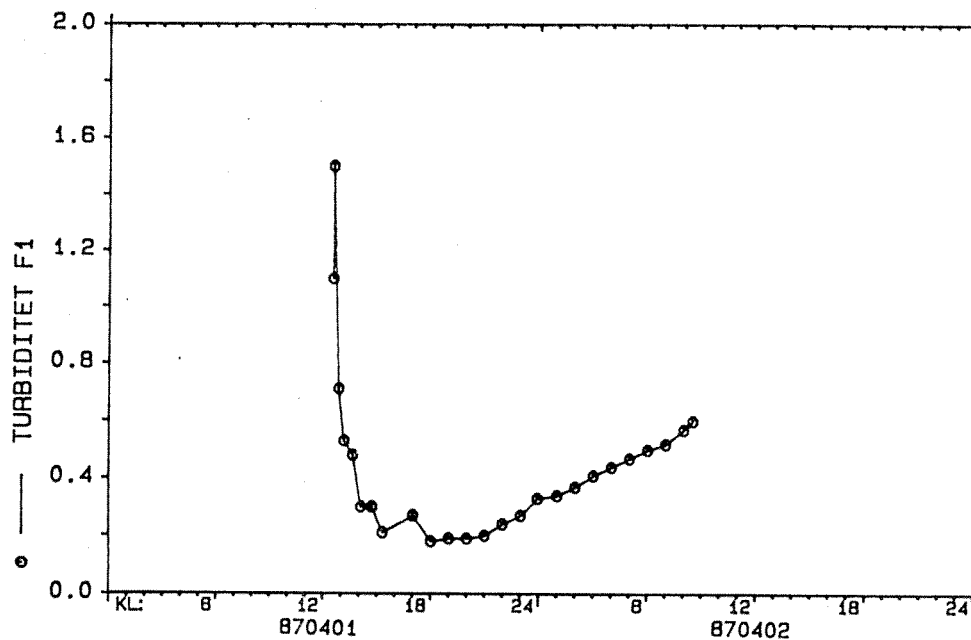


# RAPPORT 1187

0-86258

## Pilotforsøk med karbonatisering, filtrering og direktefiltrering ved Skullerud vannanlegg



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.:	0-86258
Undernummer:	
Løpenummer:	2006
Begrenset distribusjon:	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen
Postboks 333	Grooseveien 36	Rute 866	Breiviken 2
0314 Oslo 3	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (02)23 52 80	Telefon (041)43 033	Telefon (065)76 752	Telefon (05)25 53 20

Rapportens tittel: Pilotforsøk med karbonatisering, filtrering og direktefiltrering ved Skullerud vannanlegg. VA-11/87	Dato: Juni 1987
	Prosjektnummer: 0-86258
Forfatter (e): Jens Arne Ohren	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område: Oslo
	Antall sider (inkl. bilag):

Oppdragsgiver: Oslo vann- og avløpsverk	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

**Ekstrakt:** Det er foretatt pilotstudier med tilsetning av hydratkalk og kullsyre, og sandfiltrering av vannet ved Skullerud vannverk. Videre er pilotforsøk med direktefiltrering gjennomført for å redusere farge og humusinnhold. Resultatene viser at humus ikke felles ut ved angitte doseringer og oppholdstider. Hydratkalk-doseringen innebærer betydelige partikkeltilførsler til vannet, som effektivt reduseres gjennom sandfiltrene. Forsøkene med direktefiltrering reduserer farge turbiditet og aluminium til under kvalitetskravene til fullrenset vann. TOC-innholdet reduseres betydelig, men ikke helt ned til kvalitetskravene til fullrenset vann. Det er videre gitt en vurdering av ulike vannbehandlingsalternativ.

4 emneord, norske:
1. Vannbehandling
2. Kalk kullsyre dosering
3. Direktefiltrering
4. Humus
VA-11/87

4 emneord, engelske:
1. Water treatment
2. Lime carbon dioxide
3. Direct filtration
4. Humus

Prosjektleder:

Jens Arne Ohren

For administrasjonen:

Oddvar Lindholm  
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1256-6

Lasse Vråle

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

OSLO

O-86258

PILOTFORSØK MED KARBONATISERING, FILTRERING OG  
DIREKTEFILTRERING VED SKULLERUD VANNANLEGG.

Oslo, den 25 juni 1987

Jens Arne Ohren

INNHOLDSFORTEGNELSE FOR HOVEDKAPITLENE.

FORORD

SAMMENDRAG

1. INNLEDNING

2. BESKRIVELSE AV PILOTANLEGGET

4. KONKLUSJON

5. KOMMENTARER TIL VANNBEHANDLINGSALTERNATIVENE.

LITTERATUR

## FORORD

Oslo Vann og Avløpsverk har i sitt brev av 14. januar og 31. mars 1987 engasjert NIVA til å foreta en undersøkelse om tilsetning av kalk og kullsyre til vannet ved Skullerud vannverk påvirker vannkvaliteten. Undersøkelsen ble igangsatt 19. februar og avsluttet 2. april.

Lasse Vråle har foretatt den innledende planleggingen av prosjektet og deltatt noe under gjennomføringen av selve forsøkene.

Utførelsen av hoveddelen av forsøkene, databearbeidingen og rapporteringen er utført av Jens Arne Ohren.

Anna Gølman ved OVA har ytet verdifull bistand under fellingsforsøkene. Videre har personalet ved Skullerud vannbehandlingsanlegg hjulpet til både under oppbyggingen av pilotanlegget og under driften av forsøkene.

Jens Arne Ohren

## SAMMENDRAG

I forbindelse med Oslo kommunes utbygging av nytt vannbehandlingssanlegg ved Skullerud for bl.a. karbonatisering av vannet er NIVA engasjert. Primæroppgavene var opprinnelig å undersøke om humus utfelles ved hydratkalktilsetningen. Videre var oppgaven å se på hvilken reduksjon i partikkelinnhold som kan oppnås ved filtrering av vannet som er tilsatt hydratkalk. Forøvrig var det ønskelig å utføre fellingsforsøk med aluminiumsulfat og polymer for å undersøke mulighetene for reduksjon i vannets fargetall.

NIVA's rørflokkuleringsanlegg er benyttet til forsøkene. Flere forsøk med ulike doseringer av hydratkalk og kullsyre er gjennomført. Resultatene viste ingen nevneverdig humusutfelling eller farge-ændring i vannet etter angitt oppholdstid.

I forsøkene med omrøreren i drift i kalkdoseringstanken og helt i begynnelsen av forsøkene uten omrører i gang, erfartes store partikkeløkninger i vannet fra hydratkalktilsetningen. Sandfiltrene reduserte imidlertid effektivt partikkeløkningen.

I forsøkene med tilsetning av aluminiumsulfat, polymer, hydratkalk og kullsyre ble det oppnådd en betydelig reduksjon i turbiditet, farge, TOC- og aluminiumsinnhold i vannet. Kravene til TOC-innholdet i fullrenset vann tilfredsstiltes ikke fullt ut, mens kravene til farge, turbiditet og aluminium tilfredsstiltes med brukbar margin.

For en nærmere konklusjon vises det til side 69.

Det er til slutt i denne rapporten gitt en vurdering av aktuelle vannbehandlingsalternativ.

## 1. INNLEDNING

Oslo kommune har planer om utbygging av et nytt vannbehandlingsanlegg ved Skullerud for karbonatisering av vannet. Hydratkalk og og kulldioksyd planlegges tilsatt vannet. Råvannet inneholder noe humus som tilsvarer et fargetall på mellom 12 og 18 mg Pt/l og et TOC-innhold på omkring 4 mg/l.

Fra kommunens side fryktes tilsetningen av hydratkalk å innebære utfelling av humus fra vannet som videre kan resultere i slamdannelse på ledningsnett. Tidligere undersøkelser utført av NIVA (Ohren 1986) viser at tilsetning av hydratkalk kan resultere i en viss økning av turbiditet i vannet.

Fra kommunens side var det ønskelig å få nærmere avklart om utfelling av humus forekommer ved tilsetning av hydratkalk og kullsyre. Videre var det ønskelig å undersøke hvilken forbedring i vannets partikkelinnhold som kan oppnås ved sandfiltrering.

Et eventuelt sandfilteranlegg vurderes også å skulle drives som et direktefiltreringsanlegg med tilsetning av aluminiumsulfat og polymer. Det var derfor også ønskelig å gjennomføre fellingsforsøk for å nærmere å avklare hvilken reduksjon i farge, turbiditet og TOC som kan forventes ved felling direkte på filteret.

## 2. BESKRIVELSE AV PILOTANLEGGET

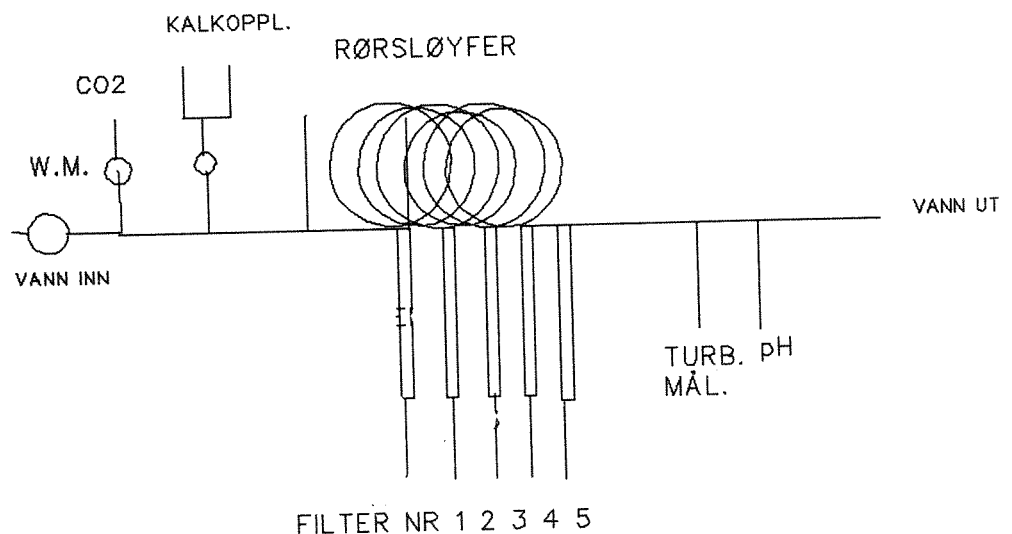
NIVA's rørflukkuleringsanlegg er benyttet til forsøkene. Anlegget består av rørsøyfer av 1" plastledning og 5 filterkolonner. Vannet passerer gjennom disse rørsøyfene og tilføres energi ved friksjonstapet som resulterer i flokkulering av vannet. Flokkuleringsgraden avhenger av vannstrømmen gjennom anlegget. På rørsøyfen etter de ulike ledningslengder er filterkolonner tilkoblet. Disse filterkolonnene filtrerer vannet etter ulik flokkuleringstid.

Filterkolonnene har en diameter på 5 cm. I forsøkene med tilsetning av hydratkalk og kullsyre alene er filtermediet sand med en kornstørrelse på mellom 0,7 og 1,0 mm og en dybde på 1 meter. I fellingsforsøkene er 3 medier benyttet med ovennevnte sandtype underst og to typer plastgranulat over. Mediene av plastgranulatet har middels kornstørrelser på 2,6 og 3,2 mm for henholdsvis mellomste og øverste lag.

Filtrene fungerer som trykkfiltre. Vannstrømmen gjennom filtrene reguleres med en ventil ved utløpet fra hvert filter.

I forsøkene med dosering av bare kullsyre og hydratkalk blir disse kjemikalier tilsatt vannstrømmen henholdsvis 6,5 og 5,5 meter før første rørsøyfe. Kullsyra føres direkte fra en trykkflaske, passerer så en reduksjonsventil, et rotameter og en reguleringsventil før dosering til vannstrømmen.

Hydratkalken utblandes med vann i en tank med volum 3 m<sup>3</sup>. Oppløsningen doseres med en membradoseringspumpe direkte inn på vannstrømmen like etter kullsyretilsetningen. Kalkdoseringstanken er utstyrt med omrører. I de første forsøkene er denne omrøreren kun benyttet til utblanding av kalkoppløsningen, helt i begynnelsen av forsøkene. Omrøreren avslås så for å tillate sedimentering av uoppløste bestanddeler i kalken. I de siste forsøkene med tilsetning av bare hydratkalk og kullsyre og i fellingsforsøkene kjøres omrøreren kontinuerlig.



Figur 1. Flytskjema av forsøksanlegget.



### 3. RESULTATER FRA FORSØKENE

I den første delen av undersøkelsen er det benyttet ulike doseringer av kullsyre og hydratkalk. Omrøreren i kalkdoseringstanken er da i drift bare noen få timer for å sikre tilstrekkelig utblanding av kalken i kalkopløsningstanken.

I de mellomste forsøkene er også ulike doseringer av kalk og kullsyre utprøvd. I disse forsøkene er imidlertid omrøreren i kalkdoseringstanken i kontinuerlig drift.

I de siste forsøkene er fellingsforsøk gjennomført med tilsetning av kalk og kullsyre samt aluminiumsulfat og polymer.

Resultatene fra forsøkene er i hovedsak presentert som tidskurver.

Utblandingstidspunktet for hydratkalk er av vesentlig betydning for resultatene. Beskrivelsene av forsøkene er derfor inndelt etter tidspunktene for disse utblandingene.

#### 3.1. Resultater fra tidsrommet 19. til 24. februar 1987. Kalk-kullsyredosering.

Dette forsøket ble igangsatt kl. 1730 den 19. februar 1987 og avsluttet ca. kl. 1430 den 24. februar 1987. 4,5 kg hydratkalk utblandes i 3 m<sup>3</sup> i vann til en teoretisk hydratkalkkonsentrasjon på 1,5 g/l. Under kjemikalietilberedningen igangsettes omrøreren, men stanses før selve forsøket tar til. Det forekommer derfor en sedimentering av partikulært materiale i kalkdoseringstanken utover i forsøket.

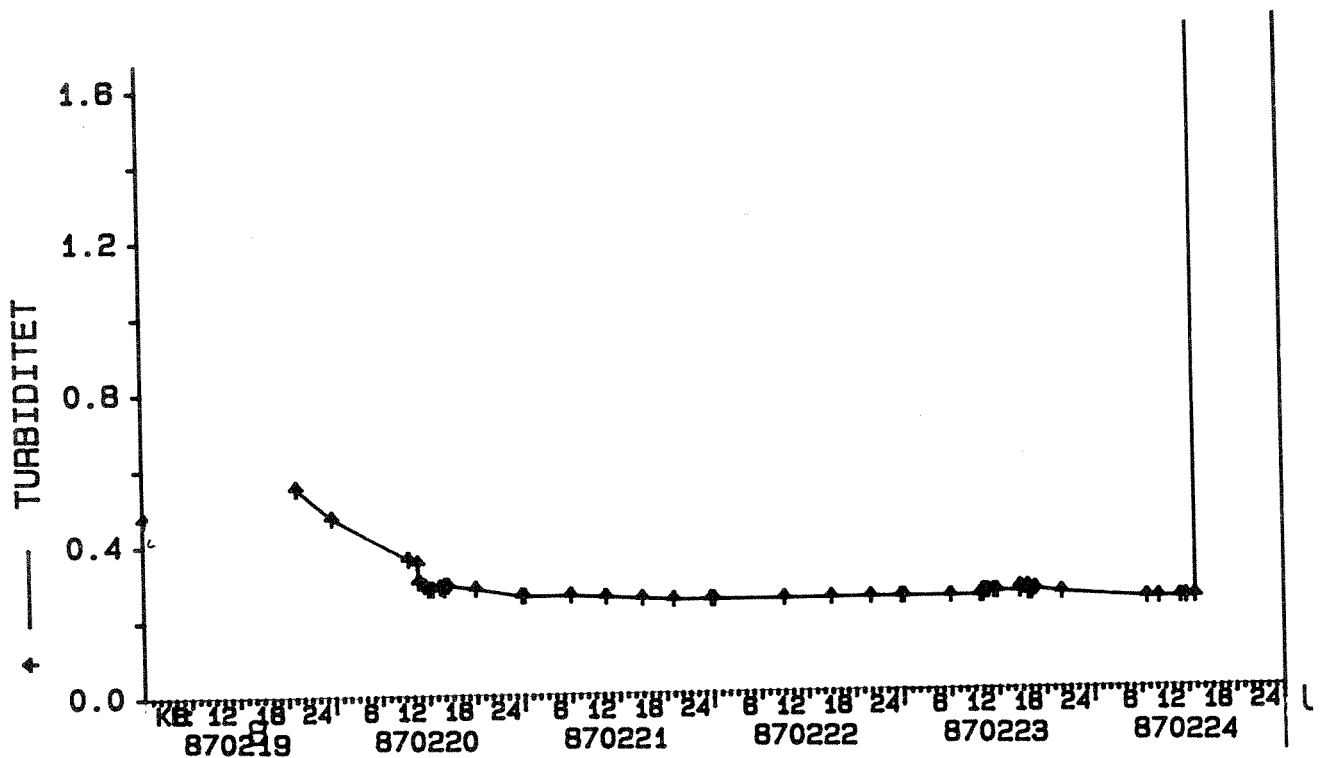
Kullsyre doseres direkte fra flaske. Manometeret på doseringsutstyret, utlånt fra Norsk Hydro Industrigass, viste seg senere å være noe unøyaktig. Doseringen av kullsyre er derfor noe unøyaktig i dette forsøket. Unøyaktigheten har imidlertid ingen betydning for konklusjonen.

Helt på slutten av forsøket (kl. 1240 den 24. februar), ved nesten tom kalkdoseringstank igangsettes omrøreren på nytt, for å undersøke hvilken effekt en dosering av slamfraksjonen fra kalkopløsningen har på vannkvaliteten.

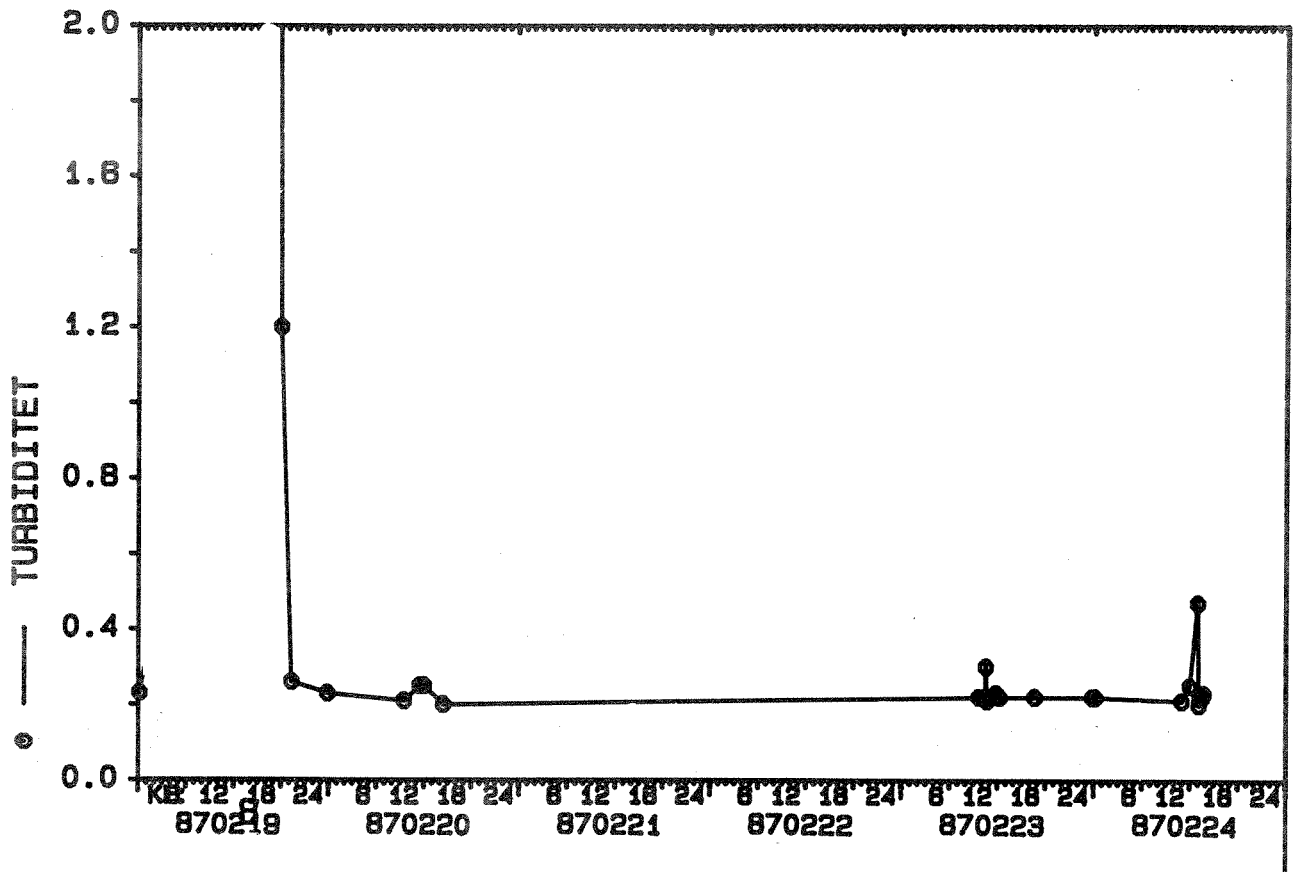
Vannstrømmen gjennom anlegget er mellom 10,6 og 12,2 l/min. Hydratkalkdoseringen varieres mellom 0,3 og 0,6 l/min. Doseringen tilsvarer en hydratkalktilførsel til vannstrømmen på mellom 39 og 64 mg/liter. Doseringen av kullsyre varieres mellom 24 og 59 mg/liter.

### 3.1.1 Turbiditet.

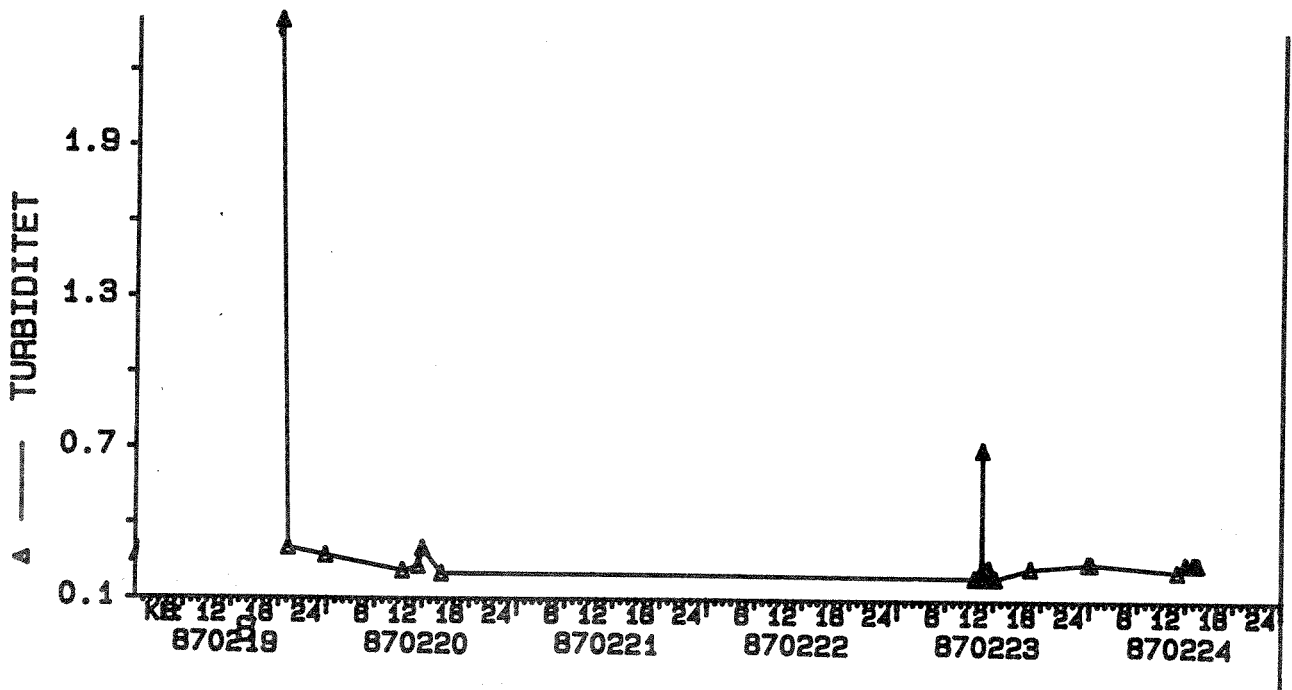
Råvannets turbiditet ligger i området 0.22-0.28 FTU. Figurene 2, 3, 4, 5, 6 og 7 viser resultatene av manuelle turbiditetsmålinger i filtrat fra henholdsvis ufiltrert vann og filtratet fra filtrene 1, 2, 3, 4 og 5.



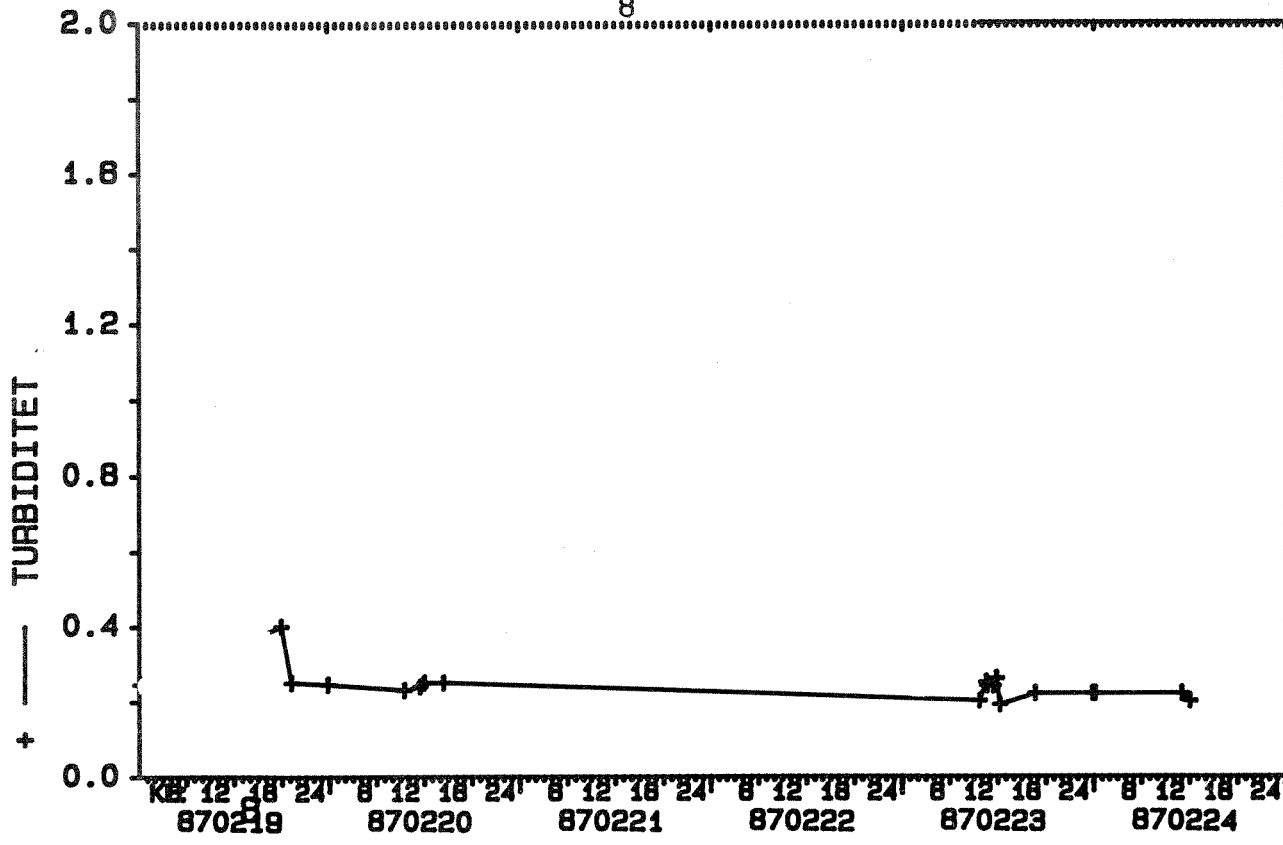
Figur 2. Turbiditet i FTU i ufiltrert vann.



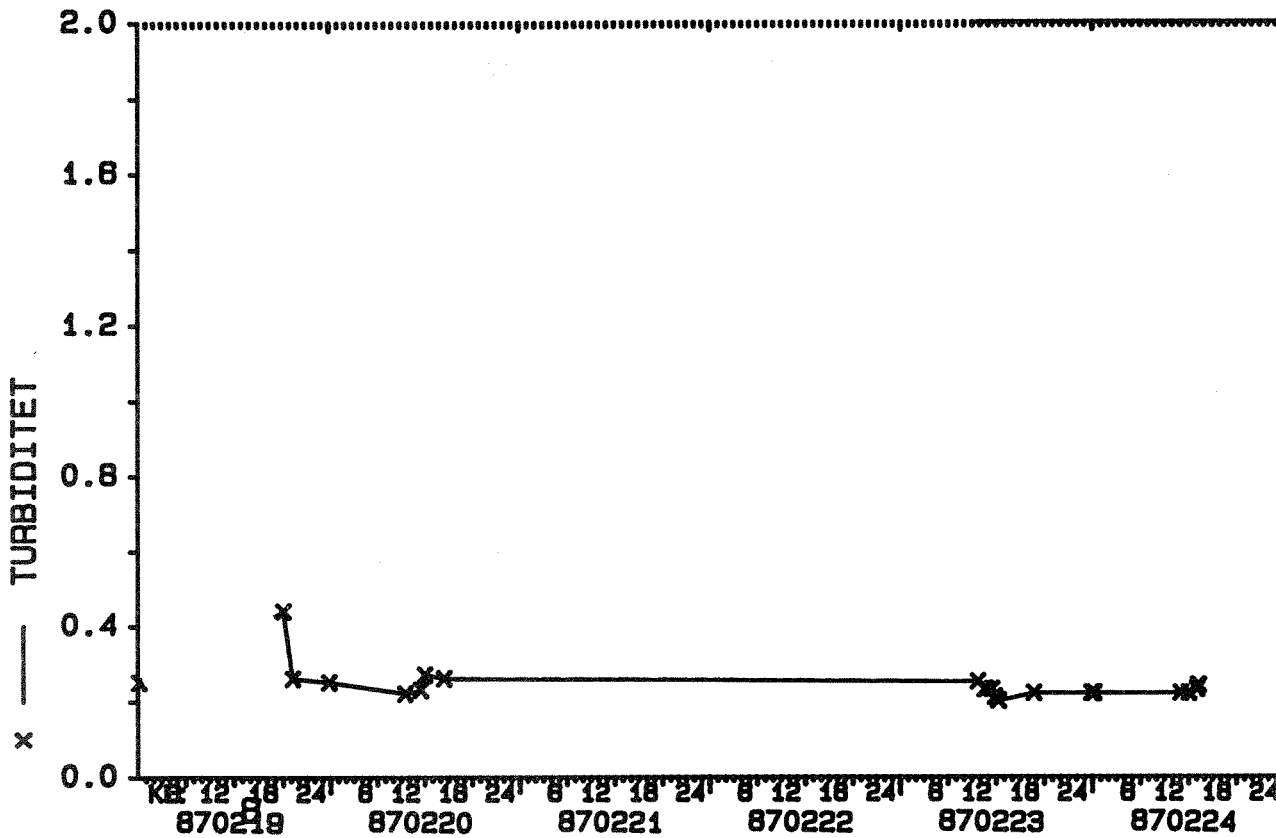
Figur 3. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 1.



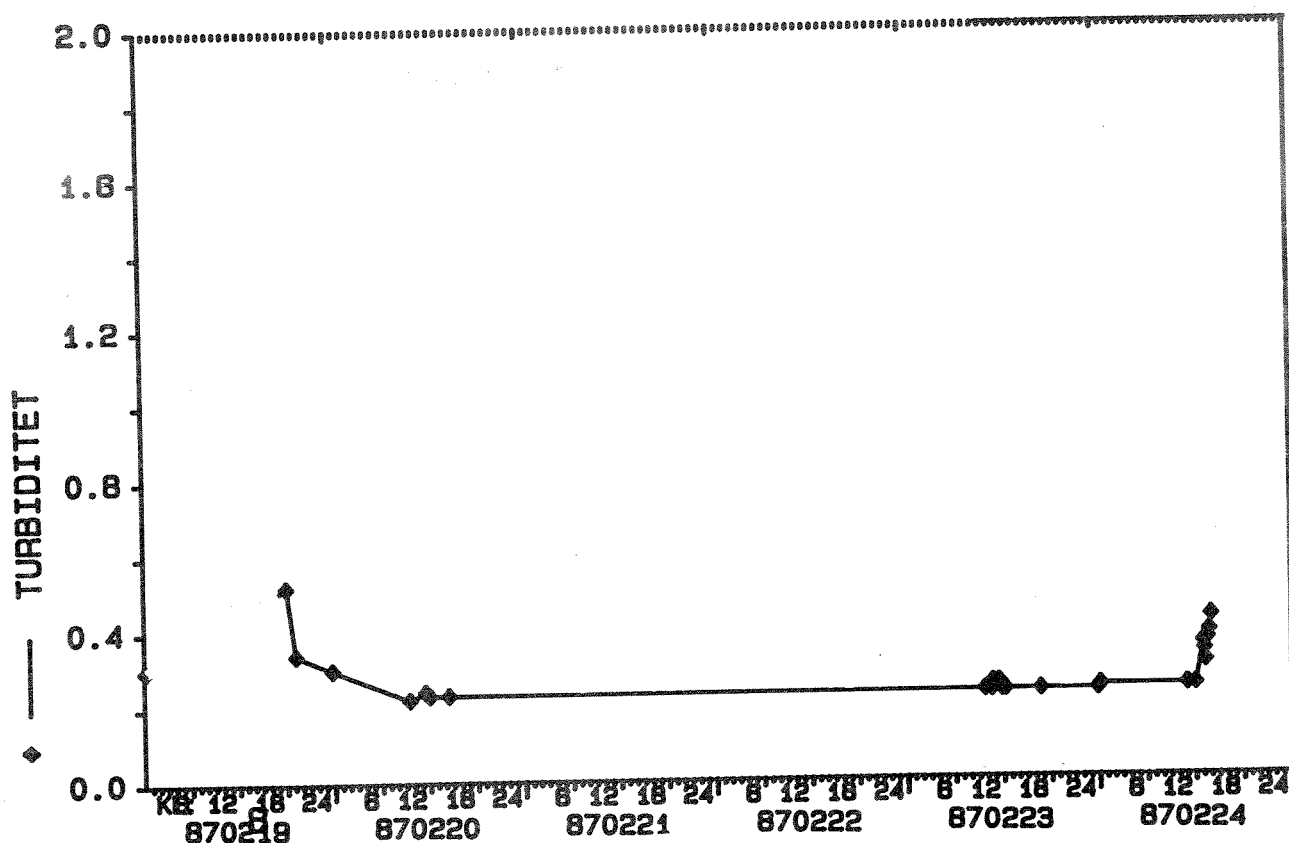
Figur 4 Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 2.



Figur 5. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 3.



Figur 6. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 4.



Figur 7. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.

Figur 2 viser utviklingen i turbiditet i ufiltrert vann. Ca kl.1920 den 19.februar, vel 1 time etter igangsetting av dette forsøket, registreres turbiditetsverdier i vannet på omkring 0,6 FTU. Kl.0930 dagen etter reduseres turbiditetsverdiene til ca. 0,35 FTU. En ytterligere umiddelbar reduksjon av turbiditet skjer ca.kl. 1045 til vel 0,30 FTU. Denne reduksjonen forårsakes direkte av økningen i kullsyredosering fra ca. 26 til ca.59 mg CO<sub>2</sub>/l ca kl. 1030. Utover dagen endres kullsyredoseringen flere ganger, men i liten grad resulterer dette i vesentlige endringer i turbiditet. Mot slutten av forsøket havner turbiditetsverdiene på 0,26-0,27 FTU, som bare er ubetydelig over råvannets turbiditet.

Turbiditetsøkningen i ufiltrert vann, er forårsaket av og er proporsjonal med tilsetning av hydratkalk. Økt dosering av kullsyre fører imidlertid til reduserte turbiditetsøkninger, som trolig skyldes økt oppløsning av hydratkalkpartikler. Den mer langsiktige reduksjonen i turbiditet i ufiltrert vann skyldes utfellingen og/eller sedimenteringen som finner sted i kalkdoseringstanken.

Kl.1240 den 24.februar igangsettes omrøreren i kalkdoseringstanken som resulterer i turbiditetsøkninger fra 0,26 FTU til opp

mot 14 FTU. Resultatene er en bekreftelse på at hydratkalkens innhold av uoppløste bestanddeler har stor betydning for turbiditetsøkningen i vannet.

Turbiditetsutviklingen i filtratet fra de fem filterne er i hovedtrekk lik. Etter en modningsperiode faller turbiditetsverdiene i filtratet fra de fem filterne til området mellom 0,2 og 0,3 FTU og ligger innenfor dette området til kl.1430 den 24. februar. Enkelte kortvarige toppe forekommer som er vanskelige å forklare. Turbiditetsverdien på 0,7 FTU i filter nr.2 den 23.februar kan ha sammenheng med økningen i kalk og kullsyredosering noen minutter tidligere. Økningen registreres også i noen grad i filtratet fra filter 1 og i begrenset grad i filtrat fra filter 3. Andre betydelige endringer i hydratkalk- og kullsyredoseringen resulterer ikke i merkbare endringer i turbiditet fra de fem filterne. Det må da understrekes at manuelle målinger av turbiditet ikke foretas gjennom helgen den 21. og 22. februar. Helt sikkert kan det derfor ikke utelukkes at visse fluktuasjoner kan ha forekommet, men det er lite trolig.

Det er særlig viktig å merke seg at det ikke forekommer noen langsiktig økning i turbiditet i filtratet fra de fem filterne.

Det er også viktig å merke seg at forskjellig flokkuleringstid for de ulike filtre ikke resulterer i vesentlige forskjeller i turbiditet.

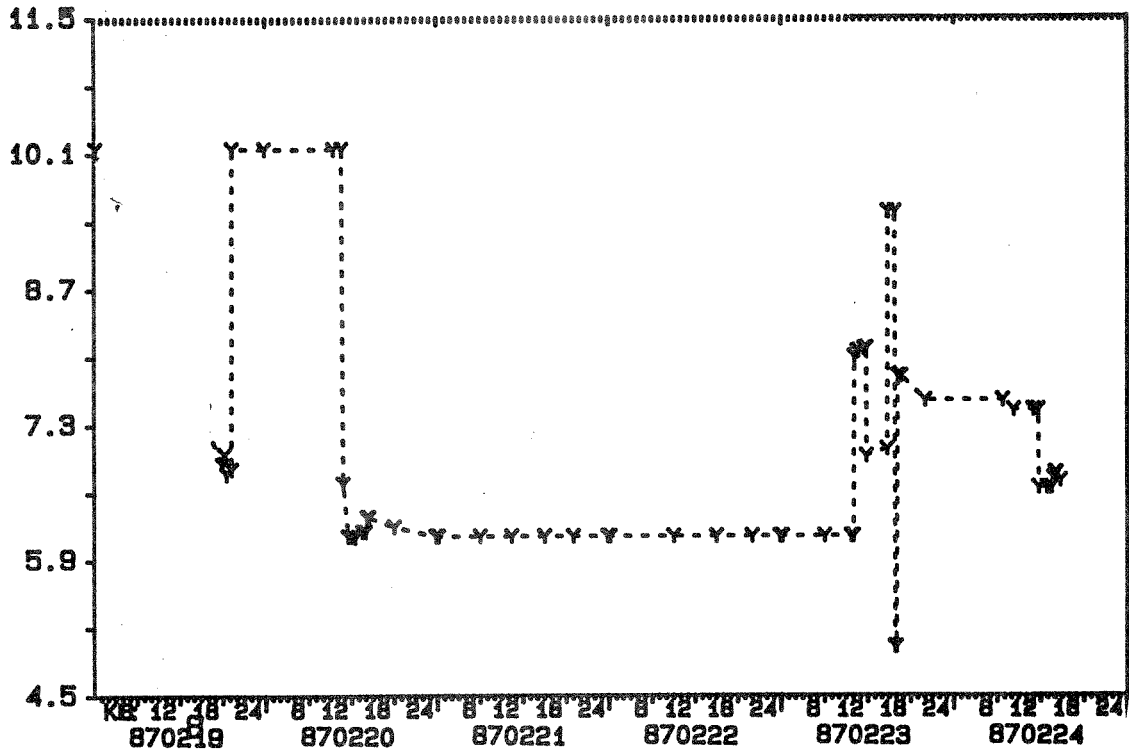
Igangsetting av omrøreren i kalkdoseringstanken fører til i en kraftig økning i turbiditet i ufiltrert vann (til området 11-13 FTU). Denne økningen i slambelastning, som også skjer på filterne, resulterer bare i en forbigående økning i turbiditet i filtratet fra filter 1. Filtratet stabiliserer seg raskt til det opprinnelige turbiditetsnivået. I filter 5 skjer det en økning i turbiditet fra området 0,23-0,25 FTU til området 0,30-0,40 FTU i løpet av de ca. 90 minuttene omrøreren er i gang. Noen registrering av turbiditet ut over denne tid er ikke foretatt. Heller ikke er det foretatt noen registrering av turbiditet i filtratet fra de andre filterne.

### 3.1.2 Surhetsgrad

Figur 8 viser resultatene av utviklingen i surhetsgrad i rørsloyfa umiddelbart før siste filter. Økningen i pH-verdiene skyldes trolig en ukontrollert økning i hydratkalkdosering ca.kl. 1900 den 19.februar. pH-verdien går da over måleområdet for skriveren som er pH 10.

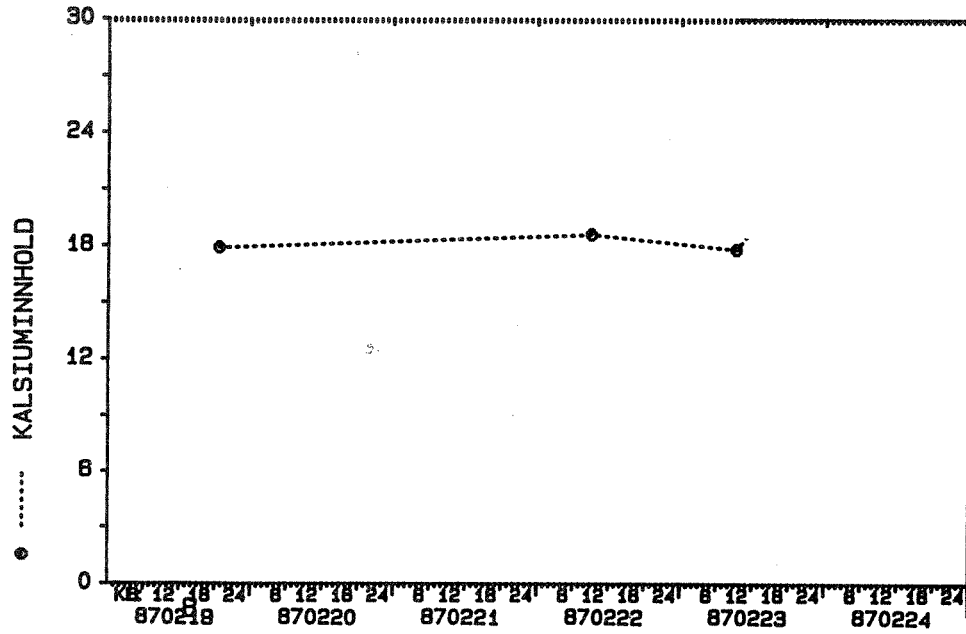
Endringene i surhetsgraden den 23.februar skyldes endringer i kalkdoseringen. Små prosentvise endringer i kalkdoseringen

gir betydelige utslag i pH-verdier, mens større prosentvise endringer i kullsyredosering bare gir mindre utslag.

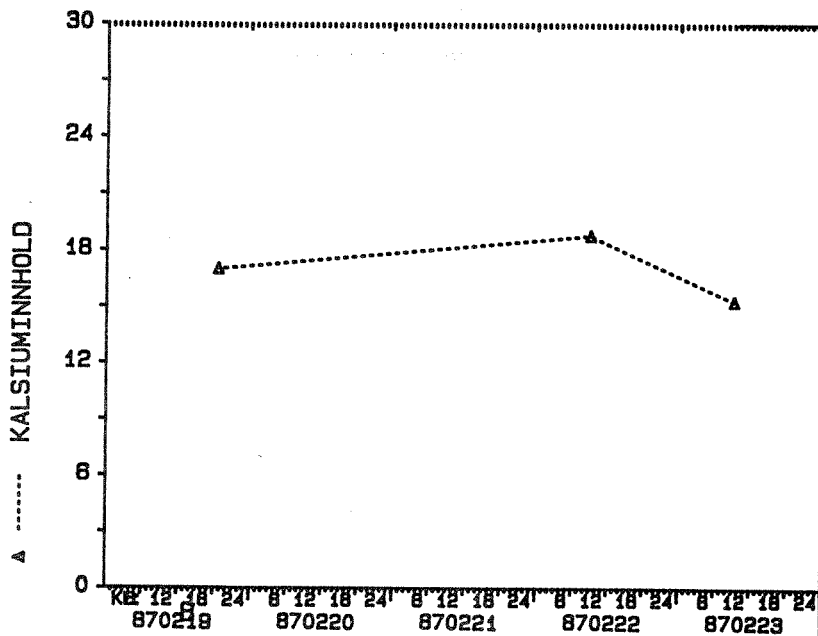


Figur 8. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

3.1.3 Kalsium.

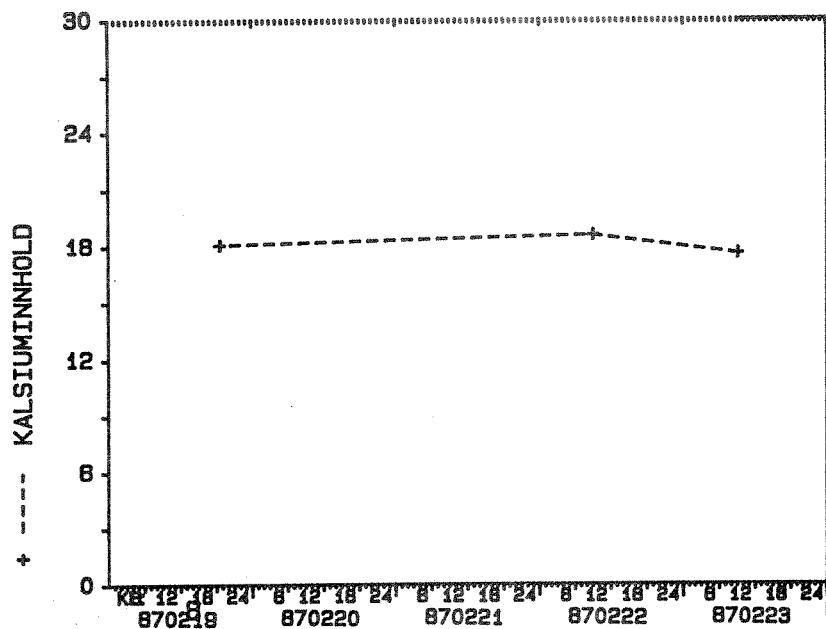


Figur 10. Kalsium i mg Ca/l i filtrat i filter 2.

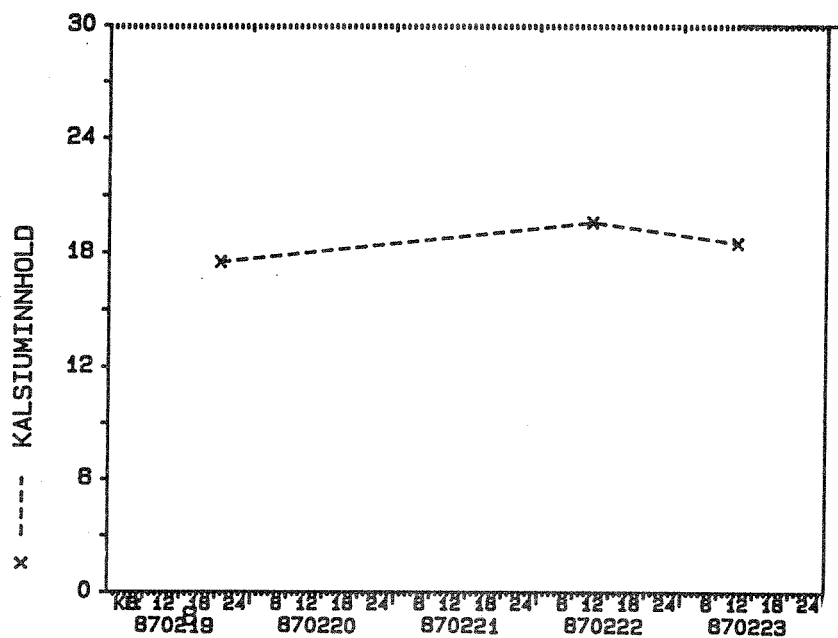


Figur 10. Kalsium i mg Ca/l i filtrat i filter 2.

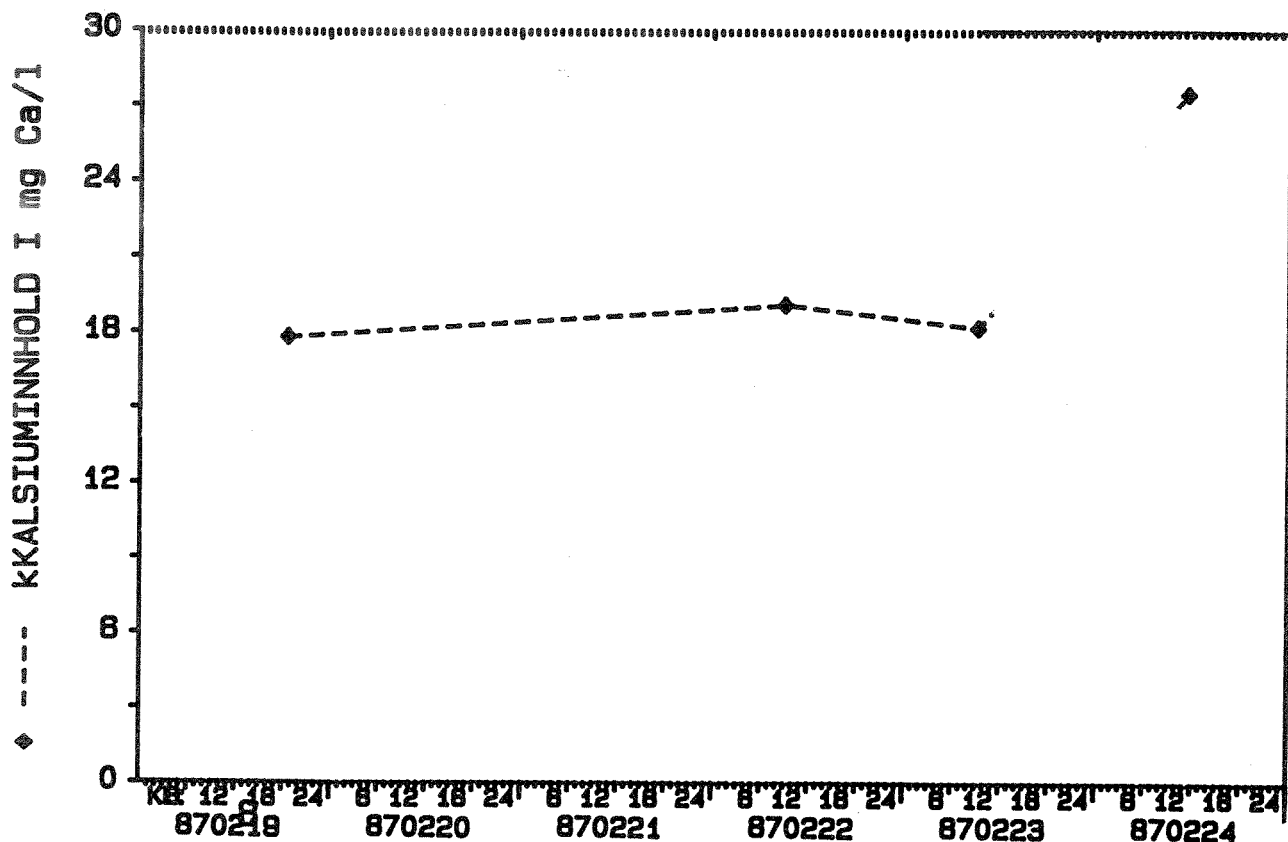




Figur 11. Kalsium i mg Ca/l i filtrat fra filter 3.



Figur 12. Kalsium i mg Ca/l i filtrat fra filter 4.



Figur 13. Kalsium i mg Ca/l i filtrat fra filter 5.

Figurene 9, 10, 11, 12 og 13 viser kalsiuminnholdet fra henholdsvis filtrene 1, 2, 3, 4 og 5. Verdiene ligger i hovedsak omkring 16-18 mg Ca/l. Den 24. februar øker innholdet til 27-29 mg Ca/l. Denne økningen i kalsiuminnhold skyldes økt hydratkalkdoserings og har ingen sammenheng med den tidligere beskrevne omrøringen i kalkdoseringsstanken, som først finner sted 1 time og 20 minutter senere. Mellom prøvetakingstidspunktene kan det forekomme betydelige forskjeller i kalsiuminnhold.

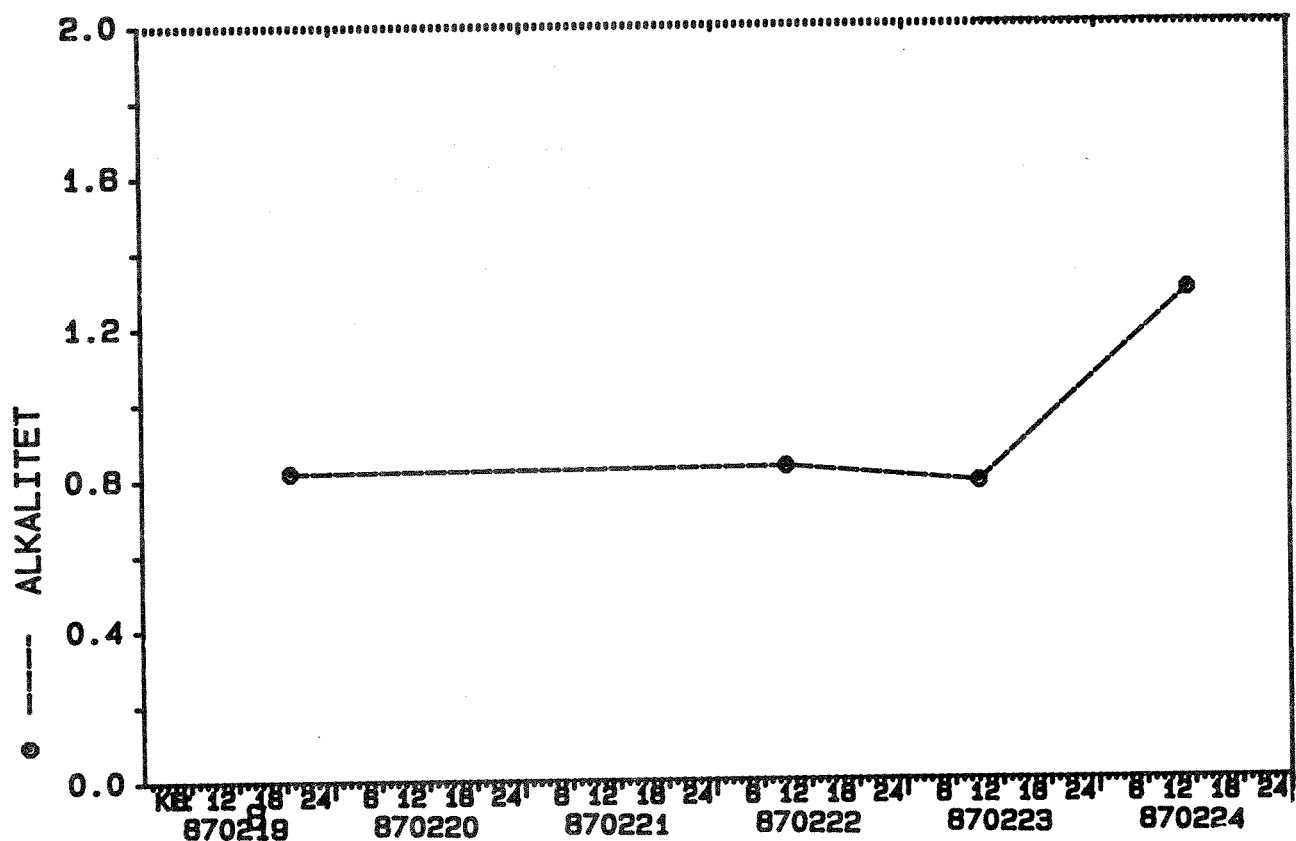
Kalsiuminnhold i ufiltrert vann måles i samme tidspunkt som filtratet fra de enkelte filtre. Verdiene er svært like og tyder på liten akkumulering av kalsium i filtrene. Forholdet bekreftes forøvrig ved tilbakespylingene av filtrene. Kalsiuminnholdet i spylevannet har da svært lave verdier og viser at det forekommer liten akkumulering av kalsium i filtermediet.

Kalsiuminnholdet i kalkdoseringsstanken ligger i området 540-650 mg Ca/l. Den laveste verdien måles i siste del av dette forsøket. Under omrøringen i kalkdoseringsstanken, helt mot slutten av denne undersøkelsen, måles kalsiuminnholdet til 695 mg Ca/l i gjenværende kalkoppløsning i bunnen av kalkdoseringsstanken. Verdien ligger noe over gjennomsnittsverdiene som tidligere måles i kalkdoseringsstanken og tyder på at en viss sedimentering og/eller utfelling av kalsiumforbindelser forekommer. Forskjellen er

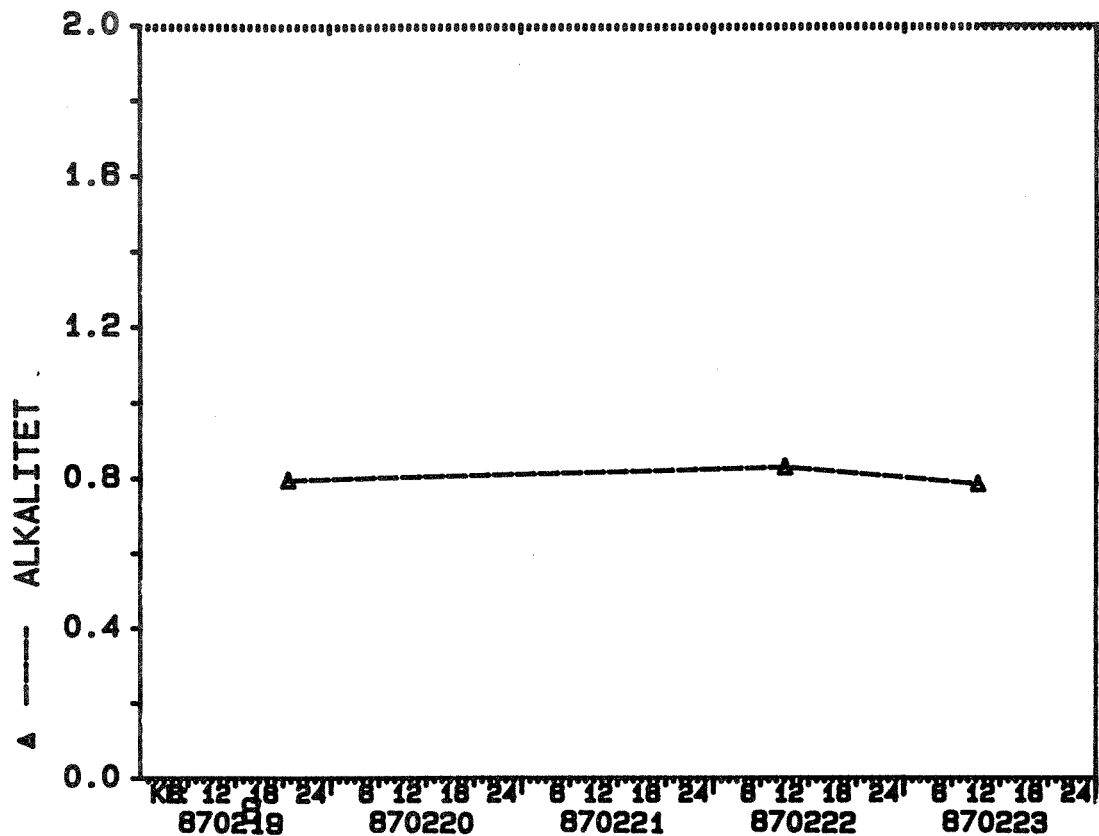
imidlertid relativt liten og prøven uttas helt i bunnen av tanken med lite vann, så den totale utfellingen/sedimenteringen er derfor relativt beskjeden.

### 3.1.4. Alkalitet

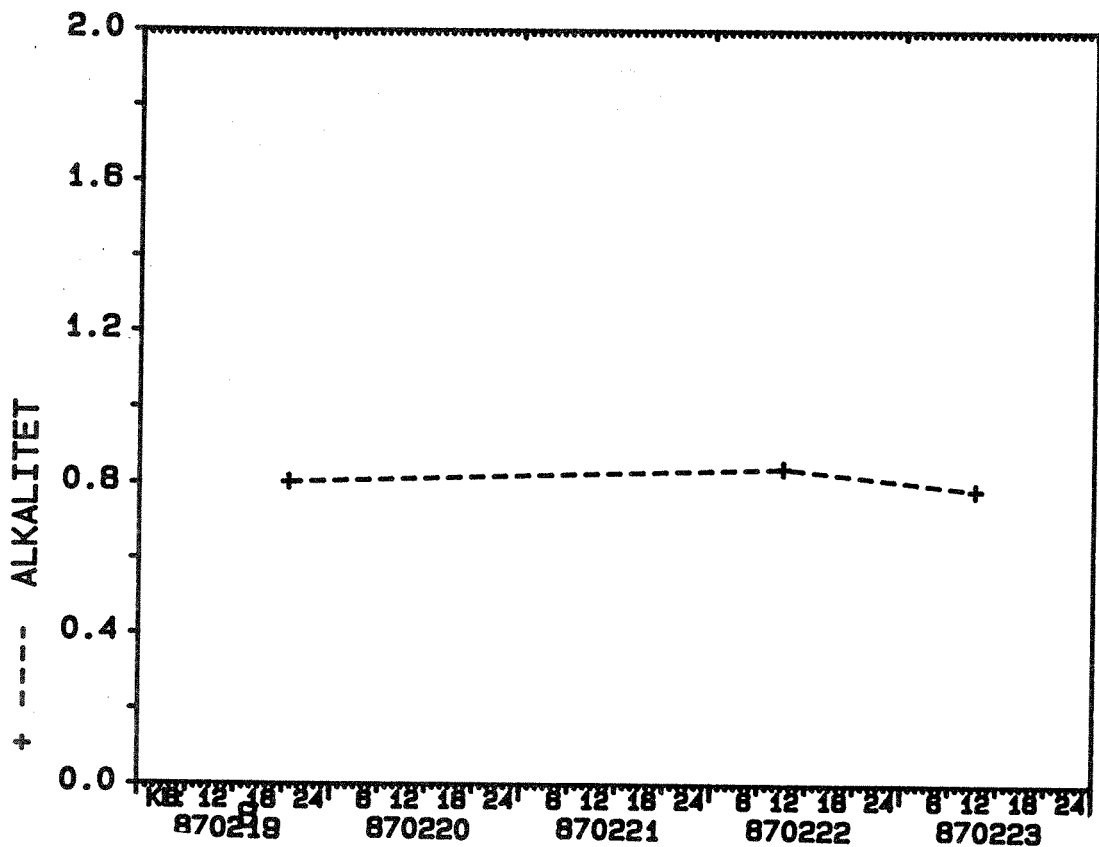
Figurene 14, 15, 16, 17 og 18 viser resultatene fra alkalitetsmålingene i filtratet fra filterne 1, 2, 3, 4 og 5.



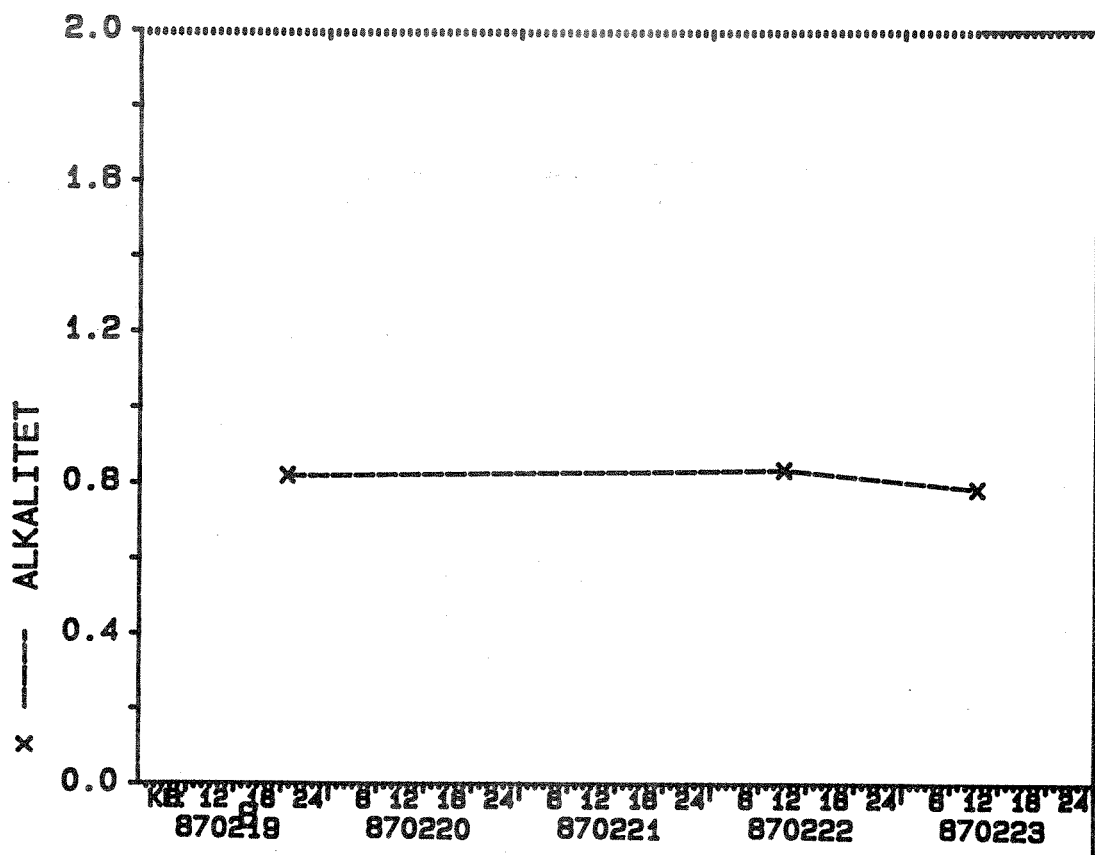
Figur 14. Alkalitet i mmol/l for filtrat fra filter 1.



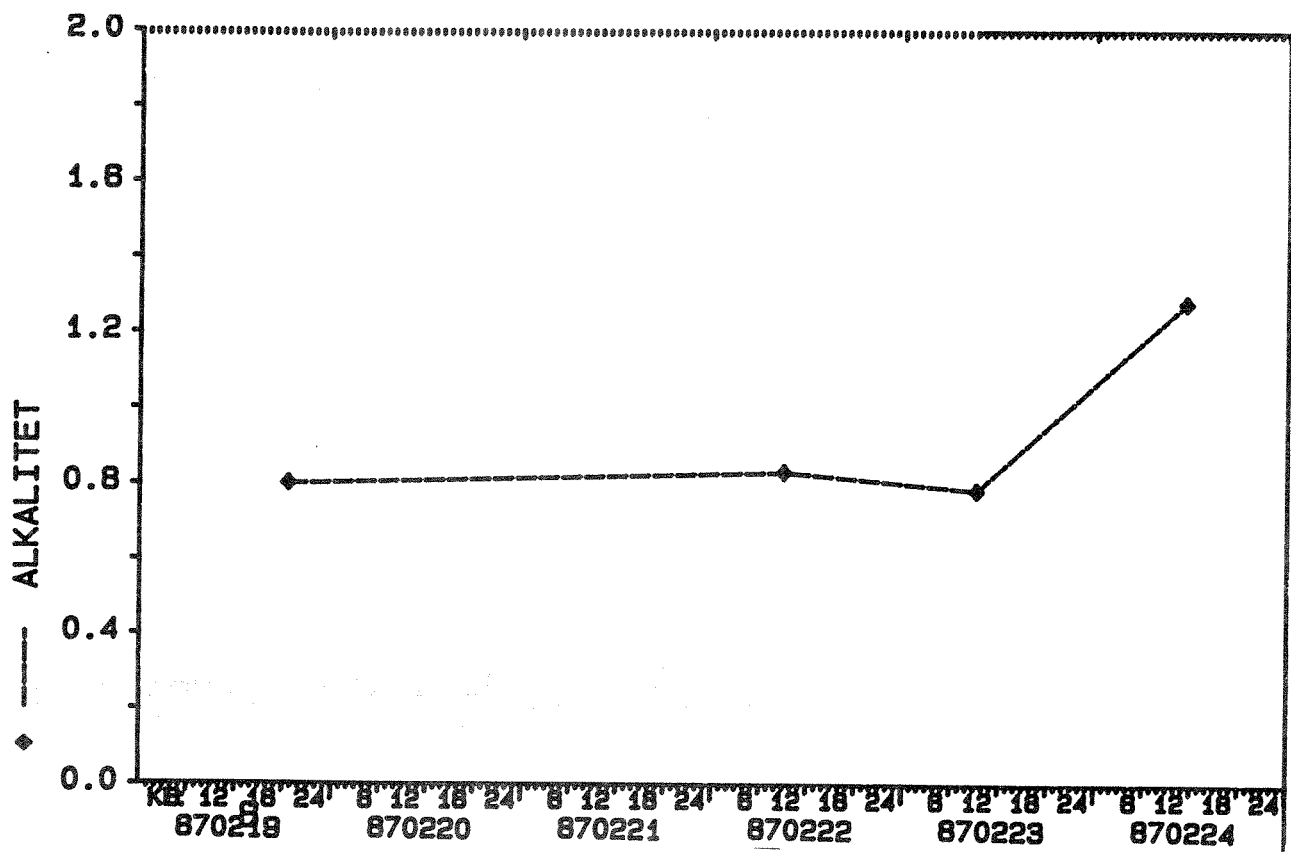
Figur 15. Alkalitet i mmol/l for filtrat i filter 2.



Figur 16. Alkalitet i mmol/l i filtrat fra filter 3.



Figur 17. Alkalitet i mmol/l i filtrat fra filter 4.



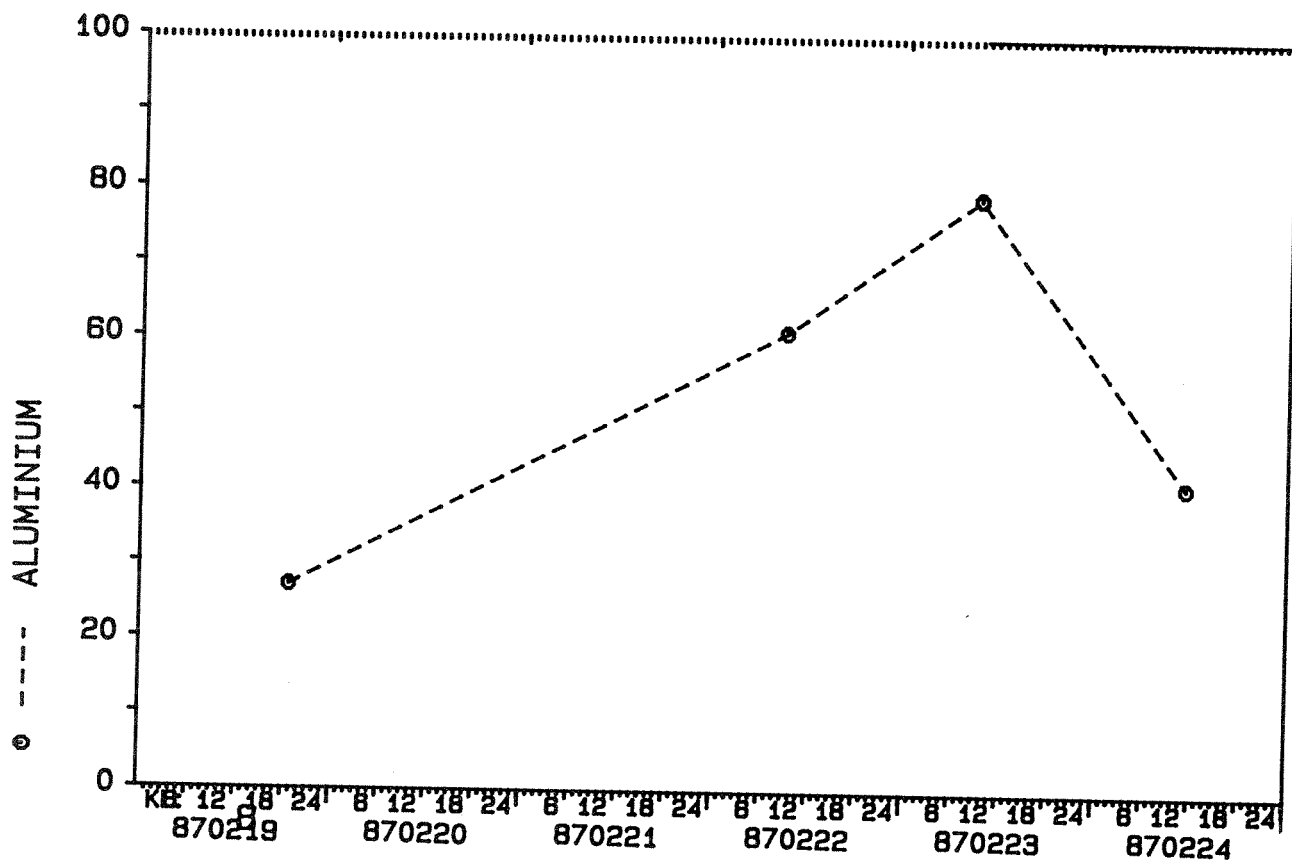
Figur 18. Alkalitet i mmol/l i filtrat fra filter 5.

Fra 19. t.o.m. 23. februar ligger alkaliteten omkring 0.8 mmol/l. Økningen den 24. februar skyldes økningen i hydratkalkdoseringen som da fant sted.

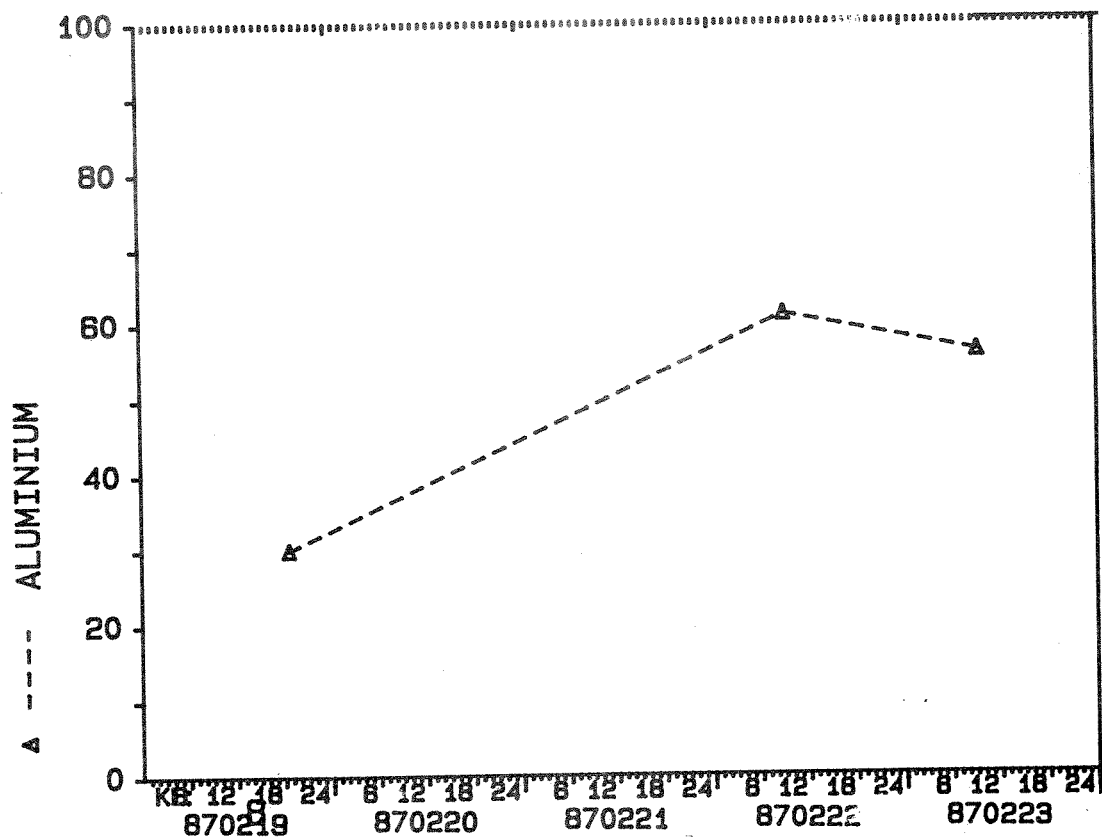
Her må det også bemerkes at det trolig vil forekomme fluktua-sjoner mellom måletidspunktene som ikke framkommer i figurene.

### 3.1.5. Aluminium.

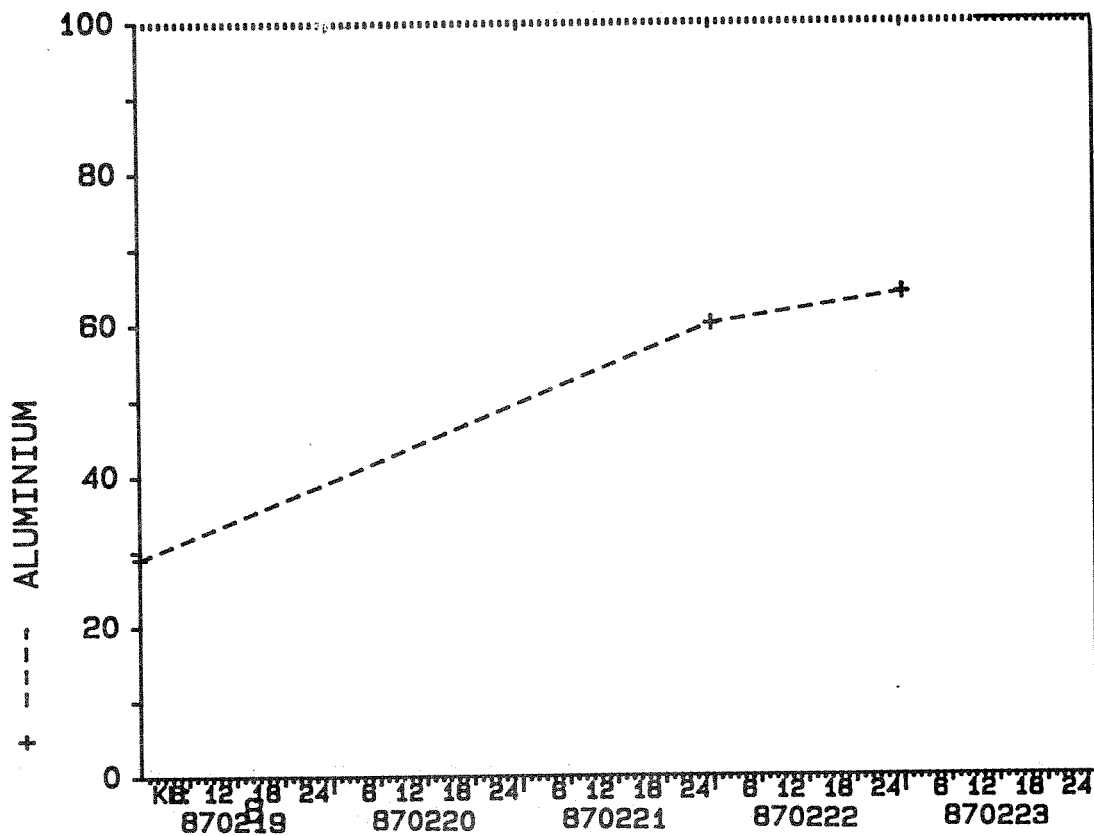
I råvannet måles aluminiumsinnholdet til 75 og 65 ug Al/l henholdsvis den 23. og 24. februar. Figurene 19, 20, 21, 22 og 23 viser innholdet av aluminium i filtratet fra henholdsvis filtrene 1, 2, 3, 4 og 5.



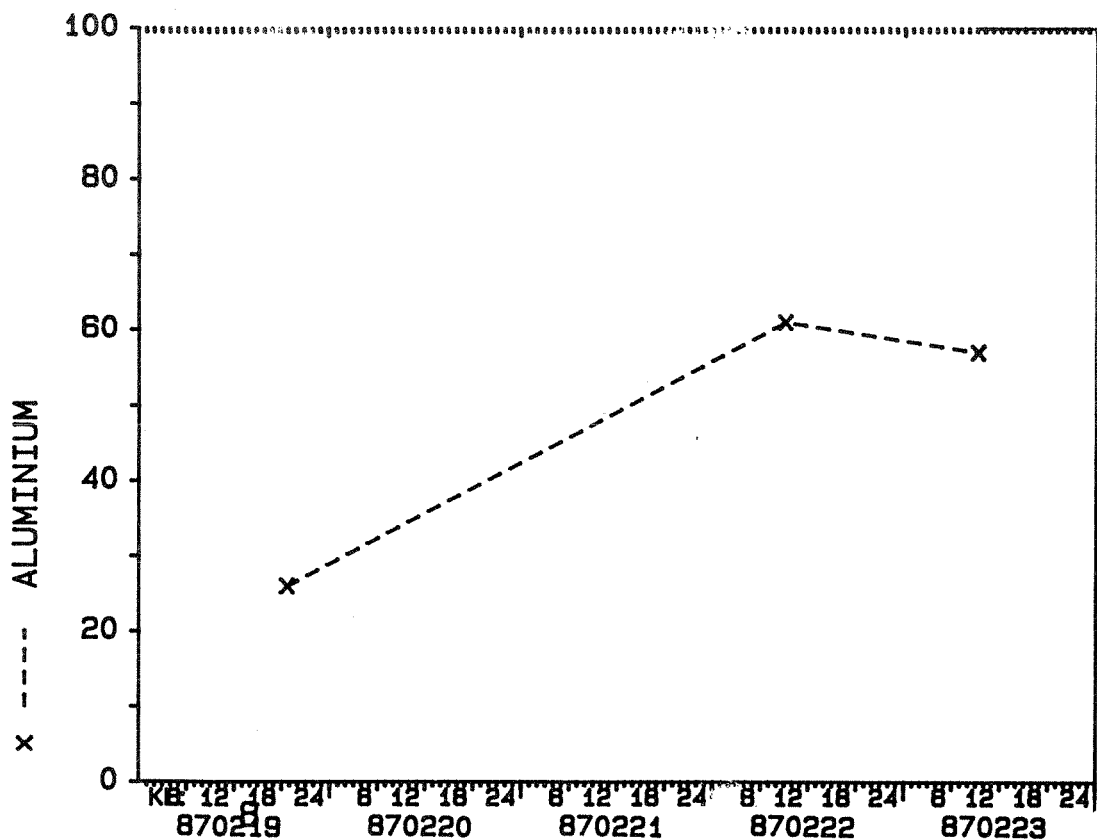
Figur 19. Aluminiumsinnhold i ug Al/l i filtrat fra filter 1.



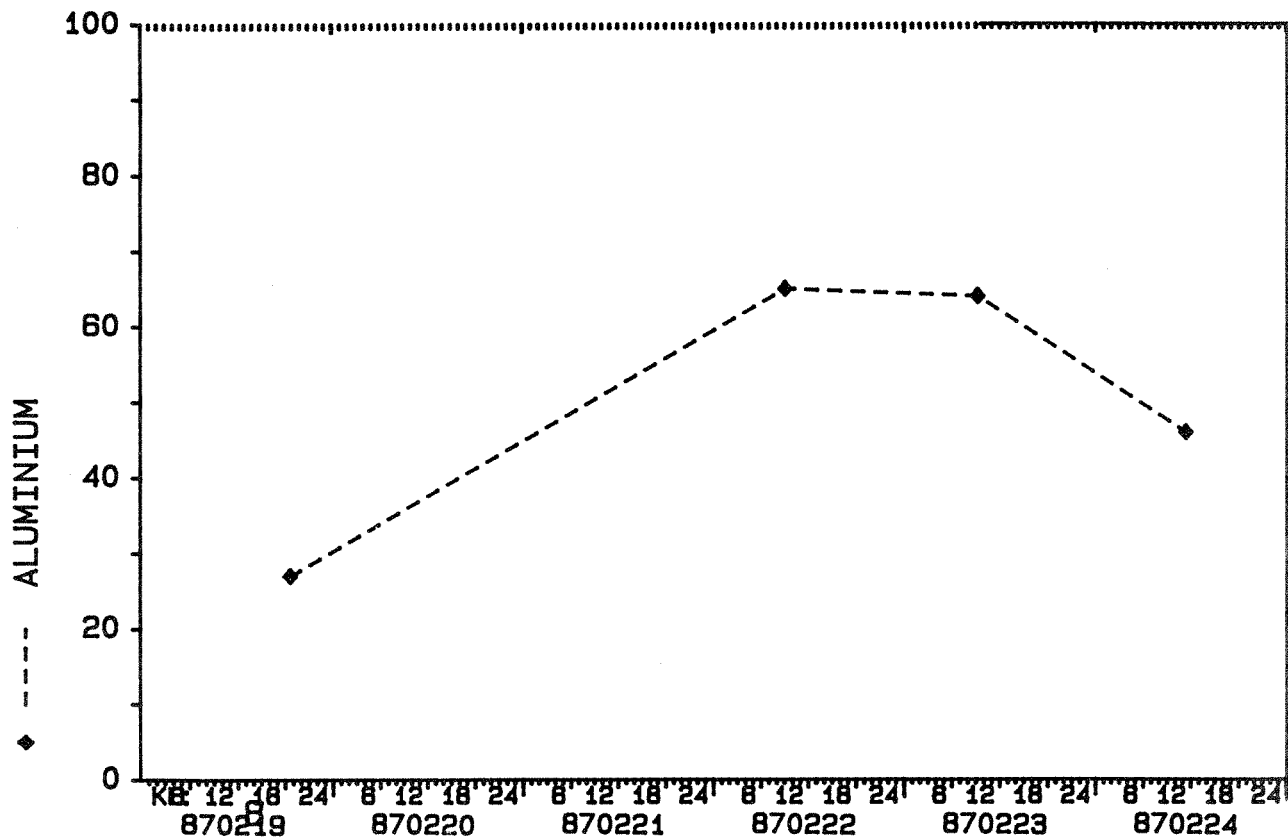
Figur 20. Aluminiumsinnhold i ug Al/l i filtrat fra filter 2.



Figur 21. Aluminiumsinnhold i ug Al/l i filtrat fra filter 3.



Figur 22. Aluminiumsinnhold i ug Al/l i filtrat fra filter 4



Figur 23. Aluminiumsinnhold i ug Al/l i filtrat fra filter 5.



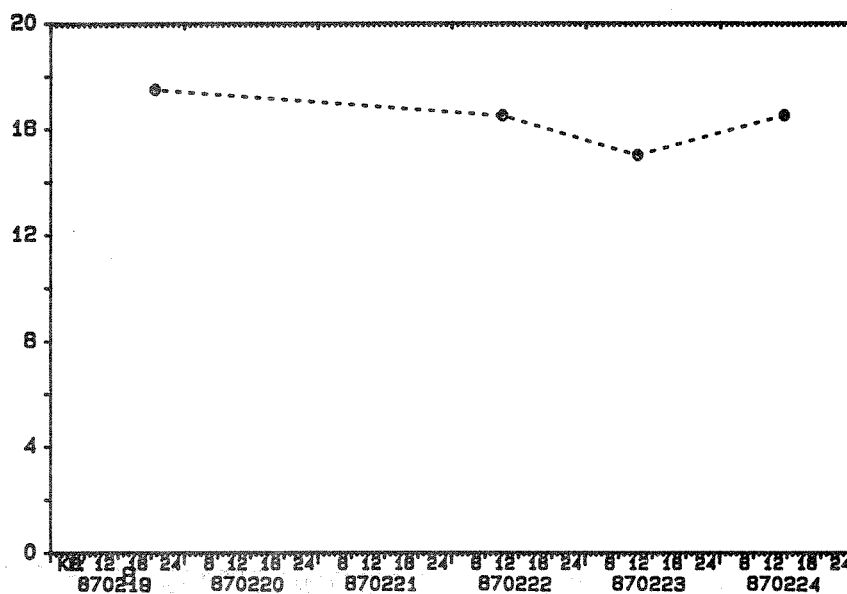
Filtratets innhold av aluminium varierer en del, men viser i hovedsak svært lave verdier. Det synes å være litt lavere innhold i filtratet enn i ufiltrert vann. En liten avskilling av aluminium gjennom filtrene kan derfor forekomme.

I forbindelse med spyling av filtrene måles spylevannets innhold av aluminium. Verdiene varierer en del, men viser en betydelig konsentrasjon. Gjennomsnittsverdiene av aluminium i spylevannet fra de forskjellige filtrene fordelt over total filtermengde er imidlertid bare ca. 5 ug Al/l. Dette tyder på at avskillingen av aluminium i filtrene er relativt liten og er neppe av stor praktisk betydning.

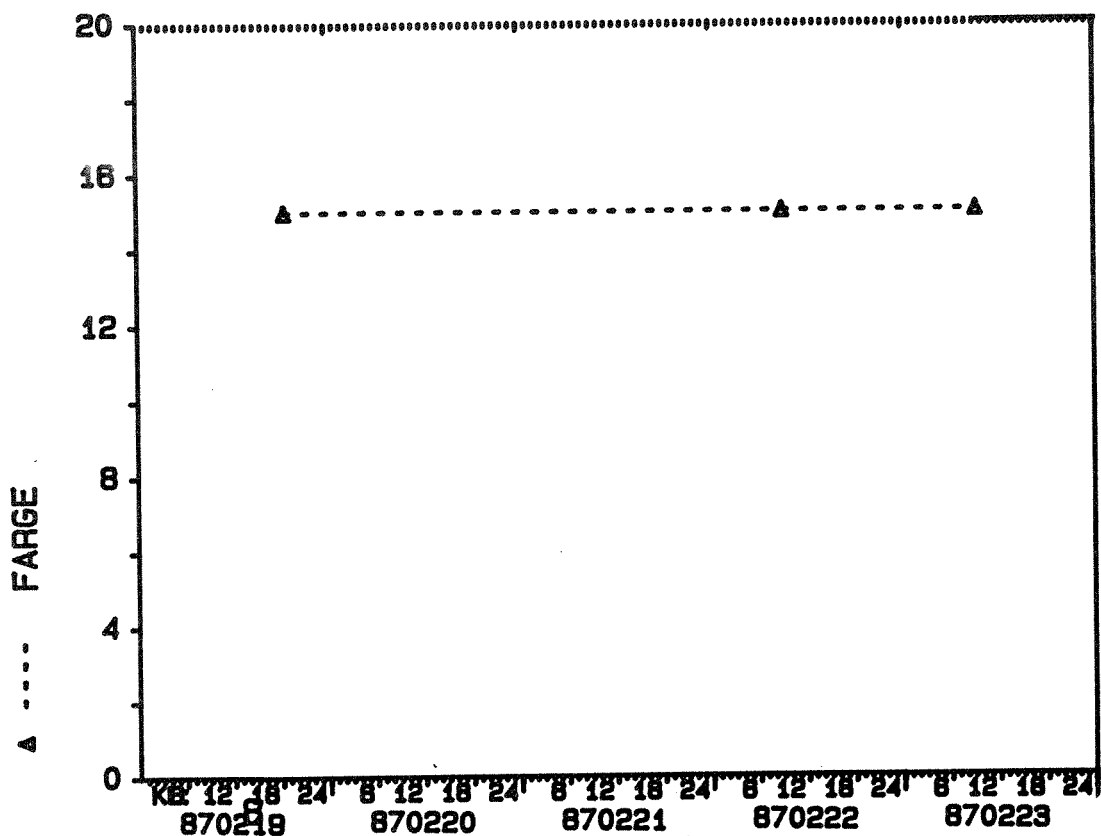
Aluminiumsinnholdet måles også i kalkopløsningen i kalkdoseringsstanken under omrøringen, helt mot slutten av denne undersøkelsen. Innholdet måles til 2300 ug Al/l og tyder på en betydelig sedimentering av aluminiumsforbindelser til bunnen av kalkdoseringsstanken. Hydratkalken synes å inneholde noe aluminium som lett sedimenterer i kalkopløsningen.

### 3.1.6. Farge

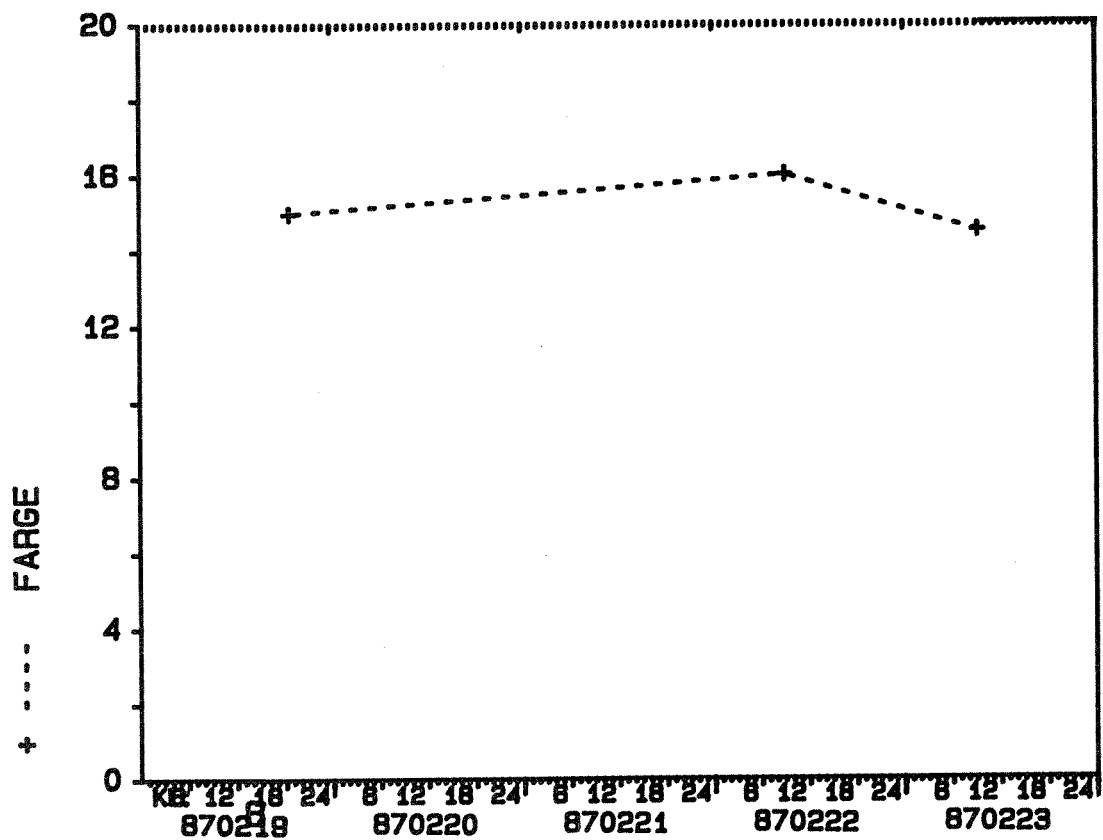
Råvannets farge måles i fire ulike tidspunkt og viser verdier på 15-16 mg Pt/l. Fargetallet i filtratet fra de ulike filtrene vises i figurene 24, 25, 26, 27 og 28.



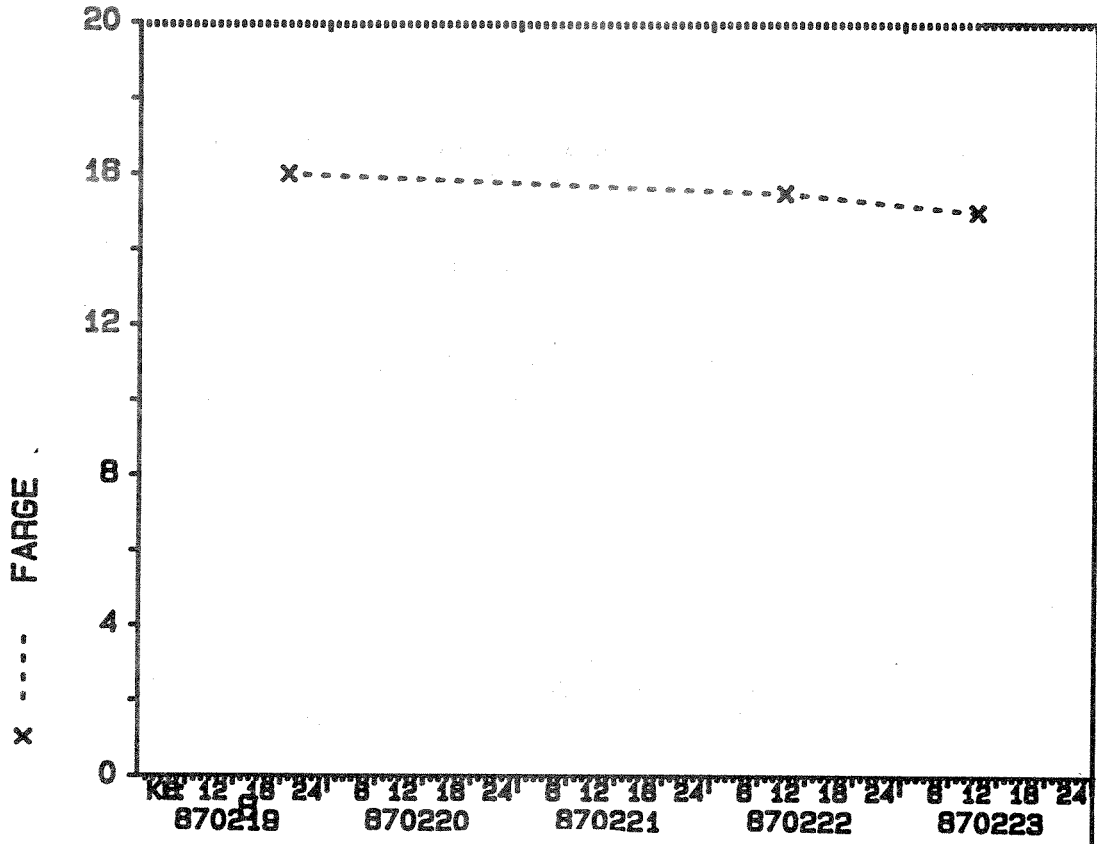
Figur 24. Farge i mg Pt/l i filtrat fra filter 1.



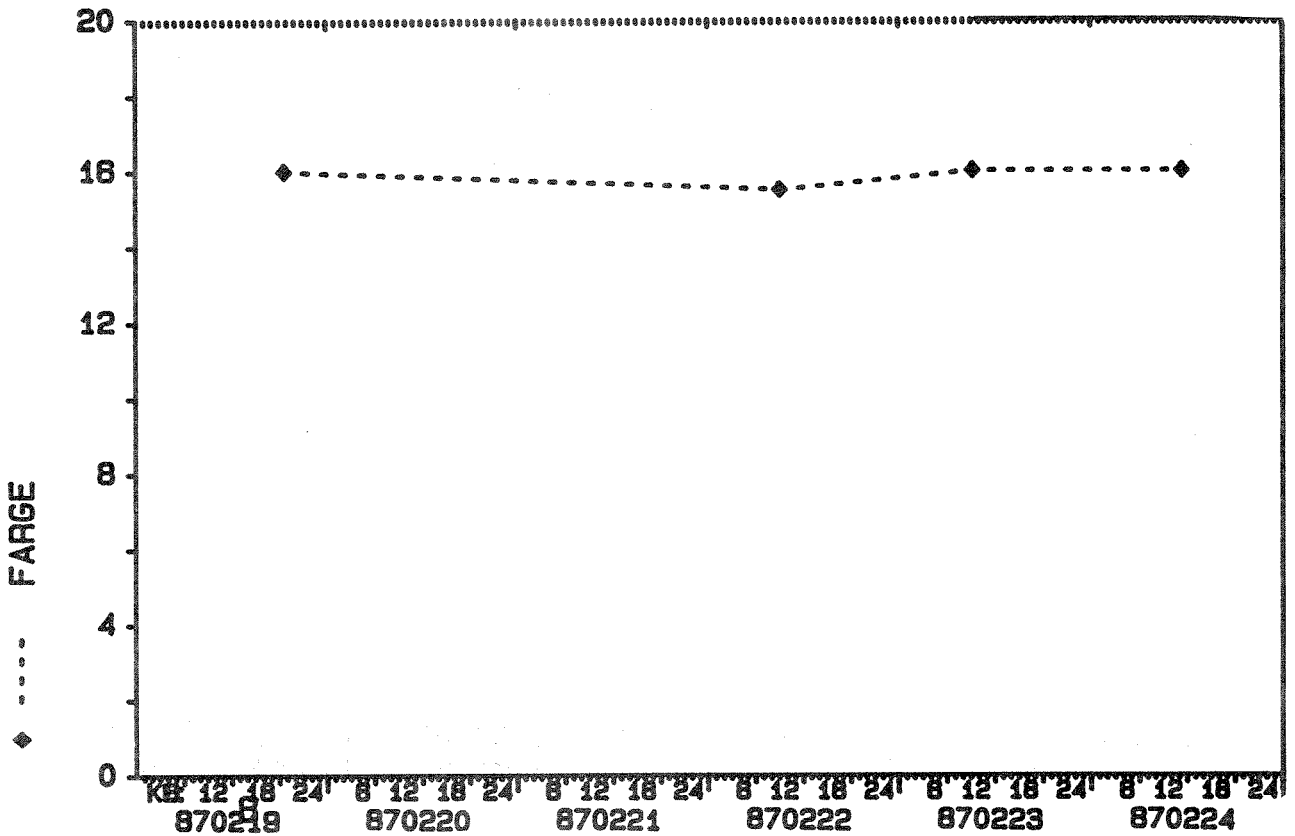
Figur 25. Fargetall i mg Pt/l i filtrat fra filter 2.



Figur 26. Fargetall i mg Pt/l i filtrat fra filter 3.



Figur 27. Fargetall i mg Pt/l i filtrat fra filter 4.



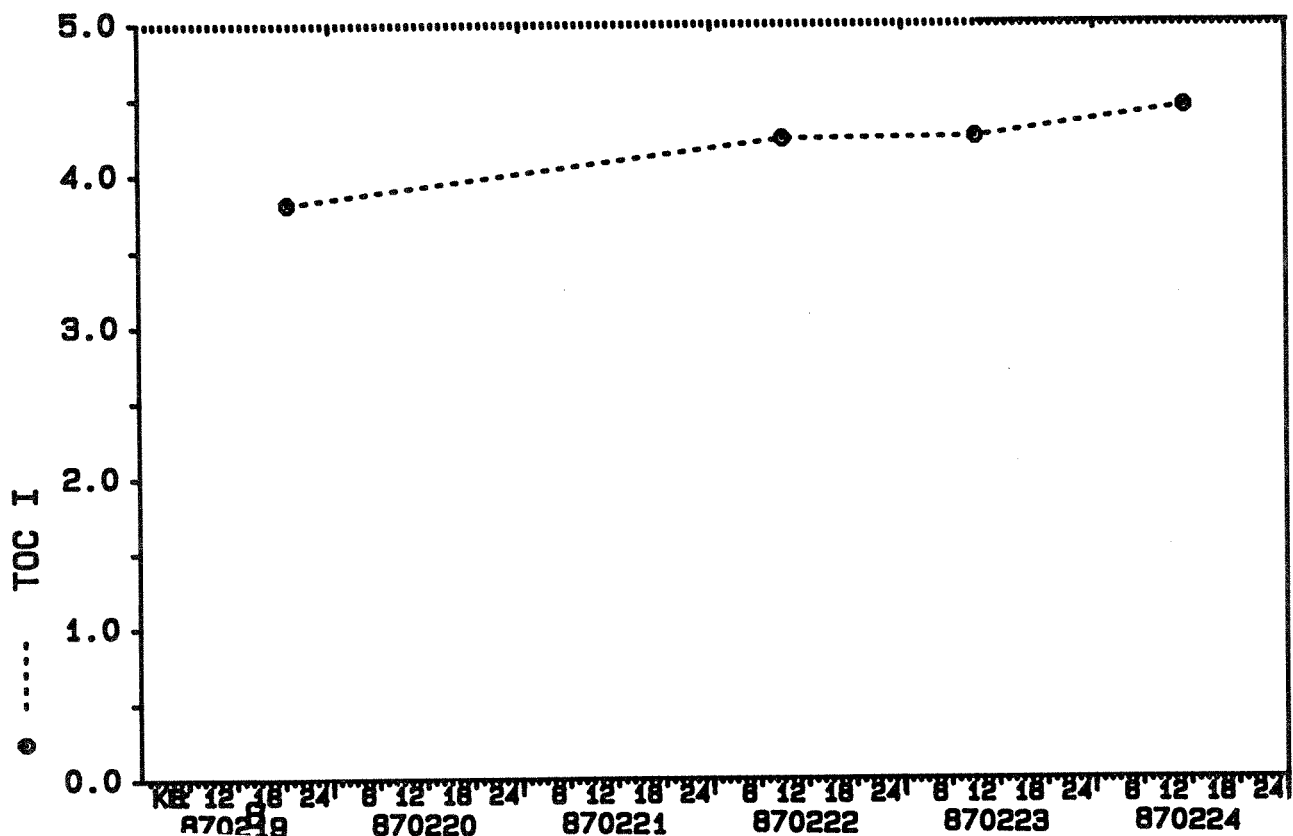
Figur 28. Fargetall i mg Pt/l i filtrat fra filter 5.

Fargetallene i filtratet fra filterne ligger jevnt mellom 15 og 17 mg Pt/l. Resultatene viser bare ubetydelige forskjeller mellom de enkelte filtre og ingen utvikling m.h.p. tiden. Det er heller ingen forskjell mellom filtratet og råvannet. Fargetallet i ufiltrert vann viser i hovedsak samme resultater som i filtratet.

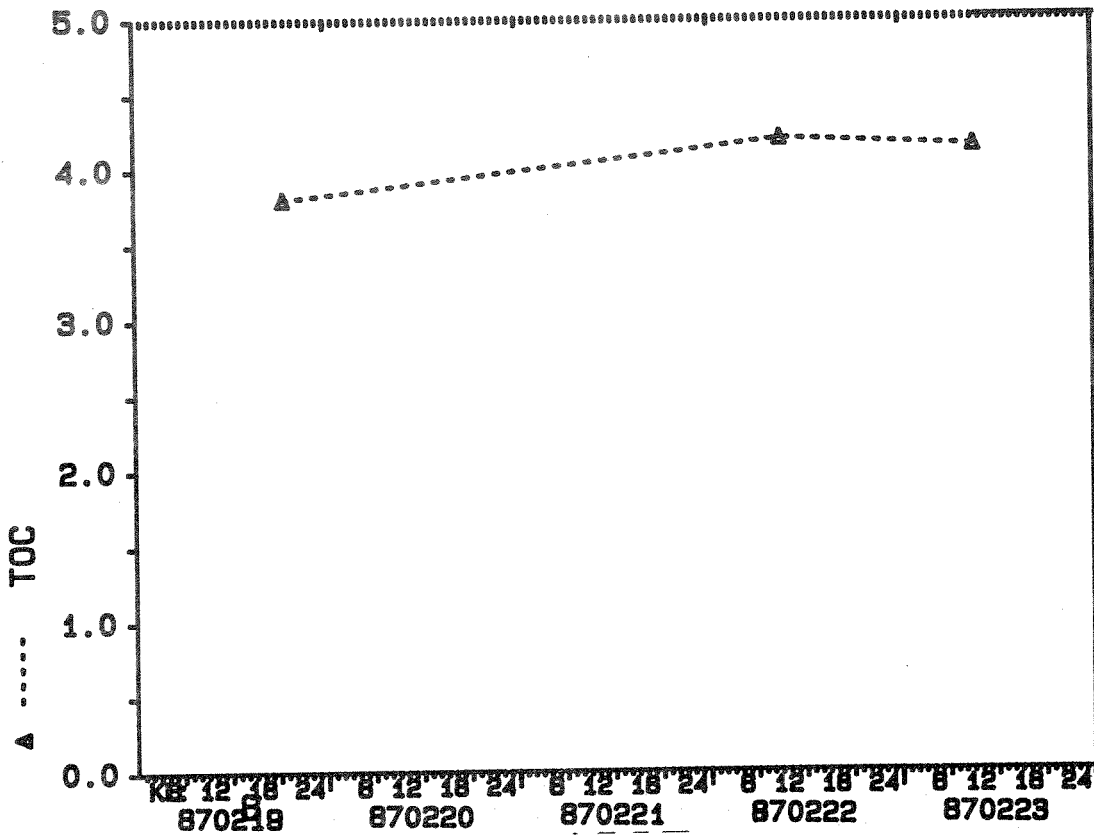
Doseringen av kalk og kullsyre synes ikke å påvirke vannets fargetall i særlig grad. Forskjellig flokkuleringsgrad synes heller ikke å innvirke vesentlig på vannets fargetall.

### 3.1.7. Totalt organisk karbon (TOC).

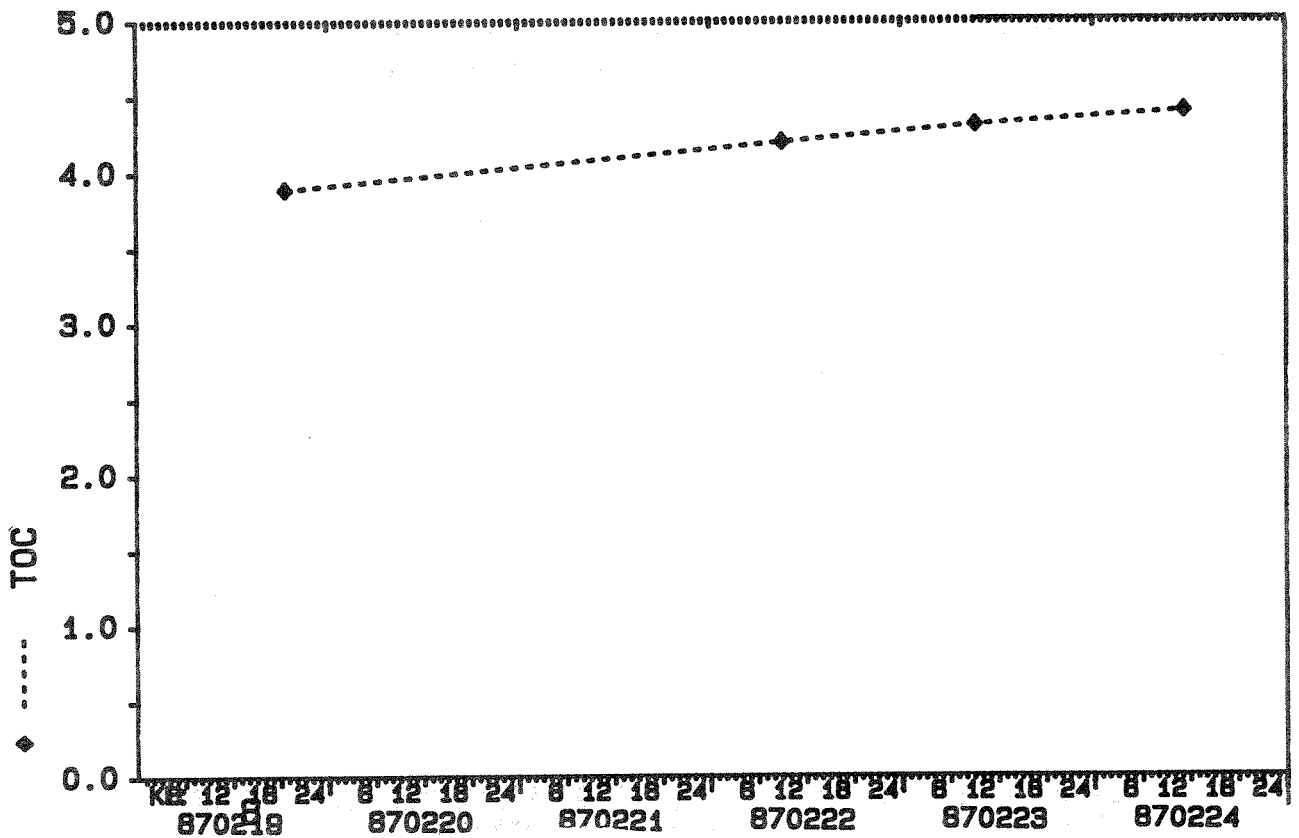
TOC-innholdet måles til mellom 3,5 og 4,3 mg/l i råvannet i 3 ulike tidspunkt. Figurene 29, 30, 31, 32 og 33 viser TOC-innholdet i filtratet fra filterne 1, 2, 3, 4 og 5.



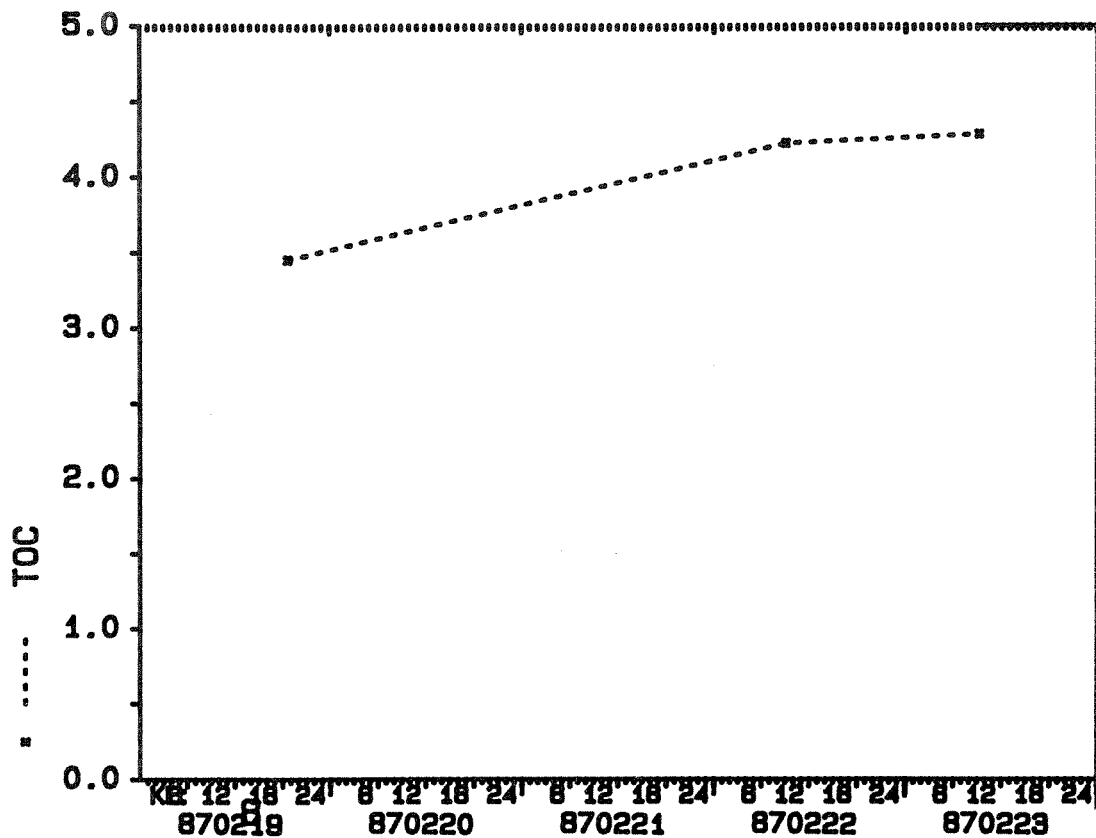
Figur 29. TOC-innhold i mg/l i filtrat fra filter 1.



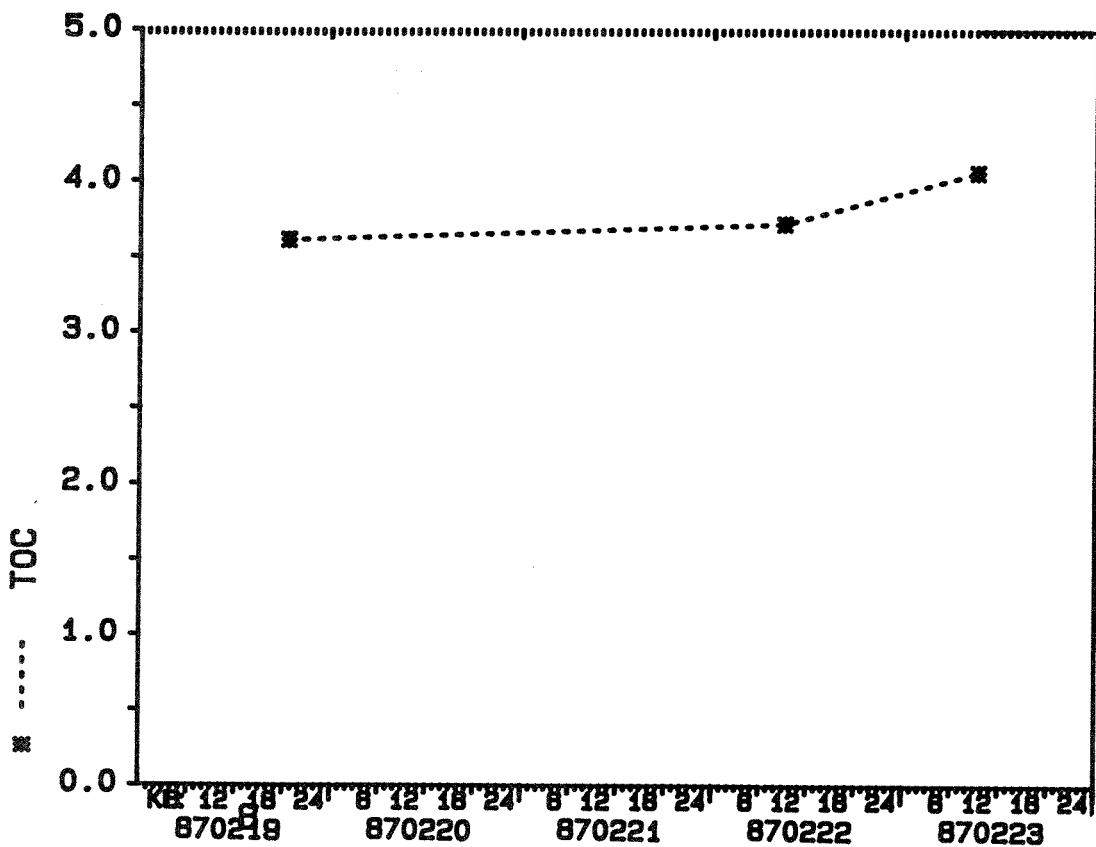
Figur 30. TOC-innholdet i mg/l i filtrat fra filter 2.



Figur 31. TOC-innholdet i mg/l i filtrat fra filter 3.



Figur 32. TOC-innholdet i mg/l i filtrat fra filter 4.



Figur 5. TOC-innholdet i mg/l i filtrat fra filter 5.

TOC-innholdet i filtratet fra filterne 1, 2, 3, 4 og 5 viser verdier på omkring 4 mg/l. Det forekommer en liten økning i TOC-innholdet i filtratet fra enkelte av filterne utover i undersøkelsen, men økningen er så liten at det neppe er riktig å legge vekt på den. I ufiltrert vann ligger TOC-innholdet også omkring 4 mg/l.

Det er svært liten forskjell mellom TOC-innholdet i ufiltrert vann og filtratet fra de enkelte filtre. Filtratet fra filterne viser også svært like verdier.

Det forekommer ingen reduksjon av betydning i TOC-innholdet gjennom filterne. Dette er naturlig fordi TOC-innholdet i hovedsak forårsakes av humus som er oppløst i vannet. Filtrering uten tilsetning av fellingskjemikalier reduserer ikke oppløste organiske komponenter. Dette bekreftes for øvrig ved analyse av spylevannet fra enkelte av filterne, hvor det registreres bare et ubetydelig innhold av organisk materiale.

Visuelt registreres ingen flokkulering i vannet over filterne i dette forsøket. Den neglisjerbare avskilling av TOC og farge som forekommer gjennom filterne, bekrefter i noen grad dette.

Helsemyndighetenes nye differensierte krav til TOC-innhold i drikkevann vil trolig bli mindre enn 3 mg/l for en god vannkvalitet. For en mindre god vannkvalitet vil trolig kravene bli mellom 3 og 5 mg/l. Hverken råvannet eller filtratet fra de enkelte filtre tilfredsstiller de nye differensierte kravene til en god vannkvalitet. Det må understrekes at disse kravene ennå ikke formelt er vedtatt, og at det derfor kan komme endringer.

### 3.2.1. Resultater fra tidsrommet 24. til 27. februar 1987. Kalkkullsyredosering.

Forsøkene fra dette tidsrommet gjennomføres i hovedsak som foregående forsøk. Filterne tilbakespyles før forsøkene igangsettes. 4,5 kg hydratkalk utblandes i 3 m<sup>3</sup> vann i kalkdoseringstanken under omrøring til en teoretisk hydratkalk-konsentrasjon på 1,5 g/l. Omrøringen stanses kl. 1700 den 24. februar og vann settes på filterne kl. 1740 samme dag.

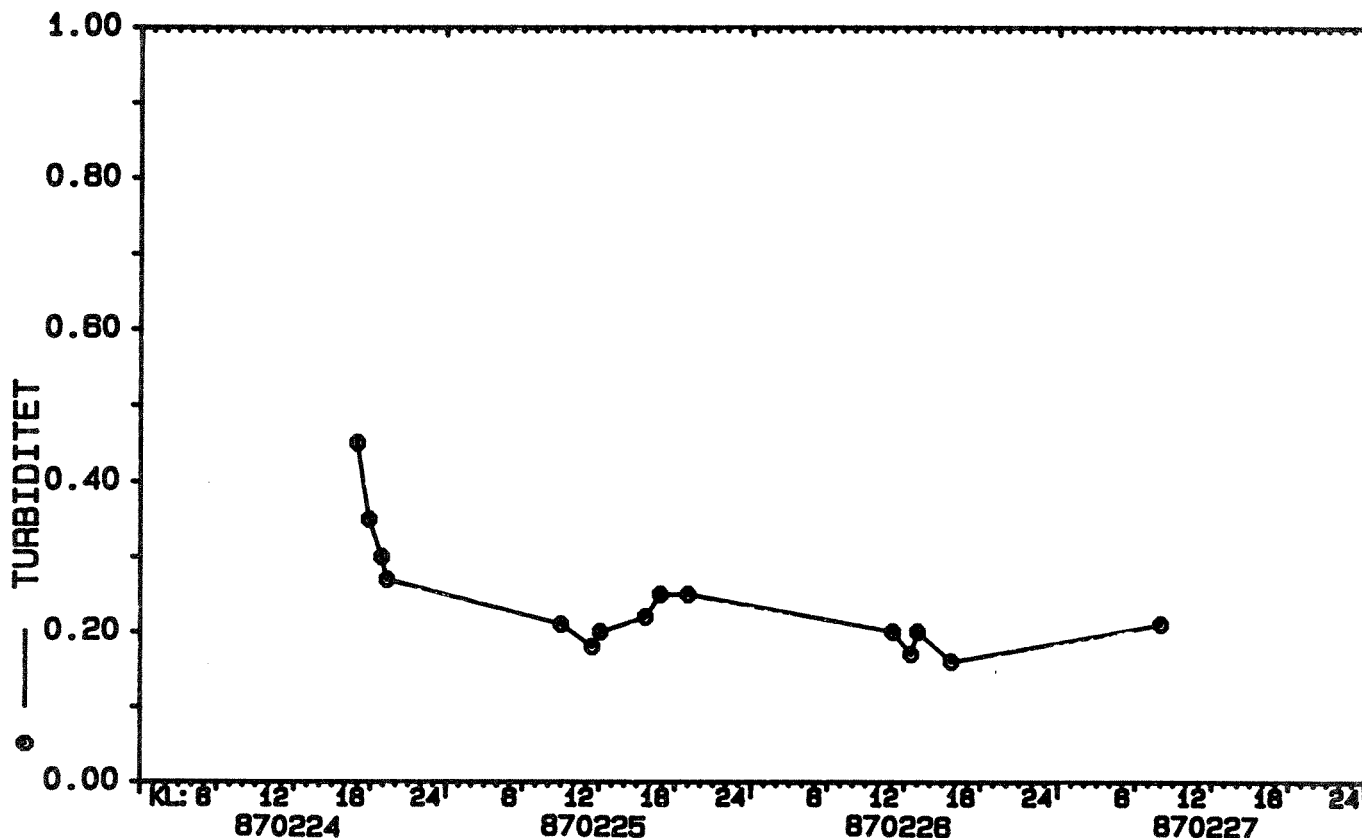
Hydraulisk belastning gjennom anlegget holdes mellom 10 og 10,8 l/min. Vannstrømmen gjennom filterne er mellom 0,3 og 0,35 l/min som tilsvarer hydrauliske belastninger på henholdsvis 8,5 og 9,8 m/h.

Kullsyredoseringen varieres mellom 16 og 56 mg/l, mens teoretisk hydratkalkdosering varieres mellom 75 og 100 mg/l. Disse doseringene er vesentlig høyere enn i forrige forsøk.

I denne undersøkelsen måles turbiditet i filterene 1, 2, 3 og 5. Siden det tidligere erfarer bare liten forskjell i vannkvalitet mellom de ulike filterene måles de andre parametrene kun i filterene 1 og 5.

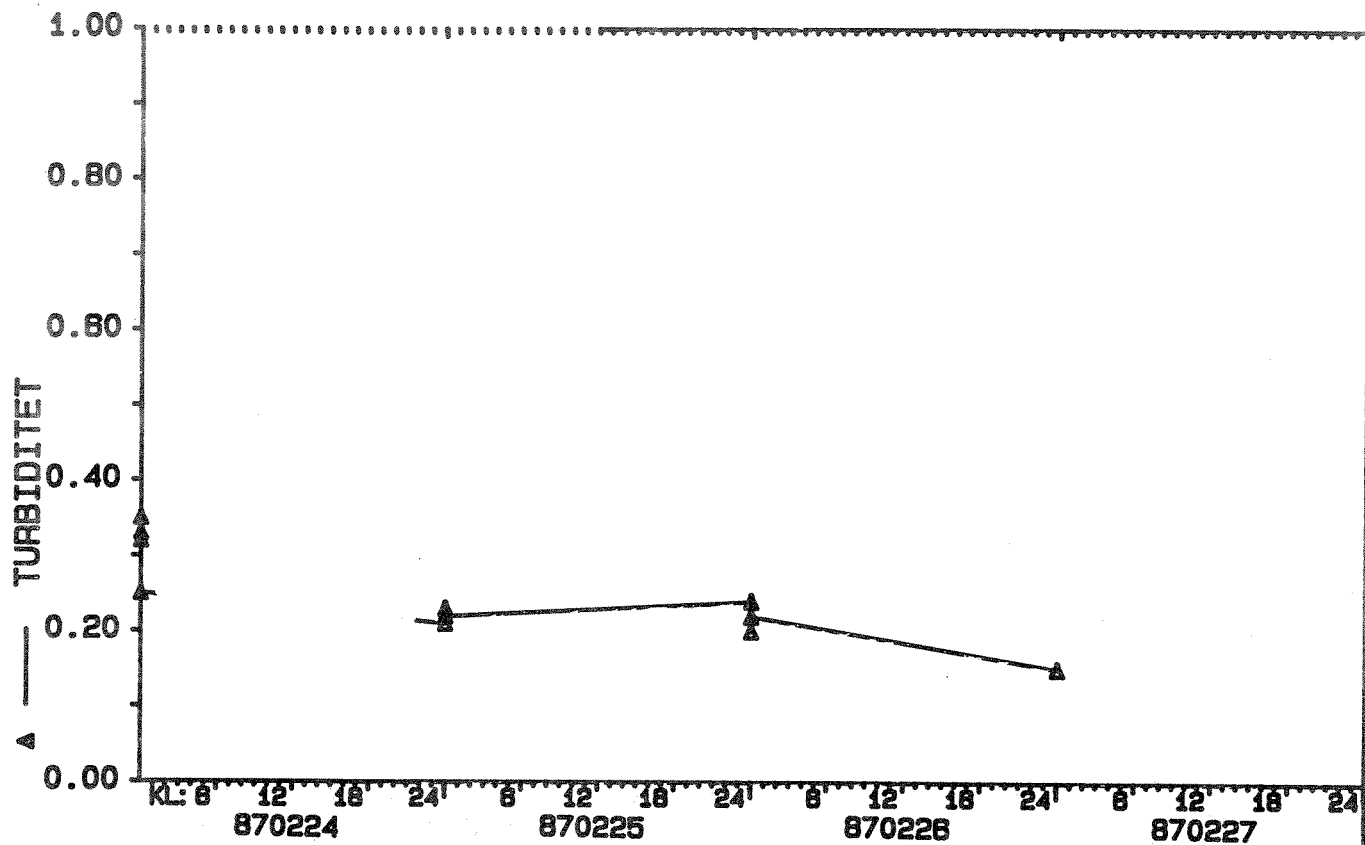
### 3.2.1 Turbiditet

25. og den 26. februar måles turbiditetsverdier i råvannet på 0,23 FTU. Figurene 35, 36, 37 og 38 viser turbiditet i filtratet fra henholdsvis filterene 1, 2, 3 og 5, mens figur 39 viser turbiditet i ufiltrert vann.

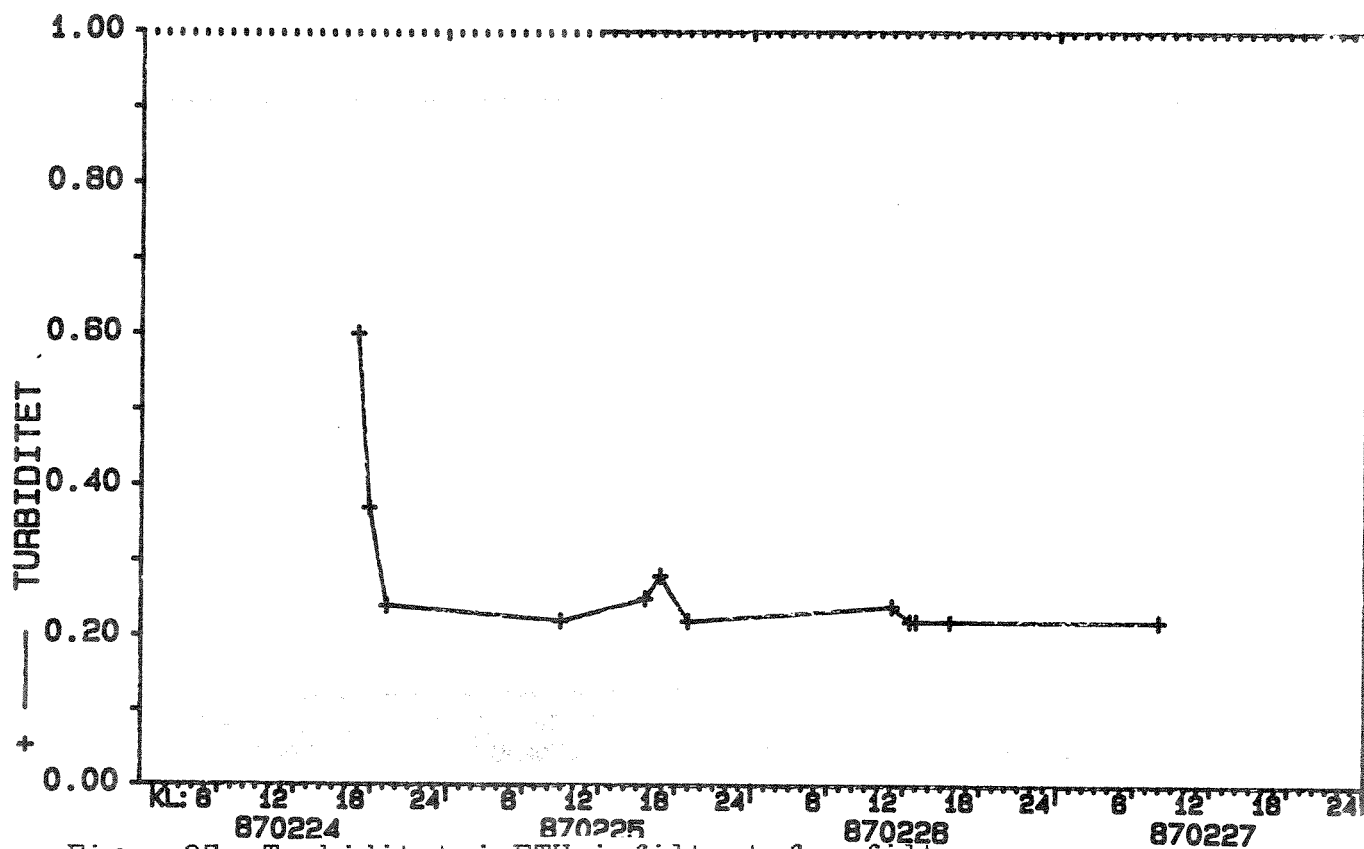


Figur 35. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 1.

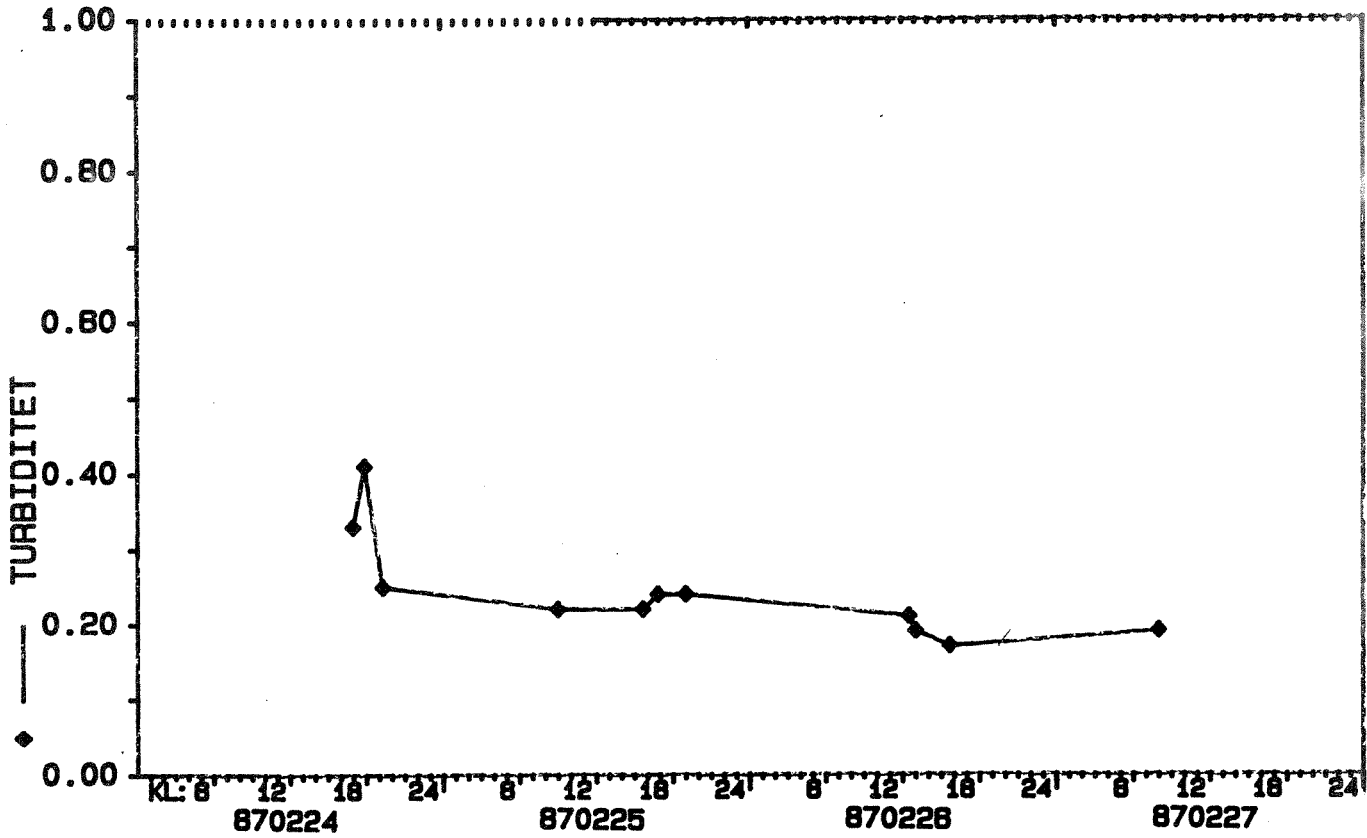




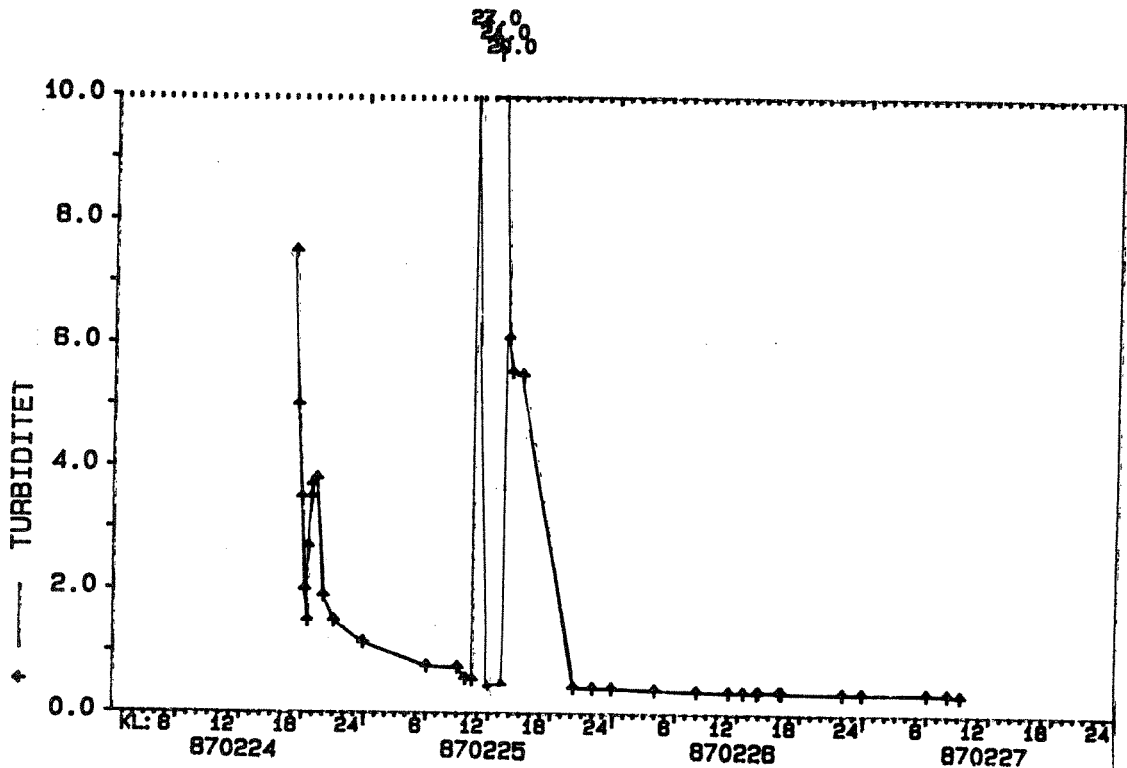
Figur 36. Turbidity i FTU i filtrat fra filter 2.



Figur 37. Turbidity i FTU i filtrat fra filter 3.



Figur 38. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.



Figur 39. Turbiditet i FTU i ufiltrert vann.

20 minutter etter vann settes på filtrene, ligger turbiditetsverdiene i filtratet fra de ulike filtrene mellom 0,3 og 0,6 FTU. Ytterligere 1 time etter filterstart er turbiditetsverdiene falt til mellom 0,3 og 0,4 FTU. Utover i undersøkelsen faller turbiditetsverdiene ytterligere til mellom 0,15 og 0,25 FTU. Variasjoner i doseringene av kalk og kullsyre har da liten innflytelse på filtratets kvalitet.

Mellom kl.1100 og kl.1215 den 25. februar reduseres vannstrømmen gjennom anlegget til ca. 4 l/min, mens kullsyredoseringen også reduseres. I løpet av denne korte tiden øker kalkkonsentrasjonen til over 200 mg hydratkalk pr.liter. Noen millimeter kalkavsetning registreres da over sandlaget i filtrene 1, 2 og 3 mens noe mindre avsetninger observeres over sandlaget i filter 5.

Denne ekstreme doseringen av hydratkalk gir imidlertid ikke merkbare endringer i filtratens kvalitet, hverken under selve doseringen eller noen timer etter. I det ufiltrerte vannet, derimot øker turbiditetsverdiene dramatisk (se figur39). Etter økningen i vannmengden igjen kl.1215 reduseres turbiditetsverdien i ufiltrert vann.

Kl. 1500 den 25.februar slås vannstrømmen av i ca 10 minutter, mens kalk og kullsyre fortsatt doseres. Denne hendelsen fører til en melkehvit farge, en viss fnokkdannelse og store turbiditetsverdier i ufiltrert vann. En svak økning i turbiditet i filtratet fra flere av filtrene registreres også. Økningen er imidlertid forbigående.

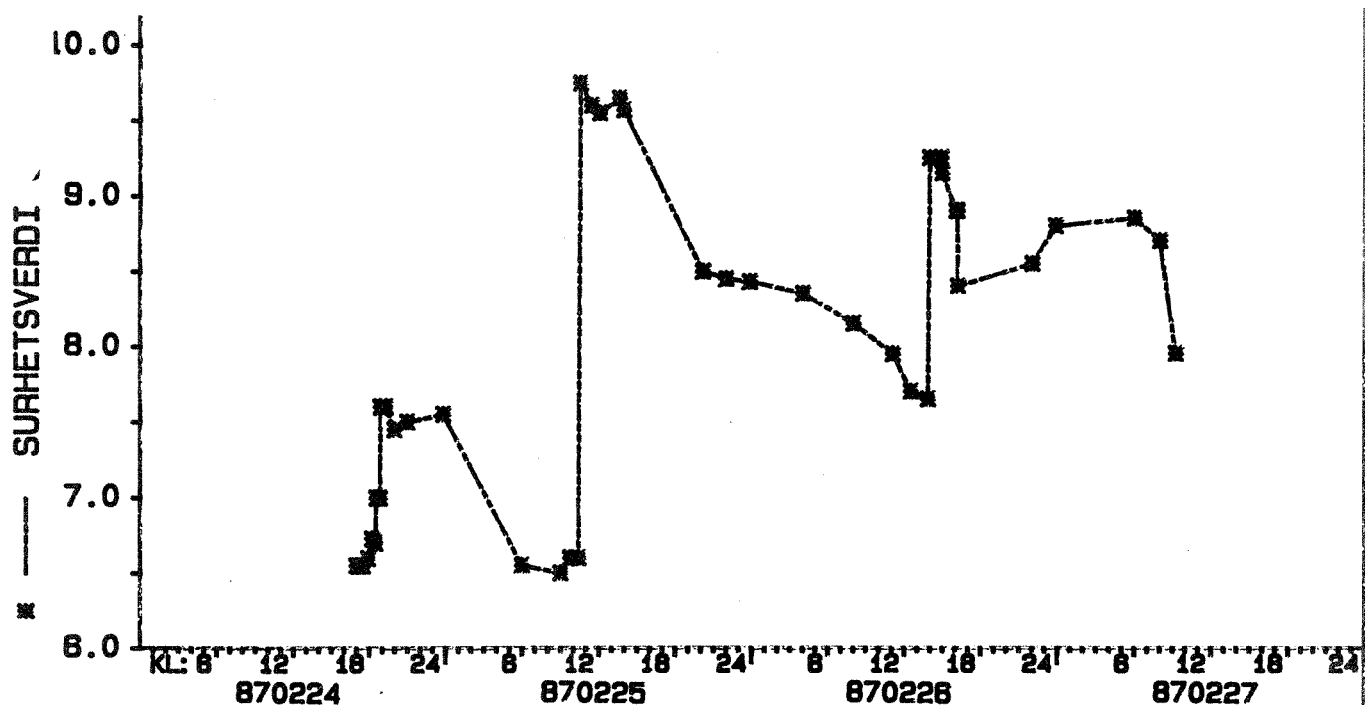
Utenom disse to nevnte toppene i turbiditet skjer det en gradvis reduksjon i turbiditet i ufiltrert vann fra nesten 8 FTU umiddelbart etter starten av forsøket til ca. 0,45 FTU kl.2000 den 25.februar, vel 26 timer etter starten av disse forsøkene. Den langsiktige reduksjonen i turbiditet skyldes sedimenteringen som finner sted i kalkdoseringstanken.

De nye differensierte kvalitetskrav til turbiditet for godt drikkevann vil trolig bli 0,5 FTU. Med ovennevnte doseringer av hydratkalk tar det omkring et døgn med sedimentering før denne turbiditet oppnås. Det understrekes at doseringene av hydratkalk er svært store i dette forsøket.

### 3.2.2 Surhetsgrad

Figur 40 viser pH-verdien i ufiltrert vann. Variasjonene skyldes i hovedsak endringer i dosering av hydratkalk og kullsyre. Det anses ikke formålstjenlig å kommentere enkeltendringene i nærmere. Den store økningen i pH-verdien kl.11 den 25.februar

skyldes den ovennevnte kraftige reduksjonen i vannstrømmen gjennom anlegget.



Figur 40. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

### 3.2.3. Kalsium.

Kalsiuminnholdet i råvannet måles til 3 mg Ca/l den 26.februar.

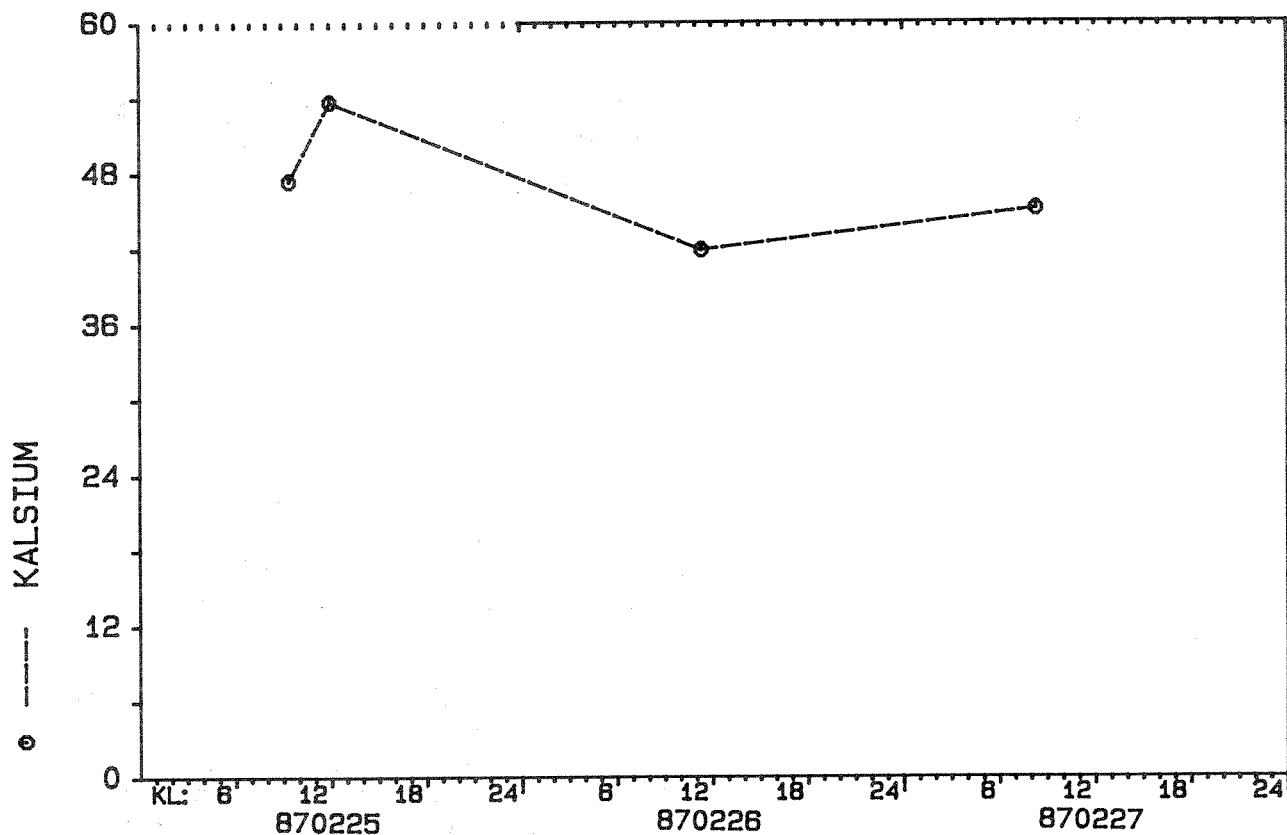
Figurene 41 og 42 viser spredte resultater av kalsiuminnholdet i filtratet fra filtrene 1 og 5. Innholdet varierer mellom 40 og 55 mg Ca/l.

Kalsiuminnholdet måles også i ufiltrert vann kl.0925 og kl.1155 den 25.februar, og kl. 1120 den 26.februar og kl.820 den 27. februar til henholdsvis 48, 80, 41 og 44 mg Ca/l.

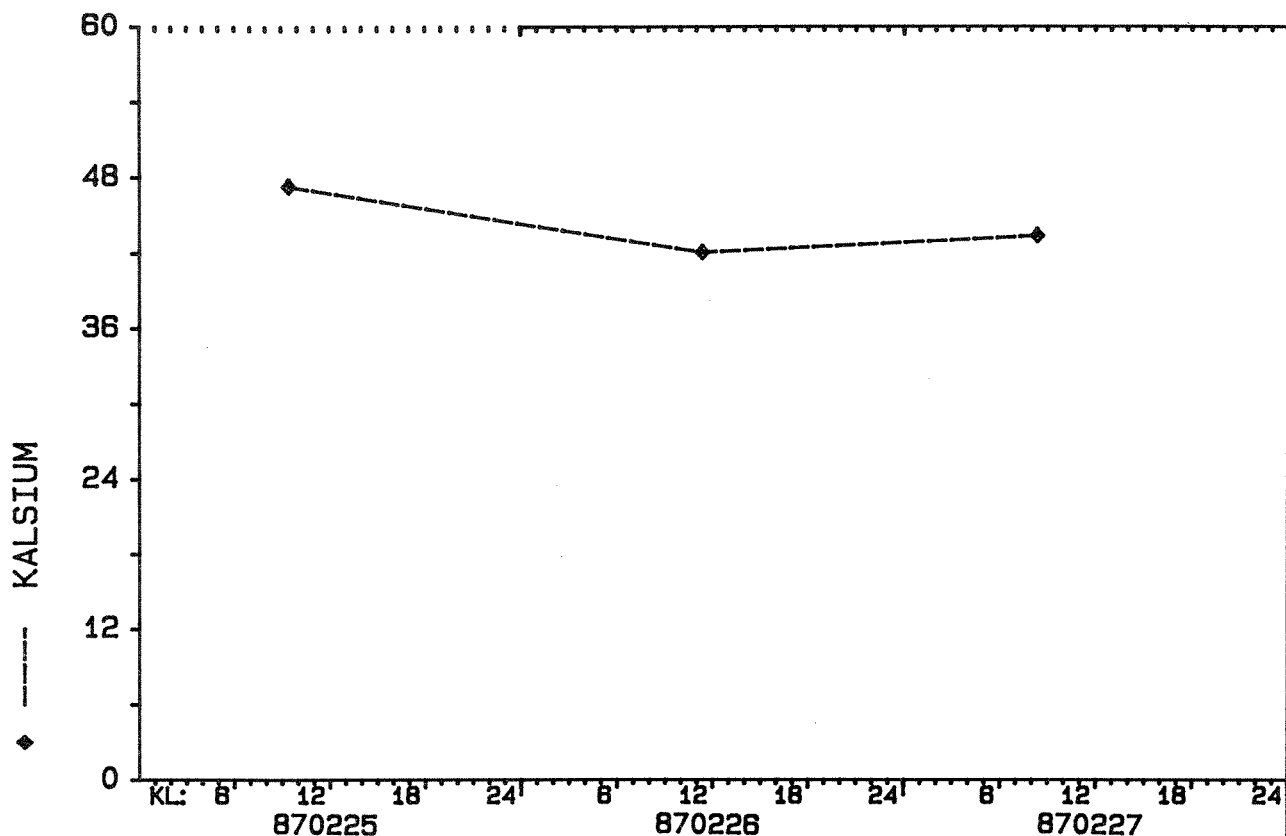
Den høye verdien i kalsiuminnholdet kl. 1155 den 25.februar er forårsaket av den høye hydratkalk-konsentrasjonen gjennom anlegget i dette tidspunktet. Viktig er det å merke seg at

økningen i konsentrasjonen bare gir en begrenset økning i kalsiuminnhold i filtrat fra filter 1. Dette tyder på at noe av hydratkalken akkumuleres i filtermediet ved disse store doseringene. Tidligere resultater viser imidlertid at akkumuleringen av hydratkalk ved moderate doseringer er begrenset. De øvrige målingene av kalsiuminnholdet viser like verdier i ufiltrert vann og i filtratet fra filtrene 1 og 5.

Kalsiuminnholdet i kalkdoseringstanken måles til 655, 730 og 645 mg Ca/l henholdsvis den 25., 26., og 27. februar. Resultatene viser at det ikke forekommer noen vesentlig sedimentering av kalsiumforbindelser i kalkdoseringstanken m.h.p. tiden. Dette bekreftes for øvrig i forrige undersøkelse hvor kalsiuminnholdet i bunnsedimentene i kalkdoseringstanken etter 5 dager er tilnærmet lik konsentrasjonen i tanken for øvrig. Den noe høye konsentrasjonen den 26. februar er vanskelig å gi noen fornuftig forklaring på.



Figur 41. Kalsium i mg Ca/l i filtrat fra filter 1.



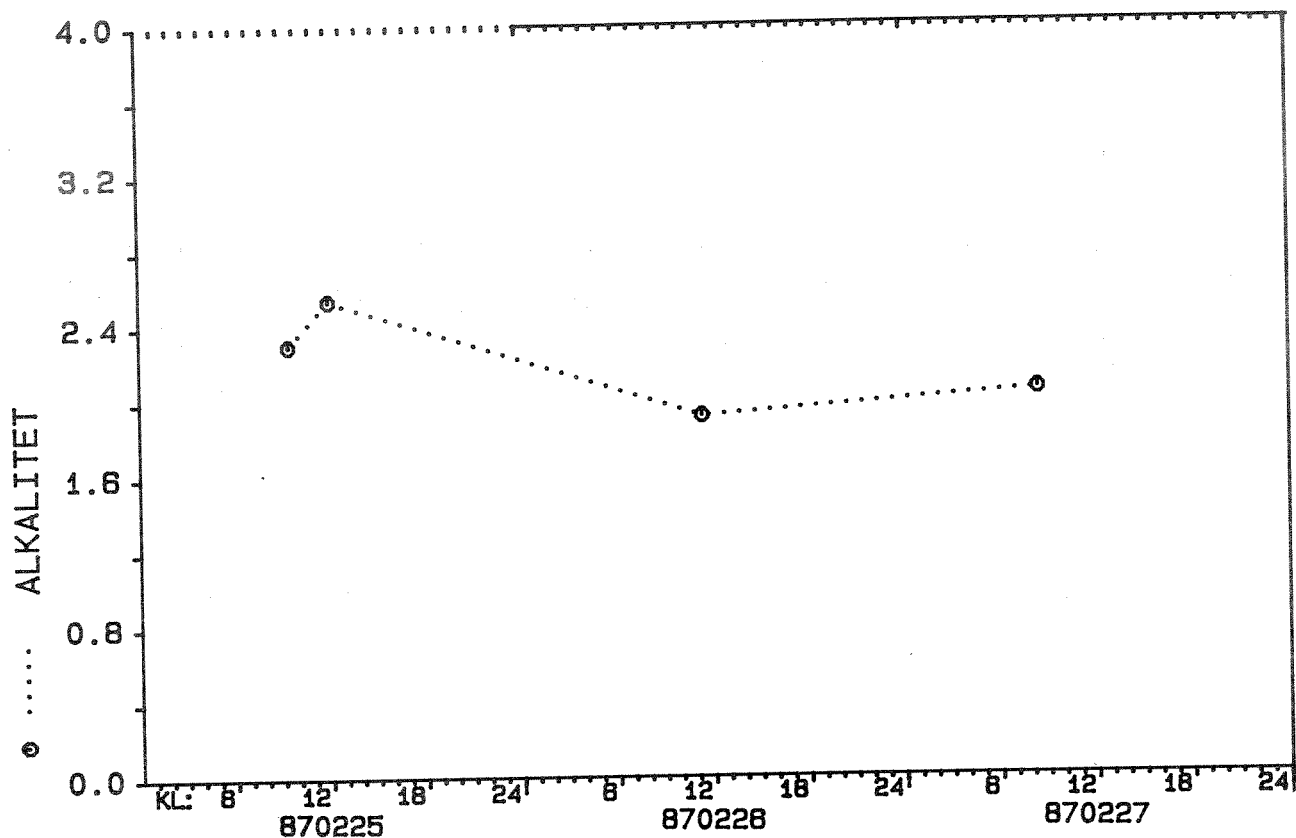
Figur 42. Kalsium i mg Ca/l i filtrat fra filter 5.

#### 3.2.4. Alkalitet.

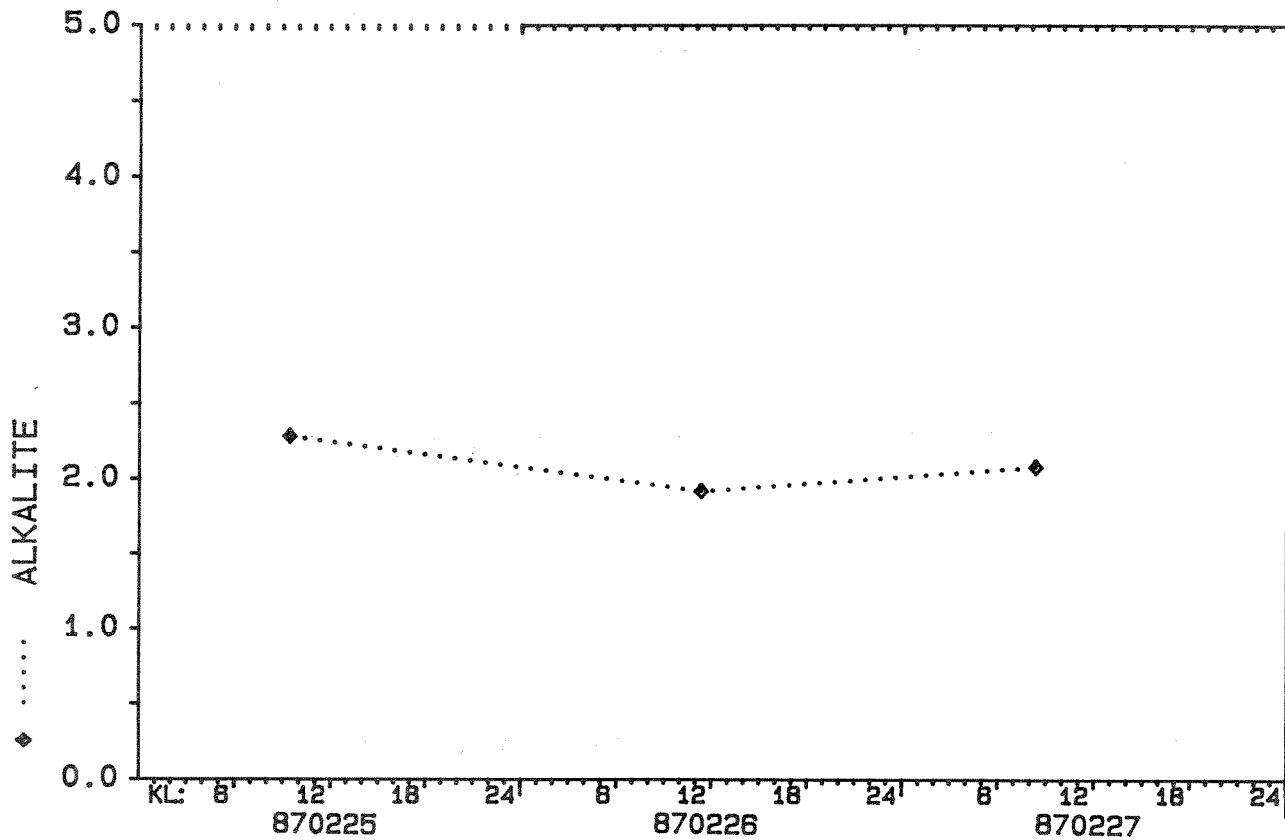
Alkaliteten i råvannet måles til 0,07 mmol/l den 26. februar. I ufiltrert vann måles alkaliteten til 2,3, 3,5, 1,9 og 2,0 henholdsvis kl. 0925 og kl. 1155 den 25. februar samt den 26. og 27. februar. Figur 43 og 44 angir alkaliteten i filtratet fra filterne 1 og 5.

Alkaliteten i filtratet fra filterne 1 og 5 måles til mellom 1,9 og 2,5 mmol/l. Den høyeste verdien samsvarer naturlig nok med den høye hydratkalkkonsentrasjonen mellom kl. 1100 og kl. 1215 den 25. februar og forårsakes direkte av denne. Utover denne verdien ligger alkaliteten i filtratet fra de to filterne svært nær 2 mmol/l.

Den høye alkaliteten i ufiltrert vann kl. 1155 den 25. februar gir ikke tilsvarende økning i alkaliteten i filtratet fra filter 1. Dette samsvarer for øvrig med resultatene for kalsium.



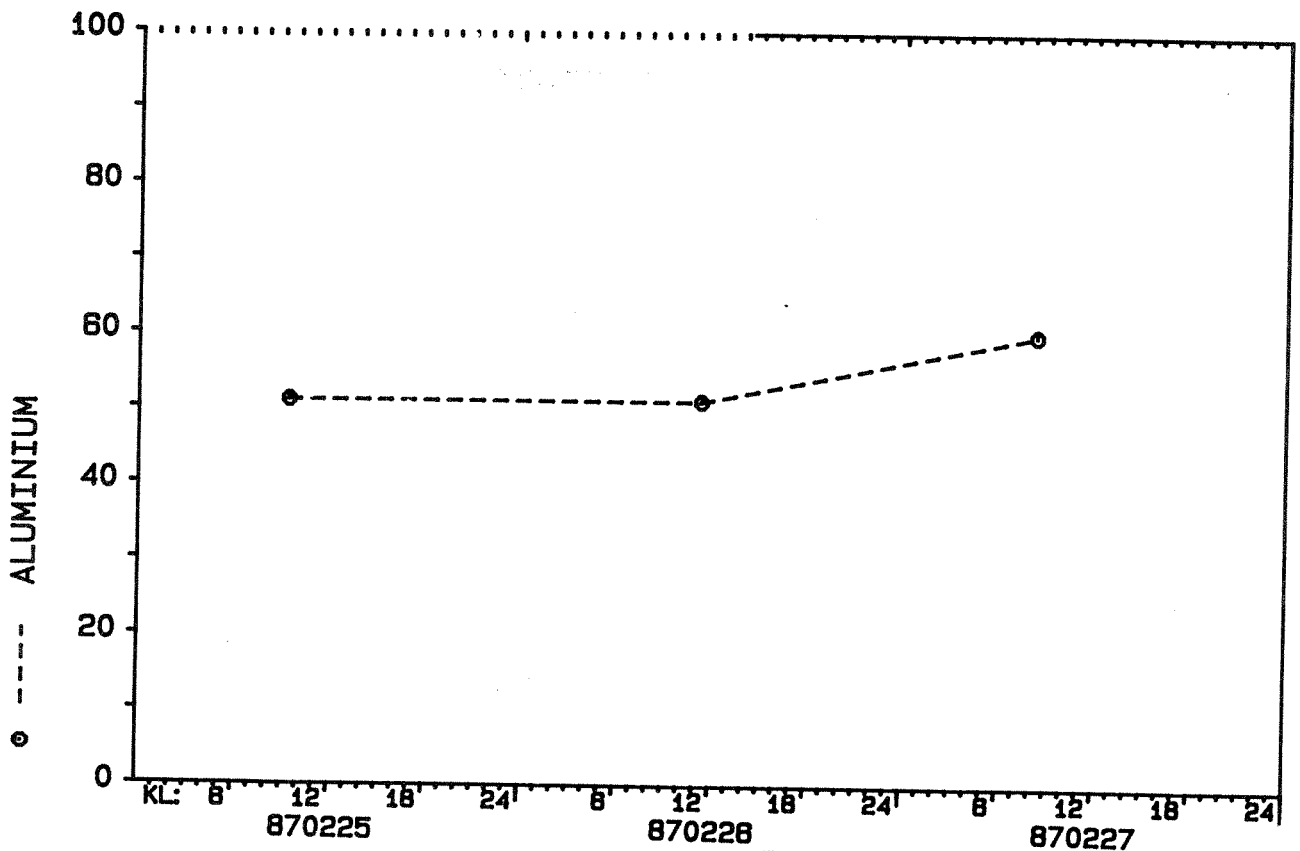
Figur 42. Alkalitet i mmol/l i filtrat fra filter 1.



Figur 44. Alkalitet i mmol/l i filtrat fra filter 5.

## 3.2.5. Aluminium

Totalt aluminium måles i råvannet til 60 og 80 ug Al/l henholdsvis den 26. og 27. februar. Figur 45 viser innholdet av aluminium i filtratet fra filter 1. I filtratet fra filter 5 er aluminiumsinnholdet 76, 67 og 76 ug Al/l henholdsvis 25., 26. og 27. februar.



Figur 45. Aluminium i ug Al/l i filtrat fra filter 1.



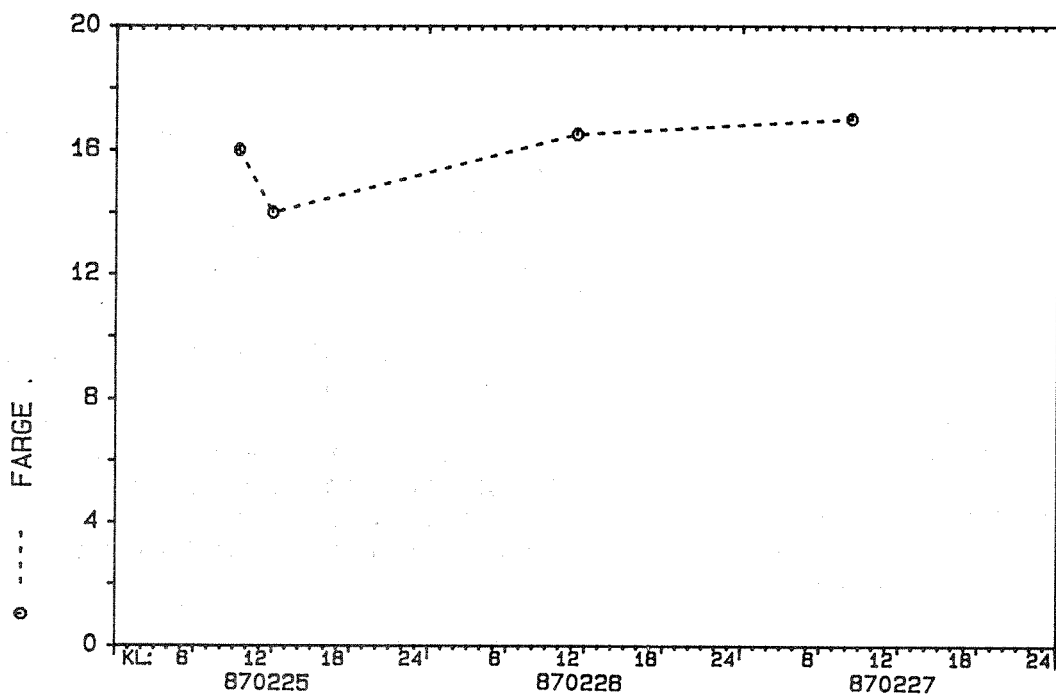
Også i denne undersøkelsen synes det å forekomme en liten reduksjon av aluminium gjennom filterene. Det er uttatt få prøver, og variasjoner forekommer i disse prøver, så det er ikke mulig å kvantifisere reduksjonen. Konsentrasjonene er imidlertid lave i utgangspunktet så noen praktisk betydning har neppe reduksjonen.

### 3.2.6. Farge

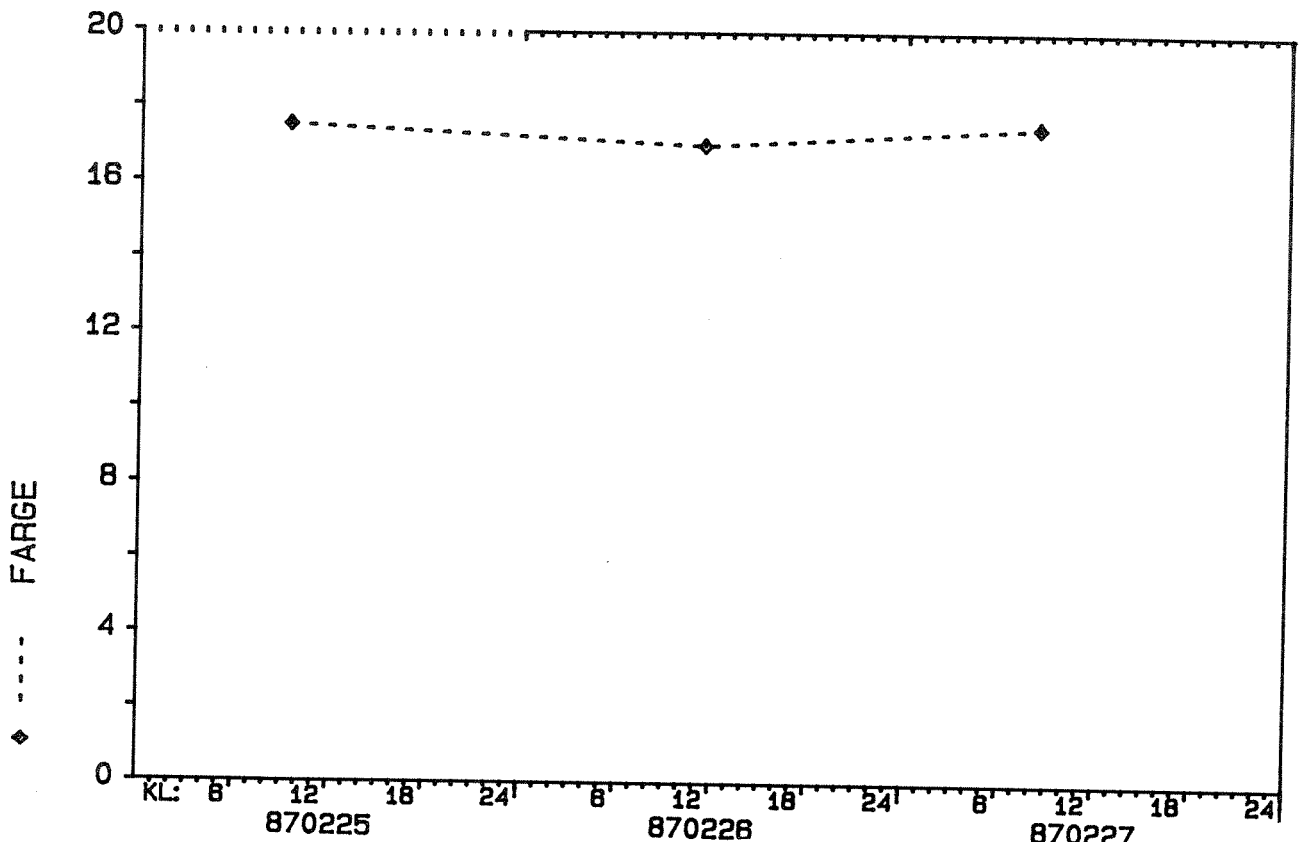
Råvannets farge måles til 15 og 16 mg Pt/l henholdsvis den 26. og 27. februar. I ufiltrert vann måles fargetallet til 17 og 18 mg Pt/l i samme tidspunkt, mens det måles til 10 mg Pt/l kl. 1155 den 25. februar. Figurene 46 og 47 viser fargetallet i filtratet fra filterene 1 og 5.

Utenom en prøve er fargetallet svært likt i alle prøver. Det foregår m.a.o. ingen vesentlig endring av farge hverken gjennom filteret eller i ufiltrert vann p.g.a. hydratkalktilsetningen. Skal en strekke kommenteringen av tallene langt forekommer det en meget svak økning i fargetallet fra råvannet og til ufiltrert og filtrert vann.

Det lave fargetallet i ufiltrert vann kl. 1155 den 25. februar måles i forbindelse med de høye kalkkonsentrasjonene som da forekommer.



Figur 46. Farge i mg Pt/l fra filter 1.



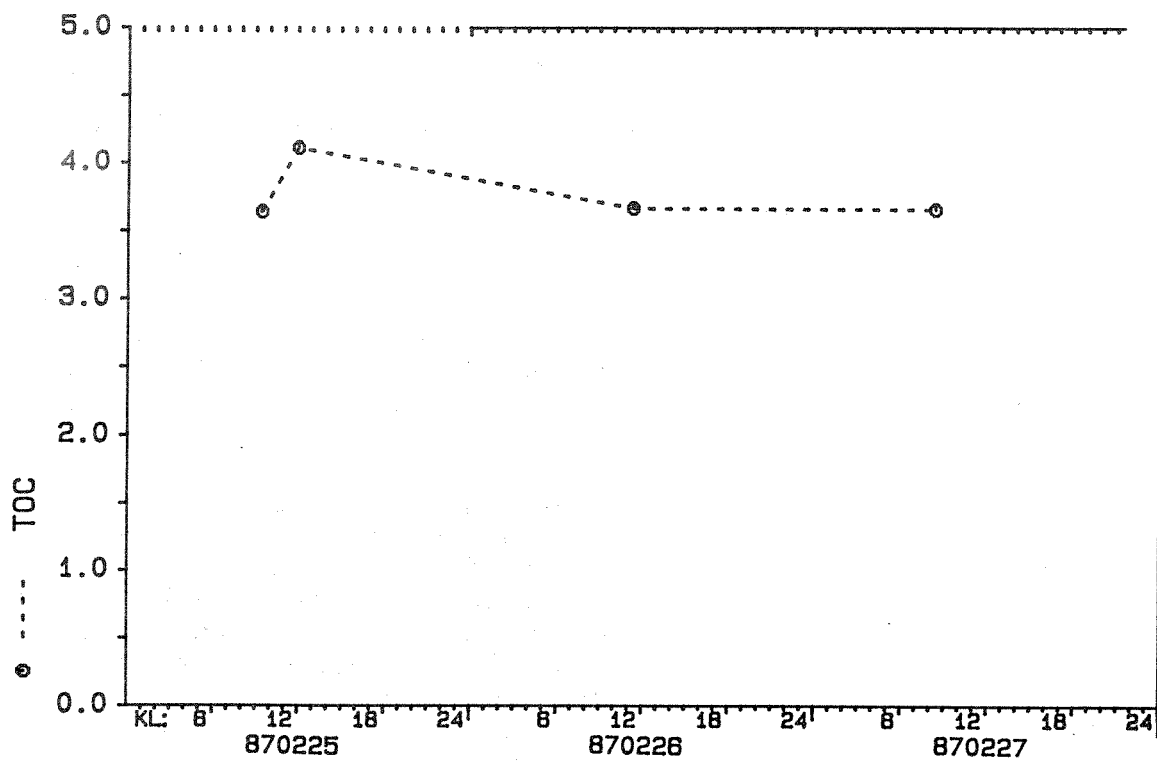
Figur 47. Fargetall i mg Pt/l i filtrat fra filter 5.

### 3.2.7 Totalt organisk karbon.

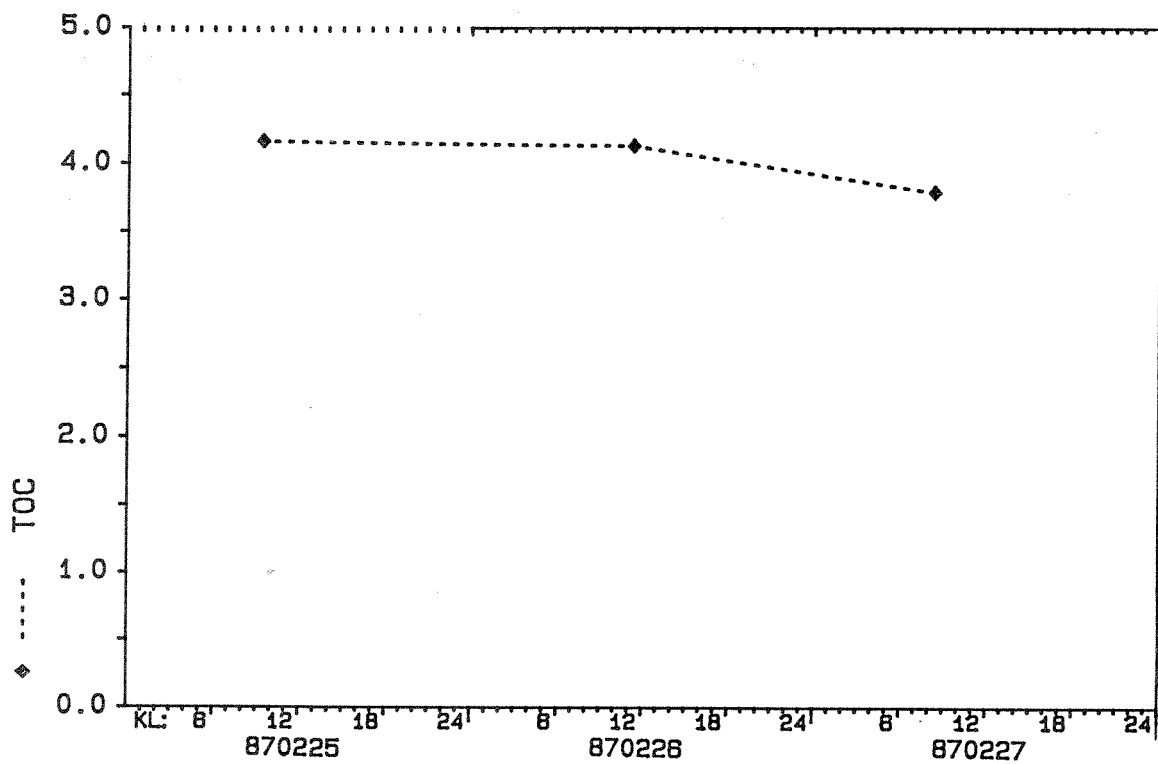
Råvannets TOC-innhold måles til 4,5 og 3,8 mg/l henholdsvis den 26. og 27. februar. I ufiltrert vann måles TOC-innholdet til 4,3, 4,5 og 4,5 henholdsvis den 25., 26., og 27. februar. Figurene 48 og 49 viser TOC-innholdet i noen tidspunkt i filtratet fra filterne 1 og 5. I ufiltrert vann måles også TOC-innholdet til 3,5 mg/l kl. 1155 den 25. februar.

En liten variasjon synes å forekomme i TOC-innholdet. De høyeste verdiene registreres i det ufiltrerte vannet, mens de laveste verdiene synes å forekomme i filtratet fra de to filterne. Det er få prøver observasjonen baseres på, og forskjellen mellom dem er svært liten. Noen stor vektlegging på denne forskjellen bør derfor ikke gjøres. Også for denne undersøkelsen ligger alle verdiene over helsemyndighetenes framtidige differensierte krav til en god vannkvalitet.

Den lave TOC-verdien i ufiltrert vann kl. 1155 den 25. februar skyldes den høye kalkdoseringen i dette tidspunktet.



Figur 48. TOC i mg/l i filtratet fra filter 1.



Figur 49. TOC i mg/l i filtrat fra filter 5.

### 3.3 Resultater fra 4. og 5. mars 1987-Kalk-kullsyredosering.

Dette forsøket ble igangsatt kl.1300 den 4. mars og avsluttet kl.1115 den 5. mars.

Vannstrømmen gjennom anlegget og doseringen av kullsyre holdes konstant under hele forsøket, mens hydratkalkdoseringen varieres. Utblandet hydratkalkmengde i kalkdoseringstanken tilsvarer en teoretisk hydratkalkkonsentrasjon på 1.5 g/l.

I motsetning til foregående forsøk holdes omrøreren i kalkdoseringstanken i drift under hele forsøket. Med omrøreren i drift hindres uoppløste bestanddeler fra hydratkalken å sedimentere til bunnen i kalkdoseringstanken. Partikkelkonsentrasjonen i kalkoppløsningen holdes derved mer konstant. Partikkeltilførselen til vannet blir imidlertid generelt sett høyere enn ved de tidligere forsøkene hvor omrøreren ikke er i drift. Dette gjelder særlig mot slutten av forsøkene hvor partikkelbelastningen i foregående forsøk var særlig lav.

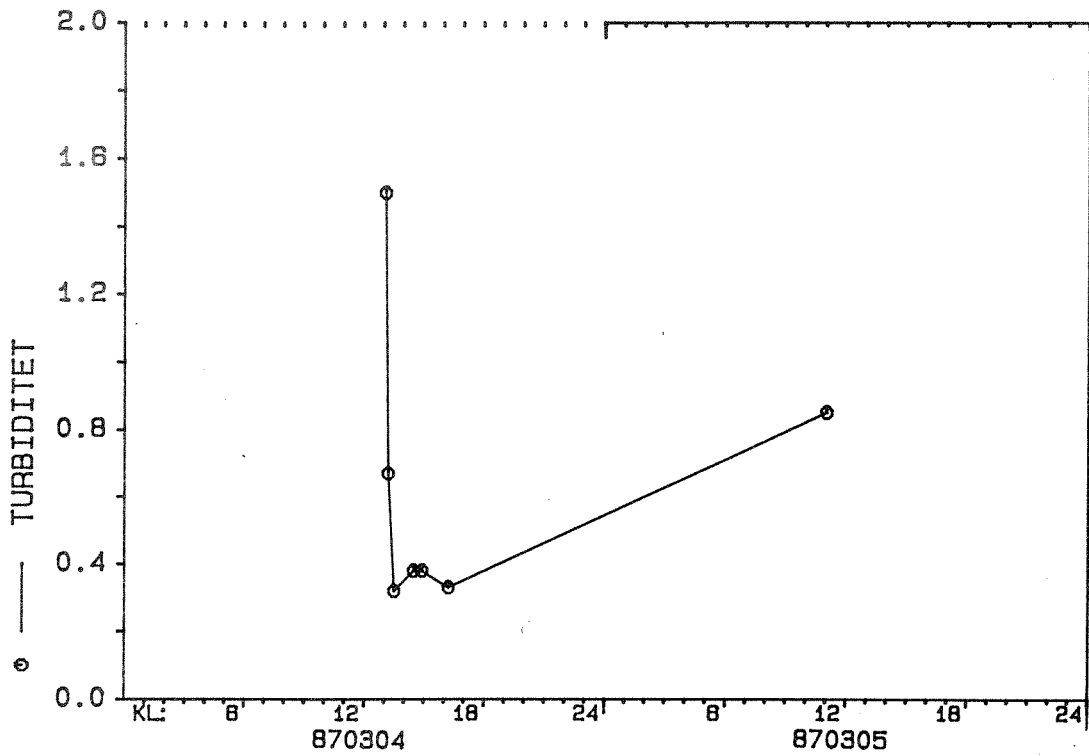
Vannstrømmen gjennom anlegget holdes konstant på ca. 7,2 l/min under hele dette forsøket.

Kullsyretilførselen holdes også konstant på ca. 0,32 g/min som tilsvarer en dosering på 44 mg kullsyre pr liter ved aktuell hydraulisk belastning.

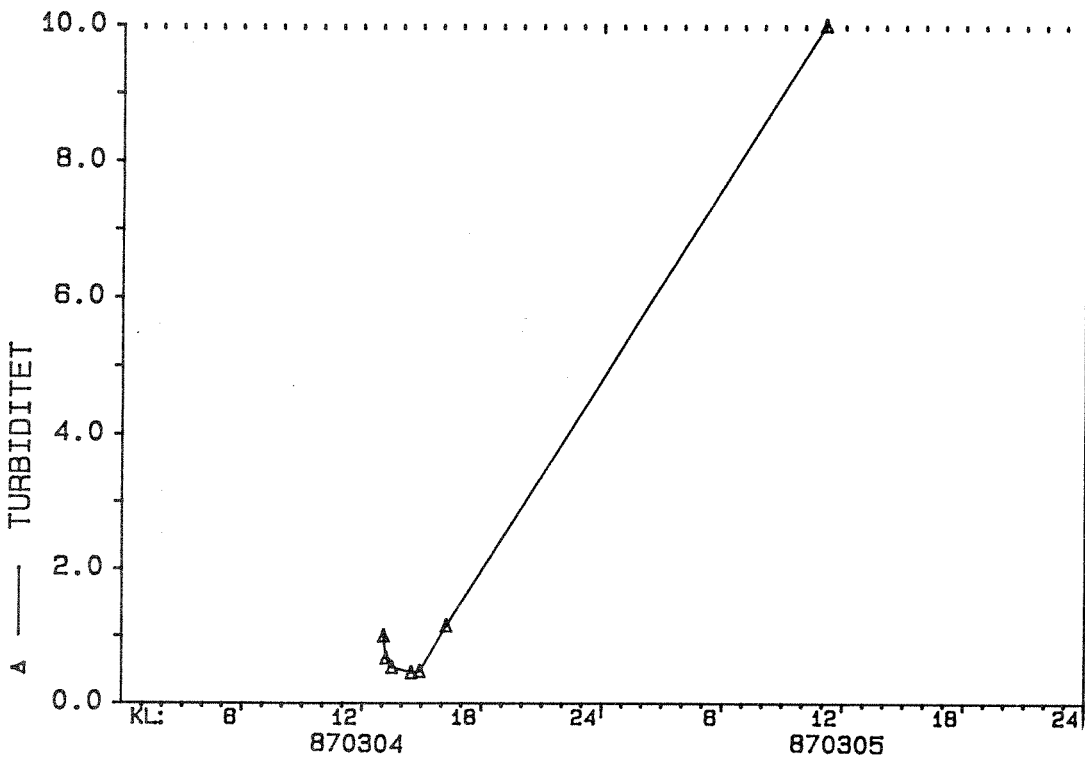
Kalkdoseringen varieres mellom 0,23 og 0,65 ml oppløsning pr. liter som tilsvarer mellom 48 og 135 mg hydratkalk pr. liter ved en hydratkalk-konsentrasjon på 1.5 g/l. Disse doseringene ligger i overkant av nødvendige doseringer, men forsøket gjennomføres for å undersøke effekten på turbiditet, farge og TOC ved ekstreme doseringer.

#### 3.3.1. Turbiditet

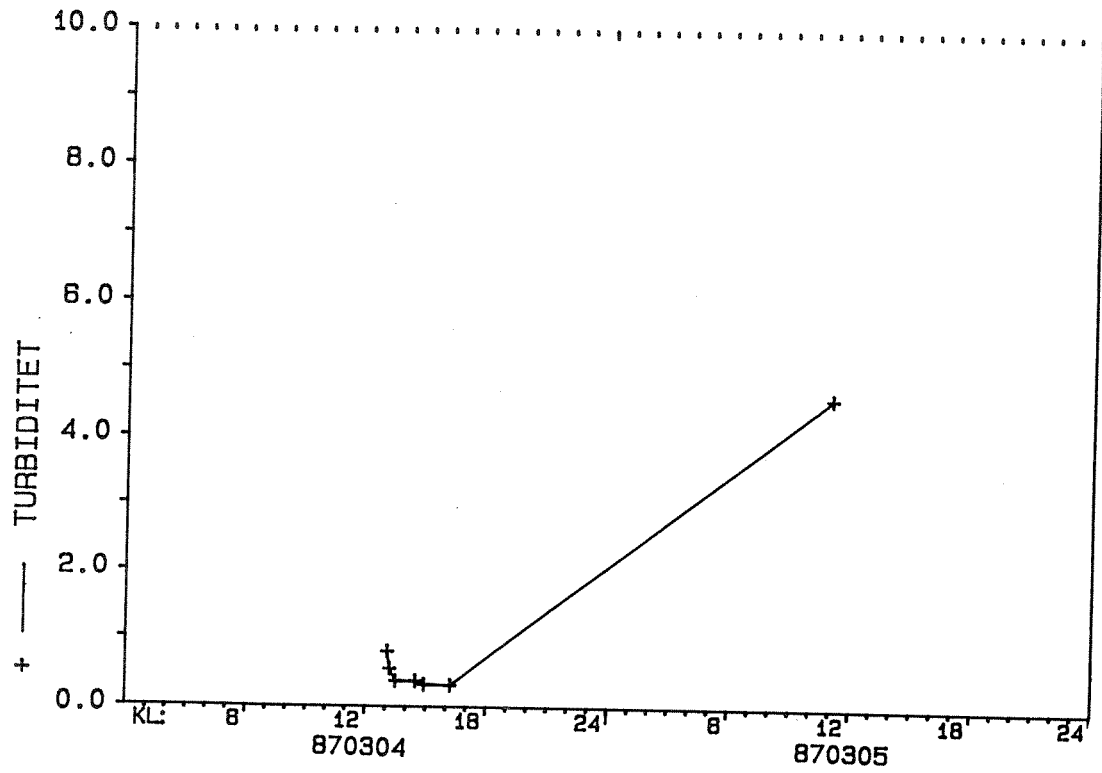
Turbiditet måles i filtratet fra filtrene 1, 2, 3, og 5 samt fra ufiltrert vann i rørsøyfa. Figurene 50, 51, 52, 53 og 54 viser resultatene.



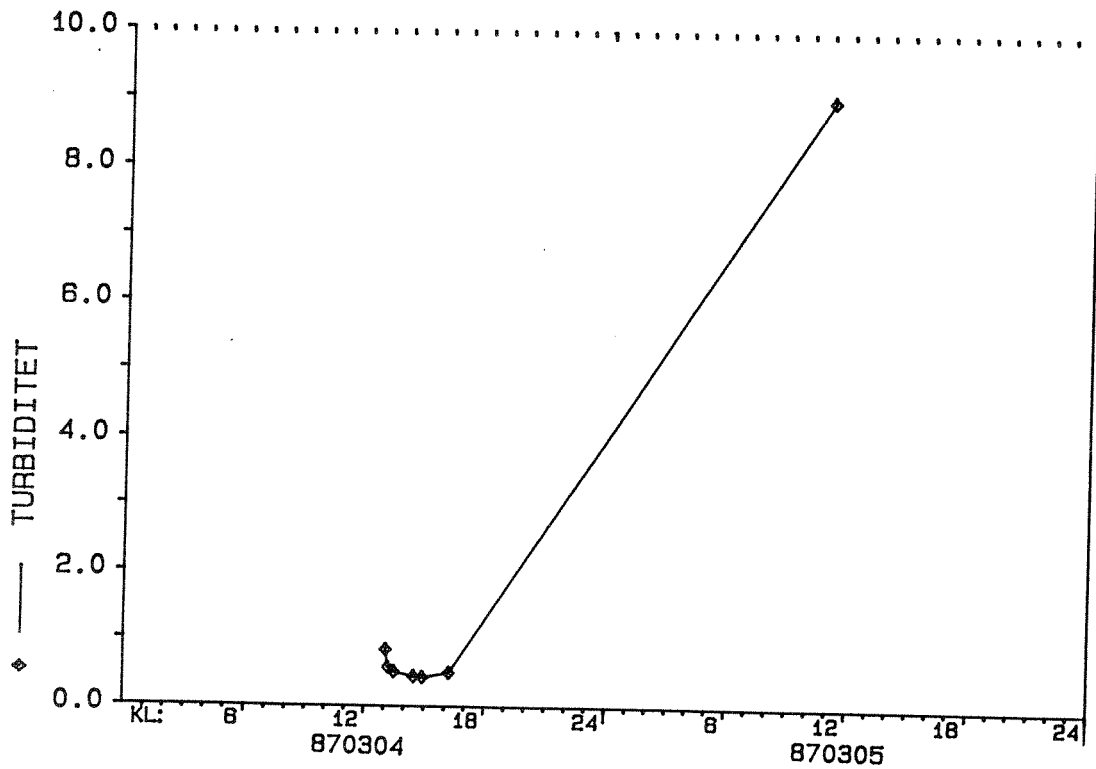
Figur 50. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 1.



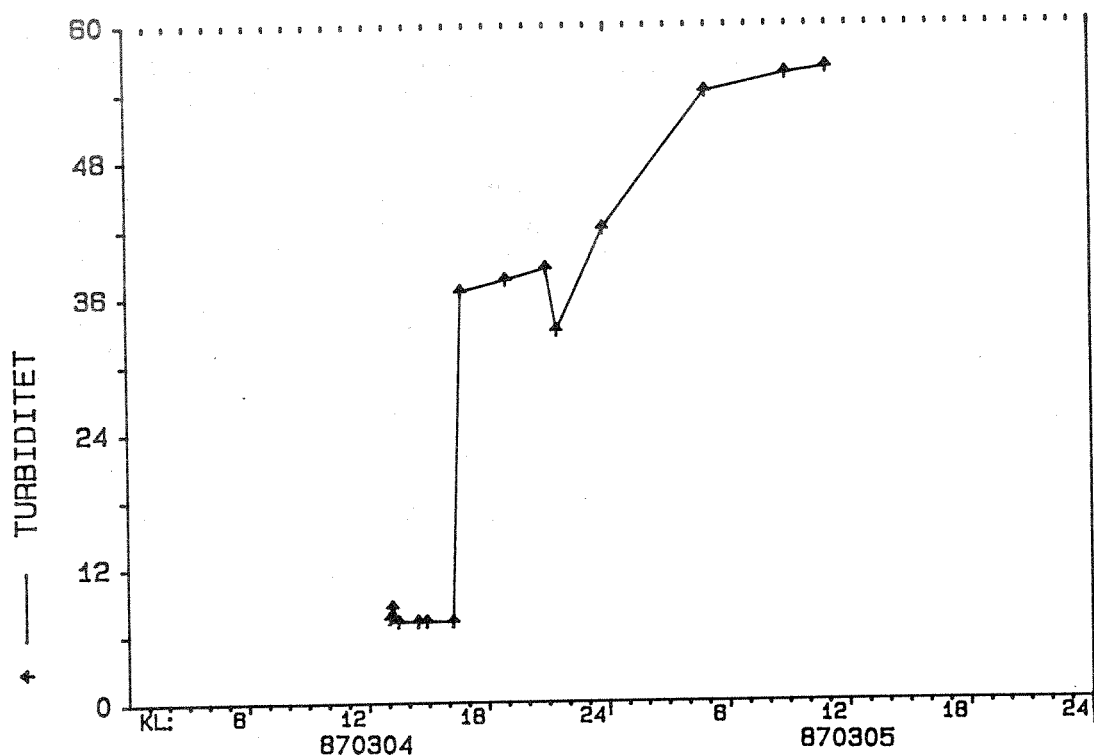
Figur 51. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 2.



Figur 52. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 3



Figur 53. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.



Figur 54. Turbiditet i FTU i ufiltrert vann fra rørsloyfe.

Turbiditet i råvannet måles til 0,23 og 0,25 FTU henholdsvis den 4. og 5. mars.

Turbiditetsutviklingen i filtratet fra de enkelte filtre følger et klassisk forløp med høye verdier umiddelbart etter oppstartning av filtrene og raskt dalende verdier etter noen få minutter. En periode med lave verdier følger deretter og så økende verdier mot slutten av forsøket.

I gunstigste driftsperiode for filtrene ligger turbiditet i filtratet fra de enkelte filtre mellom 0,32 og 0,45 FTU. Driftstiden for filtrene med filtrat under 0,5 FTU er bare fra ca. 1 time til noen ganske få timer.

Før doseringen av kalk økes den 4. mars kl.1600, er turbiditet i filtratet fra filtrene bare svakt økende. Doseringsøkningen av kalk resulterer i en umiddelbar økning i turbiditet som forsterkes ytterligere mot slutten av undersøkelsen. Turbiditet måles imidlertid ikke om kvelden den 4. og på natta mellom den 4. og 5.mars. En kjenner derfor ikke helt til forløpet i turbiditetsverdiene i denne perioden.

En viss forskjell i turbiditet i filtrat fra de enkelte filtre registreres. Den laveste verdien registreres i filter 1, mens filter 5 har den høyeste verdien.

Kurven for turbiditet i ufiltrert vann følger i hovedsak forløpet av doseringen av hydratkalk. Økningen i kalkdosering den 4. mars kl.1600 forårsaker en økning i turbiditet fra 7,2 til ca. 36 FTU.

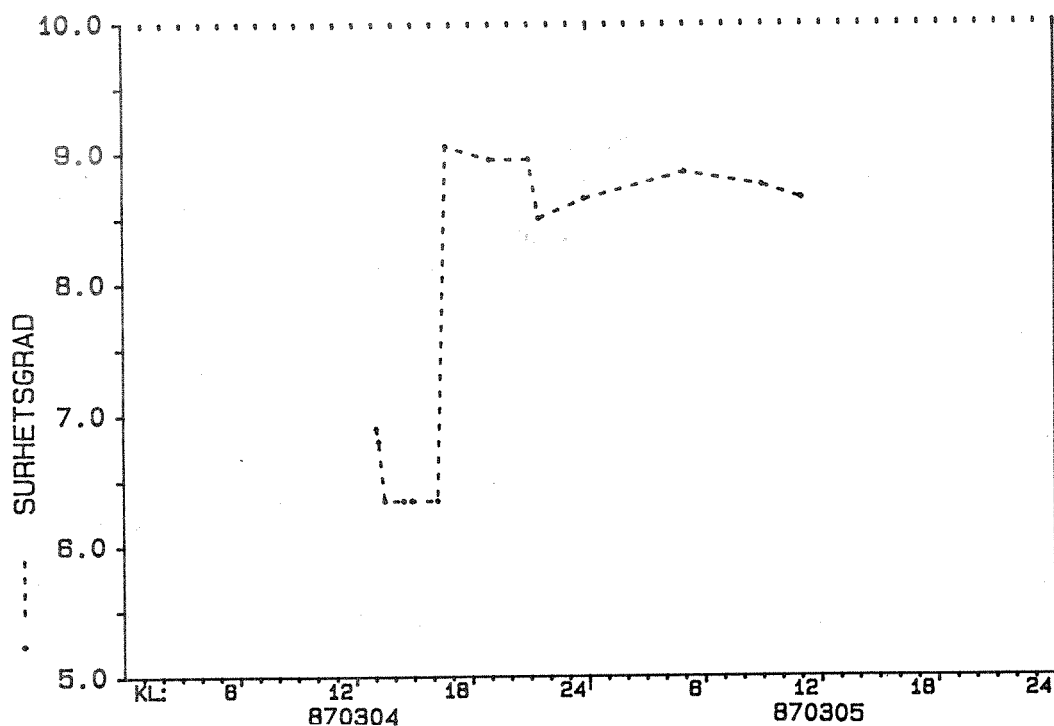
Som det framgår av resultatene, registreres betydelige partikkelmengder både i ufiltrert vann og i filtratet fra de enkelte filtre. En betydelig avskilling av partikulært materiale finner riktignok sted gjennom filtrene, men denne avskilling er ikke tilstrekkelig over en lengre periode. Som tidligere nevnt er hydratkalkdoseringen høy i dette forsøket og omrøreren er i drift under hele forsøket. Omrøringen hindrer sedimentering av partikulært materiale i kalkdoseringstanken og fører til økt partikkelbelastning i filtrert og ufiltrert vann.

### 3.3.2. Surhetsgrad.

Figur 55 viser utviklingen av surhetsgrad i ufiltrert vann. Kurven følger i stor grad utviklingen i hydratkalkdoseringen og turbiditet i ufiltrert vann. Økningen i hydratkalkdoseringen kl.1600 den 4. mars resulterer i en tilsvarende økning i pH-verdi fra ca. pH 6,3 til ca. pH 9. En ytterligere økning i turbiditet forekommer utover i forsøket uten at en tilsvarende økning skjer i pH-verdi. Tvert imot skjer det en svak reduksjon i pH-verdiene etter ovennevnte økning i hydratkalkdoseringen.

Reduksjonen er vanskelig helt sikkert å forklare, men den kan skyldes innblanding av kullsyre fra luften til kalken i kalkdoseringstanken.





Figur 55. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

### 3.3.3. Kalsium.

Kl. 1100 den 5. mars måles kalsiuminnholdet i råvannet til 3 mg Ca/l. I samme tidspunkt registreres kalsiuminnhold på 52, 65 og 81 mg Ca/l i henholdsvis filtratet fra filtrene 1 og 5 samt i ufiltrert vann. I kalkdoseringsstanken måles en konsentrasjon på 755 mg Ca/l.

Disse enkeltprøvene viser en betydelig forskjell i kalsiumkonsentrasjon både mellom de enkelte filtre og mellom ufiltrert og filtrert vann. Det synes å forekomme en betydelig reduksjon i kalsium gjennom filtrene og særlig gjennom filter 1. Reduksjonen er mindre gjennom filter 5. Årsaken til denne forskjell er vanskelig å fastslå, men muligens kan en medvirkende årsak være at kullsyre fører til større oppløsning av hydratkalk som følge av lengre oppholdstid foran filter 5. Det observeres for øvrig et ca 1-2 mm lag med uoppløst hydratkalk over filtermediet i filter 1. Over mediene i de andre filtrene er kalklaget betydelig mindre.

Ved demontering av noen ledninger i flokkuleringsanlegget observeres beleggdannelse av kalk flere steder. I doseringspunktet for hydratkalk på vannledningen er det særlig store beleggdannelse. Det samme er tilfellet i vertikale deler av ledningen. Disse beleggdannelse er akkumulert under hele forsøket.

#### 3.3.4. Alkalitet.

I råvannet er alkalitet 0,07 mmol/l kl. 1100 den 5.mars, mens det i filtratet fra filterne 1 og 5 samt i ufiltrert vann er henholdsvis 2,8, 3,4 og 3,9 mmol/l. Forskjellene tilsvarer de som registreres for kalsium og har trolig samme forklaring.

#### 3.3.5. Farge

Kl 1100 den 5.mars måles farge i råvannet, i ufiltrert vann og i filtratet fra filterne 1 og 5 til henholdsvis 15, 12, 11 og 11 mg Pt/l.

Et noe mindre fargetall registreres i filtrert og ufiltrert vann enn i råvannet. Reduksjonen kan være reell og muligens skyldes utfelling ved de høye hydratkalkdoseringene. Forskjellene i farge er imidlertid små og det kan derfor ikke utelukkes at de skyldes tilfeldigheter.

#### 3.3.6. TOC.

Kl 1100 den 5. mars måles TOC-innholdet i råvannet, i ufiltrert vann og i filtratet fra filterne 1 og 5 til henholdsvis 3,8, 4,1, 3,5 og 4,3 mg/l.

Det noe lavere TOC-innholdet som registreres i filtratet fra filter 1, er vanskelig å angi årsaken til. Som nevnt under kommenteringen av farge kan det ha forekommet noe utfelling av humus ved de store doseringene av hydratkalk. Reduksjonen inntreffer imidlertid bare i filtratet fra filter 1 og ikke i filtrat fra filter 5 eller i ufiltrert vann. Det kan derfor også tenkes at reduksjonen er mer tilfeldig.

### 3.4. Resultater fra forsøkene den 5. og 6. mars. Kalk-kullsyredosering

Disse forsøkene igangsettes kl. 1540 den 5. mars og avsluttes kl. 1300 den 6. mars.

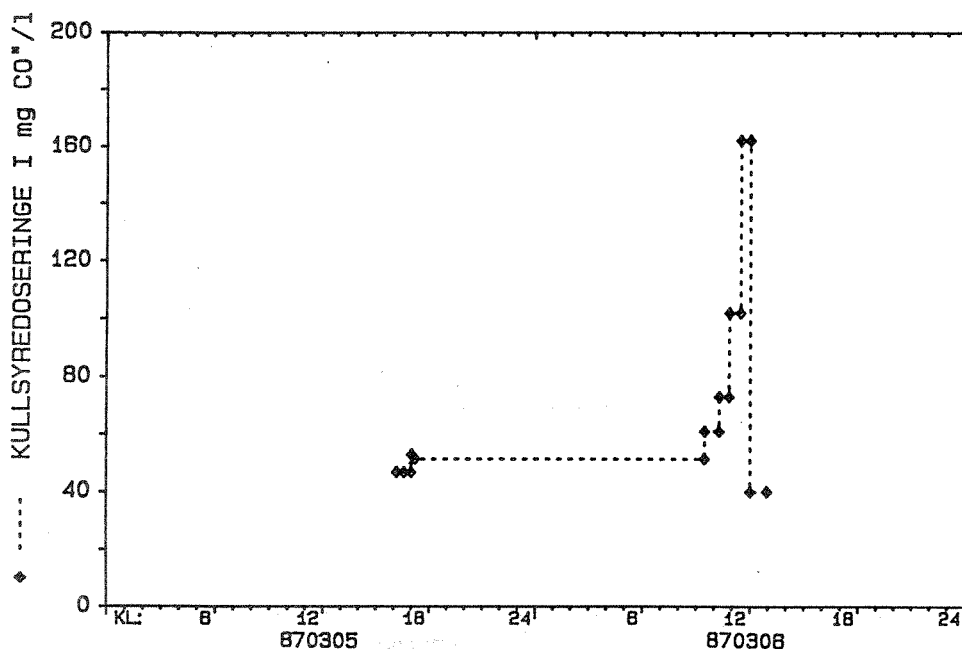
Vannstrømmen gjennom anlegget og hydratkalkdoseringen holdes konstant på henholdsvis 8,9 l/m og 39 mg hydratkalk pr. liter. Omrøreren i kalkdoseringstanken holdes i drift under hele forsøket.

Kullsyredoseringen varieres mellom 47 og 162 mg CO<sub>2</sub>/l. Figur 56 viser denne doseringen. Som det framgår av figuren, økes doseringen trinnvis meget sterkt mot slutten av undersøkelsen og reduseres til 20 mg CO<sub>2</sub>/l ca. en time før avslutning av forsøket.

Rotameteret for kullsyredoseringen skiftes ut før dette forsøket med et av større avlesningsnøyaktighet. Doseringsnøyaktigheten i dette og etterfølgende forsøk er derfor vesentlig forbedret.

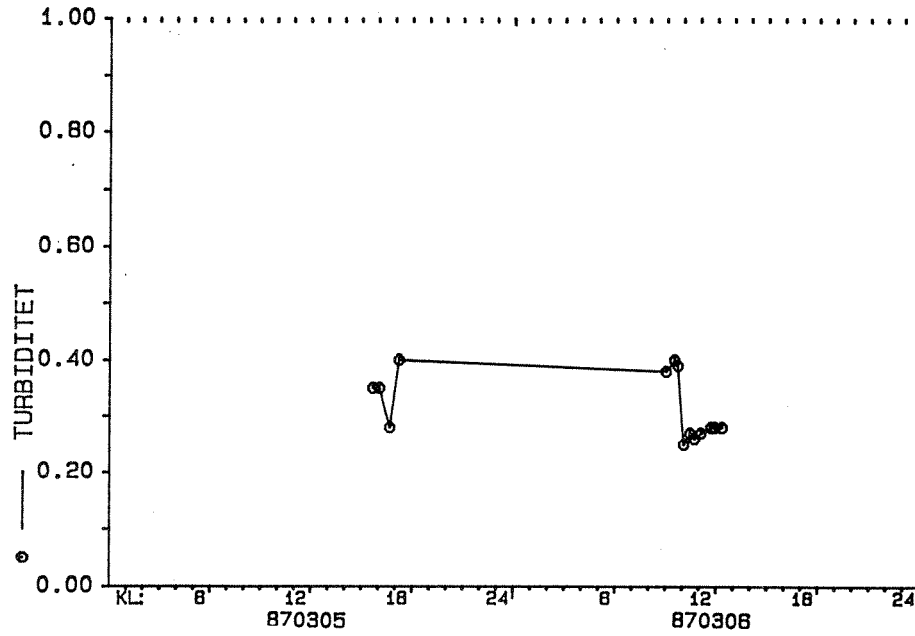
Fra start av disse forsøkene til kl. 2300 tilsettes også 0,22 mg Magnafloc LT22 pr. liter.

Doseringene av hydratkalk og kullsyre ligger i hovedsak over aktuell dosering ved det framtidige vannverket, men doseringene er slik valgt for å framprovosere eventuelle reaksjoner i vannkvaliteten.

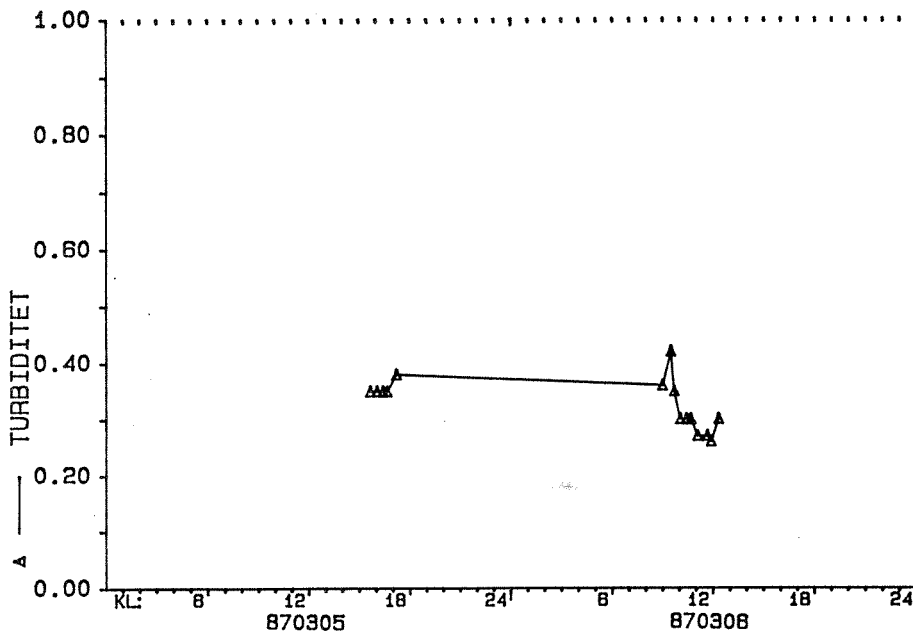


## 3.4.1. Turbiditet

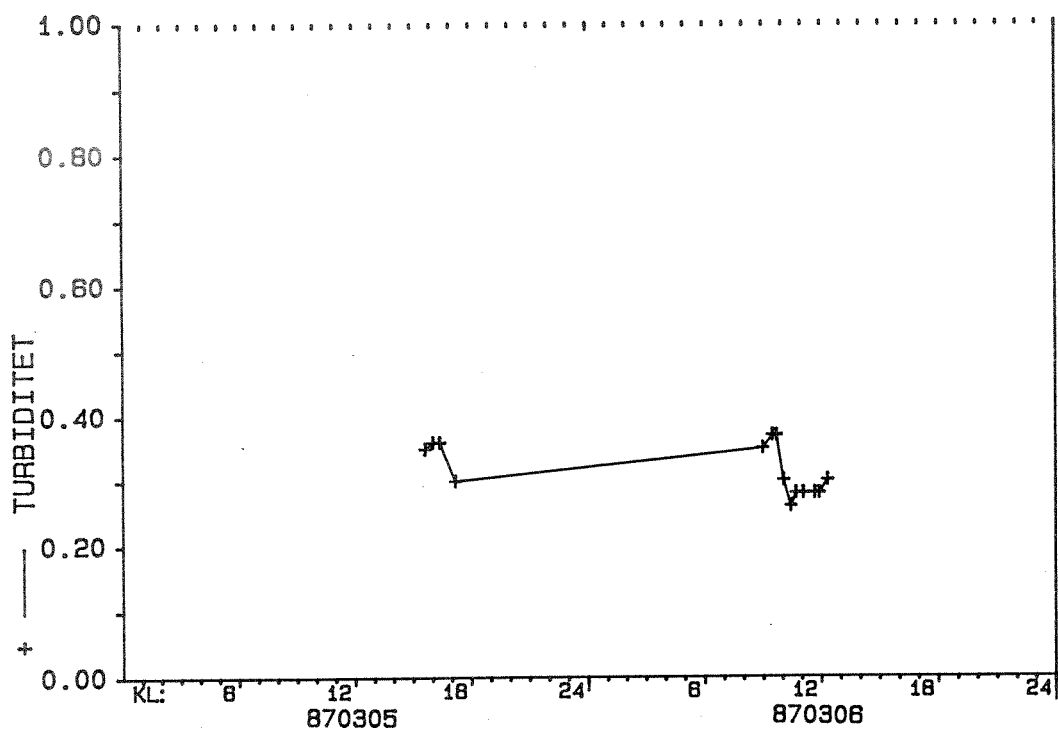
Turbiditet måles filtratet fra filrene 1, 2, 3, og 5 og i ufiltrert vann. Figurene 57, 58, 59, 60 og 61 viser resultatene.



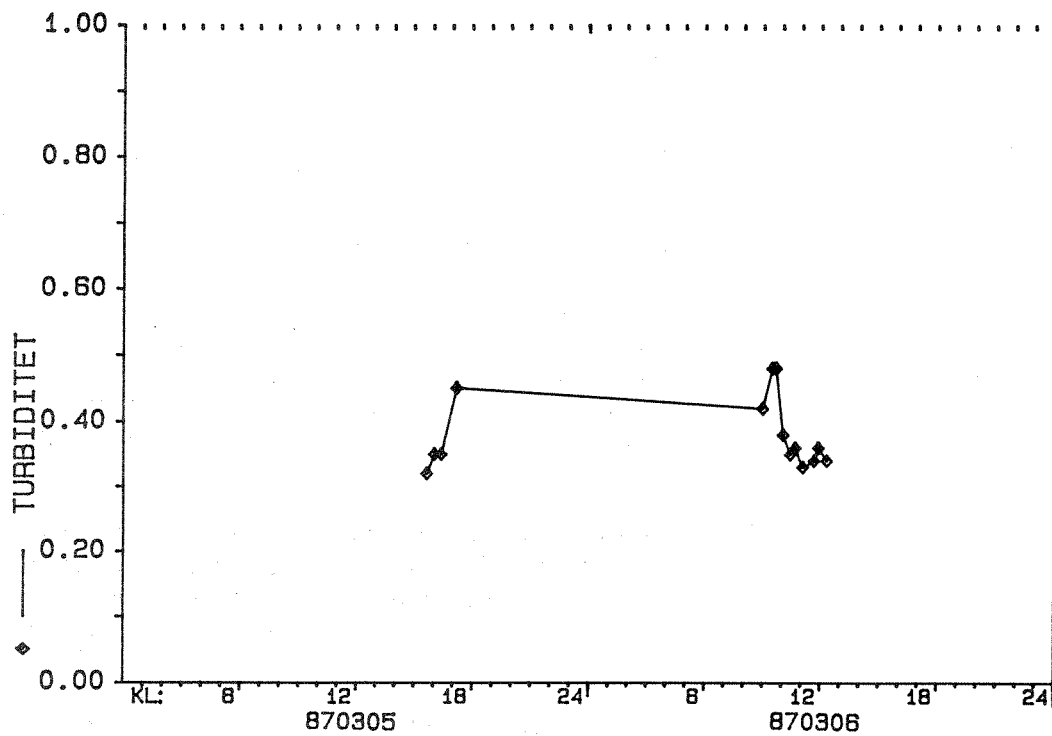
Figur 57. Turbiditet FTU i filtrat fra filter 1.



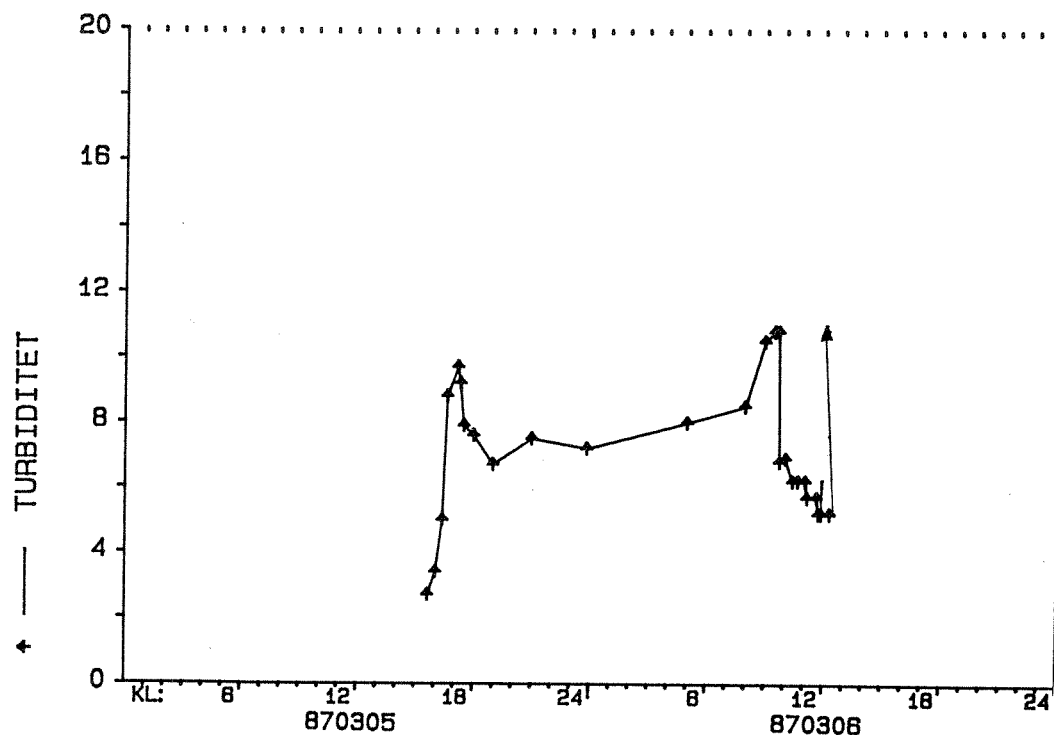
Figur 58. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 2.



Figur 59. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 3



Figur 60. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.



Figur 61. Turbiditet i FTU i ufiltrert vann.

De høye verdiene av turbiditet i filtratet fra enkelte filtre, de første minuttene etter start av forsøkene, registreres ikke nå. Årsaken er trolig at filtrene startes kl.1500 og doseringene og registreringene først tar til kl.1540.

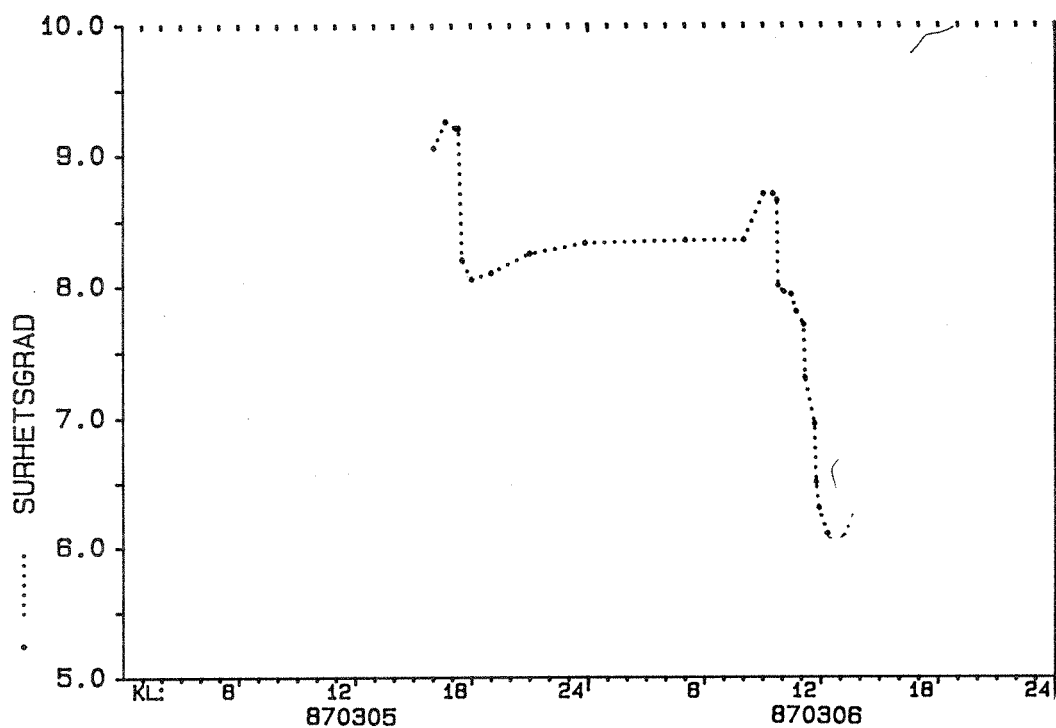
I ufiltrert vann varierer turbiditet mellom 2 og 11,5 FTU. Variasjonen følger doseringen av kullsyre. Økt kullsyredosering gir umiddelbart lavere turbiditet, mens redusert kullsyredosering gir en umiddelbar økning i turbiditet.

Filtratet fra de enkelte filtre viser verdier fra 0,28 til 0,50 FTU. Turbiditetsforløpet i filtratet fra de enkelte filtre følger i hovedsak samme utvikling som turbiditet i ufiltrert vann, men er i verdi betydelig mindre. Økt kullsyredosering gir noe lavere turbiditet i filtratet. Dette er særlig merkbart om morgenen den 6.mars.

Det måles en liten forskjell i turbiditet mellom de enkelte filtre. Filter 5 gir noe høyere turbiditet enn de andre filtrene. I filtratet fra de enkelte filtre forekommer det ingen økning i turbiditet etter noen timers drift, som vanligvis forekommer i filtrat fra andre filtre med tilsvarende slambelastning, målt som turbiditet. Siden filteret i dette forsøket er av en-media type, med relativt finkornig sand, er slamakkumulerings-kapasiteten relativt begrenset. Resultatene tyder derfor på at det foregår en viss oppløsning av hydratkalk i filtrene.

Det er viktig å understreke den betydelige reduksjonen i turbiditet som finner sted gjennom filtrene. Fra verdier mellom 2 og 11 FTU i ufiltrert vann reduseres turbiditetsverdiene til mellom 0,28 og 0,5 FTU i filtratet fra de enkelte filtre. Disse reduksjonene tilsvarer reduksjoner på omkring 95 prosent.

### 3.4.2. Surhetsgrad.



Figur 62. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

Utviklingen i surhetsgrad følger godt den komplementære kurven for kullsyredosering. Økt kullsyredosering gir redusert pH-verdi, mens en senkning innebærer økt pH-verdi. Kurven for surhetsgrad følger for øvrig godt kurven for turbiditet i ufiltrert vann.

En forskjell er verdt å merke seg mellom turbiditet og surhetsgrad. Mens en endret kullsyredosering gir en umiddelbar endring i turbiditet i ufiltrert vann til et stabilt nivå, foregår endringen betydelig saktere for pH-verdien. Disse forskjeller framkommer ikke helt klart av kurvene.

### 3.4.3. Kalsium.

Vanntype	Dato	tidspunkt	Kalsium i mg Ca/l
Råvann	5.3.	-	3,2
Filter 1	5.3.	-	21
Filter 2	5.3.	-	20
Ufiltrert	5.3.	-	23
Filter 1	6.3.	0920	24
Filter 5	6.3.	0920	24
Ufiltrert	6.3.	0920	26
Kalkoppl.	5.3.	-	810
Kalkoppl.	6.3.	-	750

I ovennevnte undersøkelse er det liten forskjell mellom filtratet i filter 1 og 5 og i ufiltrert vann. Dette kan tyde på liten kalsiumakkumulering i filtermediet og god kalkutnyttning. Resultatene fra det første forsøket viser samme tendens. Et lite slamlag registreres også denne gang over filtermediene i alle filtrene.



## 3.4.4. Alkalitet.

Vanntype	Dato	Tid	Alkalitet i mmol/l
Råvann	5.3.	-	0,07
Filter 1	5.3.	1700	0,95
Filter 5	5.3.	1700	0,93
Ufiltrert	5.3.	1700	1,1
Filter 1	6.3.	0920	1,1
Filter 5	6.3.	0920	1,1
Ufiltrert	6.3.	0920	1,25

Som for kalsium er det liten forskjell i alkalitet mellom filtratet fra filterne 1 og 5. I ufiltrert vann er innholdet litt høyere enn i de to filterne.

## 3.4.5. Farge.

Tabell Farge

Vanntype	Dato	Tidspunkt	Farge i mg Pt/l
Råvann	5.3.	-	16
Filter 1	5.3.	1700	15
Filter 5	5.3.	1700	15
Ufiltrert	5.3.	1700	16
Filter 1	6.3.	0920	15
Filter 5	6.3.	0920	15
Ufiltrert	6.3.	0920	14

Det er liten forskjell mellom råvann, ufiltrert vann og filtratet fra de enkelte filtre. De små forskjeller som registreres kan mer skyldes tilfeldigheter enn reelle endringer.

Disse resultatene tyder derfor på at fargen i liten grad endres ved tilsetning av hydratkalk og kullsyre.

## 3.4.6. TOC.

Vanntype	Dato	Tidspunkt	TOC i mg/l
Råvann	5.3.	-	4.1
Ufiltrert	5.3.	-	3.8
Filter 1	5.3.	-	4.2
Filter 5	5.3.	-	3.6
Ufiltrert	6.3.	-	3.9
Filter 1	6.3.	-	3.5
Filter 5	6.3.	-	4.3

Variasjonene er noe større for TOC enn for farge, men det er vanskelig å se noen entydig trend i resultatene. Også disse resultatene viser høyere verdier enn de mulige framtidige kvalitetskravene til TOC i godt drikkevann.

3.5 fellingsforsøk 1.

For å avklare om vannet lar seg felle direkte på filteret med aluminiumsulfat og polymer, ble fellingsforsøk gjennomført. Hensikten var ikke å finne den optimale doseringen av fellingskjemikalier, optimale filtermedier m.v. Jartestforsøk eller andre tester ble derfor ikke gjennomført

Vann ble satt på filtrene kl.1545 den 30. mars og forsøket avsluttet kl.1115 den 31.mars.

Doseringene baseres på erfaringstall fra lignende forsøk.

I fellingsforsøkene tilsettes kjemikaliene i følgende rekkefølge: kullsyre, hydratkalk, aluminiumsulfat og Magnafloc LT-20. De 3 førstnevnte kjemikaliene tilsettes før første filter, mens Magnafloc LT-20 tilsettes like før filter 3. Til filter 1 tilsettes m.a.o. ikke Magnafloc.

Vannstrømmen holdes konstant på 9,05 l/m gjennom hele forsøket. Hydratkalkdoseringen innjusteres før vannet settes på filtrene og holdes deretter jevn på 26 mg hydratkalk pr. liter. Tilsettingen av Magnafloc LT-20 holdes konstant på 0,05 mg/l. Om morgenen den 31. mars skjer det en svikt i doseringen av Magnafloc. Doseringen igangsettes igjen kl.1015 den 31. mars.

Kullsyredoseringen er mellom 30 og 32,7 mg CO<sub>2</sub>/l. Doseringen varieres for å holde surhetsgraden mellom 5,9 og 6,1 som regnes å være nær det optimale pH-området.

Doseringen av aluminiumsulfat holdes konstant på 21 mg pr. liter.

I fellingsforsøkene er filtermediet skiftet fra 100 cm dyp sand alene til 3-media filter med sand underst og to lag av polyetylen over. De tre lagene har alle tykkelse på 60 cm.

### 3.5.1. Turbiditet.

Turbiditet i råvannet måles til 0,24 FTU den 30. mars. Figurene 63, 64 og 65 viser turbiditetsutviklingen i filterne 1, 3 og 5.

Turbiditet i filtratet fra filter 1 har en meget kort modnings-tid etter start av anlegget. Allerede kl. 1553, bare 8 minutter etter vann settes på filterne måles turbiditetsverdier på 0,25 FTU som er 0,05 FTU lavere enn turbiditetskravene til fullrenset vann. Turbiditet reduseres ytterligere til 0,04 FTU nesten 3 timer etter start. Kl. 2100 over 5 timer etter start av filterne ligger turbiditet-verdiene fortsatt under 0,1 FTU. Etter dette tidspunkt måles ikke turbiditet før kl. 0930 dagen etter.

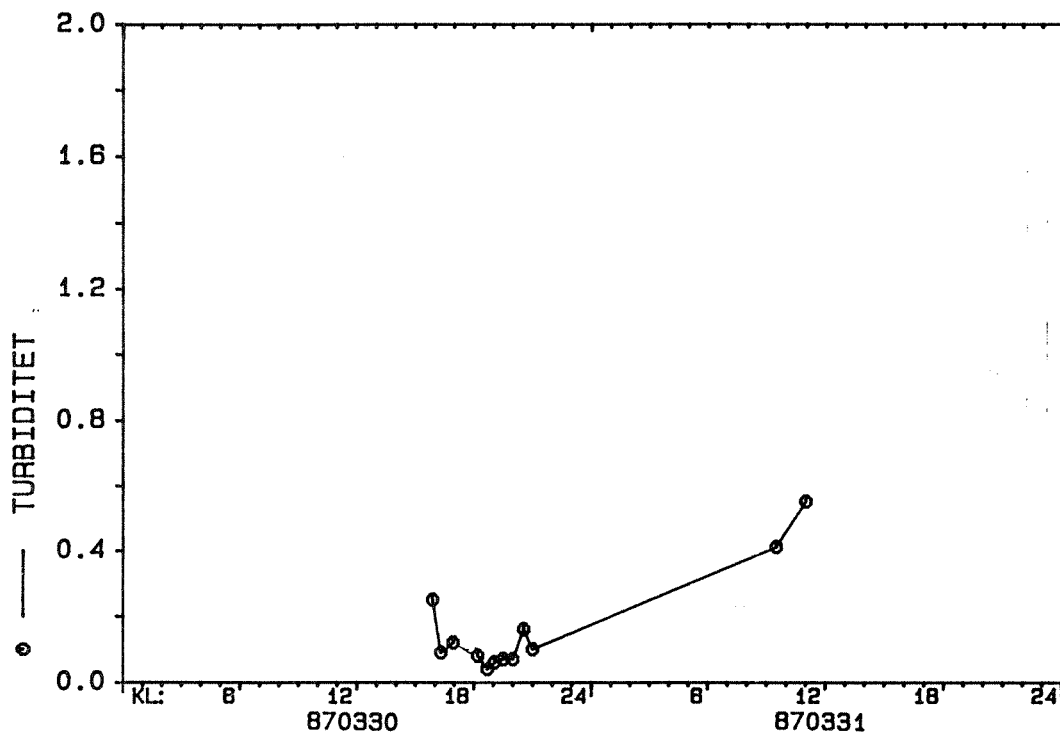
Filtratet fra filter 3 følger i hovedsak samme utvikling som filtrat fra filter 1, men med noe høyere verdier. I gunstigste driftsperiode for filteret oppnås ikke turbiditetsverdier på under 0,08 FTU. Verdiene er selvsagt svært lave for filtrat fra et direktefilter, men likevel 100 prosent høyere enn i gunstigste periode for filter 1. En lavere verdi registreres kl. 1100 enn kl. 0930 i filtratet fra filter 3. Reduksjonen kan ha sammenheng med at restarten av Magnafloc-doseringen kl. 1015 fører til bedre felling.

Filtratet fra filter 5 viser et noe annet forløp enn filtratet fra filterne 1 og 3. Turbiditetsverdiene stiger raskt til et meget høyt nivå bare noen få minutter etter start og holder seg høyt resten av undersøkelsen. Også i filtratet fra dette filteret forekommer det en reduksjon mot slutten av undersøkelsen som kan være forårsaket av restarten av Magnafloc-doseringen. Flokkuleringen før dette filteret er ekstremt høy og er sannsynligvis årsaken til denne ugunstige utviklingen.

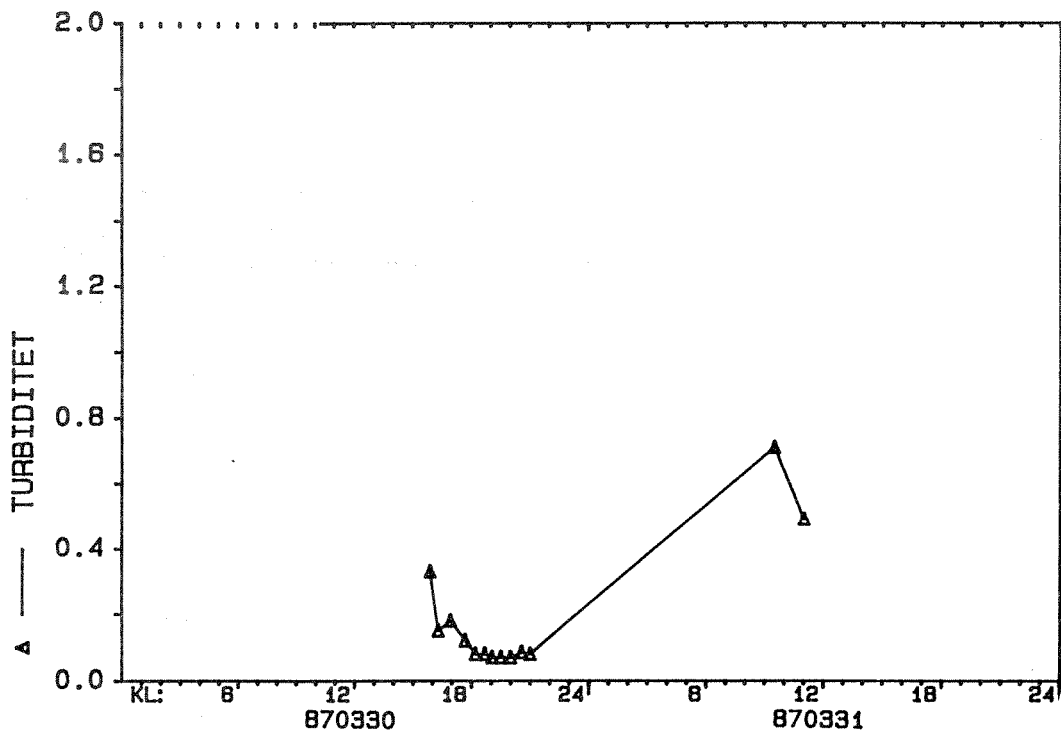
Når alle filterne ses samlet, oppnås de beste resultater fra filteret med lavest flokkuleringsgrad og uten tilsetning av Magnafloc. Filteret med tilsetning av Magnafloc og lav flokkuleringsgrad har imidlertid nesten like gunstige resultater.

Kvalitetskravene til fullrenset vann er 0,3 FTU. Disse kravene tilfredsstilles med meget god margin i mange timer. Det er litt usikkert hvor lenge kravene egentlig tilfredsstilles siden målinger for turbiditet ikke foreligger mellom kl.2100 den 30.mars og kl.0930 den 31.mars. Kl.2100 den 30. mars ligger imidlertid ikke turbiditetsverdiene høyere enn 0,1 og 0,08 FTU i henholdsvis filterene 1 og 3. Resultatene tyder derfor på at filterene har lang tid igjen før filtergjennombrudd.

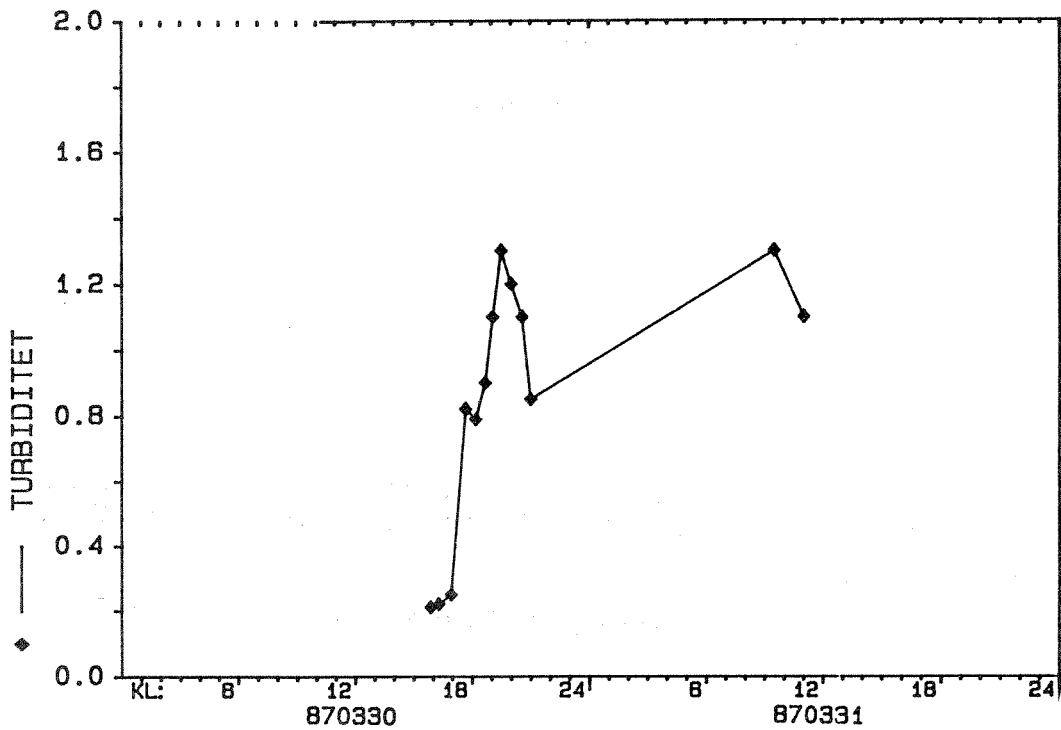
Det bemerkes at doseringene av de fire kjemikaliene ikke nødvendigvis er optimale, slik at en ytterligere forbedring kan være mulig. Dette gjelder driftstiden for filterene.



r 63. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 1.



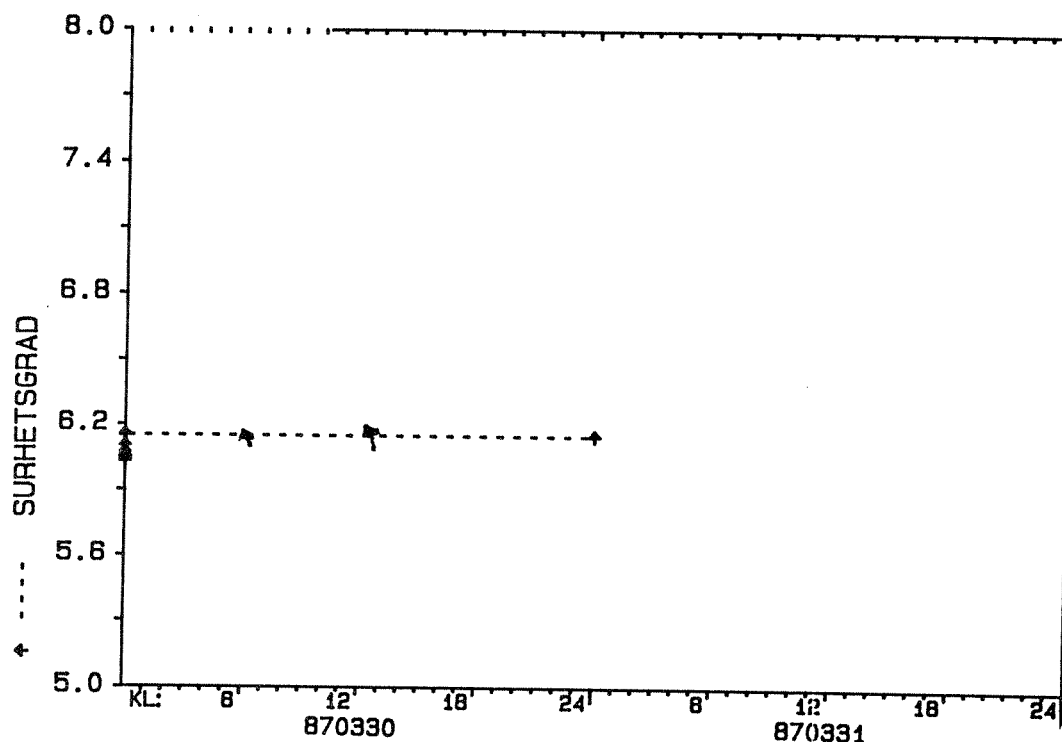
Figur 64. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 3.



Figur 65. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.

## 3.5.2. Surhetsgrad.

Figur 66 viser surhetsgraden i ufiltrert vann. Som det framgår av resultatene ligger surhetsgraden jevn omkring pH 5,95. Ved mindre avvik fra området pH 5,9-6,1 innjusteres den manuelt ved endringer i kullsyredoseringen.



Figur 66. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

## 3.5.3. Kalsium

Råvannets kalsiuminnhold måles til 3,4 mg Ca/l den 30. mars, mens innholdet i filtratet fra filter 1 er ca. 16 mg Ca/l i to forskjellige tidspunkt.

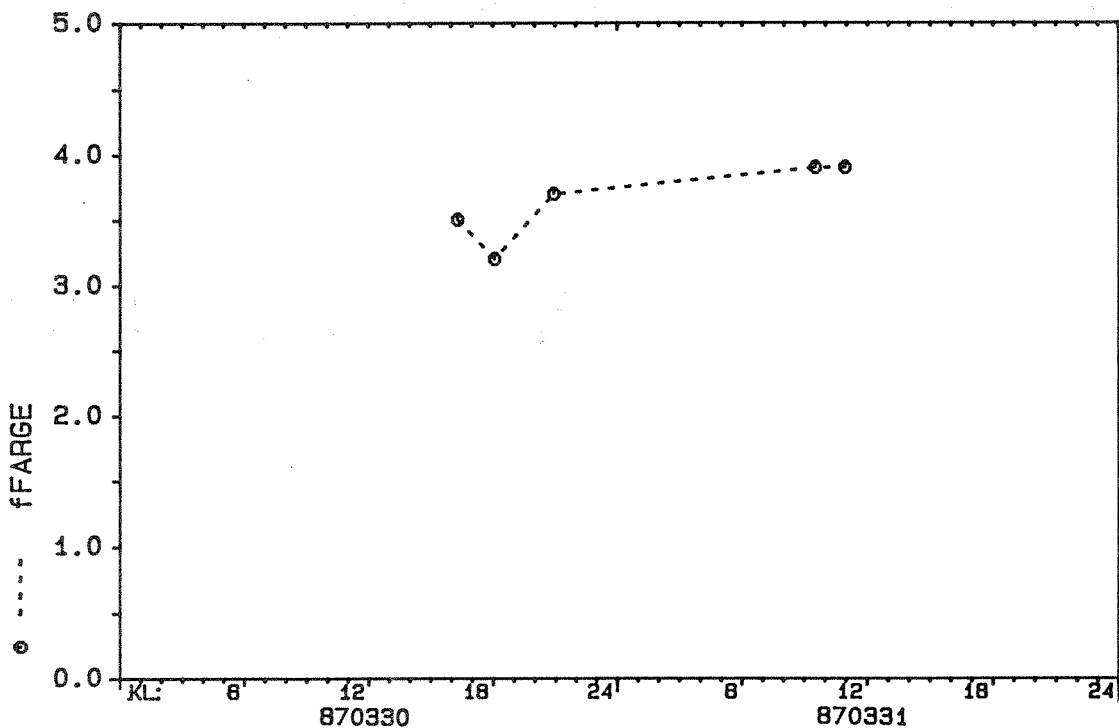
I kalkdoseringstanken er kalsiuminnholdet ca 710 mg Ca/l.

## 3.5.4. Farge.

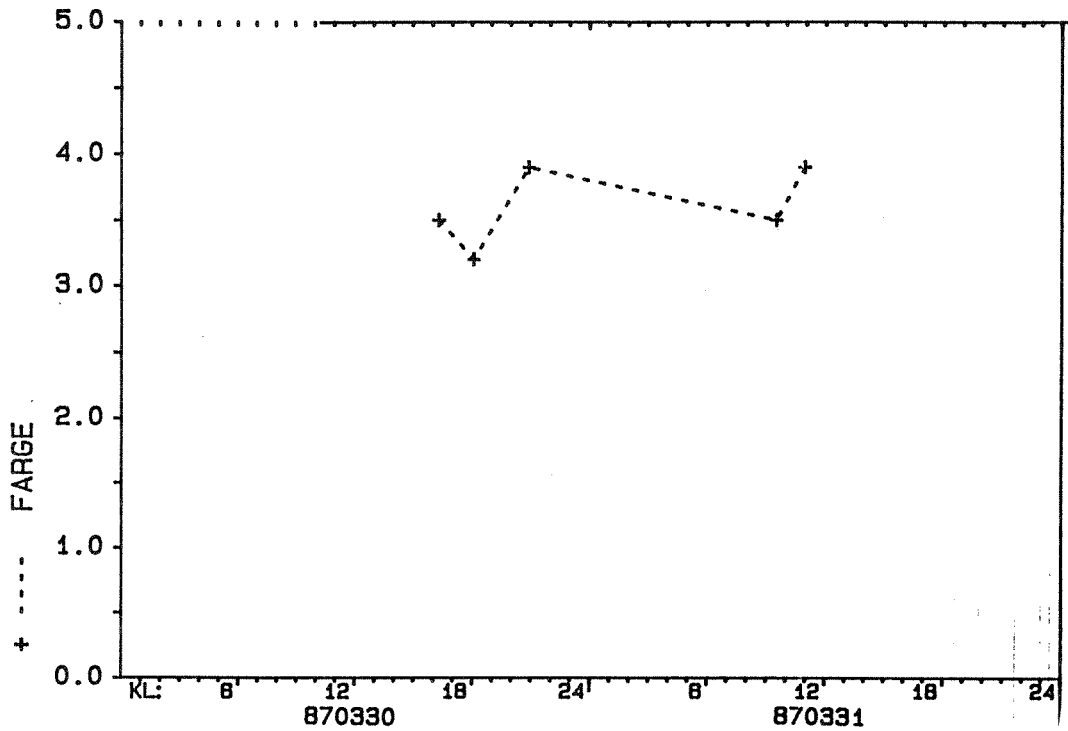
Råvannets farge måles til 16 mg Pt/l den 30. mars. Figurene 67 og 68 viser resultatene av farge i filtratet fra filterne 1 og 3.

Som der framgår av figurene ligger, farge i filtratet fra filterne 1 og 3 hele tiden under 4 mg Pt/l. Kvalitetskravene til drikkevann tilsier at farge skal være under 5 mg Pt/l for fullrenset vann. Fargekravene tilfredsstilles og resultatene tyder på at en tilfredsstillende flokkulering og slamavskilling forekommer.

Det er ingen vesentlig forskjell mellom de to filtre. Foruten en knapt registrerbar, svakt økende trend med tiden, som kan skyldes tilfeldigheter, forekommer det ingen utvikling i farge med tiden.



Figur 67. Farge i mg Pt/l i filtrat fra filter 1.

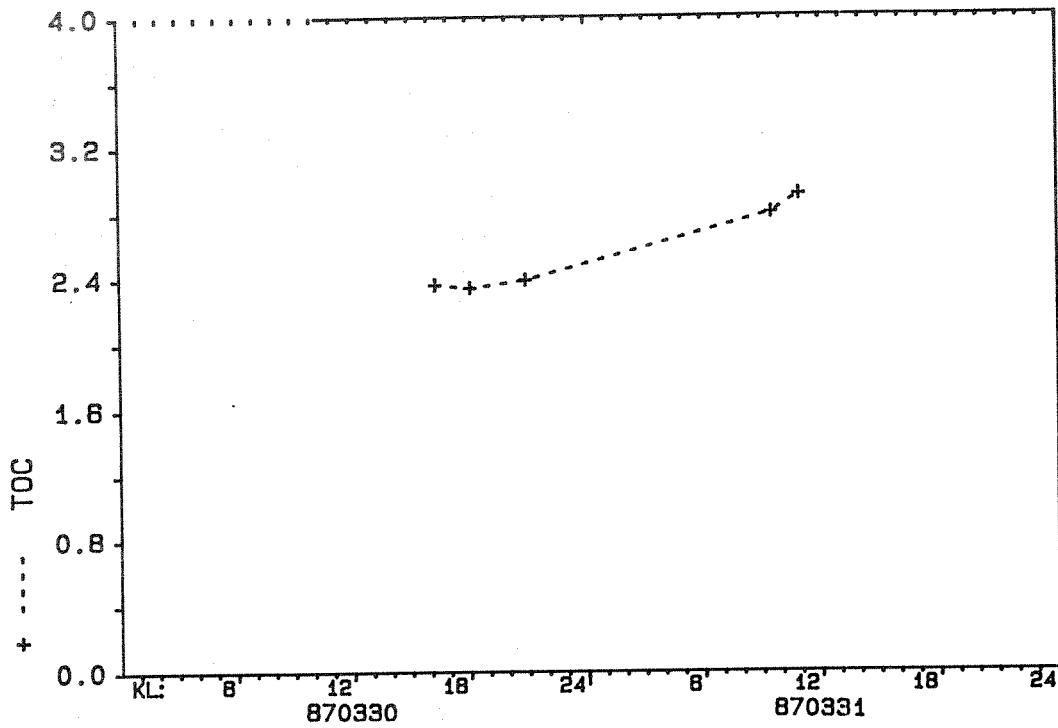


Figur 68. Farge i mg Pt/l i filtrat fra filter 3.

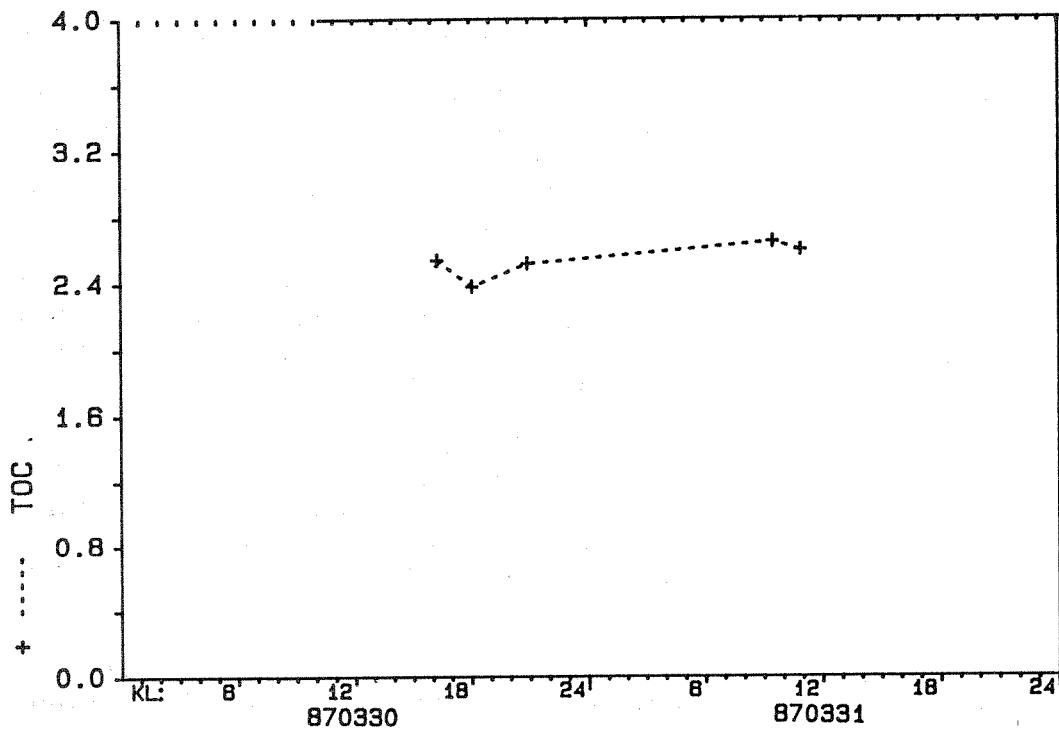
### 3.5.5. TOC.

Råvannets TOC-innhold måles til 4,1 mg/l den 30.mars, mens figurene 69 og 70 viser TOC-innholdet i filtratet fra filter 1 og 3.





Figur 69. TOC-innhold i mg/l i filtrat fra filter 1.



Figur 70. TOC-innhold i mg/l i filtrat fra filter 3.

I motsetning til farge er det visse forskjeller i TOC-innholdet i filtratet fra filterne 1 og 3. Filter 1 viser økende verdier m.h.p. tiden, mens filter 3 ikke har en tilsvarende tendens. Faktisk har filter 3 en liten (ubetydelig) reduksjon i TOC helt mot slutten av filtersyklusen, som kan ha sammenheng med restarten av Magnafloc-doseringen. Filter 3 har den gunstigste utvikling i TOC. Dette kan ha sammenheng med tilsetningen av Magnafloc. Selv om de prosentvise reduksjonene ligger i området 35-45, tilfredsstilles ikke de mulige framtidige krav til TOC i fullrenset vann. Disse kravene vil trolig bli 2,3 mg /l.

### 3.5.6. Aluminium.

Aluminiumsinnholdet i råvannet ligger på ca 65 ug Al/l. Fra filtratet til filterne 1 og 3 er to målinger foretatt midt i filtersyklusen. Disse viser 24 og 33 ug Al/l for filter 1 og 21 og 24 ug Al/l for filter 3. I begge filterne er det en svakt økende trend. Filter 3 har de laveste verdiene, mens filtratet fra filter 1 også har svært lave verdier. I de målte tidspunkt er renseseffektene for aluminium 50-70 prosent, selv etter tilsetningen av aluminiumsulfat.

Aluminium i filtratet fra et direktefiltreringsanlegg er vanligvis sterkt korrelert til turbiditet og viser ofte en økende tendens utover i filtersyklusen. Noe lengre ute i filtersyklusen kan derfor aluminiumsinnholdet være noe høyere enn verdiene som her måles (Ohren 1986). Tidligere forsøk med direktefiltrering (Ohren 1986) har vist at dosering av Magnafloc kan redusere både turbiditet og aluminiumsinnholdet i filtratet.

For fullrenset vann er kvalitetskravene til aluminium i renvann 100 ug Al/l. Kravene er satt for å sikre en optimal drift av fellingsanlegget, og for at restprodukter av aluminium ikke skal utfelles på ledningsnett. I de senere år har det imidlertid vært en sterk diskusjon om aluminiumets helsemessige betydning. Det er hevdet at aluminium kan forårsake presenilitet og skjør benstruktur hos mennesker. Disse spørsmål er langt fra avklart. Det er også langt fra avklart hvilken betydning drikkevann har i sammenheng med andre aluminiumskilder. Men uavhengig av mer eller mindre helsemessige realiteter, har vannets aluminiumsinnhold ofte en viss psykologisk betydning for abonnentene.

I kalkdoseringstanken måles aluminiumsinnholdet til hele 1350 ug Al/l. I de tidligere undersøkelserne, uten omrøring i kalkdoseringstanken, måles konsentrasjonen av aluminium til mellom 45 og 55 ug Al/l. Forklaringen på forskjellen er trolig at hydratkalken inneholder partikulært aluminium. Uten omrøring skjer det en

betydelig sedimentering av bl.a. aluminiumsforbindelser til bunnen i kalkdoseringstanken. Dette bekreftes forøvrig i det første forsøket. Da registreres et aluminiumsinnhold på hele 2300 ug Al/l i kalkopløsningen helt mot slutten av forsøket. Verdien måles i bunnen av doseringstanken etter omrøreren settes i drift. Uten omrøreren i drift måles aluminiumsinnhold på omkring 50 ug Al/l. Det synes derfor å være en betydelig forskjell i aluminiumsinnholdet i kalkopløsningen avhengig av om sedimentering tillates eller ikke i kalkdoseringstanken.

### 3.6. Fellingsforsøk nr.2

Fellingsforsøk nr 2 igangsettes kl 1220 den 1. april og avsluttes kl 0830 den 2.april.

Vannstrømmen gjennom anlegget er ca 9 l/min. Kullsyredoseringen varierer mellom 28 og 30 mg CO<sub>2</sub>/l for å holde surhetgraden så nær pH 6.0 som mulig. Kalkdoseringen holdes konstant på 19,6 mg/l gjennom hele forsøket. Doseringen av aluminiumsulfat og Magnafloc holdes også konstant på henholdsvis 11 og 0,05 mg/l.

Kalkkonsentrasjonen er 1,5 g hydratkalk pr. liter, som i de tidligere forsøk og omrøreren er hele tiden i drift.

I dette forsøket forkortes flokkuleringstiden før filter 5 vesentlig.

Filtermediet og øvrige forhold er som under fellingsforsøk nr.1.

#### 3.6.1. Turbiditet.

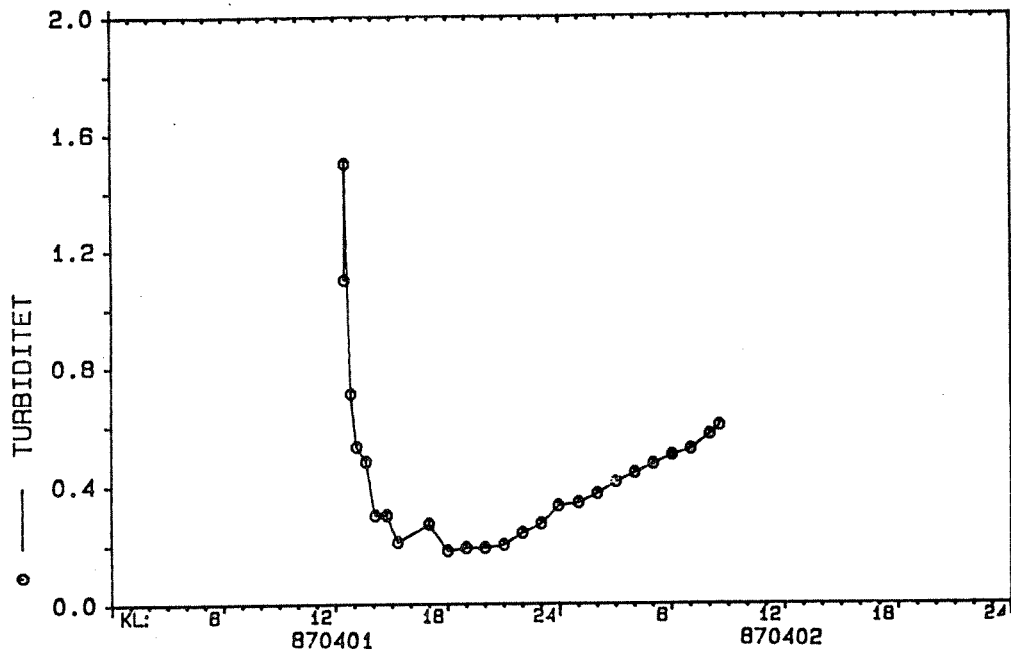
Råvannets turbiditet måles til 0.23 FTU den 1. april.

Figur 71, 72 og 73 viser turbiditet i filtrat fra henholdsvis filterne 1, 3 og 5.

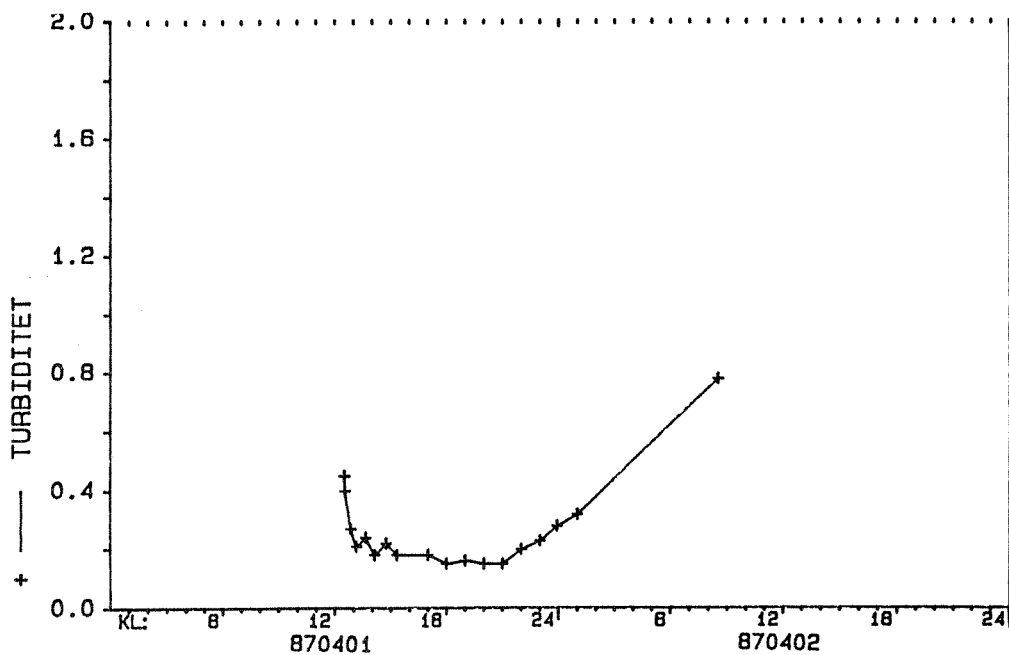
For filter 1 tar det hele 1 time og 40 minutter (modningsperioden) før turbiditet i filtratet kommer under 0,3 FTU, som er kvalitetskravene til fullrenset vann. I gunstigste driftstidspunkt oppnås ikke bedre turbiditet enn 0,18 FTU i filtratet

fra dette filteret. Driftsperioden eller den tiden filtratet holdes under 0,3 FTU er 9 timer og 30 minutter.

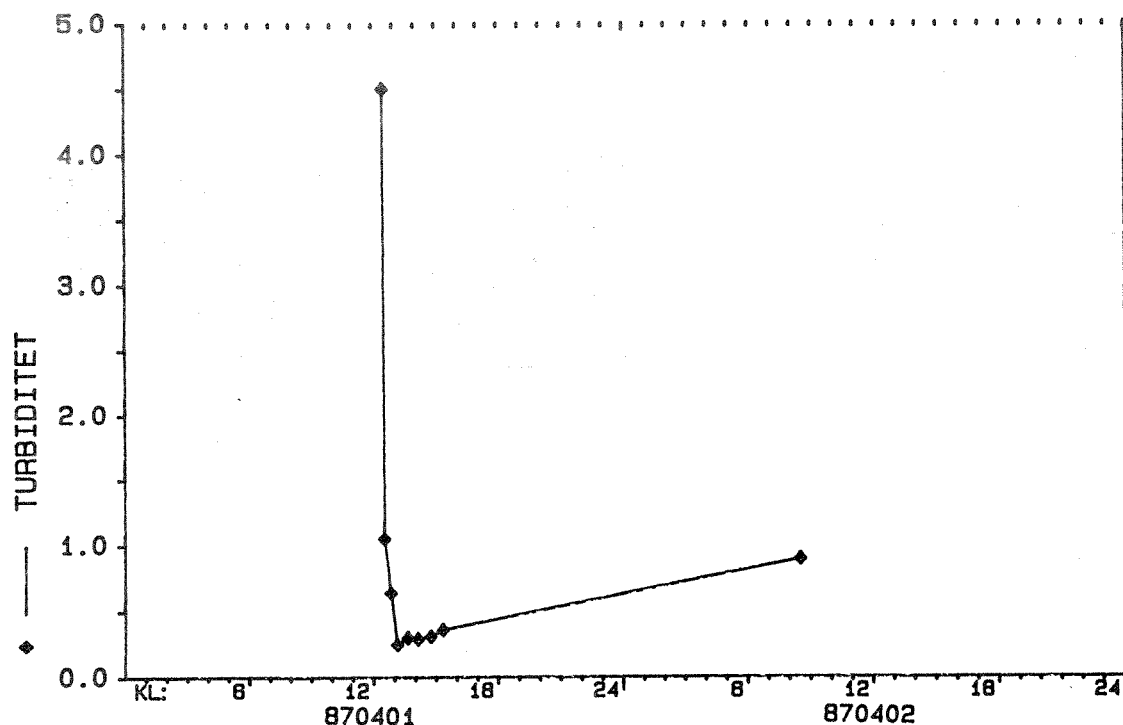
I forrige undersøkelse var modningsperioden mindre enn 8 minutter for filter 1. Den gunstigste turbiditetsverdi og driftsperioden for filter 1, var også betydelig bedre i forrige undersøkelse.



Figur 71. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 1.



Figur 72. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 3.



Figur 73. Turbiditet i FTU i filtrat fra filter 5.

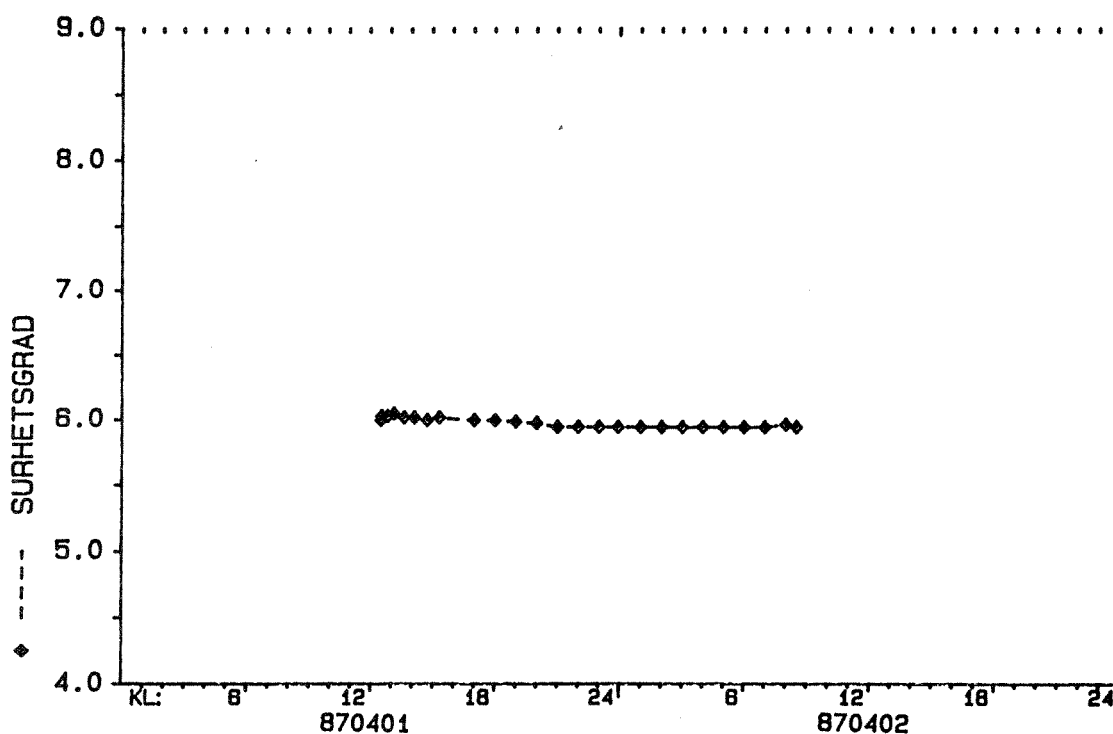
Resultatene er noe bedre for filter 3 enn for filter 1. Modningstiden er under 30 minutter. I forrige undersøkelse var imidlertid modningstiden bare 10-15 minutter for filter 3. Turbiditet i filtratet fra dette filteret kommer ned i 0,15 FTU i gunstigste tidspunkt, og driftstiden for filteret er nesten 12 timer. Filter 3 har både lengst driftstid og de beste turbiditetsverdier.

Også i denne undersøkelsen er turbiditetsutviklingen i filter 5 klart dårligst. Modningstiden er litt kortere enn for filter 3, men turbiditetsverdiene i filtratet fra filter 5 kommer knapt under 0,3 FTU, før de går opp i turbiditetsnivåer over både filter 1 og filter 3. Selv om flokkuleringstiden for filter 5 er betydelig redusert i forhold til forrige undersøkelse, tyder likevel disse resultatene på at flokkuleringstiden for filter 5 fortsatt er for høy.

Doseringen av aluminiumsulfat synes i dette forsøket å være for liten. Trolig ligger de optimale doseringene betydelig nærmere doseringene i forrige undersøkelse.

## 3.6.2. Surhetsgrad.

Figur 74 viser surhetsgraden i ufiltrert vann. Som det framgår av figuren ligger pH-verdien jevnt på 5,95-6,0, som vanligvis er nær det optimale området. Ved avvik utover området pH 5,9-6,1, korrigeres surhetsgraden med endret kullsyredosering. Som tidligere nevnt, forsøkes det ikke å finne de optimale doseringene av kjemikalier eller fellings-pH i disse forsøkene. Det er derfor noe usikkert om denne surhetsgraden er den helt optimale.



Figur 74. Surhetsgrad i ufiltrert vann.

## 3.6.3. Kalsium.

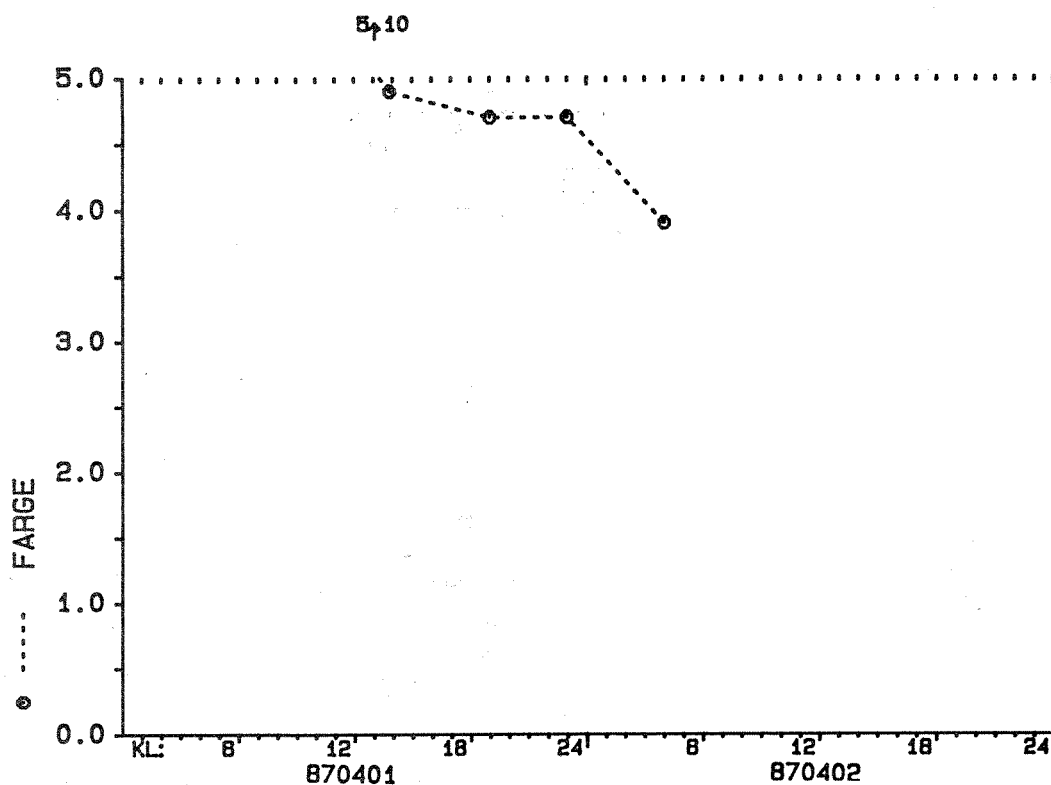
Råvannets kalsiuminnhold er den 1. april 3,3 mg Ca/l. I filtratet fra filter 1 måles kalsiuminnholdet til 12 mg Ca/l i to tidspunkt midt i driftssyklusen for filteret. I filtratet fra filter 3 er kalsiuminnholdet 12, 13 og 13 mg Ca/l spredt over store deler av driftssyklusen.

Det merkes en liten, nesten neglisjerbar forskjell i kalsiuminnhold mellom de to filterne. Filtratet fra filter 3 har ubetydelig høyere kalsiuminnhold enn filtratet fra filter 1. Årsaken

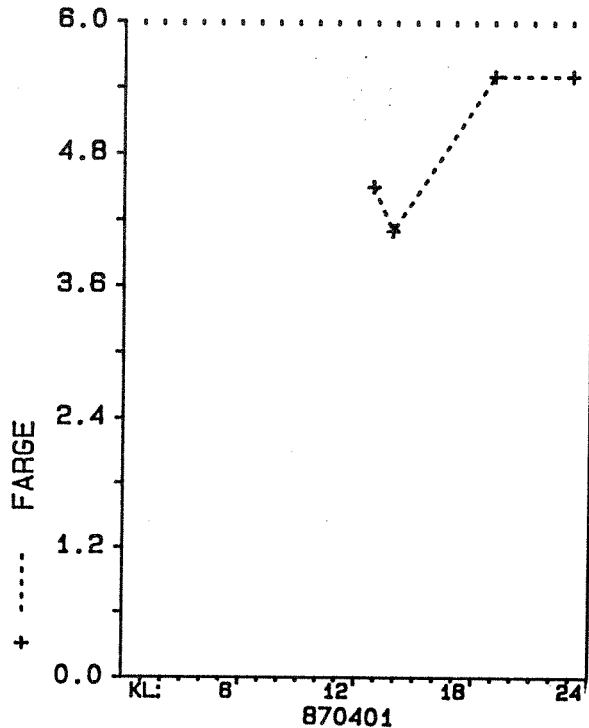
kan være noe kortere oppløsningstid for hydratkalk før filter 1 enn før filter 3. Forskjellene er imidlertid såvidt små at de like gjerne kan skyldes tilfeldigheter.

#### 3.6.4. Farge.

Råvannets farge er 16 mg Ca/l den 1. april. Figur 75 og 76 viser farge i filtratet fra henholdsvis filter 1 og 3.



Figur 75. Farge i mg Pt/l i filtrat fra filter 1.



Figur 76. Farge i filtrat fra filter.

I filtratet fra filter 1, har fargetallet en noe uvanlig avtagende tendens gjennom hele filtersyklusen. Filter 3 har nesten den motsatte tendens, med noe høyere verdier mot slutten av syklusen. Forskjellene både mellom de to filtre og innen filtersyklusen er imidlertid svært liten og ligger på grensen av analysemetodens nøyaktighet.

I filtratet fra begge filtre ligger fargetallet over det som oppnås i første fellingsforsøk. Også fargetallet tyder derfor på at fellingen er noe dårligere enn i første fellingsforsøk. Kvalitetskravene til fullrenset vann tilfredsstilles for filter 1 og overskrides ubetydelig i perioder for filter 3.

### 3.6.5. TOC

Råvannets TOC-innhold er den 1. april 4,3 mg/l. I de første 90 minuttene i filtersyklusen er TOC-innholdet 3,9 og 3,1 samt 3,0 og 3,3 mg/l i henholdsvis filtratet fra filtrene 1 og 3. Renseeffektene ligger i området 10-30 prosent, som både er prosentvis



og absolutt dårligere enn i første fellingsforsøk. Kvalitetskravene for TOC i fullrenset vann tilfredsstilles heller ikke i dette forsøket.

### 3.6.6. Aluminium.

Råvannets aluminiumsinnhold er 65 ug Al/l den 1.april. Midt i driftssyklusen er aluminiumsinnholdet 65 og 50 ug Al/l for henholdsvis filterne 1 og 3. Disse verdiene tilfredsstiller kvalitetskravene til drikkevann, men aluminiumsinnholdet har en tendens til å følge turbiditetsverdiene i filtratet. Aluminiumsinnholdet måles i tidspunktet med lavest turbiditet. Det kan derfor forventes høyere aluminiumsinnhold i filtratet utover i filtersyklusen. Det er muligheter for at kvalitetskravene til fullrenset drikkevann kan overskrides noe lengre ut i driftssyklusen.

## 4. KONKLUSJON

Det er i foregående kapitel presentert en meget stor datamengde som det ved rask gjennomlesning kan være vanskelig å få full oversikt over. En konklusjon av resultatene tas derfor med.

### DOSERING AV HYDRATKALK OG KULLSYRE

Med dosering av kalk og kullsyre og uten omrøreren i drift i kalkdoseringstanken skjer det en gradvis reduksjon i partikkelinnholdet i ufiltrert vann. Med omrøreren i gang er partikkelinnholdet mer konstant, men har betydelig høyere verdier. I ufiltrert vann overskrides de framtidige kvalitetskravene til et godt drikkevann. Partikkelinnholdet i ufiltrert vann er direkte proporsjonalt med hydratkalkdoseringen og omvendt proporsjonal med kullsyredoseringen. Ved igangsetting av omrøreren i kalkdoseringstanken, etter flere dagers sedimentering i kalkdoseringstanken, skjer det en betydelig økning i partikkelinnholdet i ufiltrert vann.

Filtrene med bare sand gir en effektiv avskilling av partikulært materiale fra kalkopløsningen. Flokkuleringen forut for filteringen har liten eller ingen betydning for denne partikkelfjerningen i filtrene. Store endringer i kalkdoseringen gir ingen vesentlige endringer i partikkelinnholdet i filtratet fra de ulike filtre. Ekstremt store doseringer av hydratkalk gir bare små økninger i partikulært materiale i filtratet. Moderate doseringer av hydratkalk gir ingen vesentlige langsiktige økninger av partikkelinnholdet i filtratet fra de ulike filtre. I filtratet fra filtrene tilfredsstilles både de nåværende kravene og de mulige framtidige kravene til turbiditet for godt drikkevann.

-Endringer i pH-verdien er selvsagt avhengig av dosering av kullsyre og hydratkalk. Små prosentvise endringer i hydratkalkdoseringen gir betydelige endringer i surhetsgraden, mens betydelige prosentvise endringer i kullsyredoseringen bare gir moderate endringer i surhetsgraden. Ved økninger i kullsyredoseringen til ufiltrert vann, skjer det en langsom endring i surhetsgraden.

Kalsiuminnholdet i ufiltrert vann avhenger selvsagt sterkt av doseringen av hydratkalk. Ved moderate kalkdoseringer er det liten forskjell mellom kalsiuminnholdet i filtrert og ufiltrert vann. Det er også liten forskjell i kalsiuminnholdet i filtratet fra de ulike filtre. Ved undersøkelse av kalsiuminnholdet i spylevannet fra filtrene måles svært lite kalsium. Registreringen bekrefter at det forekommer en ubetydelig avskilling av kalsium i filtermediet ved moderate doseringer. Ved meget store hydratkalkdoseringer registreres en viss forskjell i kalsiuminnhold mellom filtrert og ufiltrert vann og i filtrat fra de enkelte filtre.

Alkaliteten følger i hovedsak doseringen av hydratkalk og kullsyre.

Uten omrøreren i drift i kalkdoseringstanken registreres en liten forskjell i aluminiumsinnholdet mellom filtrert og ufiltrert vann. Forskjellen tyder på en viss avskilling av aluminium i filtermediet. Denne avskilling bekreftes for øvrig under tilbakespylingene av filtrene. Da registreres en betydelig aluminiumskonsentrasjon i spylevannet. Fordelt på total filtrert vannmengde er imidlertid aluminiumsavskillingen liten. Uten omrøreren i drift registreres lavere aluminiumsinnhold i kalkopløsningen enn i råvannet. I bunnen av kalkdoseringstanken registreres derimot en betydelig konsentrasjon som viser at aluminiumsforbindelsene i kalkopløsningen sedimenterer. Med omrøreren i drift skjer ikke denne sedimenteringen og aluminiumsinnholdet i kalkopløsningen er meget betydelig høyere.

Det er ingen forskjell i farge mellom råvann, ufiltrert vann og filtratet fra de enkelte filtre. Resultatene tyder ikke på at flokkulering eller utfelling av humus skjer som følge av hydratkalktilsetningen.

TOC-innholdet i råvann, i ufiltrert vann og i filtratet fra de enkelte filtre viser visse forskjeller. Forskjellene er imidlertid usystematiske og små og har trolig mer sammenheng med tilfeldigheter enn reelle endringer. Disse resultatene tyder også på at ingen humusutfelling av betydning forekommer hverken i ufiltrert vann eller gjennom filtrene ved de aktuelle oppholdstider. Forholdet bekreftes forøvrig under tilbakespylingen av filtrene hvor liten eller ingen TOC-mengde måles i spylevannet. Verdiene for TOC-innhold i renvann overskrider forøvrig de framtidige kvalitetskravene til et godt drikkevann.

#### FELLINGSFORSØK MED KULLSYRE, HYDRATKALK, ALUMINIUMSULFAT OG MAGNAFLOC LT-20

Resultatene fra det gunstigste fellingsforsøket gir følgende konklusjoner:

Turbiditet i filtratet fra filtrene 1 og 3 viser ekstremt lave verdier. Resultatene viser at flokkuleringen og slamavskillingen i filtrene fungerer tilfredsstillende. Modningstiden for filtrene er kort og driftstiden for filtrene er rimelig lang. Driftstiden kan trolig forlenges ytterligere ved forbedret optimalisering av doseringene av fellingskjemikaliene og ved andre filtermedier. Den lengste flokkuleringstiden gir de dårligste resultatene i turbiditet. For øvrig oppnås liten forskjell i turbiditet i filtrat med og uten tilsetning av Magnafloc. Dette trenger ikke nødvendigvis innebære at polymer er uten betydning, men trolig heller at de optimale doseringene ikke ennå er funnet.

pH-verdiene ligger stabilt nær pH 6 som trolig er nær optimal fellings-pH.

Aluminiumsinnholdet i filtratet fra de filtrene 1 og 3 ligger svært lavt og langt under kvalitetskravene til fullrenset vann. Resultatene bekrefter at fellingen fungerer godt. Det forekommer for øvrig en betydelig reduksjon av aluminium i filtratet i forhold til råvannet

Fargetallet reduseres tilfredstillende gjennom filtrene og tyder også på at flokkuleringen og fellingen går tilfredsstillende. Fargetallene i filtratet tilfredsstiller kvalitetskravene til fullrenset vann

TOC-innholdet reduseres også en god del gjennom filtrene og tyder også på at flokkuleringen og fellingen går tilfredsstillende. Imidlertid tilfredsstilles ikke TOC-kravene for fullrenset vann.

## 5. KOMMENTARER TIL VANNBEHANDLINGSALTERNATIVENE.

Fra kommunens side foreligger 3 vannbehandlingsalternativer til vurdering, i tillegg til desinfeksjon og tilsetning av kalk og kullsyre. Disse er:

1. Mikrosiling.
2. Filtrering.
3. Direktefiltrering.

Opprinnelig inngikk det ikke i NIVA's undersøkelsesprogram å vurdere disse vannbehandlingsalternativ. Kommunen ønsket imidlertid kommentarer til alternativene og i det følgende gis disse:

### 5.1 Mikrosiling

Mikrosiling reduserer bare de "store" partiklene i vannet. Normalt reduseres ikke vannets generelle partikkelinnhold i målbar grad. Mikrosilene kan likevel ha stor betydning for å redusere den langsiktige slamakkumuleringen i ledningsnett. En slamakkumulering på ledningsnett kan gi bruksmessige problem og/eller bidra til en eventuell periodevis bakterievekst eller et lukt- og smaksproblem.

"Store" partikler kan omslutte bakterier og redusere desinfeksjonens effektivitet. Selv om mikrosiling vanligvis ikke reduserer vannets bakterieinnhold, kan likevel mikrosiling ha en viss betydning for desinfeksjonens effektivitet ved at disse "store" partiklene fjernes.

Mikrosiling reduserer ikke vannets humusinnhold eller endrer vannets kjemiske innhold.

Mikrosiling er godt egnet til forbehandling av råvann av god kjemisk og bakteriologisk kvalitet.

## 5.2. Filtrering

Hurtig sandfiltrering reduserer vannets partikkelinnhold. Reduksjonen avhenger bla. av vannets partikkelinnholdet, filtermedium m.v. 10-40 prosent reduksjon i vannets turbiditet registrert flere steder etter sandfiltrering. Denne reduksjonen kan, som nevnt ovenfor, ha betydning for vannkvaliteten på ledningsnett og for desinfeksjonens effektivitet. Råvannet på Skullerud har imidlertid svært lite partikkelinnhold som er vanskelig ytterligere å redusere.

Filtrering kan også gi en viss reduksjon i vannets bakterieinnhold. Dette kan ha reell hygienisk betydning og samtidig være viktig for desinfeksjonens effektivitet. Filtrering kan f.eks i noen grad avskille mikroorganismer som bare i begrenset grad drepes under desinfeksjonen. Det finnes eksempler på at sandfiltrering reduserer syster av Giardia Lamblia med over 50 prosent. Bare i begrenset grad uskadeliggjøres disse systemene i klordesinfeksjon. I USA er en veldig opptatt av dette problemet.

Filtrering reduserer også partikkelinnholdet fra hydratkalktilsettingen i vesentlig grad. Ved etablering av kalkdosering for karbonatisering av vannet vil vannets partikkelinnhold øke. Økningen avhenger bl.a. av kalkberederens hydrauliske belastning. Filtrering reduserer partikkeltilførselen fra hydratkalken i vesentlig grad og er i mange tilfeller nødvendig ved hydratkalktilsetting. Ved filtrering kan den hydrauliske belastningen på hydratkalkberederne, som tilfører kalk før filtrene, økes vesentlig.

Filtrering gir ingen reduksjon i vannets farge og humusinnhold.

### 5.3. Direktefiltrering.

Direktefiltrering kan gi en meget betydelig reduksjon i vannets partikkelinnhold. Reduksjonen kan ha reell hygienisk betydning og eller betydning for slamdannelser, bakterievekst og/eller lukt og smaksproblemer på ledningsnett. Også partikkeløkningen etter hydratkalktilsetningen reduseres meget effektivt gjennom et direktefilter.

Desinfeksjonens effektivitet økes ved direktefiltrering ved at partikler som kan omslutte mikroorganismer i stor grad fjernes. Desinfeksjonens effektivitet økes også ved at organiske komponenter i vannet reduseres og fører til lengre virketid for klor.

Direktefiltrering reduserer også bakterier og andre mikroorganismer i meget betydelig grad. Også mikroorganismer som ikke helt uskadeliggjøres i desinfeksjonen, reduseres eller fjernes helt. Det er eksempler på nær 100 prosent reduksjon av systemer av Giardia Lamblia gjennom et direktefiltreringsanlegg. Som nevnt ovenfor drepes ikke disse systemene tilfredstillende i klor-desinfeksjonen med vanlig doser. Det finnes også eksempler på 90-99 prosent reduksjon av koliforme bakterier gjennom et direktefiltreringsanlegg.

Direktefiltrering reduserer humus og mange andre kjemiske komponenter i større eller mindre grad. F.eks reduseres TOC fra omkring 4 mg/l i råvannet til omkring 2,5 mg/l i renvannet. Farge reduseres fra omkring 15 mg Pt/l til under 5 mg Pt/l. Det er ikke påvist direkte skadelige helsemessige effekter av humus, men mer indirekte reaksjoner kan tyde på at humus muligens kan ha en viss helsemessig betydning. F.eks kan humus bidra til lettere transport av tungmetaller innen organismen. Dette forholdet er langt fra avklart. Høyt humusinnhold og stor klordosering kan føre til dannelser av klororganiske forbindelser som kloroform og bromoform m.v. I USA og Vest-Europa er en særlig opptatt av disse reaksjoner. Det moderate TOC-innholdet i råvannet og de små klordoseringer, som trolig vil bli benyttet i dette vannverket, vil neppe føre til store konsentrasjoner av haloformer i renvannet. Humus mistenkes også for å øke innholdet av flyktige klororganiske forbindelser etter klorering. Disse forbindelser er vanskelige å identifisere i vanlig gasskromatografiske undersøkelser. Dannelsesmekanismer, forventede konsentrasjoner, toksisitet m.v. er ikke fullt ut kjent.

Oslo har en stor befolkning. Vannkilde eller inntaket kan være et mulig mål for en tilsiktet forurensningstilførsel. Som beskrevet ovenfor avskiller direktefiltrering partikulært materiale, organiske komponenter, mikroorganismer m.v. som ikke eller i begrenset grad avskilles i mikrosiling eller sandfiltrering. Direktefiltrering kan derfor redusere effekten av en tilsiktet forurensning i kilde eller inntakssystem.

Nedbørfeltene til vannverket er av områdehygienisk meget bra kvalitet, men ligger nært områder med store befolkningsmengder. Naturlig nok er det derfor et meget stort press på nedbørfeltene for utvidet bruk også til andre aktiviteter enn vannforsyning. Det tenkes da ikke på permanente aktiviteter som boliger, industri m.v. men mer i retning av f.eks. utvidede fritidsaktiviteter som i mer i begrenset grad kan gi opphav til forurensninger. Med direktefiltrering vil i en i større grad kunne akseptere en slik begrenset utvidet bruk av nedbørfeltene, dersom det faglig og politisk er ønskelig.

Allerede i dag forekommer det en viss aktivitet i nedbørfeltene. Selv om forurensningsfaren fra denne aktivitet er liten, er den likevel i noen grad til stede. Direktefiltrering vil redusere muligheten for at eventuelle forurensninger blir tilført vannledningsnett. M.a.o. kan sikkerheten økes med dagens aktivitetsnivå i nedbørfeltene.

Aluminium er viet stor oppmerksomhet i den senere tid. Som tidligere nevnt fryktes aluminium å føre til presenilitet og skjør benstruktur hos mennesker. Hverken de rent helsemessige sidene eller vannets betydning er tilstrekkelig avklart. Aluminiumsinnholdet i råvannet er i dag svært lite. Med disse moderate aluminiumsmengder i vannet kan trolig andre aluminiumskilder ha langt større betydning for menneskers eksponering enn aluminium fra drikkevann. Forsøkene viser at en vesentlig reduksjon av aluminiumsinnholdet kan oppnås ved direktefiltrering. Betydningen av denne reduksjonen kan øke i framtiden ved økt helsemessig erkjennelse og/eller økt aluminiumsinnhold i råvannet p.g.a. forsuring.

## LITTERATUR

- Ohren, J.A. Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg. VA-rapport nr.9 1986. NIVA juli 1986.
  
- Ohren, J.A. Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. VA-rapport nr. 10 1986. NIVA oktober 1986.
  
- Ohren, J.A. VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. Renseeffekter for alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre. VA-rapport nr. 18 1986. Desember 1986.