, Løkkeberg | x | | | | |
| " | | Stasjonsvn., | x | | | | |
| " | | Blommenholm | x | | | | |
| " | | Kirkevn. 6, Høvik | x | | | | |
| " | | Skytterdalen, Sandvika | x | | | | |
| " | | Engfare, Løkkeberg | x | | | | |
| " | | Krokvolden, Stabekk | x | | | | |
| " | | Fjordveien, Høvik | x | | | | |
| 23/7 | | Tors vei, Avløs | i 2 uker | | x | | |
| " | Fru Høilund | Lorangejordet | ca. 14 | | | | |
| 24/7 | | Sandvika | dager | | | | |
| 26/7 | Bærum Foto | Tanumvn. 22, Sandvika | x | | | | |
| 24/7 | | Avløs. Haslum | x | | | | |

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|------|--------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|--------------|-------------|-------------------|
| | | | Stygt, brunt, gjørmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 26/7 | Berg | Blokkeveien, Sandvika | x | | | x | Gammel 2½" endel. |
| 2/8 | Svarverud | Bjerkealléen 26, Høvik | x | | | | |
| 3/8 | | Lommedalsvn. 126, Gjettum | x | | | | |
| 19/8 | | Bjørnekollen, Haslum | x | | | | |
| " | | Thommesens vei, Gjettum | x | | | | |
| " | Dr. Paulsen | Henry Lehres v. 27, Blommenholm | x | | | | |
| " | Wøyen forsøks-gård | Lommedalsveien 40/42 | x | | | | |
| 25/8 | | Bauneveien 15, Ekeberg | x | | | | |
| 26/8 | | Gysselstadkollen, Slepender | x | | | | |
| " | | Vardeveien, Ekeberg | x | | | | |
| 27/8 | Karlsen | Høgåslia 6, Hauger | | | i lengre tid | | |
| 28/8 | Berg | Jenshaugvn. 8, Høvik | x | | | | |
| " | A. Pedersen | Ramstadsletta 4, Ramstad | x | | | | |
| " | | Ekebergvn. 6, Ekeberg | x | | | | |
| 30/8 | Abrahamsen | Kolsåslia 47, Hauger | x | | | | |
| " | | Bjørnekollen, Haslum | x | | | | |
| " | | C. Øverlandsv., Ekeberg | x | | | | |
| " | | Seljholtet 6, Løkkerberg | x | | | | |
| " | | Vallerveien 136, Gjettum | x | | | | |
| " | | Gamle Drammensvei 100 H, Høvik | x | | | | |
| " | | Kleivveien 50, Bekkestua | x | | | | |
| " | Hattestad | Kirkeveien 73, Haslum | x | | | | |
| " | | H. Øverlandsv., Ekeberg | x | | | | |
| 31/8 | | Høvikvn. 37, Bekkestua | x | | | x | |
| " | Berntzen | Homansvn. 20, Blommenholm | x | | | | |
| 2/9 | | Bjerkealléen, Høvik | x | | | | |
| 3/9 | | Kolleveien, Haslum | x | | | | |
| " | Thon | Jenshaugvn. 6, Høvik | x | | | | |
| 8/9 | | Avløsvn. 10, Avløs | x | | | | |

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|-------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|----------------|---------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 10/9 | P. Paulsen | Ringeriksvn. 186 b, Sandvika | i 1 mnd. | | | | |
| 14/9 | Ing. Lindemann | Jarenvn. 2, Skui | i lengre tid | | | | |
| 16/9 | | Gamle Drammensvn. 190, Blommenholm | x | | | | |
| 18/9 | G. Knudsen | Underhaugvn. 10 D | i flere dager | | | | |
| 21/9 | Høvikåsen A/S | Jar | i lengre tid | | | | |
| 22/9 | | Fjordvn. 87, Høvik | x | | | | |
| 25/9 | Thon | Jenshaugvn. 6, Høvik | x | | | | |
| 28/9 | Ing. Brekken | Brennevn., Sandvika | x | | | | |
| | Fru Sune | Skogfaret 47 C, | | | | | |
| 6/10 | Voghun | Løkkeberg | x | | | | |
| 18/10 | Fru Næss | Kolsåslia 21, Hauger | x | | | | |
| 21/10 | | Kolsåslia 24, Hauger | | | | | |
| | | Sandviksvn. 86, Blommenholm | i flere dager | | | | |
| 1966 | | | | | | | |
| 6/1 | Herr Sune | Skogfaret 47, Løkkeberg | x | | | | |
| 15/3 | Lund | Tuengvn. 8, Høvik | x | | | | |
| 23/3 | Fru Berg | Jenshaugvn., Høvik | x | | | | |
| 16/8 | Fru Sune | Skogfaret 47, Løkkeberg | x | | | | |
| " | Fru Andersen | Fjordvn. 67A, Høvik | i flere dager | | | | |
| " | | Angerstuvn. 18, Gjettum | x | | | | |
| 17/8 | Fru Brott | Avløsvn. 10, Avløs | x | | | | |
| " | | Harriet Backers vei, Haslum | x | | | | |
| " | Lillereiten | Vestlivn. 1, Haslum | i flere dager | | | | |
| 18/8 | Borge | Jenshaugvn. 8, Høvik | x | | | | |
| 19/8 | | Avløsvn. 10, Avløs | | | | | |
| 20/8 | Flere | Grindstuvn. 10, Gjettum | i 14 dager | | | | |
| 22/8 | Fru Larsen | Jongstubbyen 15, Sandvika | x | | | | |
| 23/8 | Haugen | Skogveien 87B, Stabekk | x | | | | |
| 24/8 | Sandvold | Oksehovedvn. 4 B, Blommenholm | x | | | | |

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | | Merknad |
|------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------|----------------|--|---------|
| | | | Stygt, brunt gjærmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | | |
| 25/8 | Lindemann | G1. Drammensvei 190, Blommenholm | x | | | | | |
| " | Sandli | Kirkevn. 46, Ekeberg | x | | | | | |
| " | | Vardevn. 11, Ekeberg | x | | | | | |
| 26/8 | | Stasjonsvn. 48, Blommenholm | x | | | | | |
| " | | Anton Valles vei, Blommenholm | x | | | | | |
| 27/8 | | Ekebergvn. 8, Ekeberg | x | | | | | |
| " | | Kirkevn. 46, Ekeberg | x | | | | | |
| " | | Michelets vei 16, Valler | x | | | | | |
| " | | Løkkevn. 2b, Stabekk | x | | | | | |
| 29/8 | Wangaard | Engerjordet, Blommenholm | x | | | | | |
| " | | Bjerkåsen, Blommenholm | x | | | | | |
| " | | Nedre Ås, Slependen | x | | | | | |
| " | | Jongskollen, Jong | x | | | | | |
| " | | Bjørnekollen, Haslum | x | | | | | |
| " | | Bjerkeholtet 5, Løkke- berg | x | | | | | |
| " | | Snoveiien, Høvik | x | | | | | |
| 2/9 | Fru Øyen | Høvikvn. 41, Høvik | i flere uker | | | | | |
| " | Fru Berg | Jongskollen, Jong | i flere uker | x | | | | |
| " | Svendsen | Tuengveien 22, Høvik | x | | | | | |
| 6/9 | Frebel | Halvorsens vei, Blommen- holm | x | | | x | | |
| 12/9 | | Prestevn. 10C, Haslum | i lengre tid | | | | | |
| 14/9 | Berge | Bjerkealléen 13, Høvik | x | | | | | |
| 19/9 | | Njords vei 10, Avløs | x | | | | | |
| 21/9 | | Angerstveien 22, Gjettum | x | | | | | |
| " | Larsen | Gullbakvn. 1, Høvik | x | | | | | |
| 22/9 | | Løkentoppen 3, Kolsås | x kl. 9 | | | | | |
| " | | Løkenlia 15, Kolsås | x | | | x kl. 14 | | |

forts.

Tabell 21 forts.

| Dato | Klage fra Person | Sted | Klage over | | | | Merknad |
|-------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|-------------------|--------------|-------------|---------|
| | | | Stygt, brunt gjørmete vann | Belegg flytepart. | Ødelagt vask | Tette siler | |
| 22/9 | B. Johansen | Seljeholtet 30, Løkkeberg | x | | | | |
| 26/9 | Næss | Sandviksvn.86, Høvik | x | | | | |
| " | Tunes | Seljeholtet 6, Løkkeberg | i lang tid | | | | |
| " | | Seljeholtet 30a og 30b, Løkkeberg | x | | | | |
| " | Dr. Bauge | Anton Walles vei 28, Sandvika | x | | | | |
| " | | Blommenholmvn.30, | x | x | | | |
| " | | Blommenholm | | | | | |
| " | Heim | Ringeriksvn.176, Sandvika | x | | x | | |
| 27/9 | Pedersen | Ramstadsletta 4, Høvik | siden spyl-ingen fremdeles | | | | |
| " | Lindemann | Gml. Drammensvei 190, Blommenholm | hver dag | | | | |
| " | Høklie | Bjerkealléen 12B, Høvik | x | | | | |
| 28/9 | | Seljeholtet, Løkkeberg | x | | | | |
| " | | Skogfaret, Løkkeberg | x | | | | |
| " | Sandvold | Oksehovedvn. 4B, Blommenholm | x | | | | |
| 29/9 | Støa | Rudsv. Hagan | x | | | | |
| 3/10 | | Løkkeåsen, Sandvika | x | | | | |
| " | | Vallerkrøken, Avløs | x | | | | |
| 13/10 | Fru Abrahamsen | Kolsåslia, Hauger | som kaffe | | x | | |
| 20/10 | Våler | Engerjordet 12, Blommenholm | x | | | | |
| " | | Dagslivn. 3B, Ringstabekk | x | | | | |
| 7/11 | Borgen | Gartnervn.34, Bekkestua | som kaffe 3 siste dager | | | | |
| 8/11 | Bauge | Blommenholmvn.30, Bl.holm | x | | | | |
| 18/11 | Støa | Rudsvn. 63 | x | | | | |

Tabell 22. DATA FRA TABELL 21 BEARBEIDET FOR SKJEMATISK FRAMSTILLING I FIG. 3 b og 3 c.

| Dato Måned | Antall klager pr. periode | | | |
|---------------|---------------------------|--------|---------|------------|
| | 1 - 8 | 9 - 15 | 16 - 24 | 25 - 30/31 |
| 1965, Febr. | ikke registrert | 15 | > 21 | 2 |
| Mars | > 16 | 22 | > 21 | 17 |
| April | 3 | 0 | > 4 | 1 |
| Mai | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juni | 0 | 2 | > 3 | 2 |
| Juli | 3 | 1 | > 32 | 2 |
| August | 2 | 0 | 4 | 18 |
| September | 4 | 2 | 4 | 2 |
| Oktober | 1 | 0 | 2 | 0 |
| November | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Desember | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1966 Januar | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Februar | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mars | 0 | 1 | 1 | 0 |
| April | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mai | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juni | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Juli | 0 | 0 | 0 | 0 |
| August | 0 | 0 | > 13 | 16 |
| September | 4 | 2 | 6 | 12 |
| Oktober | 2 | 1 | 2 | 0 |
| November | 2 | 0 | 1 | 0 |
| Desember | 0 | 0 | 0 | 0 |

Enkelte personer klaget både for seg selv og "alle naboene", og dette blir uttrykt ved tegnet >, som betyr at det er flere enn en person bak klagen.

LITTERATURFORTEGNELSE

1. Proc. Fifth Sanitary Engineering Conference: Quality Aspect of Water Distribution Systems. Jan. 29-30 1963. Univ. of Illinois Bulletin. Artikkel av A.E. Griffin: Manganese in Water Distribution Systems, side 28.
2. Ormerod, J.G.: A Simple Method for the Detection of Oxidized Manganese in Particles on Membrane Filters. Limn. & Ocean. 11, 635-636. (October 1966).
3. Baalsrud, K.: Rensing av drikkevann fra Trehøringsvassdraget i Bærum. Rapport O-31, 1959.
4. Zavarzin, G.A.: Budding Bacteria. Microbiology USSR (English transl.), 30, 774-791 (1961).
5. Hirsch, P. and Conti, S.F.: Biology of budding bacteria: II. Growth and nutrition of Hyphomicrobium spp. Arch. Mikrobiol. (1964) 48, 358-367.
6. Intern NIVA-rapport under utarbeidelse: Forsøk utført i 1967 under kode nr. M 2-3.
7. Siv.ing. O. Brekken: Bærum nye vannverk. Teknisk ukeblad nr. 9, 1964.
8. Schweisfurth, R., und Mertes, R.: Mikrobiologische und chemische Untersuchungen über Bildung und Bekämpfung von Manganschläm - Ablagerungen in einer Druckleitung für Talsperrenwasser. Arch. Hyg. (Berl.) 146, 401-317 (1962.)
9. Tyler, P.A. and Marshall, K.C.: Microbial oxidation of manganese in hydroelectric pipelines. Antonie van Leeuwenhoek J. Microb. Serol. 33, no. 2, 1967.
10. Tyler, P.A. and Marshall, K.C.: Pleomorphism in Stalked, Budding Bacteria. J. Bact. 93, no. 3, 1132 - 1136 (march 1967).
11. Tyler, P.A. and Marshall, K.C.: Form and Function in Manganese-Oxidizing Bacteria. Arch. Microbiol (1967), 56, 344 - 353.
12. Zavarzin, G.A.: The life cycle and nuclear apparatus in Hyphomicrobium vulgare Stulz and Hartleben. Microbiology USSR (Engl. transl.) 29, 24 - 27, 1960.
13. Zavarzin, G.A.: Symbiotic culture of a new microorganism oxidizing manganese. Microbiology USSR (Engl. transl.) 30, 343-345, 1961.
14. Hirsch, P. and Conti, S.F.: Biology of budding bacteria: I. Enrichment, isolation and morphology of Hyphomicrobium spp. Arch. Mikrobiol. 1964, 48, 358-367.
15. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, publisert av: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation.

LISTE OVER NOTATER FRA TIDEN MARS 1965 TIL FEBRUAR 1966.

| Nr. | Skrevet av: | Omhandler: |
|------|---|--|
| 1 | Avd.sjef O. Skulberg mars 1965. | Transport av frafiltrerbare partikler med vannet i ledningsnettet til Bærum kommunes drikkevannsforsyning. |
| 2 | Cand.real. H. Kristiansen 6/4 1965 NIVA | Diverse observasjoner angående slam i forbindelse med en korrosjonsundersøkelse med vann fra Aurevatn renseanlegg. |
| 3 | Siv.ing. K.S. Ormerod 7/4 1965. | Mikroskopering av vekst i diverse drikkevannsprøver fra perioden jan.-mars 1965. |
| 4 | Avd.sjef J.E. Samdal 5/4 1965 NIVA | Aurevatn: Limnologi og nedbørfelt: Jerninnhold. Dannelse av klordioksyd. |
| 5 | Avd.ing. K.A. Thomassen Bærum vannverk, 5/4 1965 (BVV) 2/4 1965 5/4 1965 27/4 1965 | Driftshistorikk ved Aurevatn renseanlegg for tidsrommet 1/5 1960 til april 1965. Råvannsanalyser (jern, oksygen, farge) for tidsrommet jan. - 1963 til mars 1965. Analyse av kalken. Registrerte klager på drikkevann i perioden 10/2 - 3/4 1965. Skisse av mikrosilduk. |
| 6 | Ing. J. Grønning 5/4 1965 (BVV) | Utfнокking i ledningsnettet i Aurevatn forsyningsområde. |
| 7 | Avd.ing. K.A. Thomassen 3/5 1965 (BVV) | Spyling av ledningsnettet våren 1965. |
| 8 | Cand.real. H. Kristiansen 4/5 1965 NIVA | Vannbehandling med ClO ₂ |
| 9 | Avd.ing. K.A.Thomassen 3/5 1965 (BVV) | Registrerte klager på drikkevannet den 20. og 21. april 1965 (påske) |
| 10 | Cand.real. A. Henriksen 3/6 1965 NIVA | Slamanalyser: Glødetap, gløderest, Fe ₂ O ₃ , MnO ₂ og CaO. |
| 11 | Siv.ing. K.S.Ormerod 3/6 1965 NIVA | Mikroskopisk bedømmelse av slam og klageprøver. |
| 12 | Avd.sjef J.E. Samdal 11/6 1965 NIVA | Klorbehovsanalyse. |
| 13 | Cand.real. A. Henriksen NIVA | Analyser av vannprøver tatt fra forskjellige steder langs ledningsnettet fra Aurevatn renseanlegg den 12/4 1965. |
| 14 | Cand.real. A. Henriksen NIVA | Analyser av slamprøver fra renvannsmagasinet den 5/5 1965. |
| 15 | Cand.real. A. Henriksen NIVA | Fremgangsmåte for kjemiske analyser av slam fra Bærum vannverk. |
| 16 | Cand.real. H. Kristiansen NIVA | Sterilisering av vann med klordioksyd. |
| 17 | Avd.sjef J. E. Samdal 16/8 1965. | Rapport om klorbehovsanalyser, vurdering av NaOH istedenfor Ca(OH) ₂ , og forsøk med klordioksyd. |
| 18 | Inst.sjef K. Baalsrud 15/7 1965 | Sammenfatning av undersøkelsene utført inn-til sommeren 1965. |
| 19 | | Forsøk med bestemmelse av avsetningsmengder i vann fra Aurevatn-nettet. |
| 19 a | Avd.sjef O. Skulberg Avd.sjef J.G.Ormerod | Forsøksperioden 5-15/10 1965. |
| 19 b | Kjemiker J. Kotai Avd.sjef O. Skulberg Avd.sjef J.G.Ormerod | Forsøksperioden 10 - 20/11 1965. |

Nr. Skrevet av:

Omhandler:

| | | | | | | |
|------|----------|--------------|------------------------------------|-------------------------------------|---|-----------------|
| 19 c | Avd.sjef | J.G. Ormerod | Forsøksperiode 23/11 - 15/12 1965. | | | |
| 19 d | " | " | O. Skulberg | Forsøksperiode 4 - 14/1 1966. | | |
| 19 e | " | " | O. Skulberg | Noen betraktninger etter forsøkene. | | |
| 19 f | " | " | J. G. Ormerod | Forsøksperioden 18/1 - 9/2 1966. | | |
| 19 g | " | " | J. G. Ormerod | " | " | 9/2 - 2/3 1966. |

ANALYSEMETODER

Analyser av slamprøver og frafiltrerbart stoff i vann.

Prøvene ble rystet godt og et passende volum ble filtrert gjennom et vasket, glødet og veid glassfiberfilter (Whatman GF/A). Filteret ble tørret 3 timer ved 105°C , avkjølt $\frac{1}{2}$ time i eksikator og veid. Filteret ble deretter glødet ved 600°C i 20 minutter, avkjølt i eksikator og veid. Filteret med gløderest ble så kokt med 20 ml porsjoner HNO_3 (HNO_3 : vann i forh. 1 : 1), og noen dråper H_2O_2 til filteret var fargeløst. Filtratene etter utkokingen ble kvantitativt overført til en 250 ml målekolbe og nøytralisert med NH_3 til pH 4. Jern og mangan ble bestemt på vanlig måte.

Jern:

Kolorimetrisk ifølge Approved Meth. for the Phys. and Chem. Exam. of Water 1960 Modifisert.

Mangan:

Kolorimetrisk ifølge Stand. Meth. 1960 (Litt. 15).

Klor:

Målt med Lovibond Nesslerizer BDH, (ortho-tolidine).

Oksygen:

Winklers metode med Alsterberg modifikasjon, ifølge Chem. Anal. as applied to Sewage and Sewage Effluents.

Farge:

Bestemt med fotoelektrisk kolorimeter (10 cm celler) som er kalibrert mot fargeoppløsninger i Hazens skala (platin-kobolt klorid løsning).

Hårdhet:

Titreringsmetode ifølge L-W Haase, Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung (1954).

Turbiditet:

Bestemt ved en lysspredningsmåling (Tyndall-effekt) med et fotoelektrisk kolorimeter som er kalibrert mot silica-suspensjoner.

pH og ledningsevne, κ_{20}

Målt elektrometrisk. Begge er målt ved 20° , og ledningsevnen er oppgitt i $n \cdot 10^{-6} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$.

Kjemisk oksygenforbruk, KOF:

Her er det blitt brukt 2 metoder, oksydasjon med KMnO_4 ifølge forskrift laget ved Statens institutt for folkehelse, eller med $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ifølge Standard Meth.1955(litt.15) med modifikasjoner.

Biologisk oksygenforbruk:

BOF: Beskrevet i teksten for å lette forståelsen av resultatene for leseren.

Slamvolum i forbindelse med slam høstet fra avsetningskar:

Ved innhøstningen av avsetningene ble mesteparten av vannet først fjernet med hevert. Det resterende slam ble konsentrert ved sentrifugering. Slamvolumet ble målt etter sentrifugering i 1 minutt ved ca. 2500 omdreininger/min.