

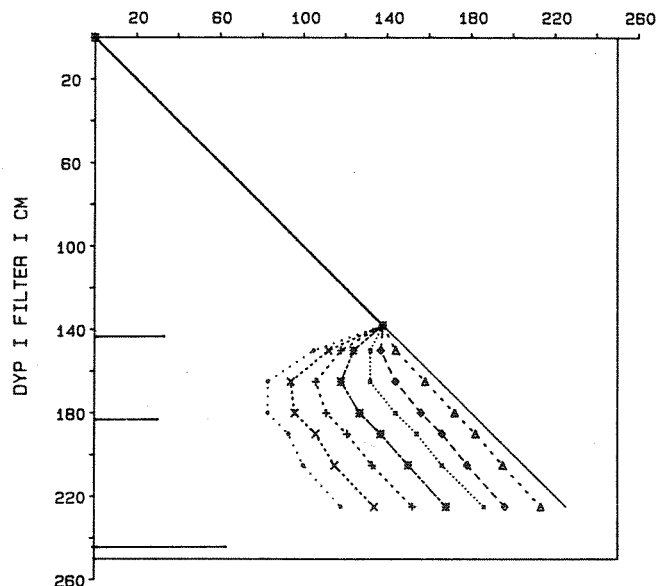


# RAPPORT 18|86

O-86068

## VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann

Renseeffekter for alger, algetoksiner  
og andre vannkvalitetsparametre



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:

0-86068

Undernummer:

1

Løpenummer:

1954

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Akersvannverket - Renseeffekter av alger, algetoksiner og andre vannkvalitetsparametre VA-18/86	Dato: Desember 1986
	Prosjektnummer: 0-86068
Forfatter (e): Jens Arne Ohren	Faggruppe: VA-teknikk
	Geografisk område: Vestfold
	Antall sider (inkl. bilag): 74

Oppdragsgiver: Vestfold interkommunale vannverk og NIVA	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt: I forhold til undersøkelsen i april er filtrenes driftstid økt 2,4 ganger og anleggets netto vannproduksjon nesten fordoblet. I driftsperioden for filtrene ligger turbiditetsverdiene mellom 0,17 og 0,3 NTU og klorofyll-a-innholdet mellom 0,16 og 0,27 ug/l. Innholdet av Microcystis aeruginosa er mellom 9.000 og 430.000 celler pr. liter, Akerstoksininnholdet er mellom 0,3 og 0,4 ug/l og toksininnholdet målt i museletaldose pr. liter ligger mellom 0 og 2 MLD/l. Det er foreslått en del tiltak som forventes ytterligere å forbedre anleggets drift.
--

4 emneord, norske:

1. Direkte filtrering
  2. Alger
  3. Algetoksiner
  4. Renseeffekter
- VA-18/86

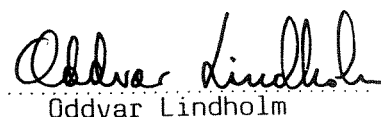
4 emneord, engelske:

1. Direct filtration
2. Algae
3. Algae-toxines
4. Purification efficiency

Prosjektleder:

  
Jens Arne Ohren

For administrasjonen:

  
Oddvar Lindholm

ISBN 82-577-1185-3

  
Lasse Vråle

O-86068

AKERSVANNVERKET - RENSEEFFEKTER AV ALGER,  
ALGETOKSINER OG ANDRE VANNKVALITETSPARAMETRE

VESTFOLD INTERKOMMUNALE VANNVERK

Oslo, desember 1986

Jens Arne Ohren

*FORORD*

*Prosjektet er i hovedsak finansiert av Vestfold interkommunale vannverk, men siden resultatene i noen grad også har generell interesse har NIVA bidratt med midler til gjennomføringen.*

*I planleggingen og gjennomføringen av selve undersøkelsen bidro vannverkets personell med en stor og verdifull innsats.*

*Kjetil Berg ved Norges veterinærhøgskole har bestemt toksininnholdet som museletaldose.*

*Oslo 17. desember 1986*

*Jens Arne Ohren*

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	2
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	8
2. INNLEDNING	11
3. BESKRIVELSE AV ANLEGGET	12
4. UNDERSØKELSE AV VANNKVALITET	15
4.1. Undersøkelse nr. 1 (R1)	15
4.1.1. Turbiditet	16
4.1.2. Surhetsgrad	24
4.1.3. Klorofyll-a	25
4.1.4. Microcystis aeruginosa	26
4.1.5. Totalt organisk karbon (TOC)	28
4.1.6. Toksininnhold i MLD	29
4.1.7. Innhold av Akerstoksin	30
4.1.8. Farge	31
4.1.9. Jern	32
4.1.10. Mangan	34
4.1.11. Aluminium	35
4.1.12. Trykktap gjennom filterne	38
4.2. Undersøkelse nr. 2	40
4.2.1. Turbiditet	40
4.2.2. Surhetsgrad	46
4.2.3. Trykktap gjennom filterne	47
4.3. Undersøkelse nr. 3	49
4.3.1. Turbiditet	49
4.3.2. Surhetsgrad	56
4.3.3. Trykktap gjennom filterne	57
4.4. Undersøkelse nr. 4	59
4.4.1. Turbiditet	59
4.4.2. Surhetsgrad	60
4.4.3. Trykktap gjennom filterne	61
4.5. Forsøk med økt hydraulisk belastning	63
4.6. Innledende forsøk med filtermedium av mindre kornstørrelser	63
4.7. Innledende forsøk med aktivt-kull	63
5. NETTO VANNPRODUKSJON	65

Innholdsfort. forts.	Side
6. ANBEFALINGER OM FORBEDRET DRIFT AV ANLEGGET	67
6.1. Dosering av syre	67
6.2. Dosering av hjelpekoagulant	67
6.3. Optimalisering av dosering av kjemikalier	68
6.4. Undersøkelse av filtermediet	68
6.5. Første filtrat til avløp	69
6.6. Kontinuerlig måling av filtrat	69
6.7. Utløpsventilen	70
6.8. Manganreduksjon	70
6.9. Aktiv-kull-behandling	70

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Prinsippskisse for filtrene.	13
2. Snitt gjennom filtrene	14
3. Turbiditet i filtrat fra samleledningen	16
4. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1	17
5. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2	17
6. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3	18
7. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4	18
8. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5	19
9. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6	19
10. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7	20
11. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8	20
12. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9	21
13. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10	21
14. Turbiditet i filtrat fra filtrene nr. 1-9	22
15. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen	24
16. Klorofyll-innhold i råvann og i filtrat fra samleledningen	25
17. Sammenheng mellom turbiditet og klorofyll i filtrat fra samleledningen	26
18. Celler av <i>Microcystis aeruginosa</i> i filtratet fra samleledningen	27
19. Sammenheng mellom turbiditet og innhold av <u>Microcystis aeruginosa</u> i filtrat fra samleledningen	28
20. TOC-innhold i råvann og filtrat fra samleledningen	29
21. Toksininnhold i filtrat fra samleledningen målt i museletaldose (MLD) pr. liter	30
22. Akers-toksin i filtrat fra samleledningen	31
23. Farge i råvann og i filtrat fra samleledningen	32
24. Jerninnhold i råvann og i filtrat fra samleledningen	33

Figurfort. forts.	Side
25. Sammenheng mellom turbiditet og jerninnhold i filtrat fra samleledningen	34
26. Manganinnhold i råvann og i filtrat fra samleledningen	35
27. Innhold av total aluminium i råvann i filtrat fra samleledningen	36
28. Sammenhengen mellom turbiditet og aluminiumsinnhold i filtrat fra samleledningen	37
29. Trykktap i filter nr. 1	38
30. Trykktap i filter nr. 10	39
31. Turbiditet i filtrat fra samleledningen	40
32. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1	41
33. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2	41
34. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3	42
35. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4	42
36. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5	43
37. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6	43
38. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7	44
39. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8	44
40. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9	45
41. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10	45
42. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen	47
43. Trykktap i forskjellige dybder i filter nr. 1	48
44. Trykktap i forskjellige dybder i filter nr. 10	49
45. Turbiditet i filtrat fra samleledningen	50
46. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1	50
47. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2	51
48. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3	51
49. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4	52
50. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5	52



Figurfort. forts.	Side
51. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6	53
52. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7	53
53. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8	54
54. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9	54
55. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10	55
56. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen	56
57. Trykk i filter nr. 1	57
58. Trykk i filter nr. 10	58
59. Turbiditet i filtrat fra samleledningen	60
60. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen	61
61. Trykktap gjennom filter nr. 1	62
62. Trykktap gjennom filter nr. 10	62

#### TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Farge, turbiditet, TOC, jern, mangan og aluminium i råvann og i filtrat fra samleledningen og aktivkull-filtre	64

## 1. SAMMENDRAG

I Akersvannet, som benyttes av Vestfold interkommunale vannverk (VIV) som reservekilde, forekommer periodevis betydelig oppvekst av blågrønnalger. I august 1985 ble den toksinproduserende blågrønnalgen Microcystis aeruginosa også påvist i renvannsbassenget etter vannbehandlingsanlegget.

NIVA ble engasjert for å se nærmere på forholdene. Den 22.4.86 ble en driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegget foretatt. Resultatene er gjengitt i tidligere rapport.

Disse resultatene angav lang modningstid og kort driftstid for filterene og dermed dårlig filtrat noe ut i filtersyklusen. En del tiltak ble anbefalt som skulle forbedre disse forholdene. De fleste av disse tiltak ble gjennomført i løpet av sommeren 1986 på midlertidig eller permanent basis.

Fra 27. t.o.m. 29.8.86 ble en ny undersøkelse gjennomført, hvor alger og algetoksiner i større grad ble vektlagt. For å få et mer komplett bilde av driften av anlegget ble også andre stoffer undersøkt.

Fem filtersykluser ble gjennomført. I filtersyklusen med best effekt ble følgende resultater oppnådd:

- En modningstid på filterene på 11 minutter i motsetning til 40 minutter ved undersøkelsen i april. Forbedringen var hele 265 %.
- Driftstiden på filterene ble økt fra 1 time og 40 minutter i april til 4 timer i august. Forbedringen var hele 140 %.
- 4 timer etter modningstidens avslutning ble turbiditet målt til 0,3 NTU. I april ble turbiditetsverdien målt til 1,5 NTU 4 timer etter modningstidens avslutning. Forbedringen var hele 400 %, på tross av turbiditetsverdiene i råvannet i nåværende undersøkelse var 2,1-4,5 ganger høyere enn i april.

- Surhetsgrad ble holdt innenfor det vanlig optimale området for fellingen, utenom en kort periode i modningstiden.
- I driftsperioden ble klorofyllinnholdet redusert fra 9,1-10,2 µg/l i råvannet til 0,15-0,27 µg/l i filtratet fra samleledningen.
- Innholdet av blågrønnalger Microcystis aeruginosa ble redusert fra 17,4 mill. celler pr. liter i råvannet til 9.000 celler pr. liter i filtratet i gunstigste driftsperiode for filtrene. Antallet økte til 430.000 celler pr. liter 2 timer etter filtrene skulle vært tilbakespylt. Tallene angir renseeffekter i området 97,5-99,95 %.
- TOC-innholdet ble redusert fra 6,4-6,8 mg/l til omkring 3 mg/l i filtratet.
- I driftsperioden for filtrene ble det i filtratet fra samleledningen målt et toksininnhold på 0-2 MLD/l (museletaldose pr. liter).
- Aker-toksininnholdet ble redusert fra 20 µg/l i råvannet til 0,3-0,4 µg/l i filtratet fra samleledningen i driftsperioden for filtrene.
- Farge ble redusert fra 21,5-23 mg Pt/l i råvannet til 3,5-4,5 mg Pt/l i filtratet.
- Jerninnholdet ble redusert fra 460-560 µg/l i råvannet til 10-12 µg/l i filtrat i driftsperioden for filtrene.
- Manganinnholdet ble redusert fra 340-350 µg/l til 280-320 µg/l.
- Aluminiumsinnholdet i filtratet ble holdt under 100 µg/l gjennom hele driftsperioden for filtrene.
- Turbiditetsutviklingen er forskjellig for de ulike filtre. Filtrene 1, 2 og 4 har best resultater, mens filtrene 7 og 9 har dårligst resultater.

- Trykktapet ned gjennom filtermediet viser at slamakkumuleringen i hovedsak skjer i øverste del av antrasittlaget for filter nr. 1. I filter nr. 10 skjer akkumuleringen også noe nedover i antrasittlaget og i øverste del av sandlaget.
- Netto vannproduksjon ble økt fra 780 m<sup>3</sup>/h i april til 1.520 m<sup>3</sup>/h i august. Dette til tross for en vesentlig forverret råvannskvalitet.

Med bakgrunn i resultatene fra de to undersøkelsene gis en del anbefalinger som forventes å forbedre anleggets drift. Anbefalingene er følgende:

- Dosering av syre til råvannet
- Dosering av hjelpekoagulant
- Videre optimalisering av dosering av kjemikalier
- Undersøkelse av filtermediet
- Føre første filtrat til avløp
- Kontinuerlig måling av filtrat
- Endre reguleringen av utløpsventilen
- Vurdere manganreduksjon
- Vurdere aktiv-kull-behandling.

## 2. INNLEDNING

Vestfold interkommunale vannverk benytter Akersvann som reservekilde når hovedvannverket helt eller delvis er satt ut av funksjon. Akersvannet er betydelig forurensset med bl.a. tilførsler fra landbruk og kommunal kloakk og har stor algevekst i sommermånedene. Periodevis utvikles den toksinproduserende blågrønnalgen Microcysis aeruginosa.

Vannbehandlingsanlegget ved Akersvann er et direktefiltreringsanlegg. I august 1985 ble store mengder blågrønnalger også påvist i renvannsbassenget etter behandlingsanlegget.

NIVA ble engasjert for nærmere å undersøke forholdene. En befaring til vannbehandlingsanlegget ble avholdt den 8. april 1986. Det ble enighet om å utføre en innledende driftsundersøkelse på vannverket. Denne undersøkelsen ble gjennomført den 22. april 1986 og gjengitt i rapporten "Driftsundersøkelser av VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann". I rapporten ble en del relativt enkle tiltak anbefalt for å forbedre anleggets drift. Etter gjennomføringen av de fleste av disse tiltakene ble en ny undersøkelse foreslått i løpet av sommeren og høsten 1986, hvor alger og algetoksiner i større grad skulle vektlegges. Undersøkelsen ble gjennomført den 27.-29. august 1986 og denne rapporten omhandler resultatene.

I noen grad vil resultatene fra første undersøkelse bli trukket inn i denne rapporten. Men alle resultatene fra første undersøkelse kan selvsagt ikke gjentas. Det kan derfor være verdifullt også å lese rapporten "Driftsundersøkelse av VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann" for å få et best mulig bilde av situasjonen.

### 3. BESKRIVELSE AV ANLEGGET

Vanninntaket ligger på ca. 7 meters dyp ca. 1,5 meter over bunnen i Akersvannet. Vannet passerer først en inntakssil med silåpning ca. 10 mm og føres videre igjennom 260 meter inntaksledning med dimensjon 600 mm av PEH. Fra strandkanten og til råvannspumpe-stasjonen føres vannet gjennom en 600 mm ledning av duktilt støpejern og pumpes videre gjennom en stålledding av varierende diameter og inn på filterne.

På bakgrunn av forrige undersøkelse ble det anbefalt dosering av syre til råvannet for å bidra til senking av pH-verdien til det området som regnes å være mer optimalt for fellingsprosessen. Dosering av kullsyre ble derfor etablert like før råvannspumpene, for å sikre tilfredsstillende innblanding. Som en foreløpig ordning ble en tankbil og doseringsutstyr innleid til formålet.

Oppløst aluminiumsulfat doseres direkte inn på pumpeledningen ca. 15 meter før første filter. Doseringen skjer proporsjonalt med innkommen vannmengde.

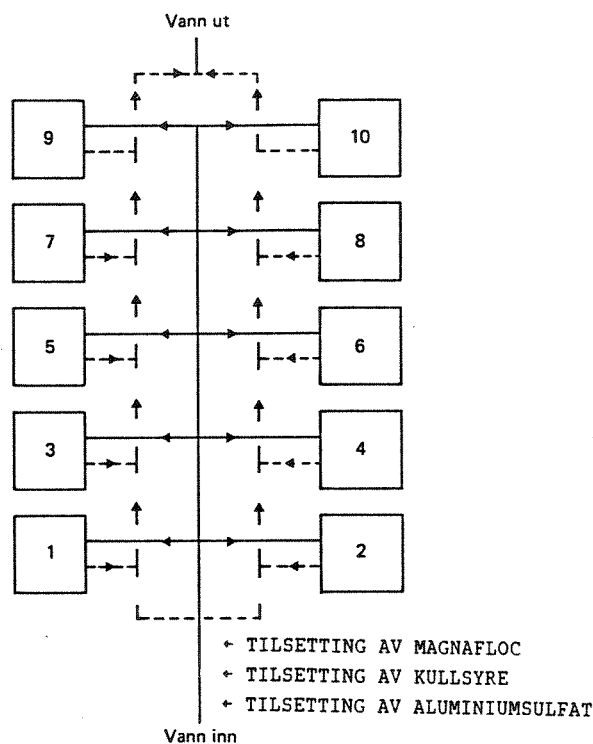
På bakgrunn av forrige undersøkelse ble det også anbefalt dosering av hjelpekoagulant, Magnafloc LT20. En oppløsning på 0,025 % ble dosert mellom doseringspunktet for aluminiumsulfat og innløpet til første filter.

Filtrene består av en gammel og en ny del. Den gamle delen har 4 filtre, hvert med et areal på  $23 \text{ m}^2$  og 3 filtere hvert med et areal på  $20 \text{ m}^2$ . De gamle filterene har øverst 30 cm antrasitt, nr. 2 og nederste 60 cm sand. Ved en hydraulisk belastning på  $3\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ , jevnt fordelt over totalt filterareal blir filterhastigheten ca.  $7,5 \text{ m/h}$ .

Den nye filterdelen har 10 filterenheter, hver med et areal på  $25 \text{ m}^2$ . Det øverste filtermediet er 40 cm antrasitt nr. 2 og det nederste 60 cm dypt lag av sand.

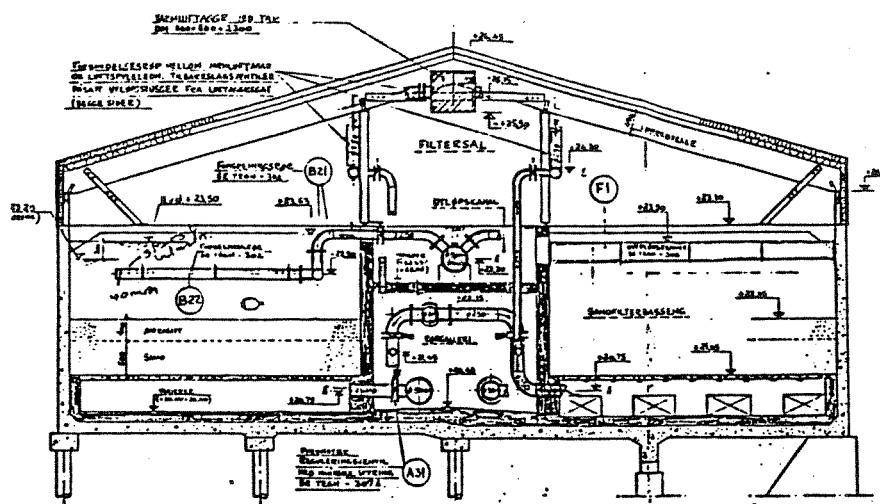
Ved en hydraulisk belastning på  $2\,000\text{ m}^3/\text{h}$  og kun drift av de nye filterne er den gjennomsnittlige filterhastighet ca.  $8\text{ m/h}$ .

Filtrene i den nye delen er plassert i to rader hver med fem filtre (se figur 1).



Figur 1. Prinsippskisse for filterne. Tall angir filter nr.

Råvannsledningen med diameter 500 og 400 mm har forgreininger med diameter 200 mm til hver av filterne (se figur 2). Forgreiningene ender i fordelingsrør ca. 85 cm over toppen av antrasittlaget. En utløpsrenne, plassert ca. 145 cm over toppen av antrasittlaget tjener som overløp ved normal drift og utløp ved tilbakespyling av filterne.



Figur 2. Snitt gjennom filterne.

Filterbunnen er av betong med innstøpte plastdyser. Utløpsrørene fra hvert filter føres til en samlestock, utformet som en ringledning. På utløpsledningene fra hvert av filterne er det montert en pneumatisk reguleringsventil styrt av vannnivået i filterbassengene. Systemet sikrer jevnt vannivå over filtermediet.

På samleledningen er det montert en reguleringsventil styrt av vannnivået i renavnsbassenget. Denne samleledningen fører vannet ut i renavnsbassenget hvor klor og natronlut tilsettes. Fra renavnsbassenget pumpes vannet til distribusjonsnettet eller føres tilbake til Akersvannet.

Tilbakespylingen av filterene skjer først med trykkluft i noen få minutter og deretter med vann tilsvarende en vannmengde på  $1\ 100\ \text{m}^3/\text{h}$  eller en filterhastighet på ca.  $44\ \text{m}/\text{h}$ .

Spylevannet føres via overløpsrennene i filterne tilbake til Akersvannet.

Et kontinuerlig målende turbidimeter ble montert på samleledningen fra alle filterne. I tillegg ble et kontinuerlig målende turbidimeter benyttet for vekselvis måling av filtrat fra de enkelte filtre.



#### 4. UNDERSØKELSE AV VANNKVALITET

Undersøkelse av vannkvaliteten ble oppstartet den 27.8.86 og varte til og med 29.8.86. Som ved forrige undersøkelse ble kun de ti filtrene i anleggets nye del tatt i bruk.

I alt ble fem undersøkelser utført under ulike betingelser. Doseringen av hjelpekoagulant ble variert i alle, og i siste undersøkelse (nr. 5) ble hydraulisk belastning økt.

Fra alle undersøkelsene er turbiditet og surhetsgrad registrert i filtratet fra samleledningen. I tillegg er turbiditet målt i filtrat fra de enkelte filtre. Videre er trykktapene gjennom filtrene 1 og 10 registrert i flere av undersøkelsene. Dosering av aluminiumsulfat var 25 mg/l i alle undersøkelsene.

I undersøkelsen som ga beste resultat er det utført analyser på en rekke vannkvalitetsparametre. Resultatene er gjengitt i kap. 4.1.

Vannkvaliteten i Akersvannet varierer over sommeren. Ifølge hittil upubliserte undersøkelser utført av Skulberg, NIVA, er det registrert en topp i turbiditet i slutten av juli 1986 og en bunn i turbiditet i midten av august. Mot slutten av august øker turbiditetsverdiene noe for deretter å synke til et bunnnivå i midten av september og igjen øke utover høsten. I noen grad gir turbiditetsverdiene en viss indikasjon på algeutviklingen i Akersvannet.

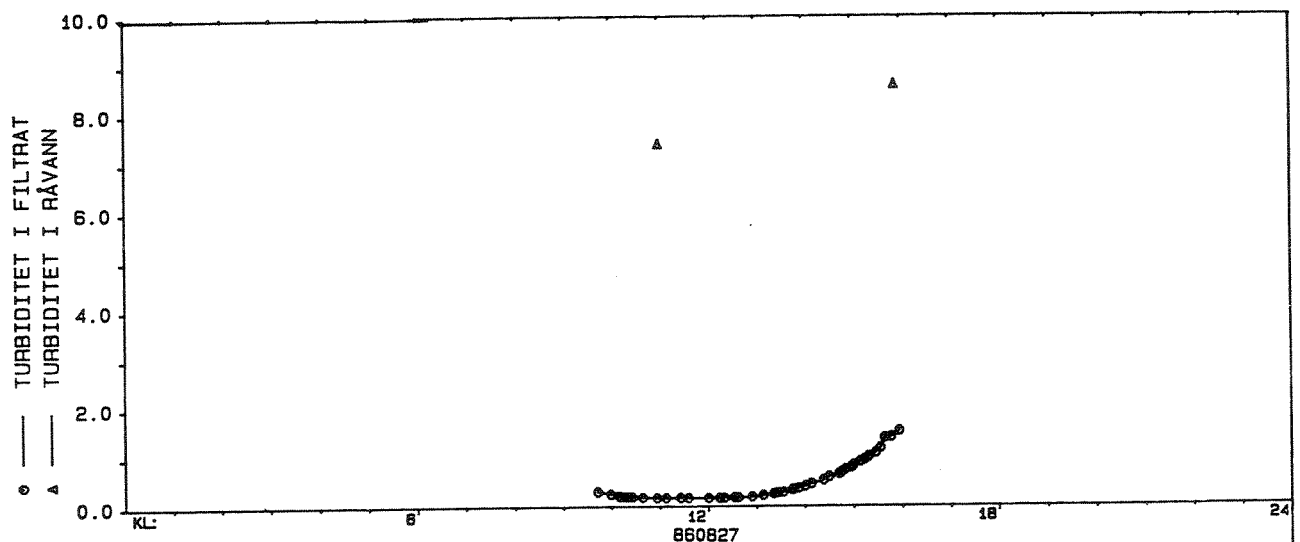
##### 4.1. Undersøkelse nr. 1 (R1)

- Dato for undersøkelse: 27.8.86
- Tidspunkt for vann på filtrene: kl. 0932
- Tidspunkt for avslutning: kl. 1600.
- Dosering av Magnafloc LT20: 0,075 mg/l
- Dosering av aluminiumsulfat: 25 mg/l
- Dosering av kullsyre: 25-38 mg/l
- Hydraulisk belastning: 2.000 m<sup>3</sup>/h

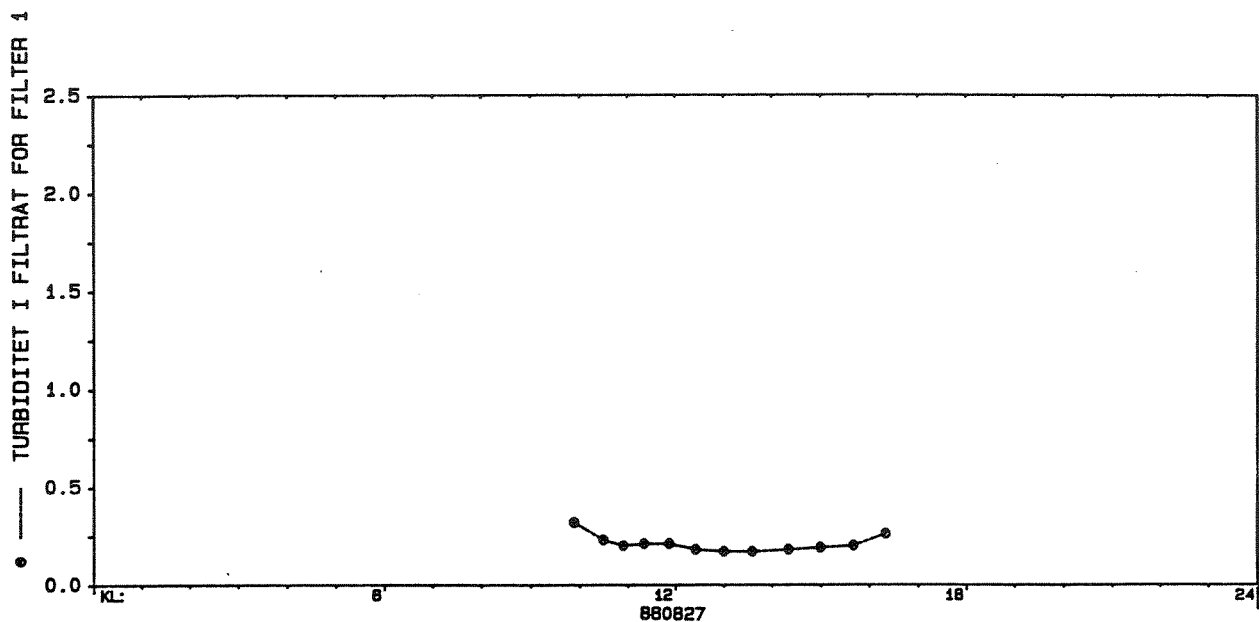
#### 4.1.1. Turbiditet

Turbiditet er en svært viktig driftsparameter i et direktefiltreringsanlegg. Parameteren er enkel og rask å måle både periodevis og kontinuerlig. Den sier videre svært mye om anleggets drift og som en senere vil komme tilbake til, er en rekke andre parametre godt relatert til turbiditet. Turbiditet er derfor viet betydelig oppmerksomhet.

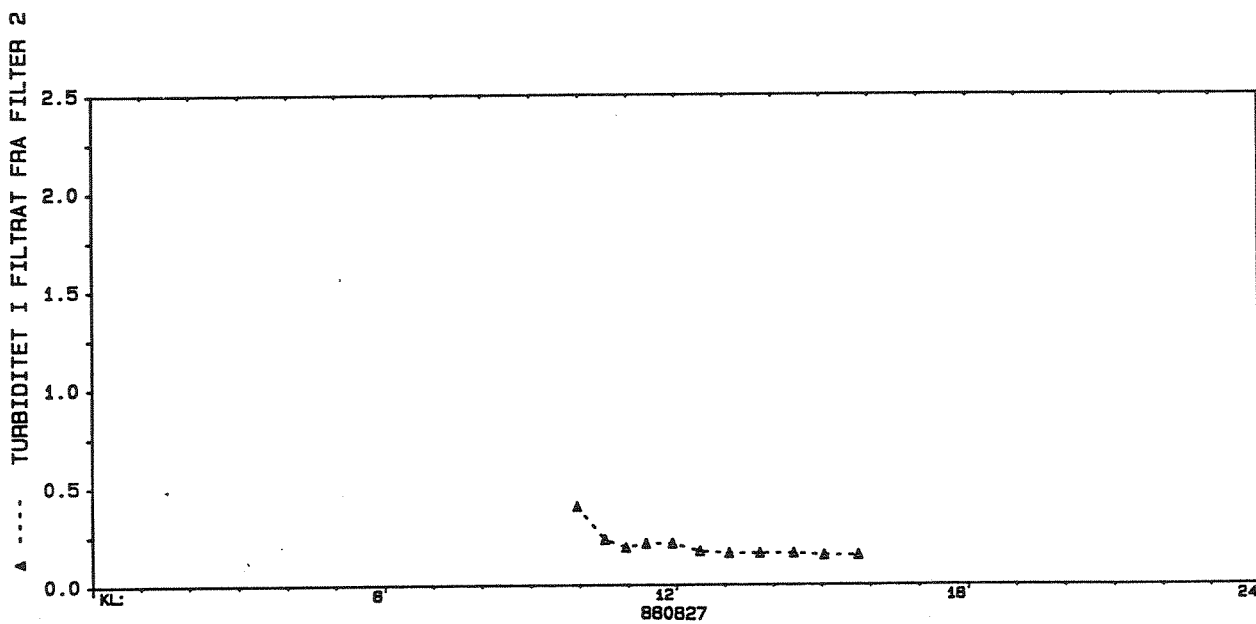
Turbiditet er målt i råvannet kl. 1100 og 1555 til henholdsvis 7,4 og 8,6 FTU. Figurene 3 til og med 14 viser resultatene av turbiditet i filtrat fra samleledningen og de enkelte filtre.



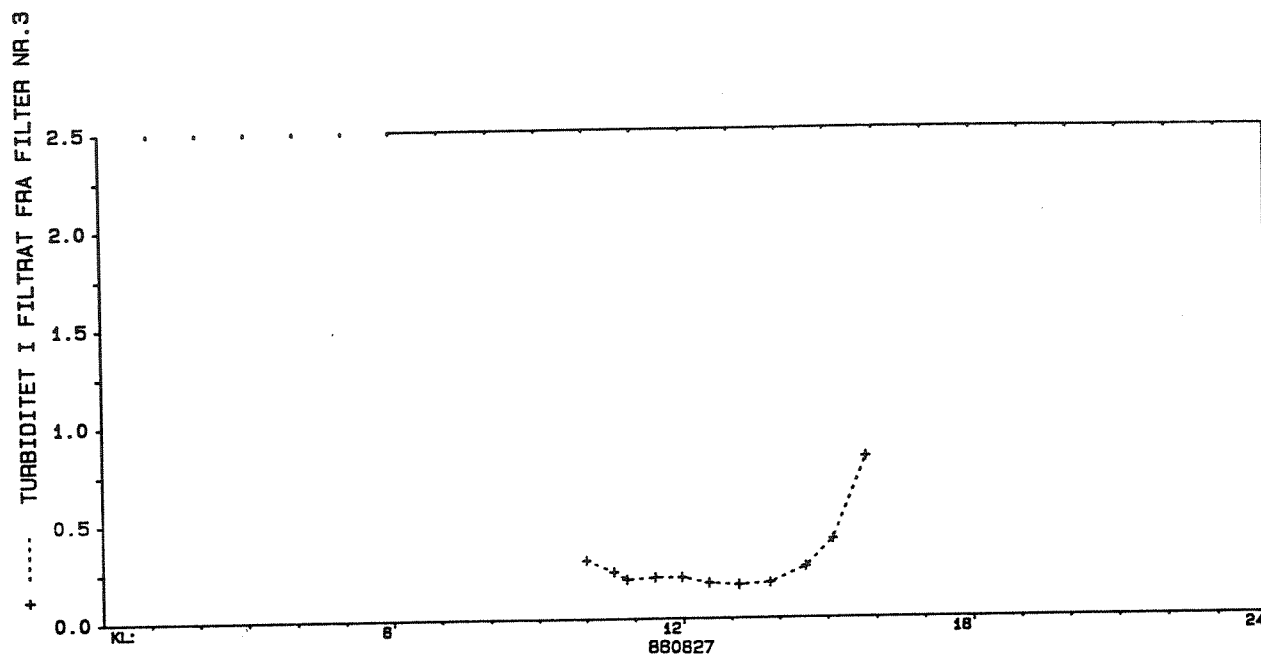
Figur 3. Turbiditet i filtrat fra samleledningen.



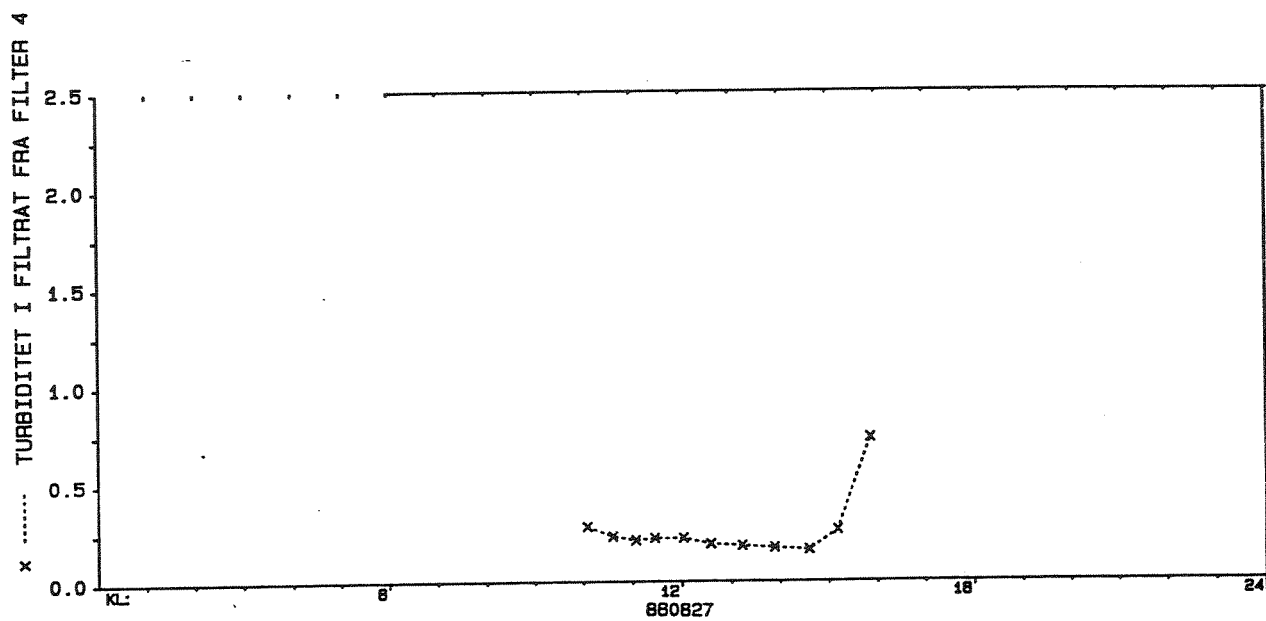
Figur 4. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1.



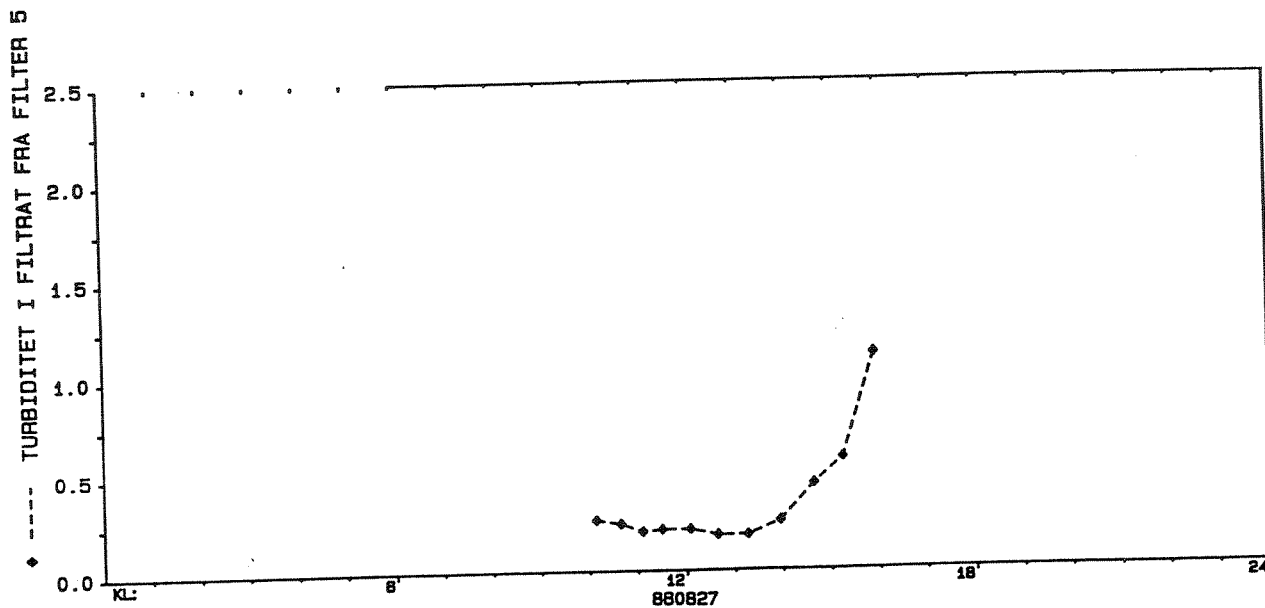
Figur 5. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2.



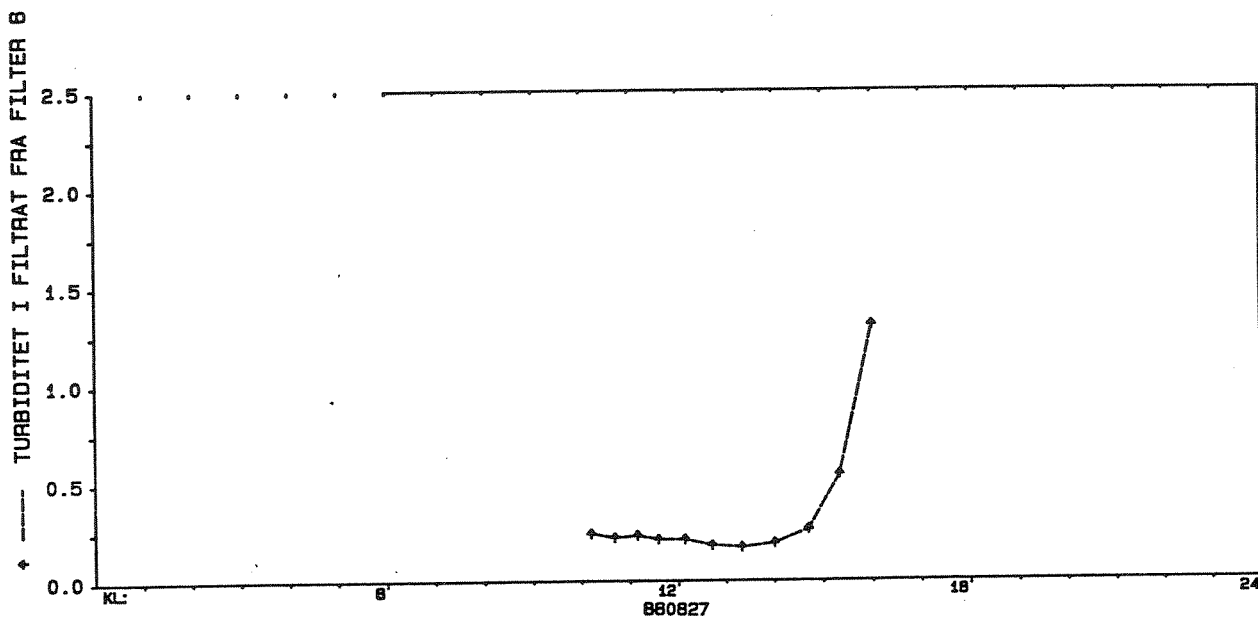
Figur 6. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3.



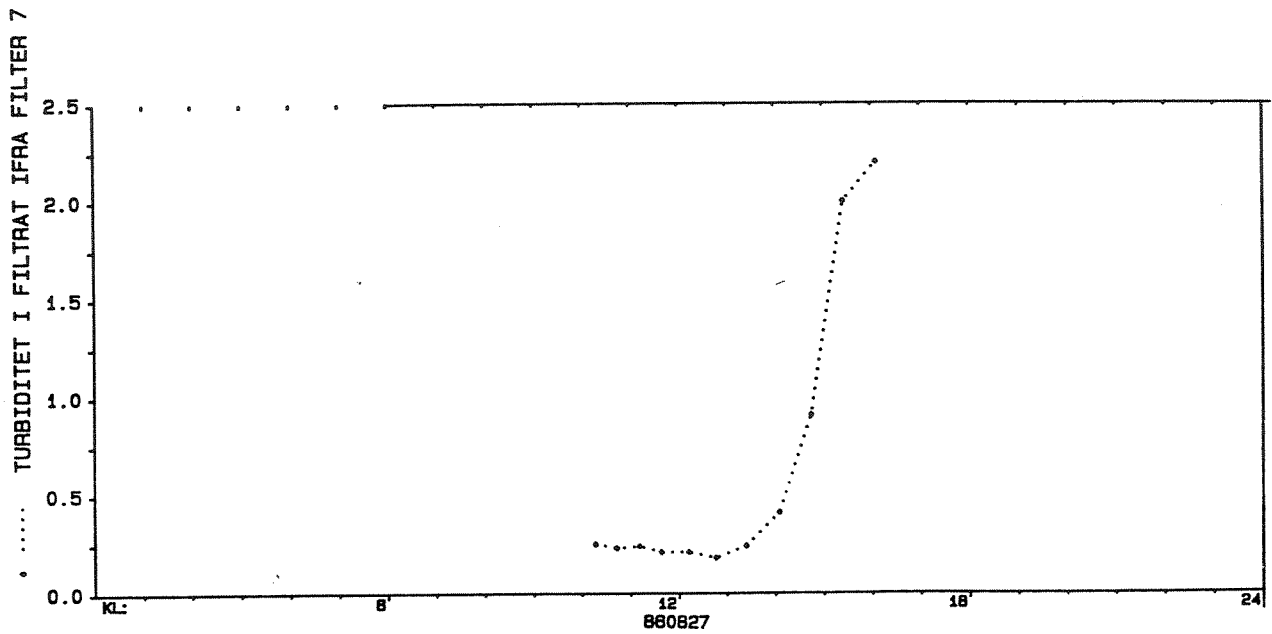
Figur 7. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4.



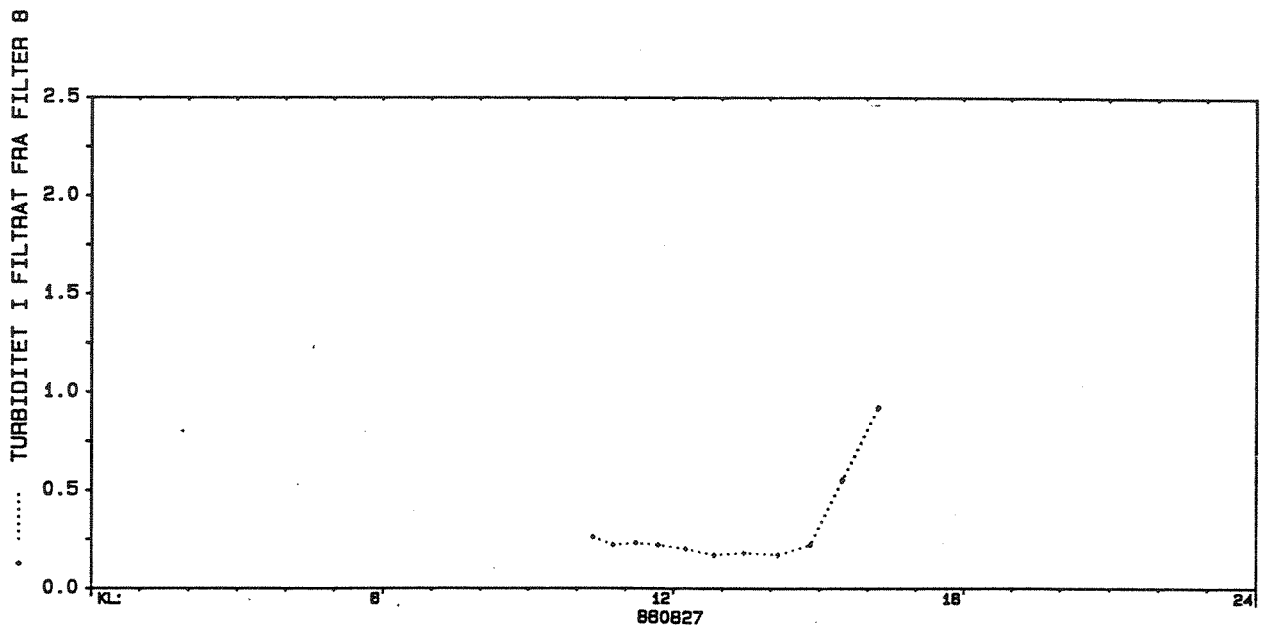
Figur 8. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5.



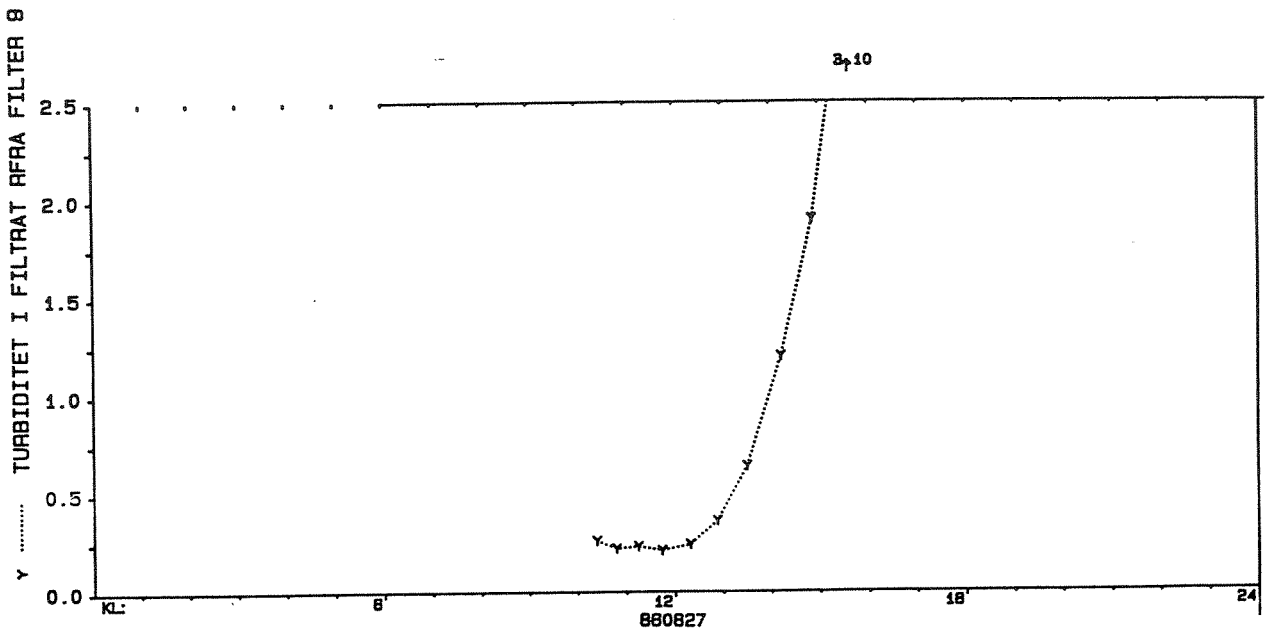
Figur 9. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6.



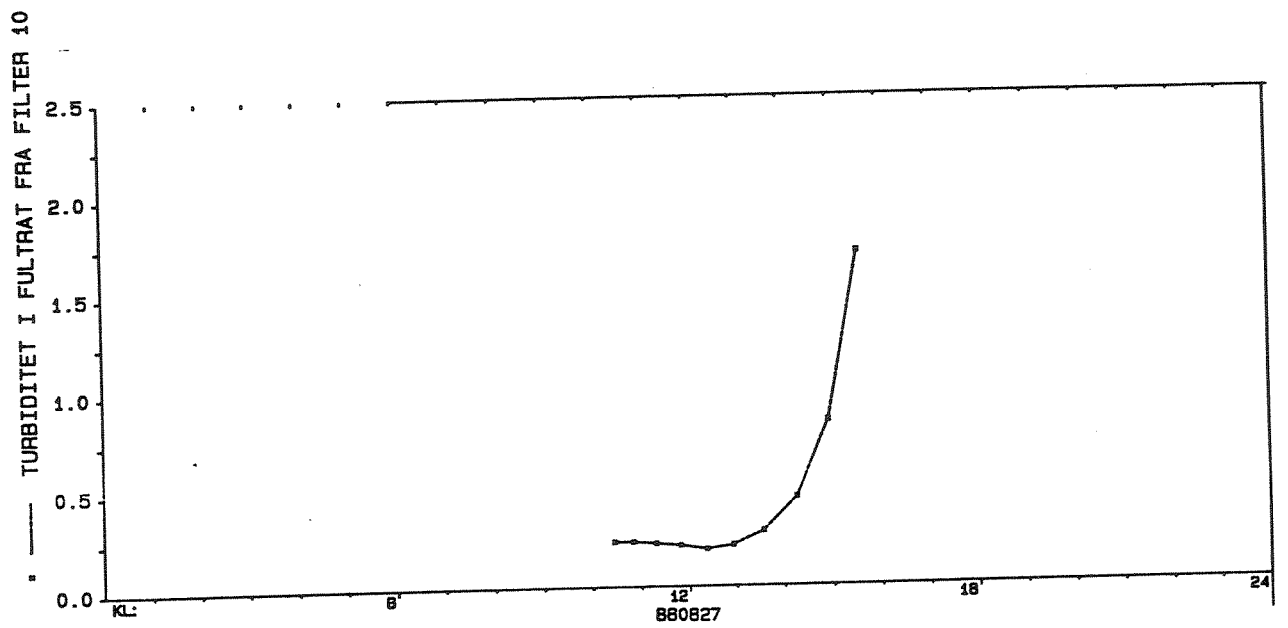
Figur 10. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7.



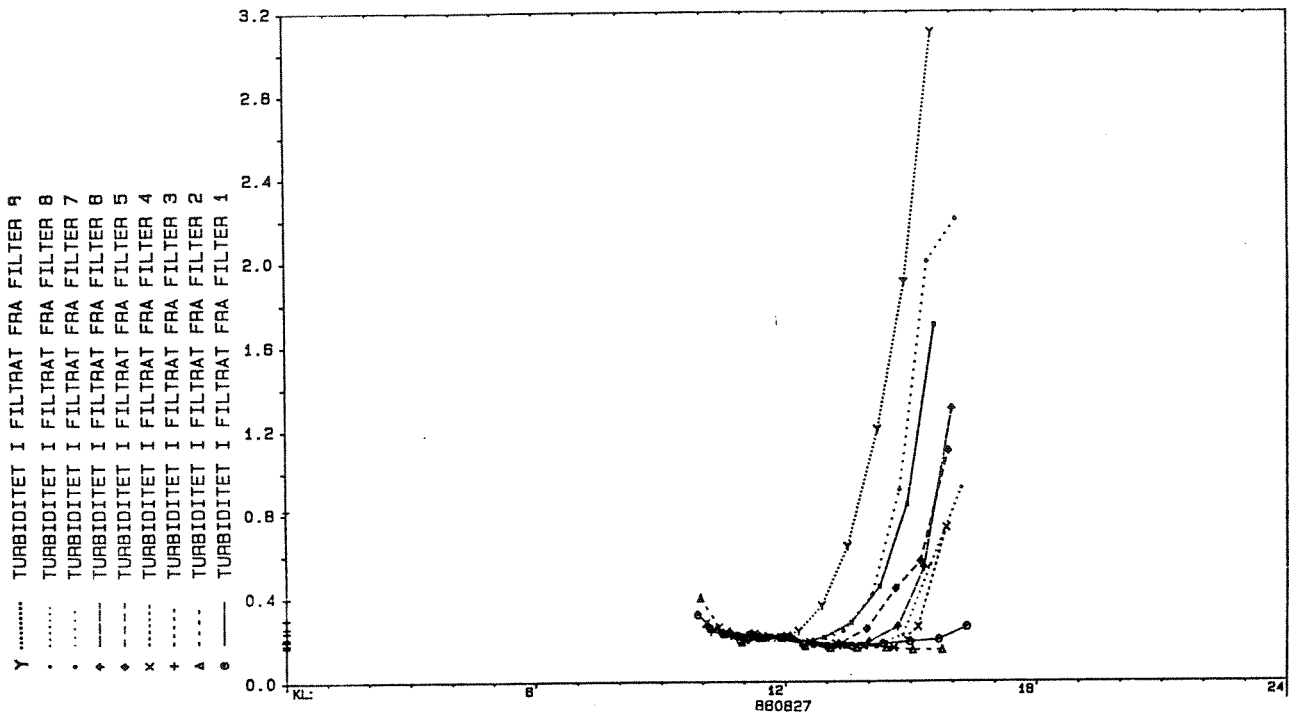
Figur 11. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8.



Figur 12. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9.



Figur 13. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10.



Figur 14. Turbiditet i filtrat fra filterne nr. 1-9.

Allerede kl. 0943 oppnås turbiditetsverdier under 0,3 NTU i filtrat fra samleledningen. 0,3 NTU er helsemyndighetenes krav til turbiditet i drikkevann. Modningsperioden for filterne er m.a.o. bare 11 minutter. Ved undersøkelsen i april var den hele 40 minutter.

Denne reduserte modningstid er svært viktig siden en betydelig del av filtratets totale mengde urenheter går gjennom filterne i modningstiden. Ved utledning av førstefiltrat til avløp har kort modningsperiode en betydning for anleggets netto kapasitet.

Helt frem til kl. 1340 holdes turbiditetsverdiene under 0,3 NTU som gir en netto driftstid på filterne på 4 timer. I undersøkelsen 22.4. var filterne driftstid 1 time og 40 minutter. Med andre ord er filternes driftstid økt hele 2,4 ganger. I ca. 2 timer og 30 minutter holdes turbiditetsverdiene på 0,17 NTU.



Sammenligningen mellom de to undersøkelser kan også gjøres på en annen måte. I undersøkelsen 22.4. ble turbiditet i filtrat målt til 1,45 NTU, 4 timer etter modningsfasens slutt. I nåværende undersøkelse ble turbiditet i filtrat, 4 timer etter modningsfasens slutt, målt til 0,3 NTU. Med andre ord er turbiditetsverdiene i filtratet i undersøkelsen i april nesten 400 % høyere. Dette på tross av at turbiditetsverdiene i råvannet i nåværende undersøkelse er 2,1-4,5 ganger høyere.

I driftstiden for filtrene er renseeffekten 96-98 % (basert på råvannsturbiditet på 7,4 NTU). Kl. 1545 er turbiditetsverdiene i filtrat fra samleledningen kommet opp i 1,4 NTU og filtrene skulle vært tilbakespylt to timer tidligere. Fremdeles er renseeffektene 88 % (basert på en råvannskvalitet på 8,6 NTU).

Også i denne undersøkelsen erfars store variasjoner i turbiditetsutvikling mellom de enkelte filtre. Filtrene 1 og 2 har best utvikling hvor turbiditetsverdiene ikke når opp i 0,3 NTU. Filtrene 7 og 9 har dårligst utvikling og oppnår turbiditetsverdier på hele 2,4 og 3,1 NTU. Også filtrene 6, 8 og 10 har dårlige resultater. Rent generelt blir turbiditetsverdiene høyere ved høyere filternr. En annen tendens synes å være at filtrene med oddetall har dårligere utvikling enn filtrene med hele tall. M.a.o. synes lokaliseringen av filtrene å ha en viss betydning for effektiviteten.

Forklaringen på denne skjevhet kan være flere:

1. Flokkuleringen kan være forskjellig i de enkelte filtre. Doseringene av aluminiumsulfat og Magnafloc skjer bare noen ganske få meter foran innløpsrøret til det første filteret. Rørlengden mellom filtrene 1, 2 og 9-10 er derfor relativt stor i forhold til rørlengden etter doseringen av fellingkjemikaliene.

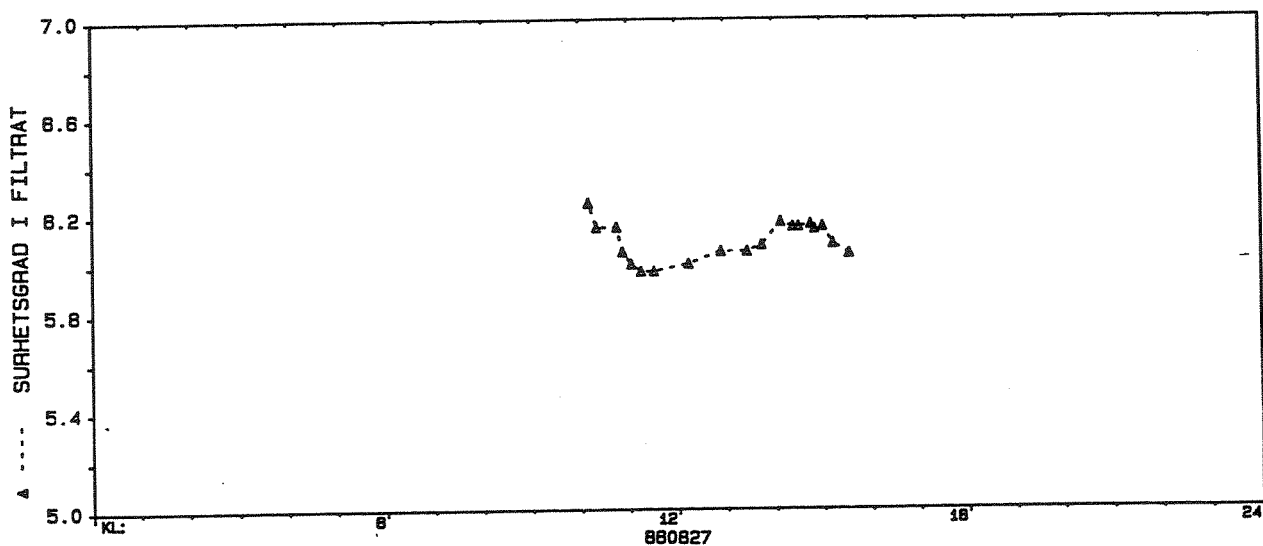
Flokkuleringen i disse rørlengdene kan derfor ha relativt stor betydning og resultere i forskjellig partikkelsuspensjon i filtrene nærmest og fjernest hovedinnløpsrøret til filtrene.

2. Belastningen på filterne kan fortsatt være forskjellig. Siden vannmengdemåler ikke er montert på de ulike filterne er det vanskelig å ha noen sikker formening om eventuelle skjevheter. Utløpet fra samleledningen som igjen kommer fra utløpet fra de enkelte filtre er plassert svært nær filterne 9 og 10, og langt fra filterne 1 og 2. Filtratet fra filterne 1 og 2 må derfor passere 4 T-rør og ca. 20 meters rørlengde mer enn utløpet fra filterne 9 og 10. Dette gir forskjellig friksjon. Særlig T-rørene gir et ikke uvesentlig friksjonstap. Forholdet ble bekreftet ved målinger av trykket mellom filterne 1 og 10.

Det ulike friksjonstapet medfører økt hydraulisk kapasitet i filterne nærmest utløpsrørene til rentvannsbassenget, som igjen innebærer større slamakkumulering i disse filterne og dermed raskere slamgjennombrudd og dårligere filtrat.

#### 4.1.2. Surhetsgrad

Surhetsgraden i vannet er svært viktig for koaguleringsprosessens effektivitet. I direktefiltreringsanlegg ligger vanligvis optimal surhetsgrad i området pH 5,8-6,2. Surhetsgraden er derfor fulgt i filtratet fra samleledningen. Resultatene er angitt i figur 15.

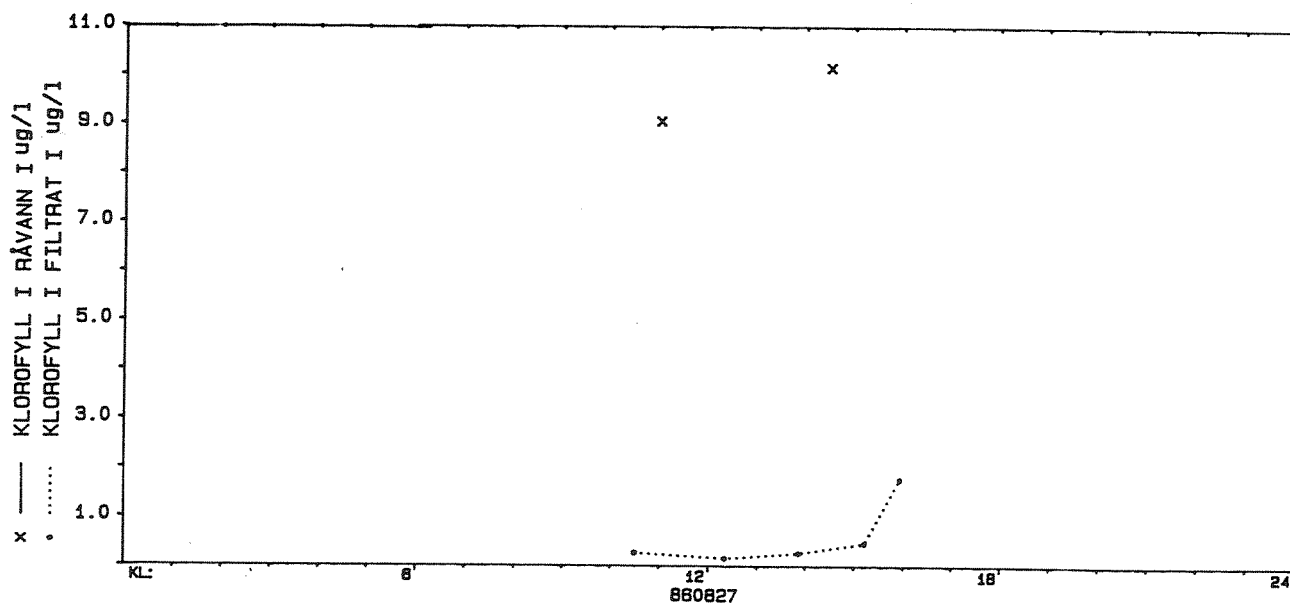


Figur 15. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen.

Som det fremgår av figur 15, varierer surhetsgraden i filtratet en del. De høye verdiene i begynnelsen skyldes trolig en viss utløsning av basiske komponenter fra filtermediet etter tilbakespylingen. Selv om tilførselen av kullsyre ble økt flere ganger utover i filtersyklusen øker likevel pH-verdien. Dette kan ha sammenheng med økningen i råvannets pH-verdi utover dagen forårsaket av økningen i algeveksten i Akersvannet utover dagen.

#### 4.1.3. Klorofyll-a

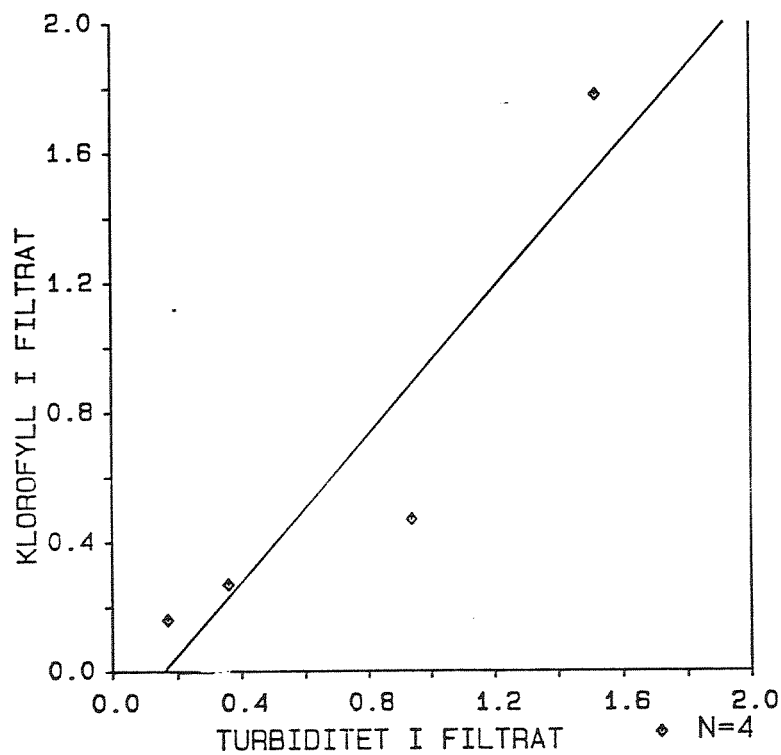
Klorofyll er et mål på totalt algeinnhold i vannet. I råvannet er klorofyll-a målt til 9,1 og 10,2  $\mu\text{g}/\text{l}$ , henholdsvis kl. 1100 og kl. 1555. Figur 16 viser klorofyllinnholdet i råvann og i filtratet for samleledningen.



Figur 16. Klorofyll-a-innhold i råvann og i filtrat fra samleledningen.

Klorofyllinnholdet i filtratet ligger gjennom driftsfasen på 0,15-0,27  $\text{mg}/\text{l}$ , som tilsvarer renseeffekter i området 97-98 %. Selv kl. 1555 når filtrene skulle vært tilbakespylt for lenge siden er renseeffektene hele 82 %.

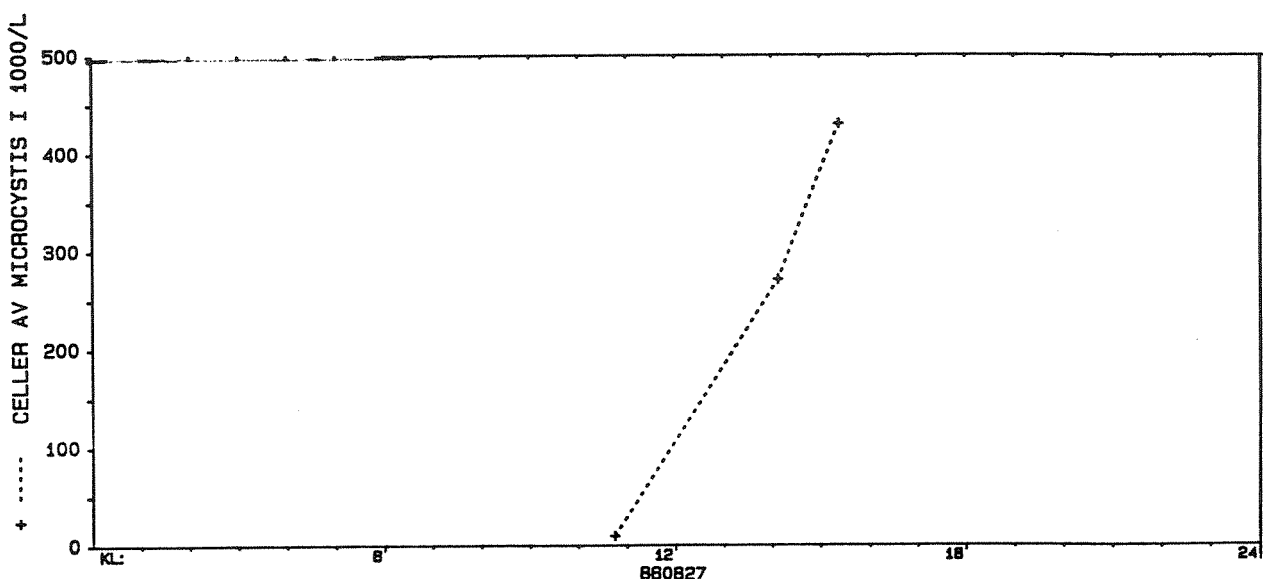
I undersøkelsen i april ble noe lavere klorofyll-a-verdier oppnådd i filtratet. Men da var Akersvannet islagt og klorofyll-a-verdiene i råvannet var selvsagt betydelig mindre. Klorofyll-a-verdiene lå da i området 0,95-1,3 µg/l. Selv med betydelig høyere klorofyll-verdier, oppnås likevel bedre prosentvise renses effekter i nåværende undersøkelse. Figur 17 viser korrelasjonen mellom turbiditet og klorofyll-a i filtratet fra samleledningen. Den lineære sammenhengen er ikke så god som tidligere. Men fortsatt er det en sammenheng mellom parametrene.



Figur 17. Sammenheng mellom turbiditet og klorofyll i filtrat fra samleledningen.

#### 4.1.4. Microcystis aeruginosa

*Microcystis aeruginosa* er en toksinproduserende blågrønnalge som periodevis finnes i et betydelig antall i Akersvannet. Kl. 1555 ble innholdet målt til 17,4 mill. pr. liter i råvannet. I tillegg ble celler av kiselalgen Melosira ambigua påvist.

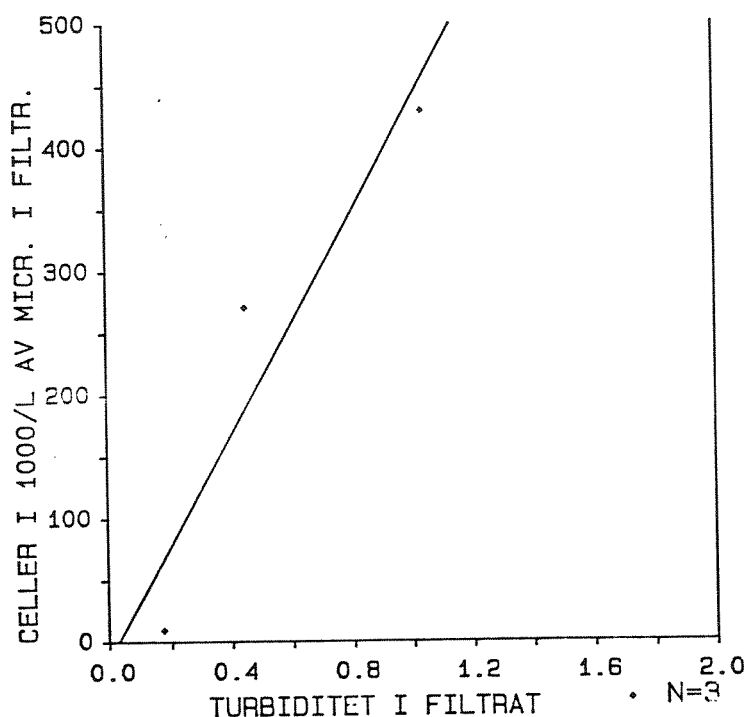


Figur 18. Celler av *Microcystis aeruginosa* i filtratet fra samleledningen.

Figur 18 angir celler av arten Microcystis aeruginosa i filtrat fra samleledningen. Kl. 1045 ble innholdet målt til 9.000 celler/l som tilsvarer renseeffekter på hele 99,95 %. Selv om antall celler øker til 430.000 pr. liter kl. 1555 er likevel renseeffekten hele 97,5 %. Filtrene skulle da vært tilbakespylt 2 timer tidligere ut fra turbiditetskriteriet.

I undersøkelsen i april 1986 ble også renseeffekter nær 100 % oppnådd i den gunstigste perioden for filterdriften. Men etter 5 timers total driftstid (fra start av filtrene) var renseeffekten nede i 60 %. I nåværende undersøkelse var renseeffekten fremdeles 97,5 % 5,5 timer etter start av filtrene. Dette til tross for at innholdet av *Microcystis* i råvannet i nåværende undersøkelse var ca. 35 ganger høyere enn i april.

På bakgrunn av de 3 analysene av Microcystis er en korrelasjon mellom turbiditet og Microcystis angitt i figur 19. Korrelasjon mellom overnevnte parametre er brukbar, men det understrekes at 3 punkter er noe tynt grunnlag å bygge en korrelasjon på.



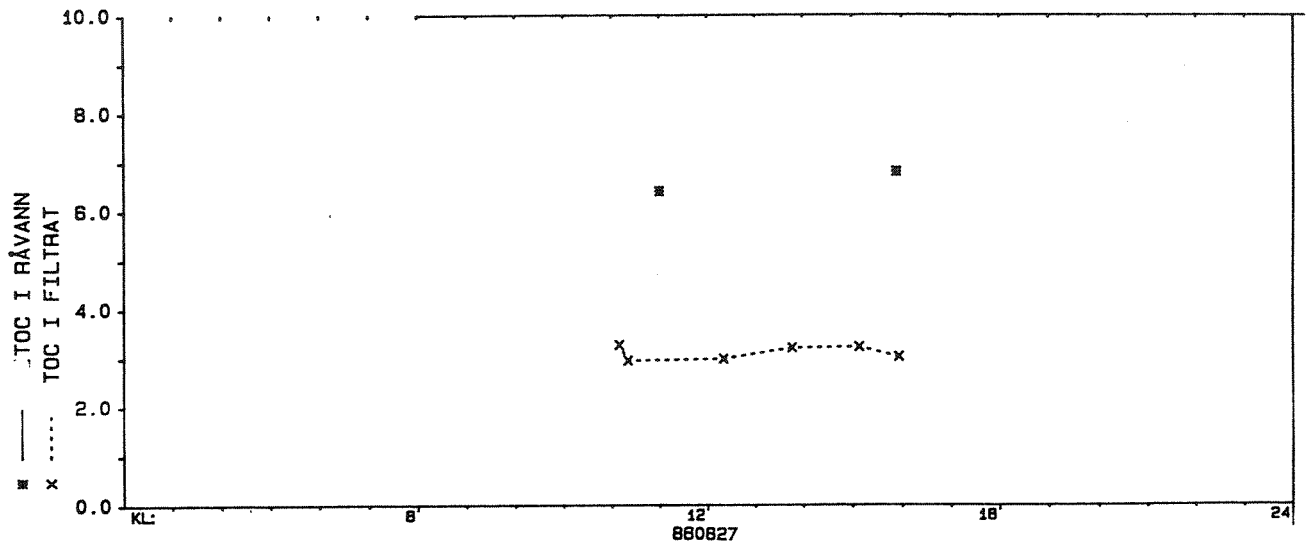
Figur 19. Sammenheng mellom turbiditet og innhold av Microcystis aeruginosa i filtrat fra samleledningen.

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

I råvannet er TOC-innholdet målt til 6,4 og 6,8 mg/l, henholdsvis kl. 1100 og kl. 1555.

I filtratet fra samleledningen ligger innholdet av TOC omkring 3 mg/l som tilsvarer renseeffekter i området 50-65 %. I motsetning til flere av de andre parametrene skjer det ingen økning i TOC-innholdet i filtratet utover i filtersyklusen.

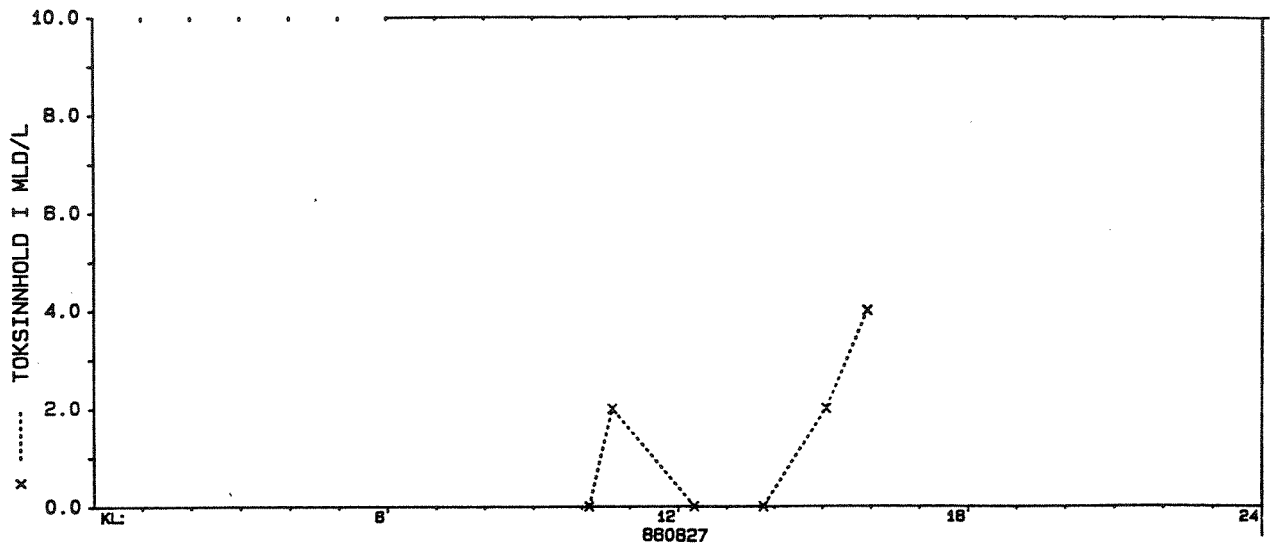
Selv det lavest målte innhold ligger hele 50 % over kvalitetskravene til drikkevann som er 2 mg/l. Som nevnt i forrige rapport er det vanskelig å oppnå en tilfredsstillende reduksjon av TOC gjennom anlegget. Det vil i hvert fall kreve relativt omfattende tiltak.



Figur 20. TOC-innhold i råvann og filtrat fra samleledningen.

#### 4.1.6. Toksininnhold i MLD

Filtrat fra samleledningen ble oppkonsentrert 100 ganger, salter ekstrahert og en ml injisert i forsøksdyr. De toksinholdige prøvene ga hepatoksineffekt (leverskader) på forsøksdyrene. Figur 21 viser resultatene i MLD (museletaldose).



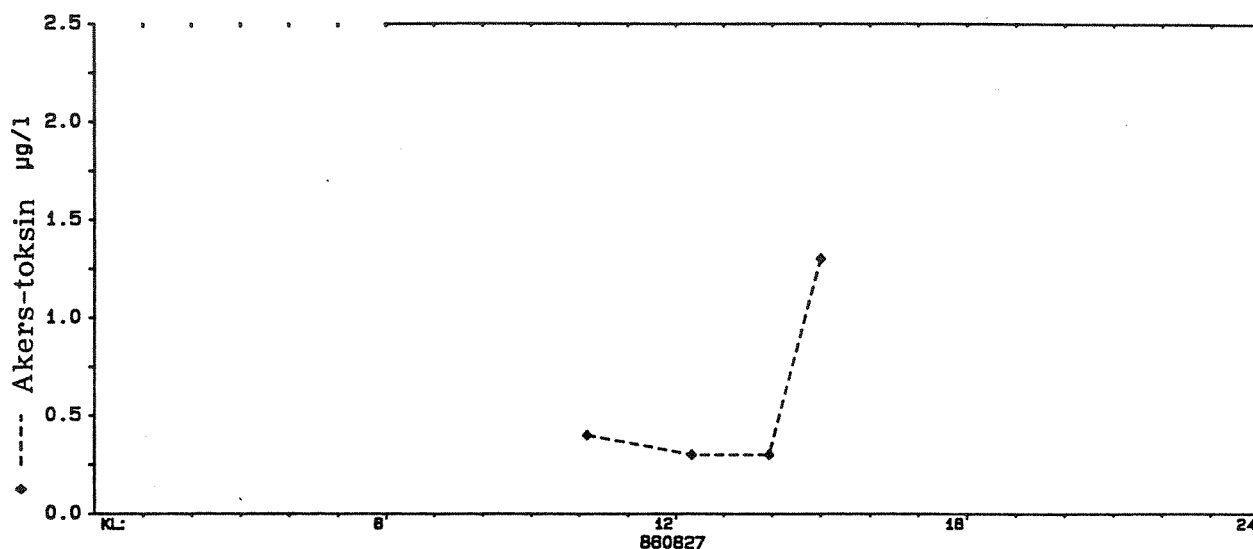
Figur 21. Toksininnhold i filtrat fra samleledningen målt i museletal- dose (MLD) pr. liter.

Som det fremgår av resultatene påvises 2 MLD/l relativt tidlig i filtersyklusen. 3 av 4 prøver i driftstiden for filtrene gir imidlertid ikke utslag på testen. Mot slutten av filtersyklusen, når filtrene skulle vært tilbakespylt påvises et toksininnhold på 4 MLD/l.

#### 4.1.7. Innhold av Akerstoksin

20 µg Akerstoksin pr. liter ble påvist i råvannet kl. 1100. Resultatene fra filtratet i samleledningen er angitt i figur 22.



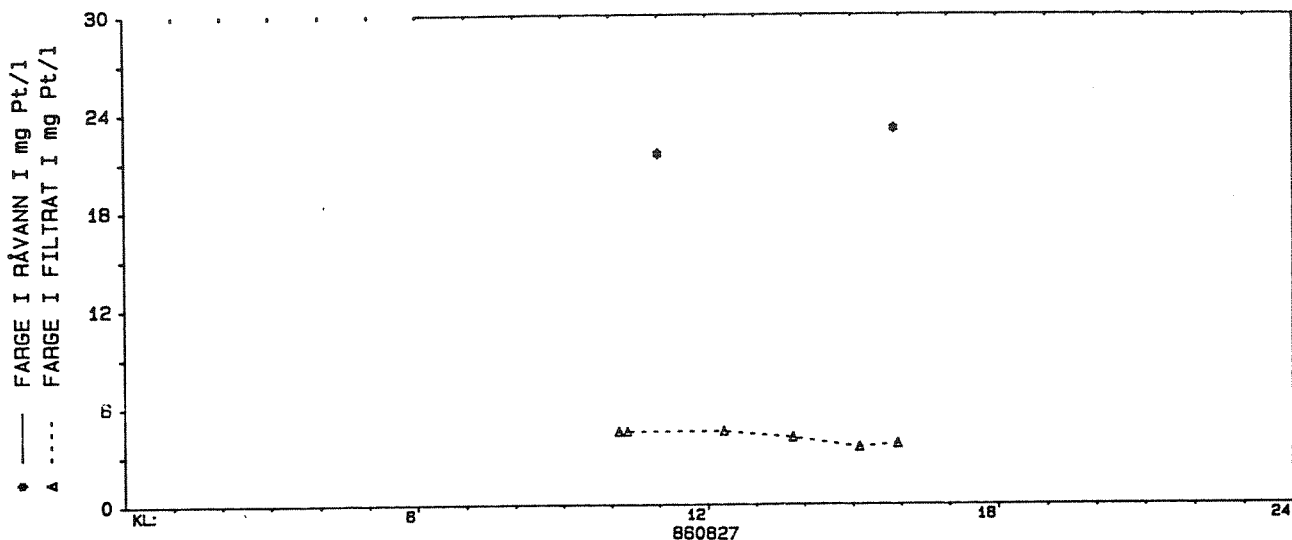


Figur 22. Akers-toxin i filtrat fra samleledningen.

I gunstigste driftsperiode for filtrene oppnås renseeffekter av Akers-toxin på hele 98,5 %. Utover i filtersyklusen øker imidlertid innholdet i filtratet fra samleledningen noe. Men kl. 1500 er fremdeles renseeffekten hele 94 %.

#### 4.1.8. Farge

Farge i råvann og i filtratet fra samleledningen er angitt i figur 23. I filtratet fra samleledningen holdes fargetallet i området 3,5-4,5 mg Pt/l gjennom hele filtersyklusen. Resultatene tilsvarende renseeffekter på 80-85 %. Det forekommer ingen økning i fargetallet utover i filtersyklusen. Hele tiden holdes fargetallet under 5 mg Pt/l som er kvalitetskravene til fullrenset drikkevann.

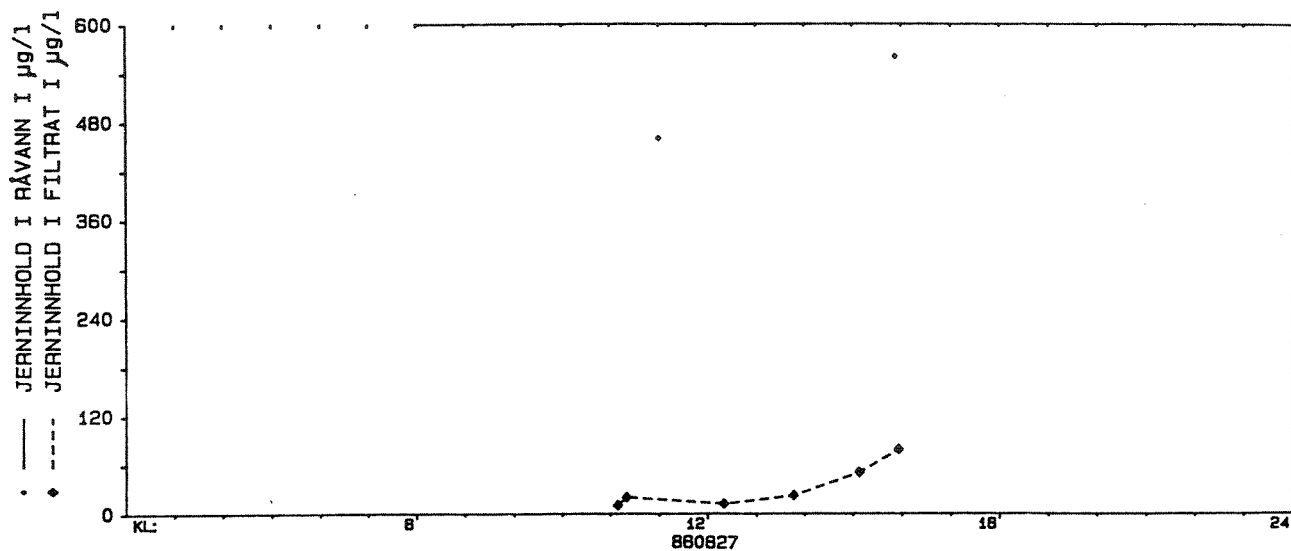


Figur 23. Farge i råvann og i filtrat fra samleledningen.

I forrige undersøkelse ble det i hovedsak målt samme verdier som nå både i råvann og filtrat.

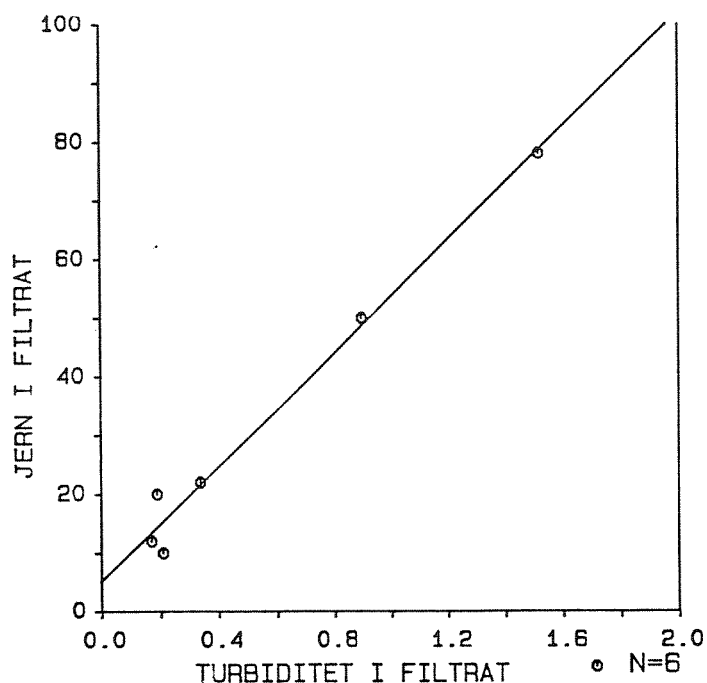
#### 4.1.9. Jern

Figur 24 viser jerninnholdet i råvann og filtrat fra samleledningen. I driftsperioden for tiltrene oppnås renseeffekter på 95-98 %. Selv helt mot slutten av driftssyklusen for filtrene, overskrides ikke kvalitetskravene til drikkevann. I forrige undersøkelse var jerninnholdet både i råvann og i filtrat lavere, men den prosentvise renseeffekten er noe bedre ved denne undersøkelsen.



Figur 24. Jerninnhold i råvann og i filtrat fra samleledningen.

Figur 25 viser sammenhengen mellom turbiditet og jerninnhold i filtrat fra samleledningen. Som det fremgår av figuren er sammenhengen meget god.



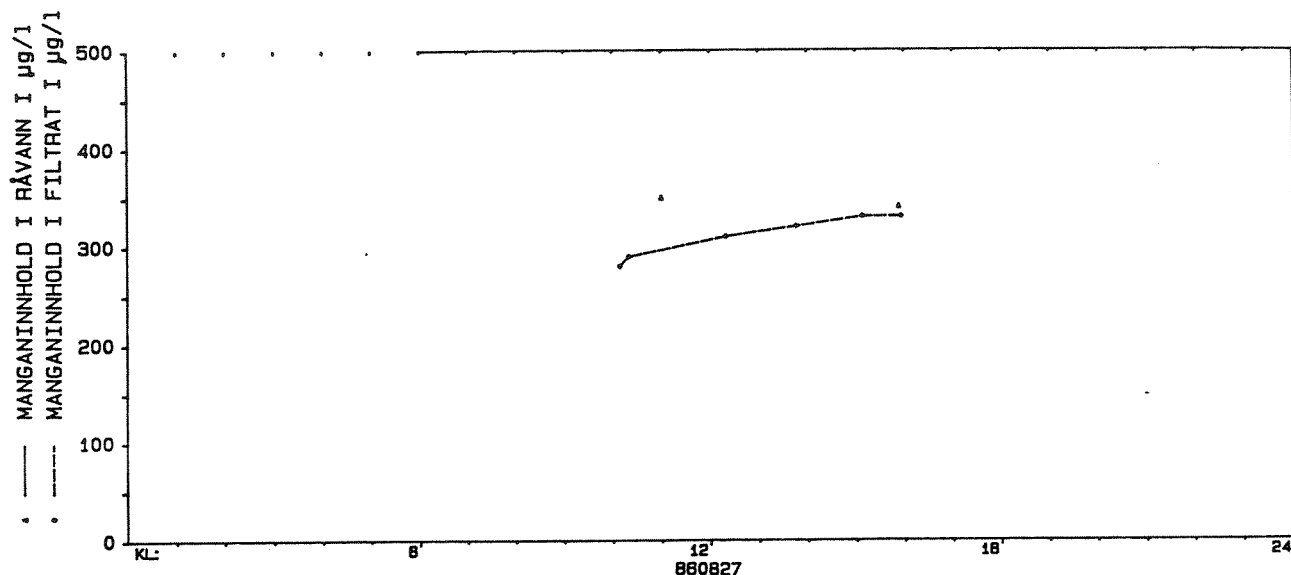
$$Y = 48.38 X + 5.15 \quad R = 0.99 \quad P \leq 0.001 \quad SD = 28.25$$

Figur 25. Sammenheng mellom turbiditet og jerninnhold i filtrat fra samleledningen.

#### 4.1.10. Mangan

Manganinnhold i råvannet ble målt til 350 og 340  $\mu\text{g/l}$  i råvannet, henholdsvis kl. 1100 og kl. 1555. Innholdet er betydelig høyere enn ved undersøkelsen i april. Avskillingen av mangan gjennom filterne er relativt beskjeden og prosentvise renseeffekter på kun 5-20 % oppnås i driftsperioden for filterne.

De laveste manganverdiene i filtratet tilsvarer nesten 3 ganger kvalitetskravene til drikkevann, som er 100  $\mu\text{g/l}$ .

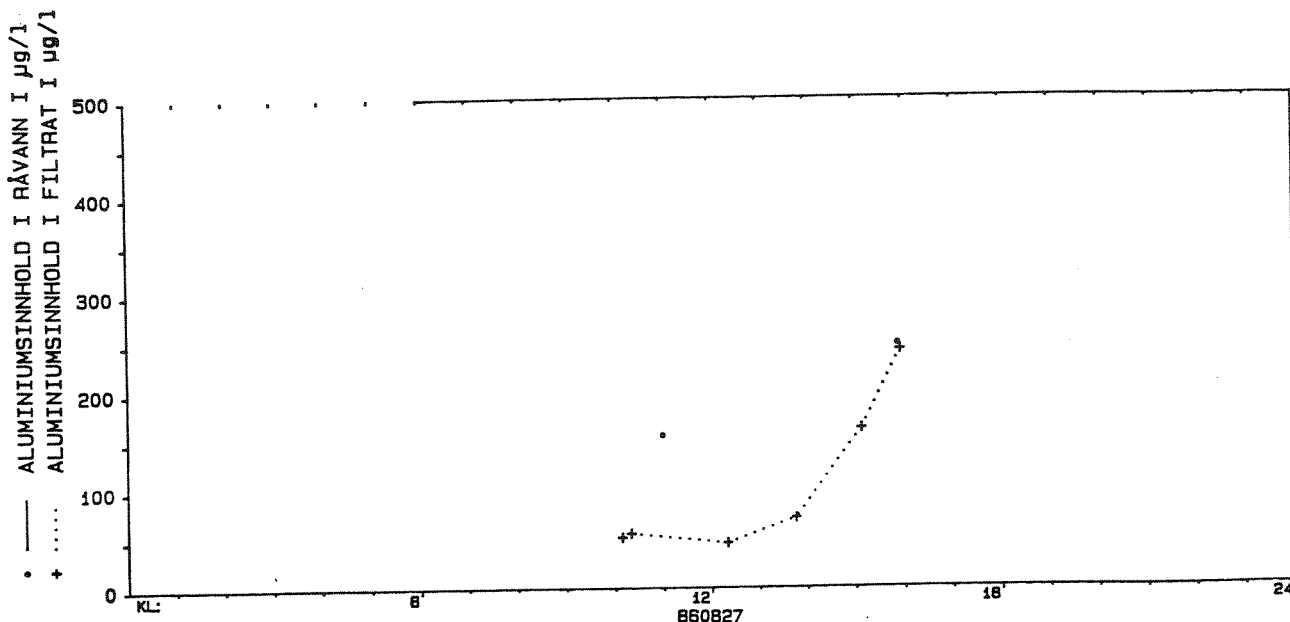


Figur 26. Manganinnhold i råvann og i filtrat fra samleledningen.

#### 4.1.11. Aluminium

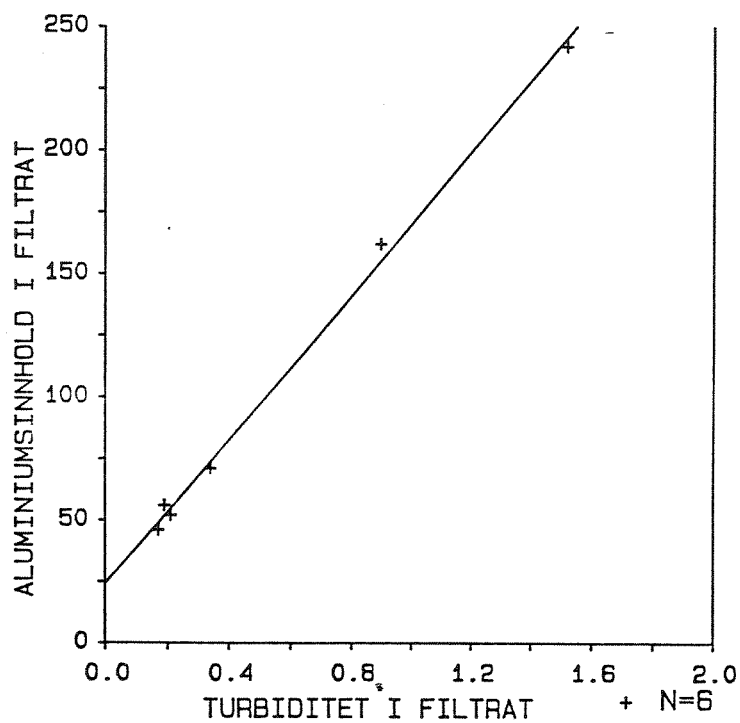
Aluminiumsinnholdet ble medtatt fordi tilsetning av aluminiumsulfat ofte fører til økt restkonsentrasjon i filtratet. Figur 27 viser resultatene.

Selv med økningen i aluminiumsinnholdet utover i driftsperioden holdes innholdet under 0,1 mg Al/l, som er helsemyndighetenes krav til fullrenset vann. Siden aluminiumsinnholdet er såvidt betydelig i råvannet oppnås faktisk en renseeffekt gjennom filtrene på 2,5-75 %.



Figur 27. Innhold av total aluminium i råvann i filtrat fra samleledningen.

Sammenhengen mellom turbiditet og totalt aluminiumsinnhold i filtrat fra samleledningen er angitt i figur 28. Resultatene viser at sammenhengen er ekstremt god og at turbiditet også kan benyttes som driftsindikator for nivået av aluminium. Også ved forrige undersøkelse var denne sammenhengen svært god. Men ved de lave turbiditetsverdiene var den noe dårlig. Nå er sammenhengen god også for de små turbiditetsverdiene. Ved undersøkelsen i april ble grenseverdiene brutt tidligere for aluminiumsinnhold enn for turbiditet. Ved nåværende undersøkelse er ikke aluminiumsinnholdet den begrensede faktoren for vannkvaliteten.

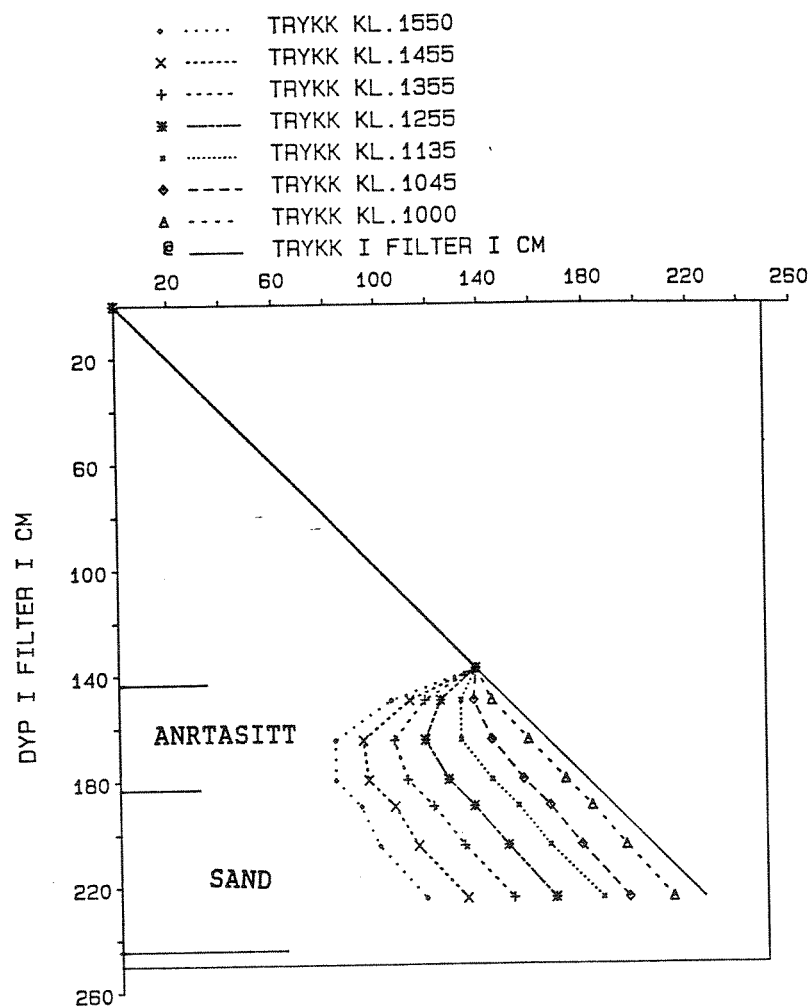


$Y = 145.67 X + 23.98$        $R = 1.00$        $P \leq 0.001$        $SD = 34.95$

Figur 28. Sammenhengen mellom turbiditet og aluminiumsinnhold i filtrat fra samleledningen.

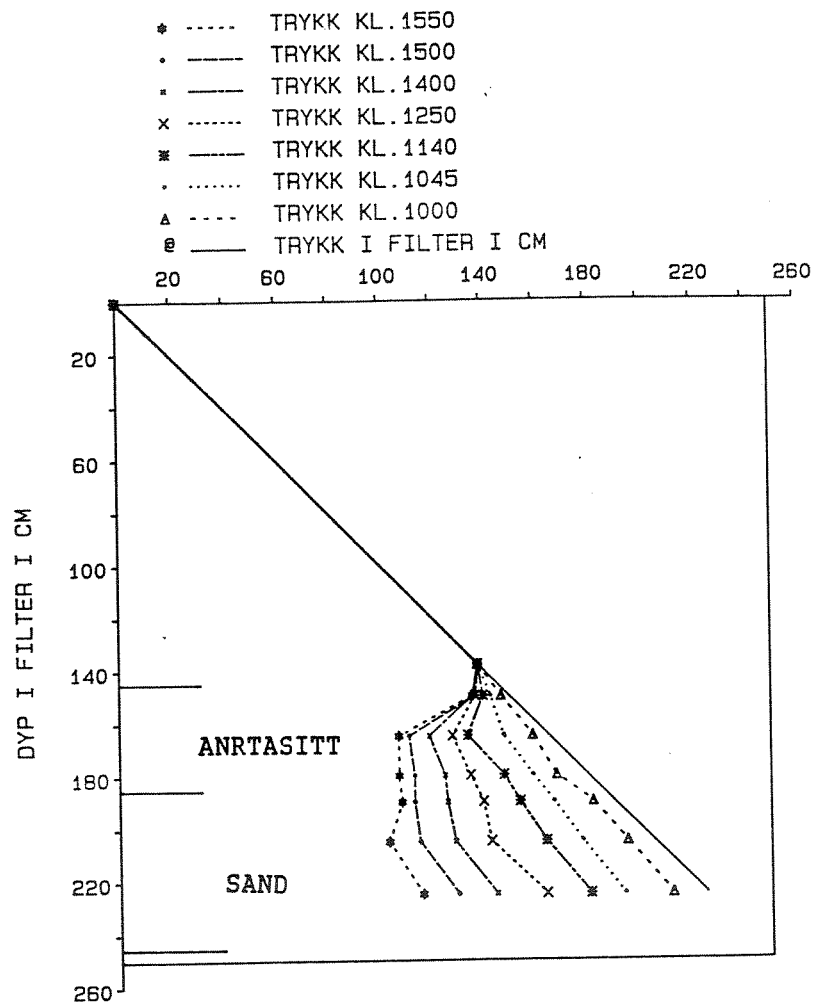
#### 4.1.12. Trykktap gjennom filterne

Trykktapet ble målt i ulike tidspunkt i syv forskjellige dybder i filterne 1 og 10. Figurene 29 og 30 angir resultatene.



Figur 29. Trykktap i filter nr. 1.





Figur 30. Trykktap i filter nr. 10.

Trykktapet gjennom filterene er i hovedsak forårsaket av slamakkumuleringen i filtermediet. Figur 29 viser at trykktapet og dermed slamlagringen i filter 1 i all hovedsak skjer i øverste del av anstrasittlaget. I svært liten grad forekommer slamakkumuleringen i sandlaget. Det fremgår også av figuren at svært god margin eksisterer før undertrykk forekommer i filtermediet.

I filter nr. 10 er derimot forløpet noe anderledes. I den første tiden skjer slamakkumuleringen også i dette filteret i øverste del av antrasittlaget. Utover i filtersyklusen trekker slamfronten nedover og mot slutten av filtersyklusen skjer også en betydelig slamakkumulering i sandlaget, særlig i øverste del.

Siden vannmåler ikke er installert for hvert enkelt filter har en ingen kontroll med hydraulisk belastning på de ulike filtre. Det kan derfor tenkes at belastningen er noe skjev mellom de ulike filtrene. I sammenligninger mellom trykktapet i de to filtre spiller vannstrømmen gjennom filtrene en stor rolle.

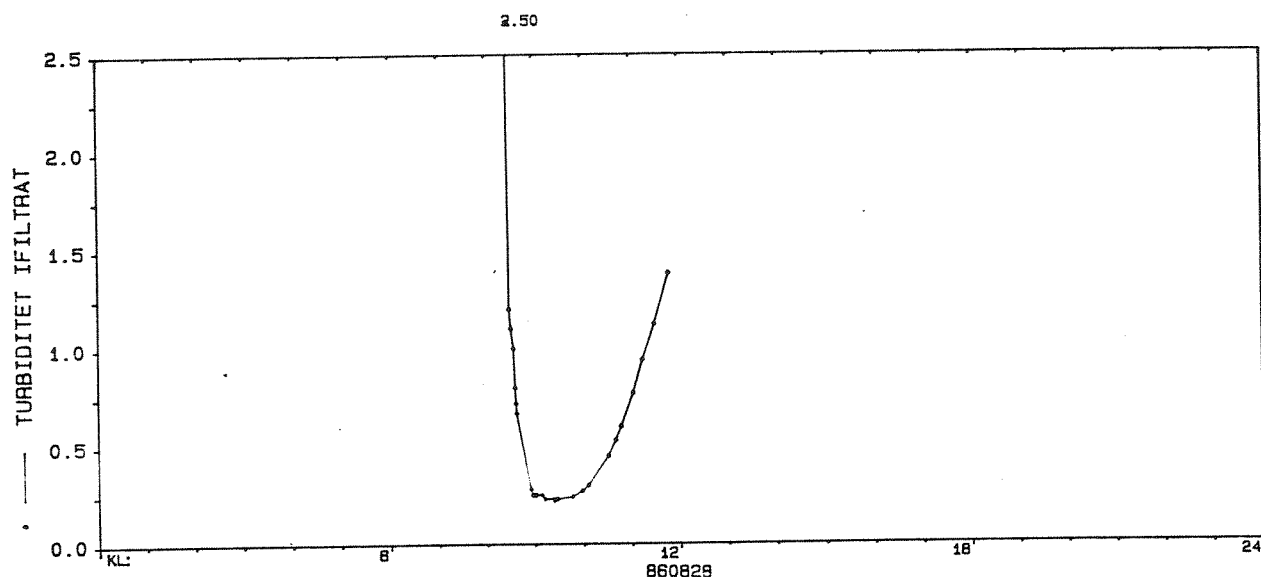
#### 4.2. Undersøkelse nr. 2

Undersøkelse nr. 2 har følgende data:

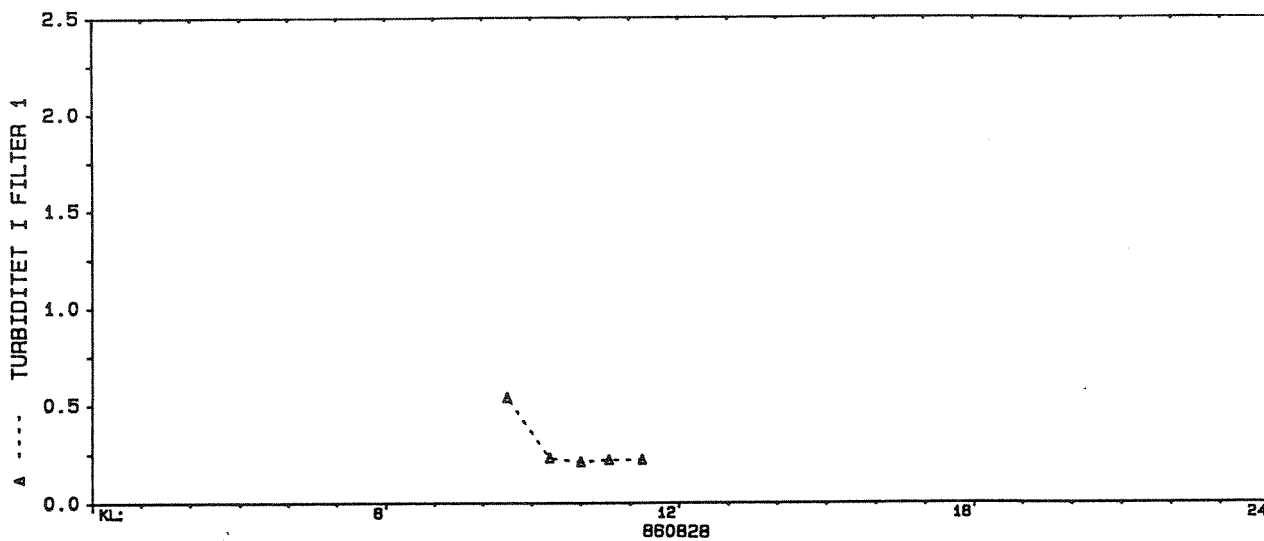
- Dato for undersøkelse: 28. november 1986
- Tidspunkt for vanntilførsel på filtrene: 0825
- Tidspunkt for avslutning: 1155
- Dosering av Magnafloc LT20: ingen
- Dosering av aluminiumsulfat: 25 mg/l
- Dosering av kullsyre: 50 mg/l

##### 4.2.1. Turbiditet

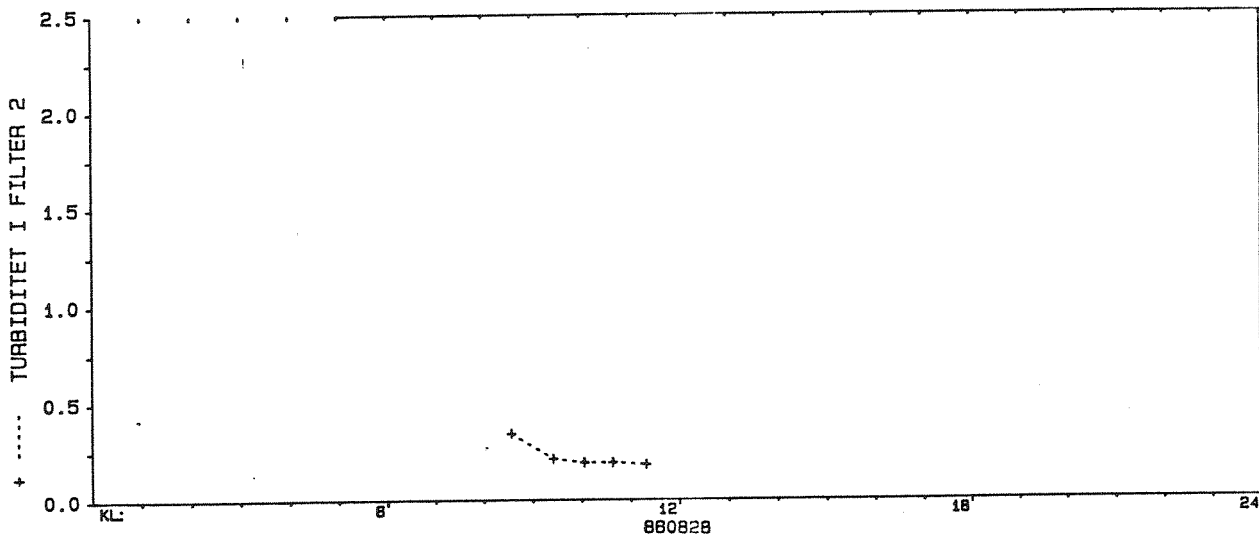
I råvannet ble turbiditet målt til 6,0 NTU ca. kl. 0800 og til 7,2 NTU kl. 1200. Figurene f.o.m. 31 t.o.m. 42 viser utvikling i turbiditet i filtrat fra samleledningen og filtrene f.o.m. 1 t.o.m. 10.



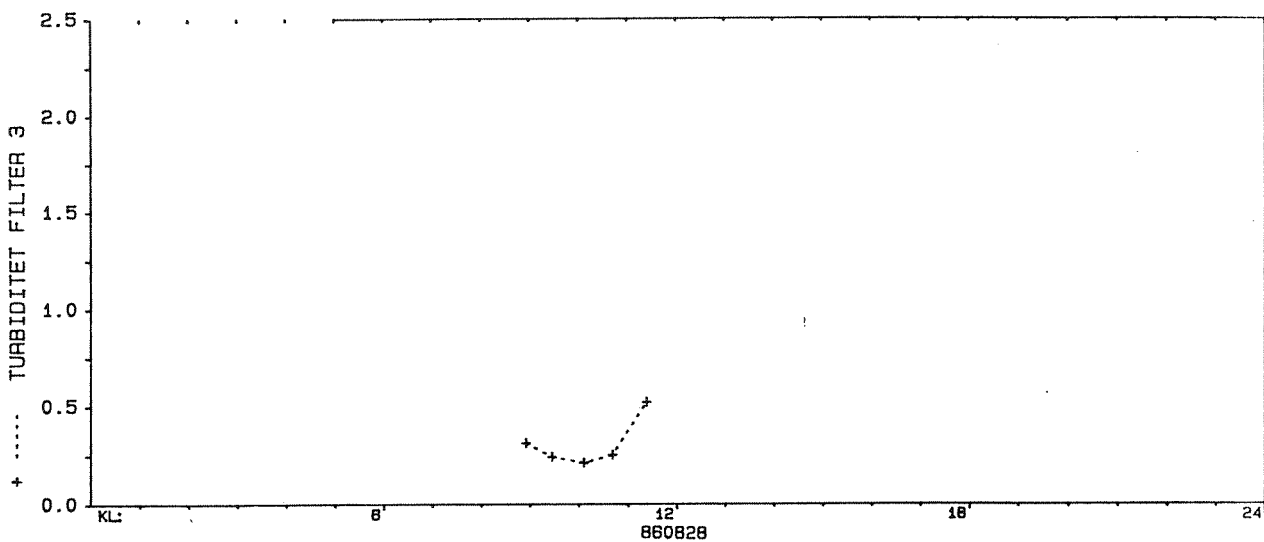
Figur 31. Turbiditet i filtrat fra samleledningen.



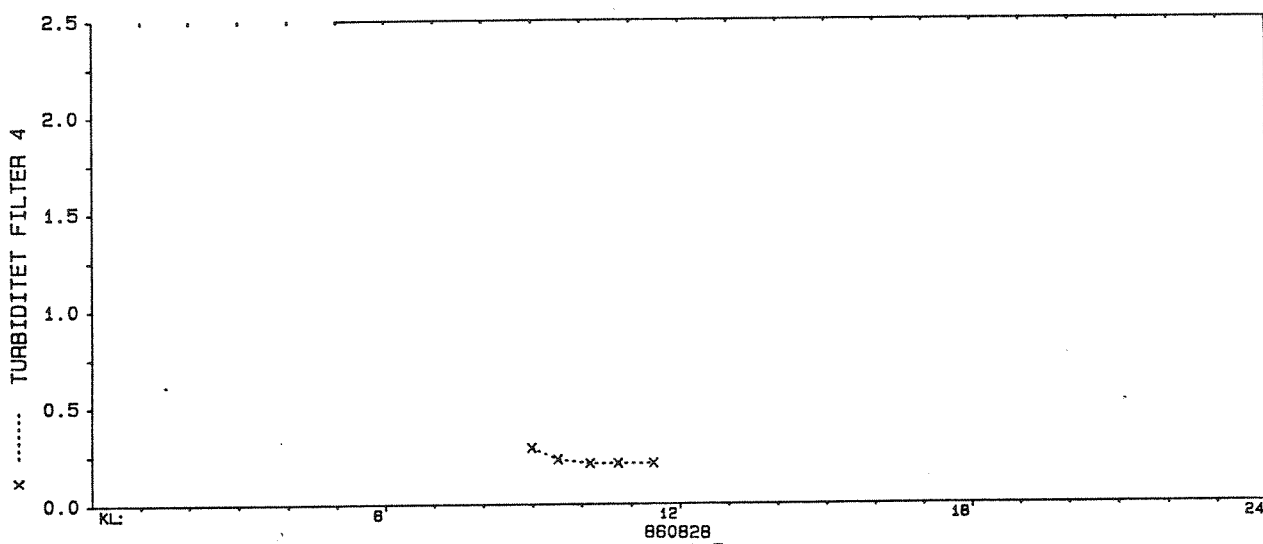
Figur 32. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1.



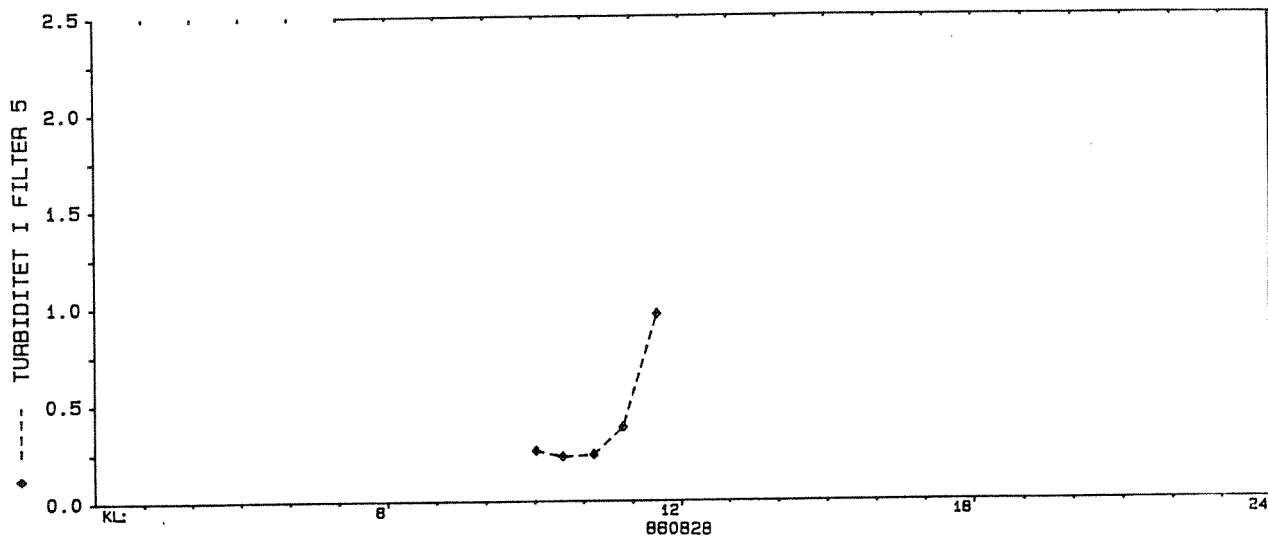
Figur 33. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2.



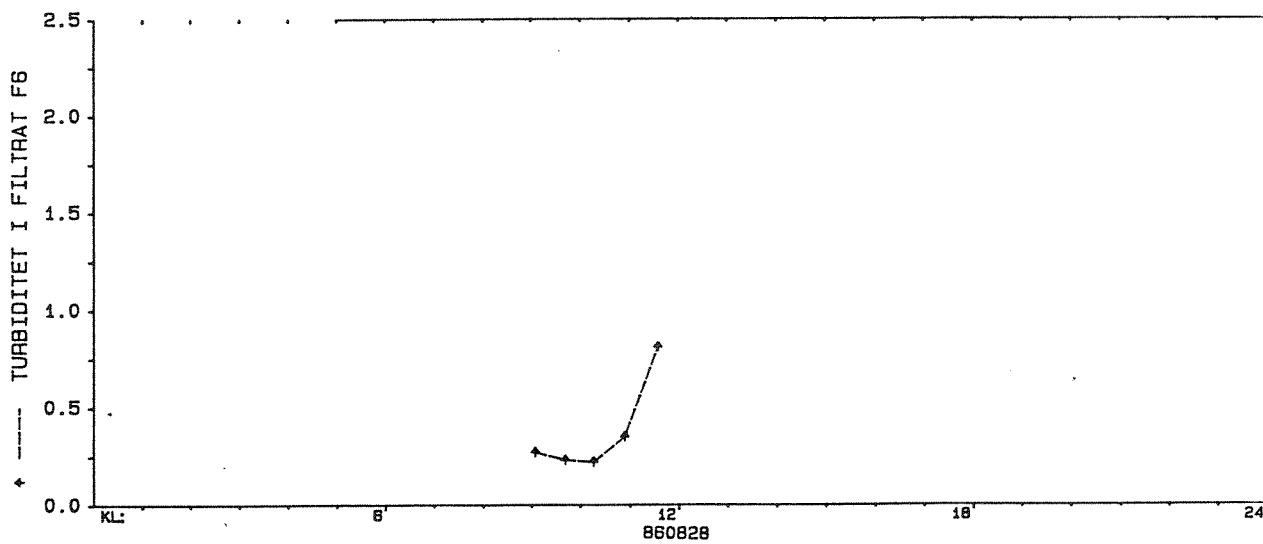
Figur 34. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3.



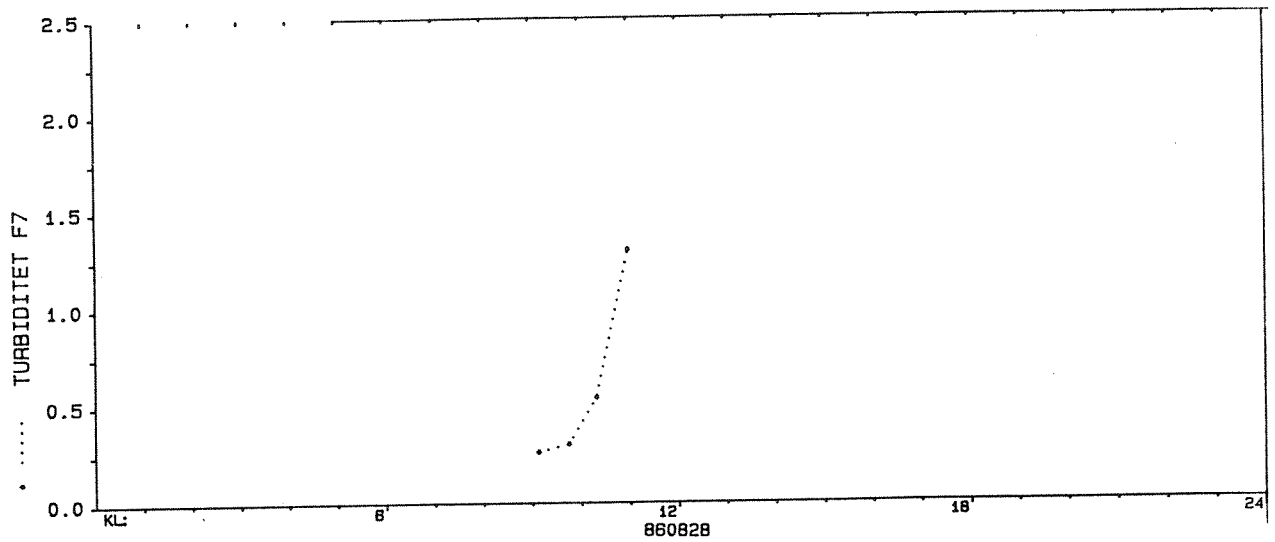
Figur 35. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4.



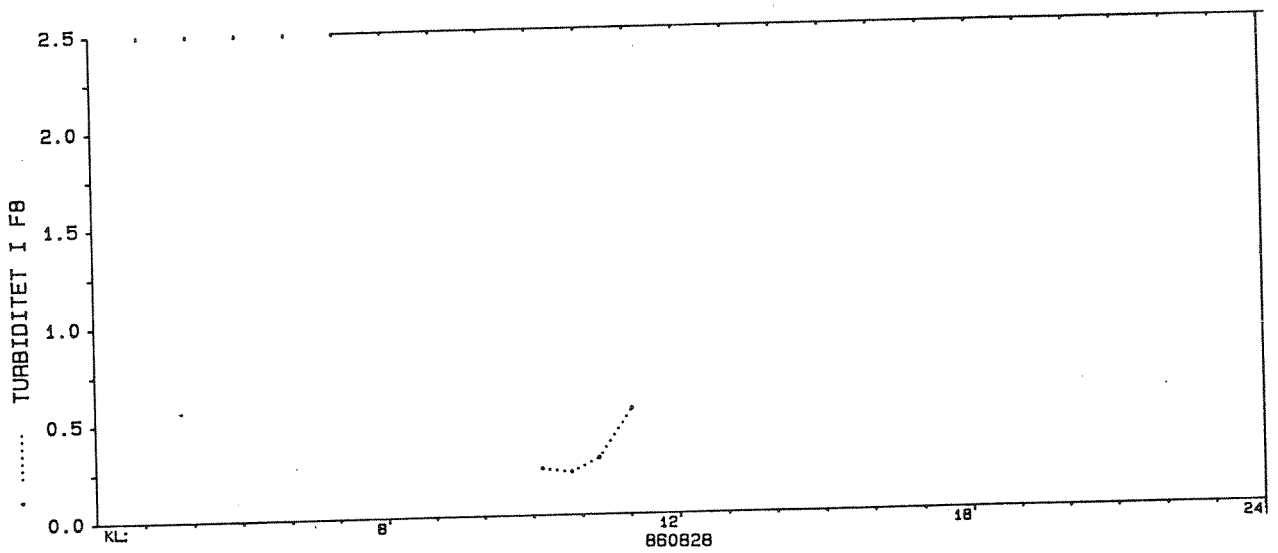
Figur 36. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5.



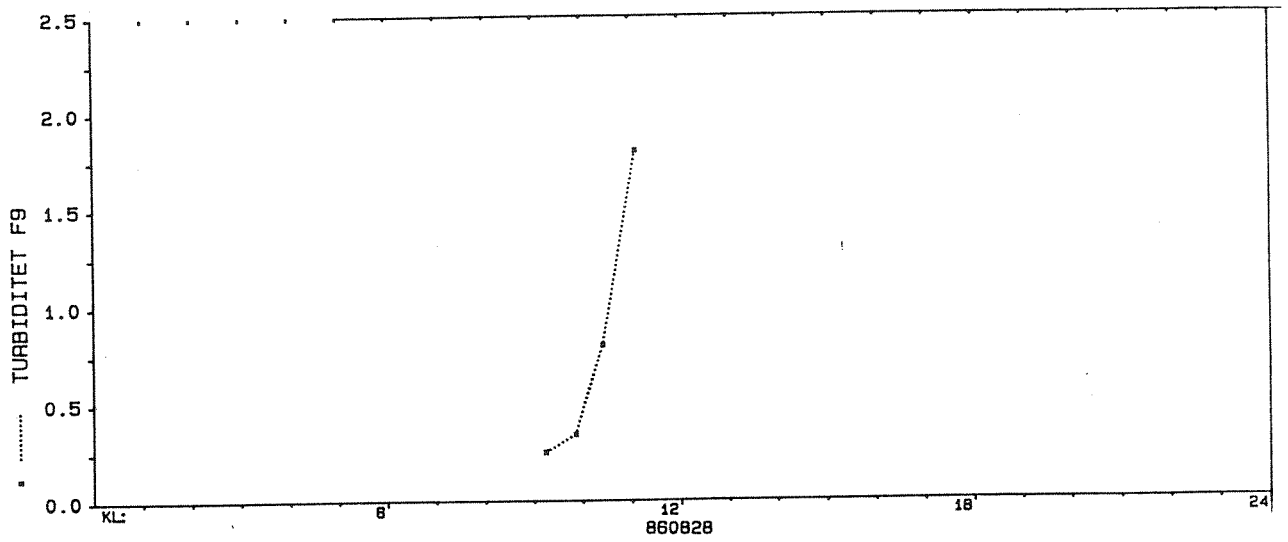
Figur 37. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6.



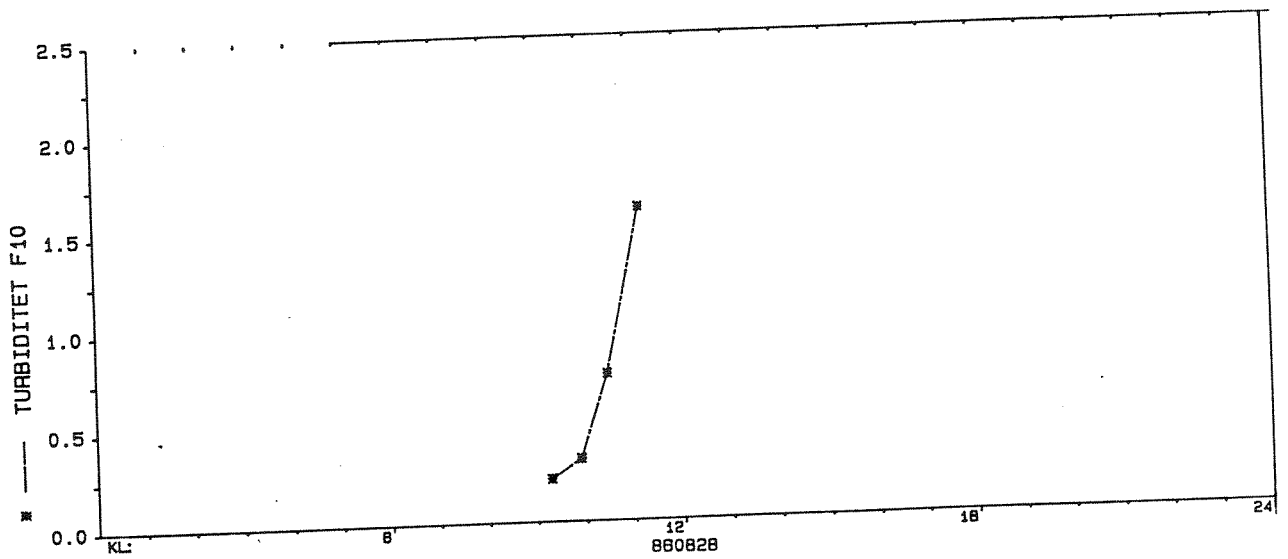
Figur 38. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7.



Figur 39. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8.



Figur 40. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9.



Figur 41. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10.

Kl. 0854 når turbiditetsverdiene under 0,3 NTU i filtratet fra samleledningen. Modningstiden for filtrene er 29 minutter, når helsemyndighetenes krav til turbiditet benyttes som kriterium. Modningstiden er 18 minutter eller 65 % lengre enn for undersøkelse nr. 1.

Allerede kl. 1006, etter 1 timer og 12 minutters driftstid når turbiditetsverdiene over 0,3 NTU. I denne periode oppnås ikke turbiditetsverdier under 0,22 NTU.

Også i denne undersøkelse er det store variasjoner i filtratet fra de forskjellige filtre. Også nå har filtrene 1, 2 og 4 de beste resultatene med turbiditetsverdier under 0,3 NTU.

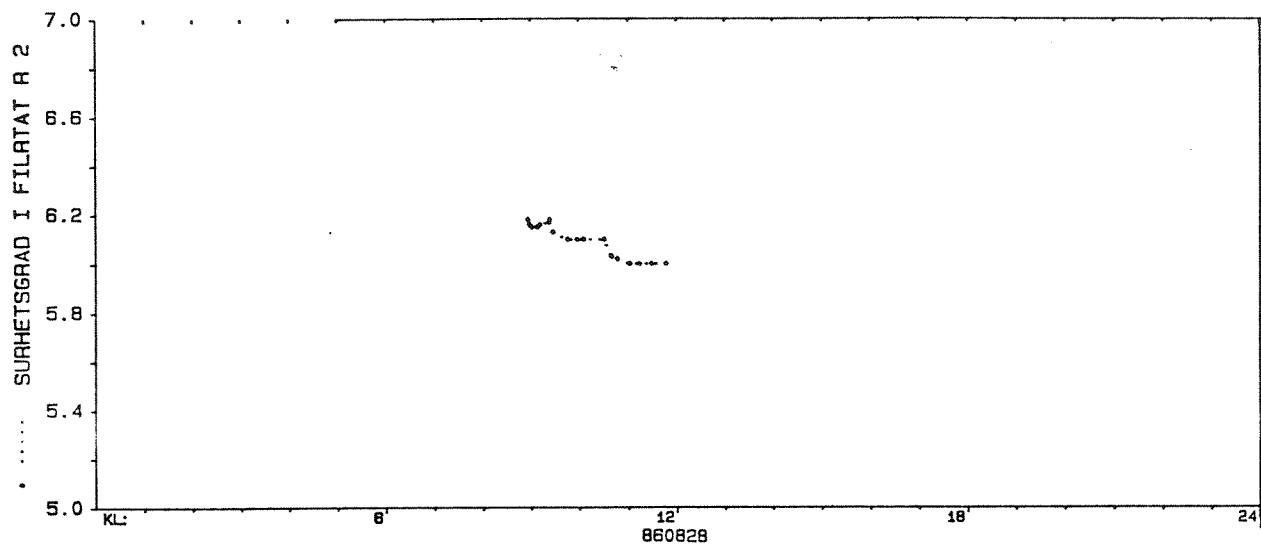
Filtrene 7 og 9 har også i denne undersøkelsen de dårligste resultatene. Filtrene 8 og 10 viser også rask utvikling mot høye turbiditetsverdier i filtratet.

En generell trend synes også nå å være at filtre med lavest nr. har best vannkvalitet. Videre synes også filtre med nr. av oddetall å ha noe dårligere filtrat enn filtre med nr. av like tall.

#### 4.2.2. Surhetsgrad

Figur 42 viser utviklingen i surhetsgrad i filtrat fra samleledningen. Resultatene viser pH-verdier mellom 6,0 og 6,2 med avtrappende trend utover i syklusen.

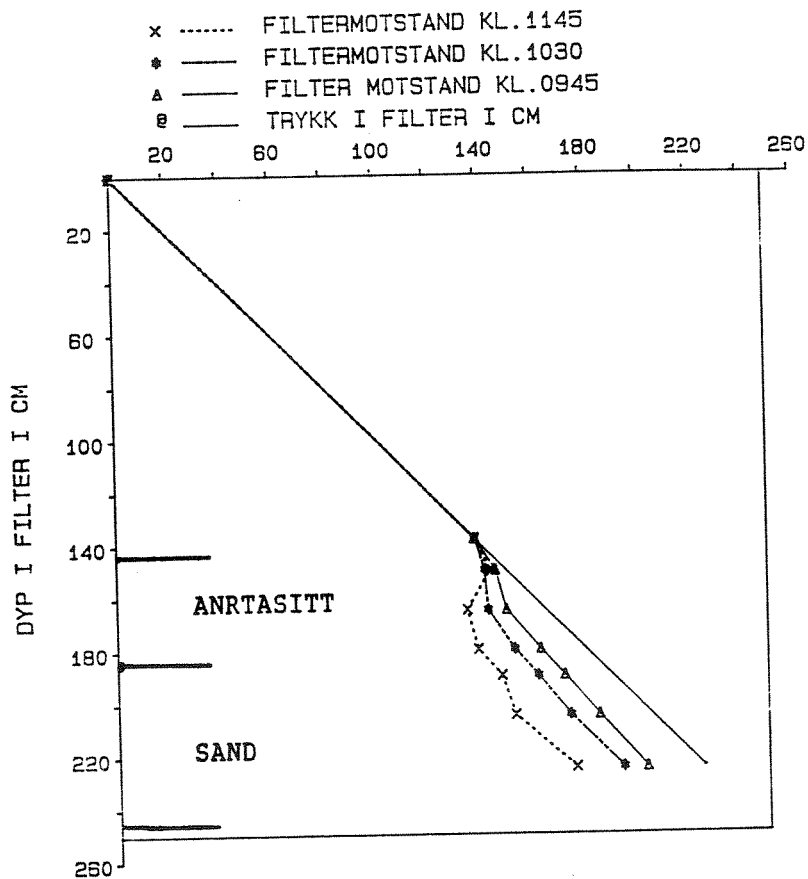




Figur 42. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen.

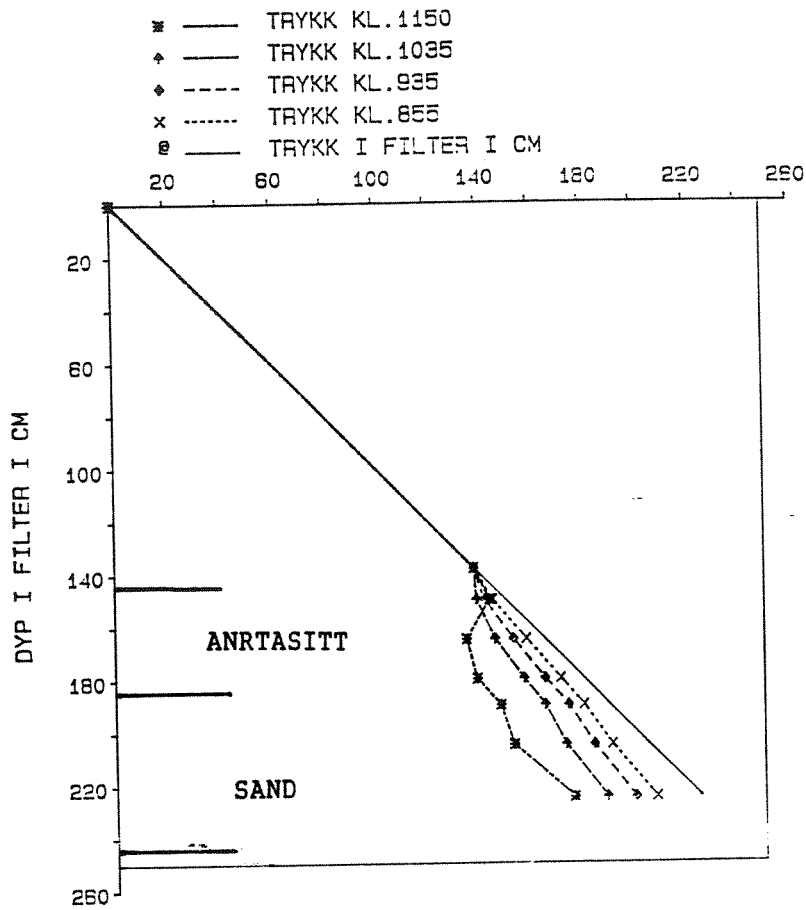
#### 4.2.3. Trykktap gjennom filtrene

Trykktapet gjennom filtrene 1 og 10 er angitt i figurene 43 og 44. Trykktapsutviklingen for de to filtrene er svært lik. Trykktapet i filtrene skjer i hovedsak i øverste del av antrasittlagene og indikerer at det meste av slamlagringen skjer her. På slutten av filtercyklusen skjer et visst trykktap og dermed slamlagring også i øverste del av sandlaget.



Figur 43. Trykktap i forskjellige dybder i filter nr. 1.

Ved avslutning av filtersyklusen er trykktapene gjennom filterne betydelig mindre enn ved undersøkelse nr. 1.



Figur 44. Trykktap i forskjellige dybder i filter nr. 10.

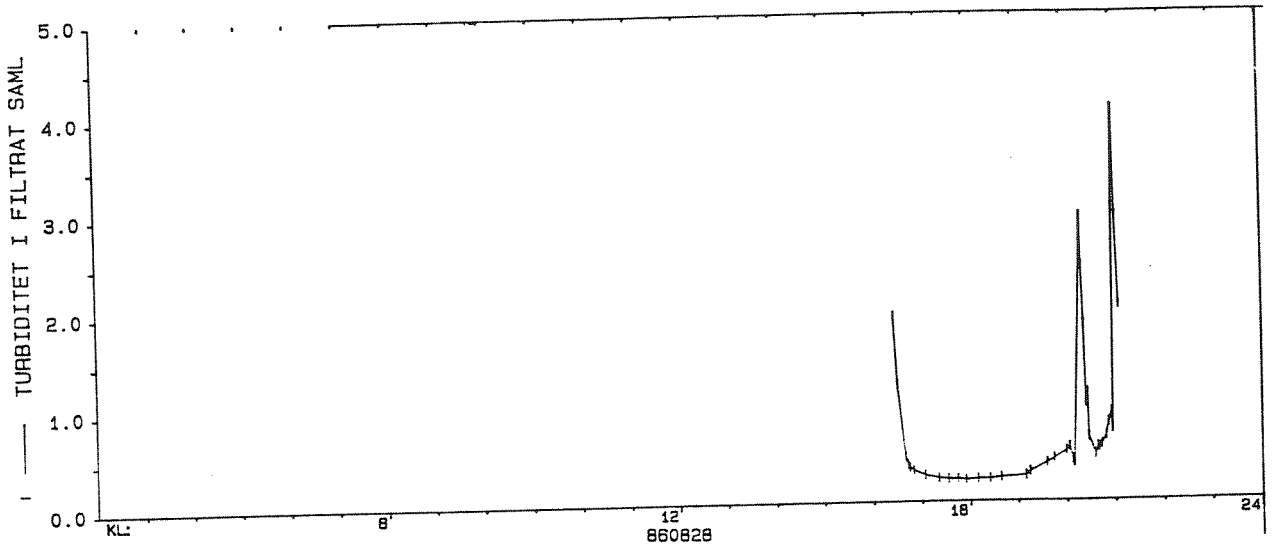
#### 4.3. Undersøkelse nr. 3

Undersøkelse nr. 3 har følgende data:

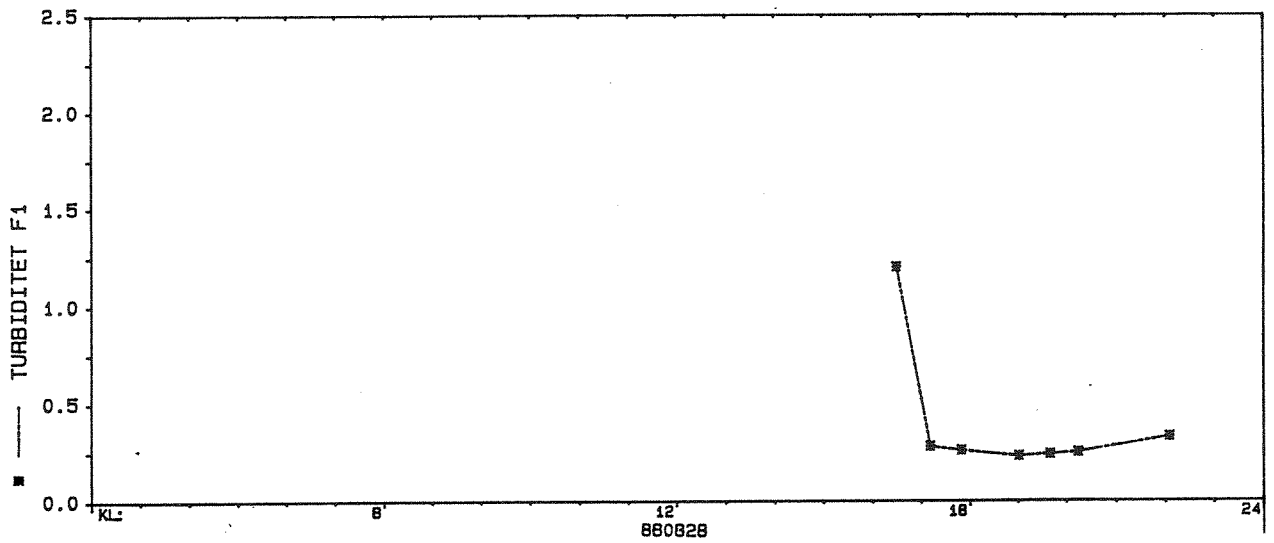
- Dato for undersøkelse: 28. november 1986
- Tidspunkt for vanntilførsel på filterne: 1623
- Tidspunkt for avslutning: 2220
- Dosering av aluminiumsulfat: 25 mg/l
- Dosering av Magnafloc LT20: 0,15 mg/l
- Dosering av kullsyre: 50 mg/l

##### 4.3.1. Turbiditet

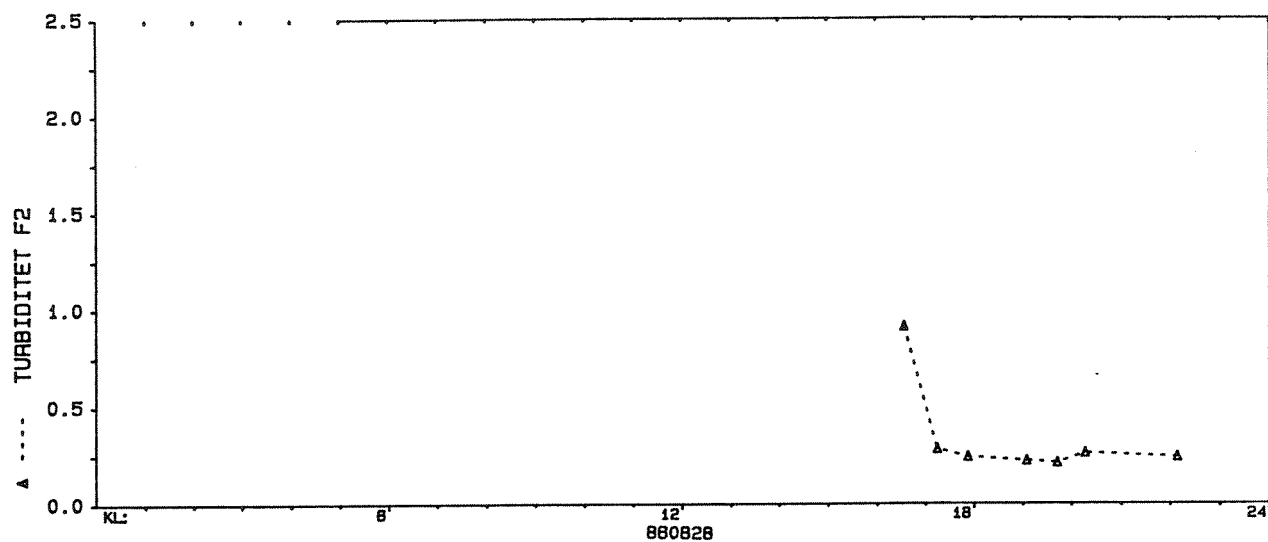
Råvannets turbiditet er som tidligere nevnt målt til 7,2 NTU kl. 1200. Figurene f.o.m. 45 t.o.m. 56 viser resultatene fra samleledningen og fra filterne f.o.m. 1 t.o.m. 10.



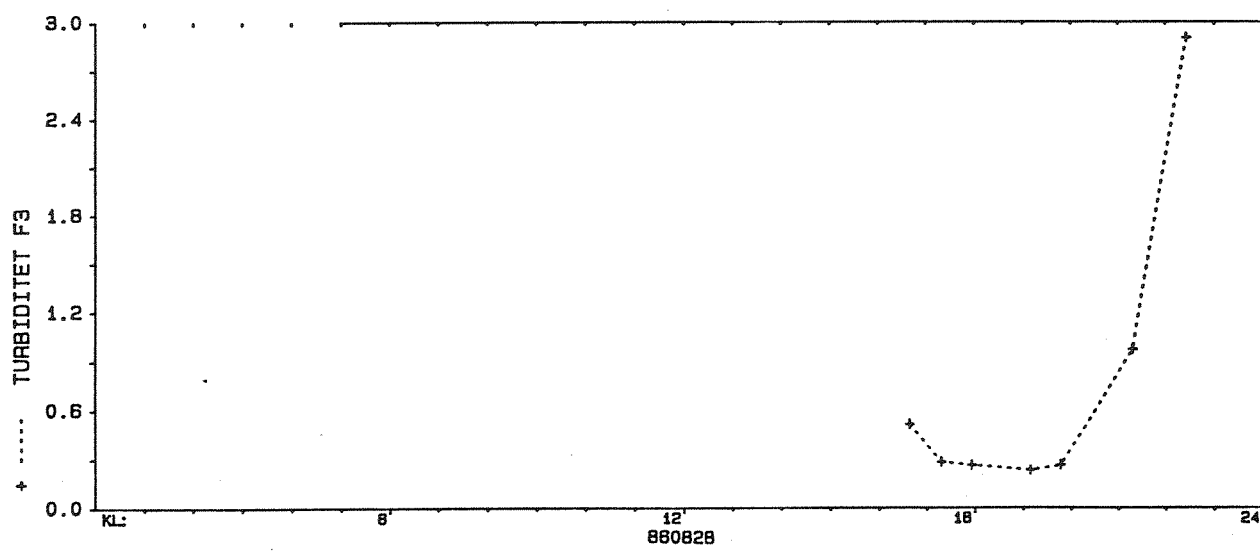
Figur 45. Turbiditet i filtrat fra samleledningen.



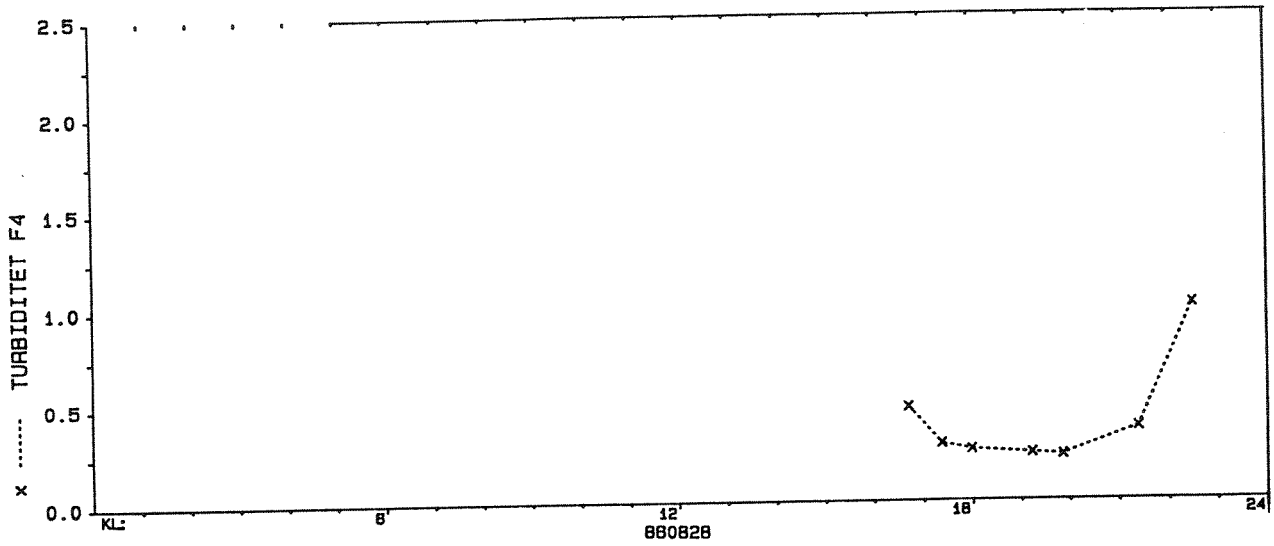
Figur 46. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1.



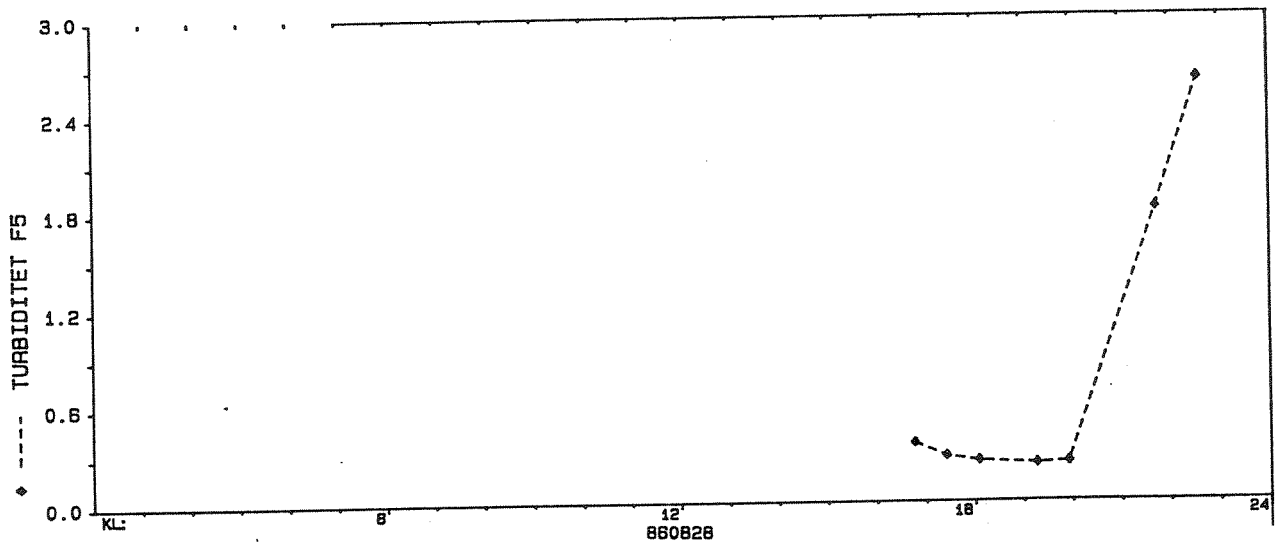
Figur 47. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 2.



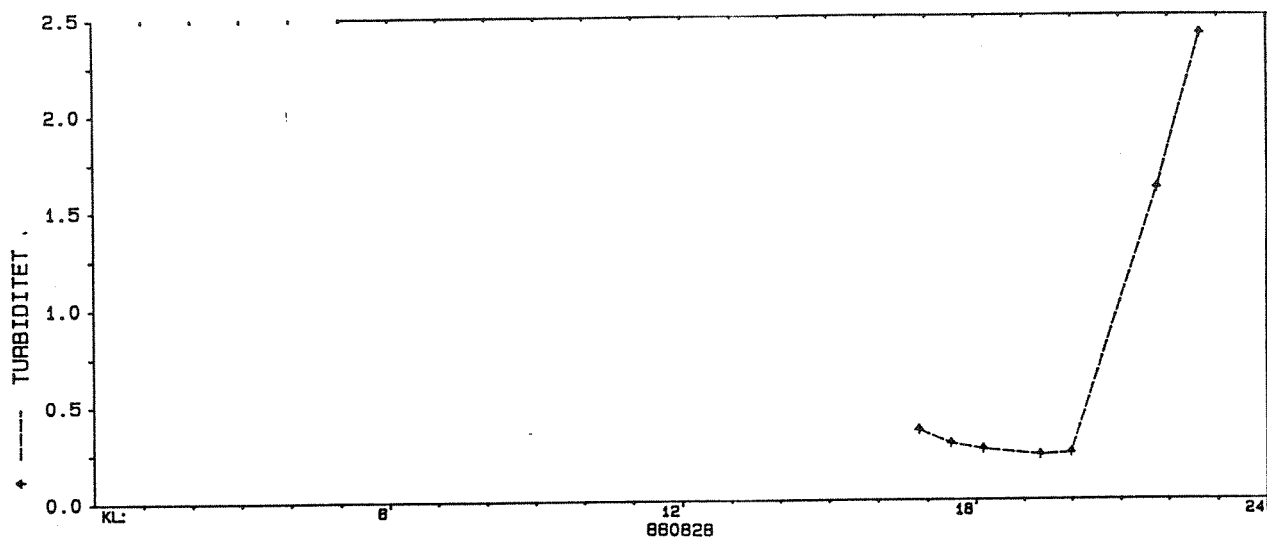
Figur 48. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 3.



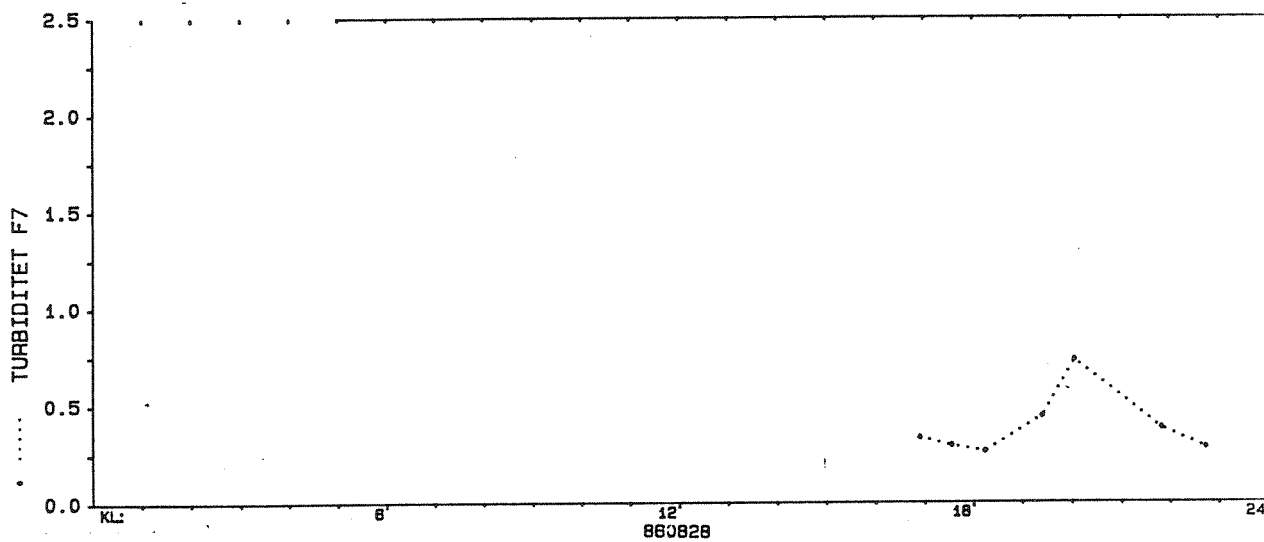
Figur 49. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 4.



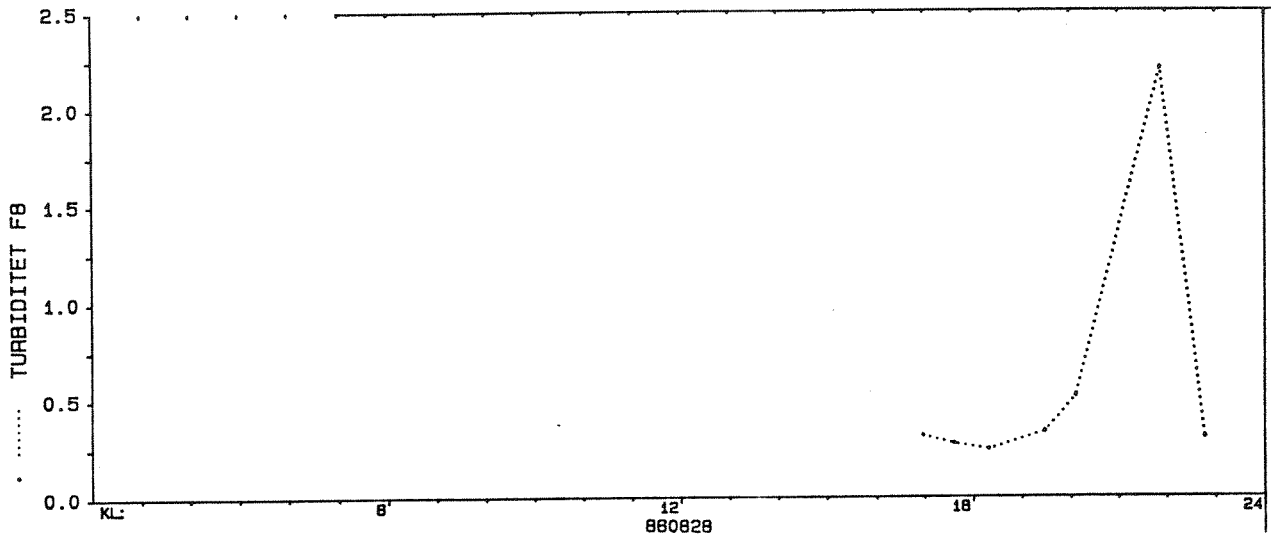
Figur 50. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 5.



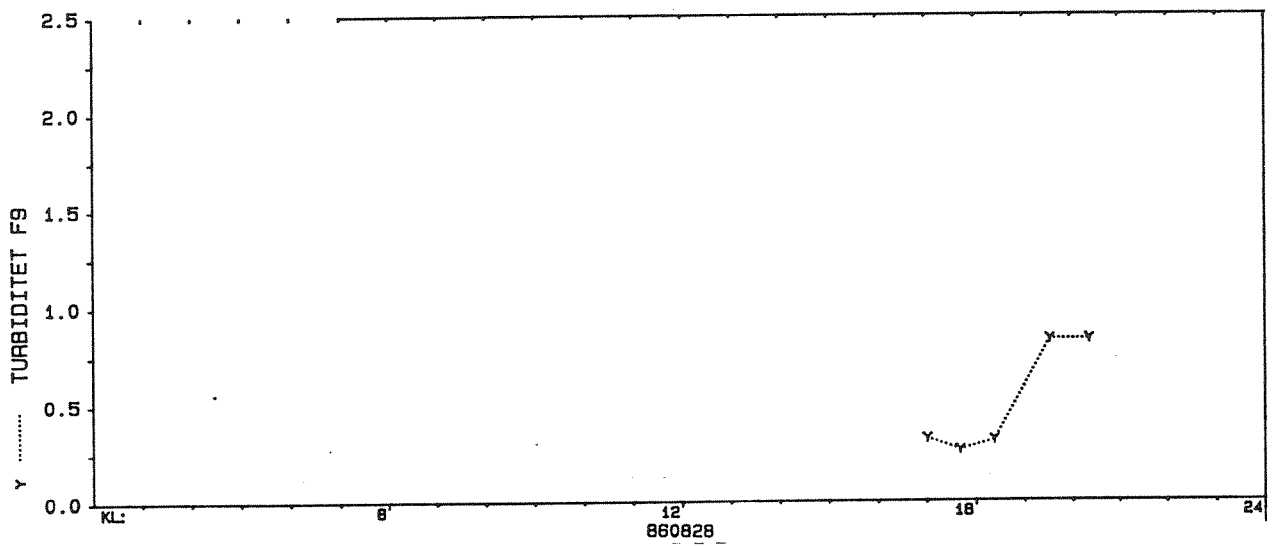
Figur 51. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 6.



Figur 52. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 7.

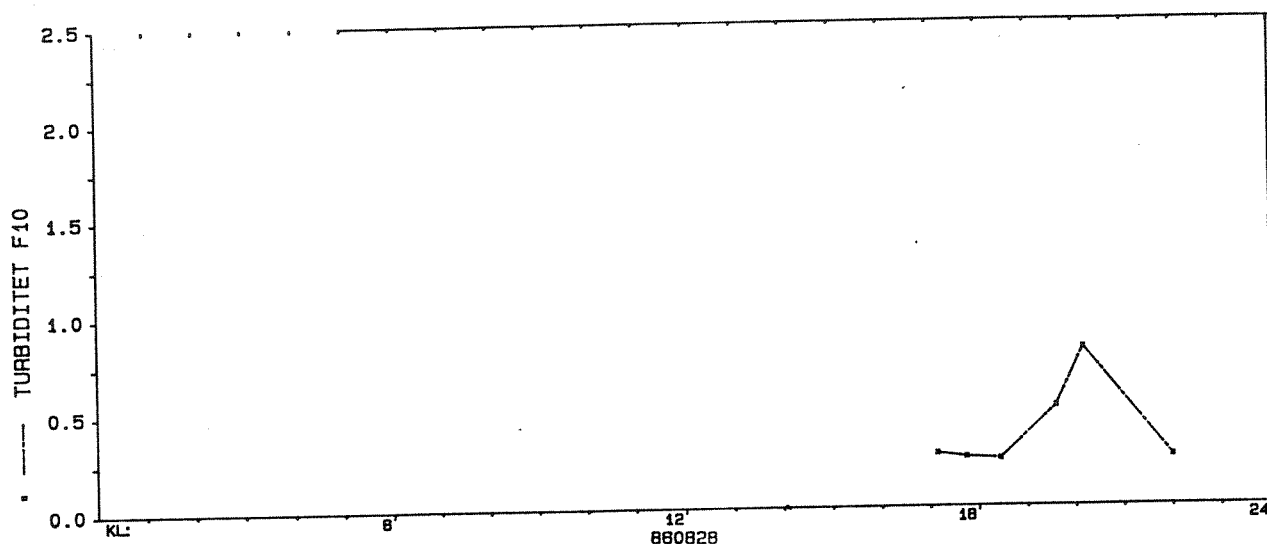


Figur 53. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 8.



Figur 54. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 9.





Figur 55. Turbiditet i filtrat fra filter nr. 10.

Kl. 1654 oppnås turbiditetsverdier under 0,3 NTU i filtrat fra samleledningen. Modningsperioden for filtrene, basert på turbiditet, er dermed 31 minutter.

De beste turbiditetsverdiene som oppnås i filtratet fra samleledningen i driftsperioden er 0,22 NTU. Kl. 1915, etter 2 timer og 20 minutters driftstid, stiger turbiditetsverdiene over 0,3 NTU.

På slutten av filtersyklusen erfares to topper i turbiditet til 2,4 NTU og 4 NTU, henholdsvis kl. 2021 og kl. 2101. Ca. 10 minutter før disse toppene i turbiditet inntreffer, tilbakespyles filtrene 9 og 10. Toppene i turbiditet samsvarer i stor grad med oppstartning av filtrene etter tilbakespylingen. Noe av årsaken til disse toppene kan derfor være modningsperioden for filtrene.

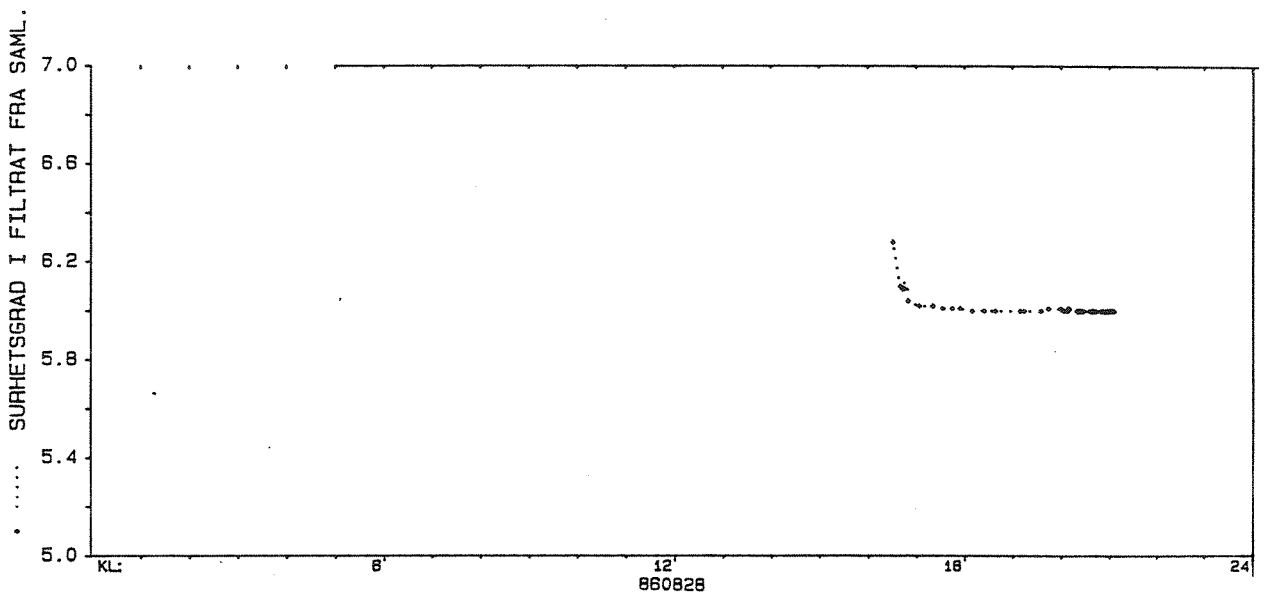
En mer vesentlig årsak til toppene i turbiditet kan muligens å være den automatiske reguleringsventilen ved utløpet av samleledningen. Etter tilbakespylingen av filterne er nivået i spylevannsbassengene lave og ventilen åpnes. Denne åpningen øker vannstrømmen gjennom filterne og fører til løsriving av akkumulert slam i filterne. Under turbiditetstoppene ble det flere ganger registrert åpning og lukking av denne reguleringsventilen.

Også i denne undersøkelsen varierer turbiditet i filtrat fra de forskjellige filtre. Mot slutten av filtersyklusen er filtratet betydelig influert av tilbakespylingene av filterne. Siden filtratet fra de enkelte filtre bare er målt med visse mellomrom kan det være litt tilfeldig om turbiditetsverdien er målt i perioder med høy eller lav turbiditet. Etter kl. 2000 kan det derfor være noe vanskelig å tolke disse data.

I all hovedsak vises samme trend som tidligere. Det beste filtratet har filterne med lavest filternr.

#### 4.3.2. Surhetsgrad

Figur 56 viser surhetsgrad i filtratet fra samleledningen.

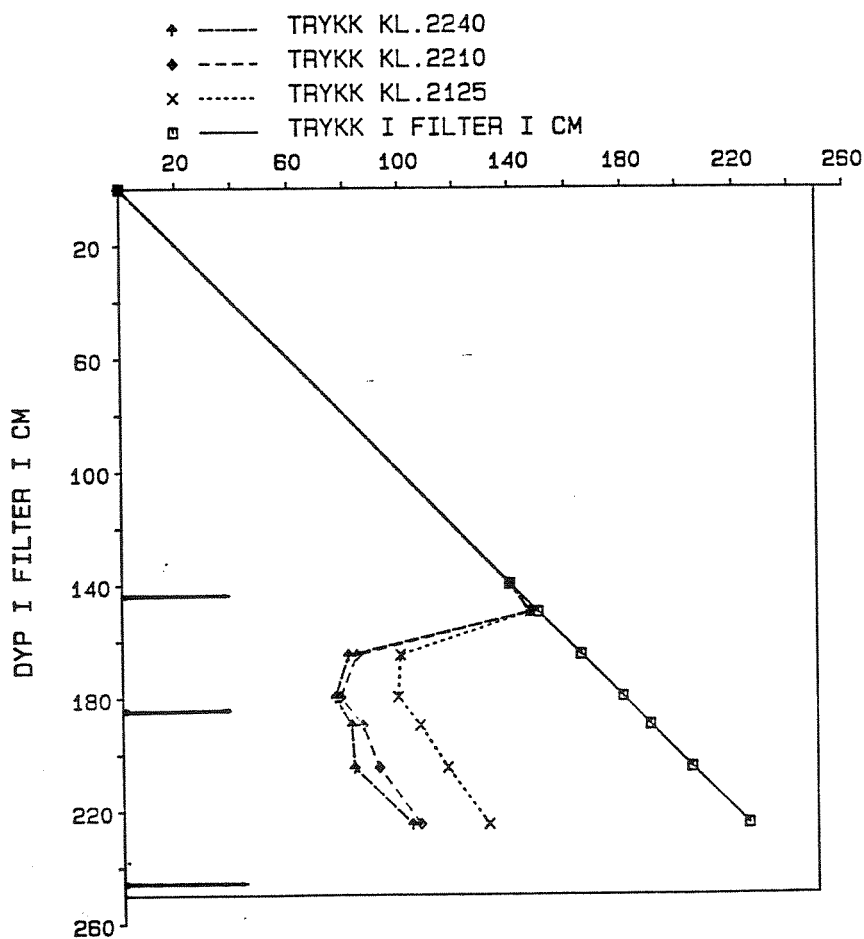


Figur 56. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen.

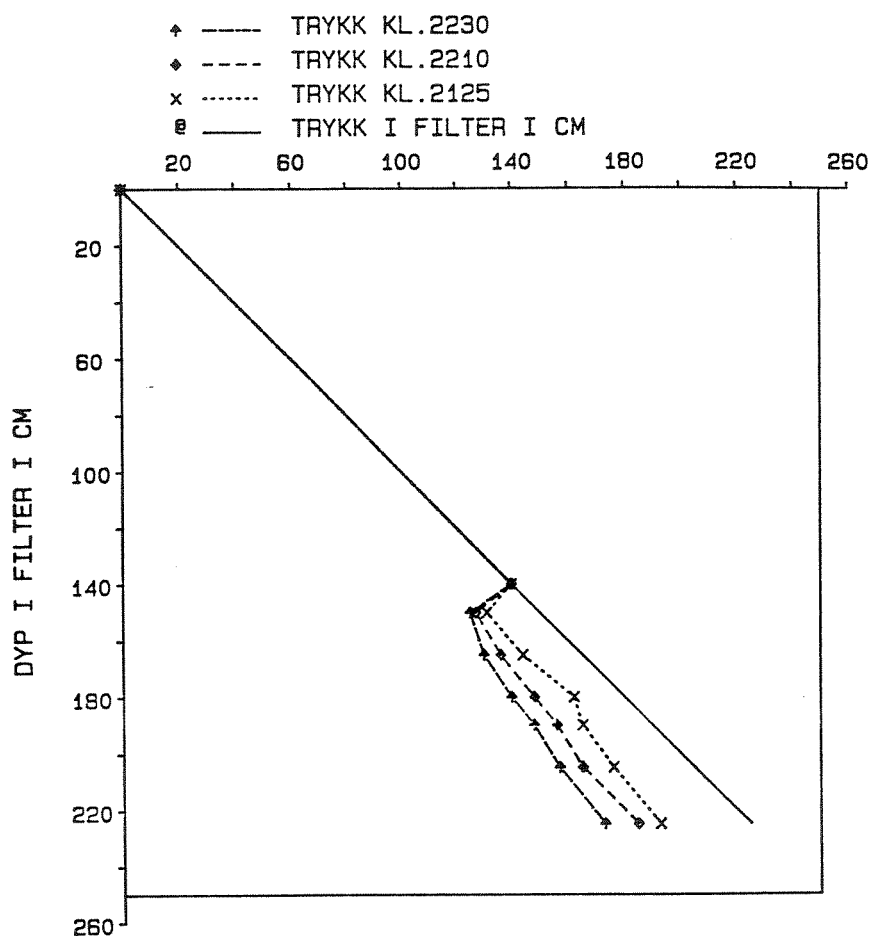
Etter en kort periode med noe høye pH-verdier registreres svært jevne verdier, litt over pH-6 i filtratet. De høye verdiene i begynnelsen av filtersyklusen er trolig forårsaket av tilbakespylingen av filtrene med alkalisert vann.

#### 4.3.3. Trykktap gjennom filtrene

Figurene 56 og 57 viser forløpet av trykktapet gjennom filtrene 1 og 10.



Figur 57. Trykk i filter nr. 1.



Figur 58. Trykk i filter nr. 10.

I filter nr. 1 skjer et betydelig trykkfall og dermed en stor slamakkumulering i antrasittlaget og særlig i øverste del. Noe utover i filtersyklusen lagres også noe slam i øverste del av sandlaget. I filter nr. 10 er slamakkumuleringen betydelig mindre. I denne undersøkelsen skjer også i all hovedsak slamakkumuleringen i øverste del av antrasittlaget. I begrenset grad foregår også slamakkumuleringen noe lengre nede i antrasittlaget og i sandlaget.

#### 4.4. Undersøkelse nr. 4

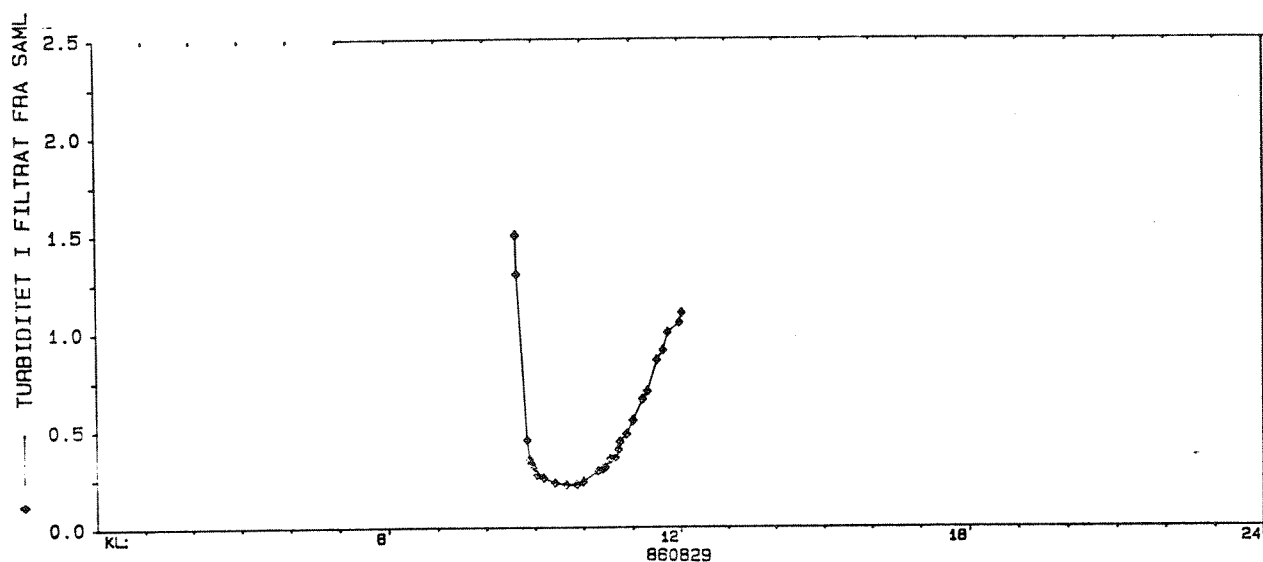
Undersøkelse nr. 4 har følgende data:

- Dato for undersøkelse: 29. november 1986
- Tidspunkt for vanntilførsel på filterne: 0835
- Tidspunkt for avslutning: 1205
- Dosering av aluminiumsulfat: 25 mg/l
- Dosering av Magnafloc LT20: 0,04 mg/l
- Dosering av kullsyre: 35-50 mg/l

##### 4.4.1. Turbiditet

Turbiditet i filtrat fra samleledningen er vist i figur 59. Kl. 0900 når turbiditetsverdien under 0,3 NTU og holder seg under dette nivået frem til kl. 1025. Modningstiden og driftstiden for filterne er dermed henholdsvis 25 minutter og 1 time og 25 minutter. For denne undersøkelsen er filternes modningstid betydelig lengre og filternes driftstid betydelig kortere enn for gunstigste undersøkelse.

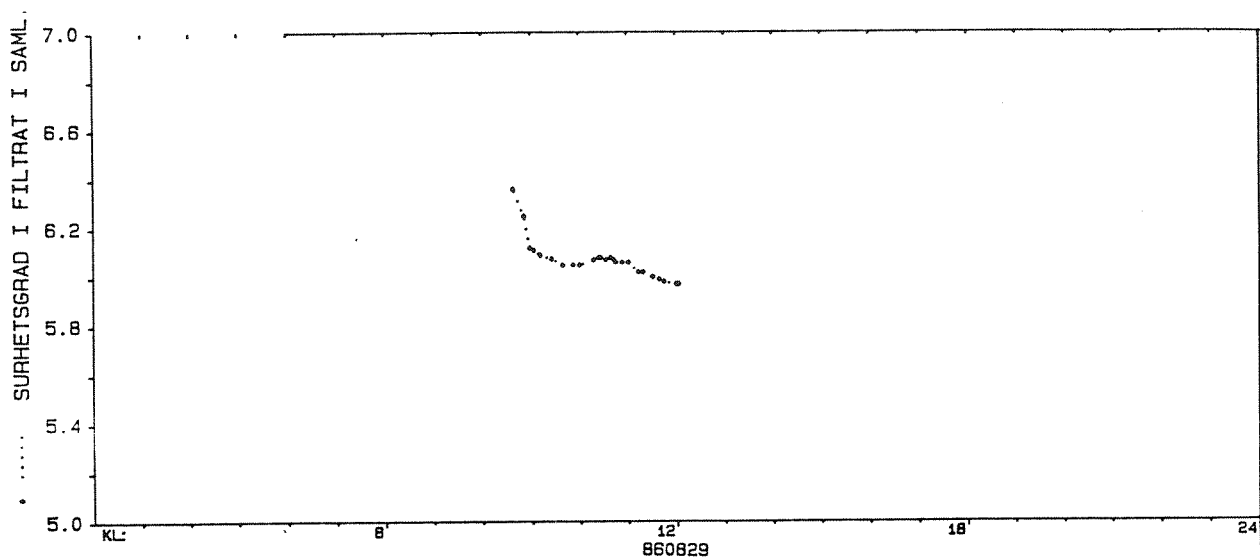
Turbiditetsutviklingen for de enkelte filtre er ikke presentert. Utviklingen for denne undersøkelse er imidlertid også svært lik de andre undersøkelsene. Filterne 1, 2 og 4 har best resultater, mens filterne 7 og 9 har dårligst resultater. Generelt har også nå filterne med lavest nr. best resultat og filterne med nr. av oddetall dårligere resultater enn filterne med like tall.



Figur 59. Turbiditet i filtrat fra samleledningen.

#### 4.4.2. Surhetsgrad

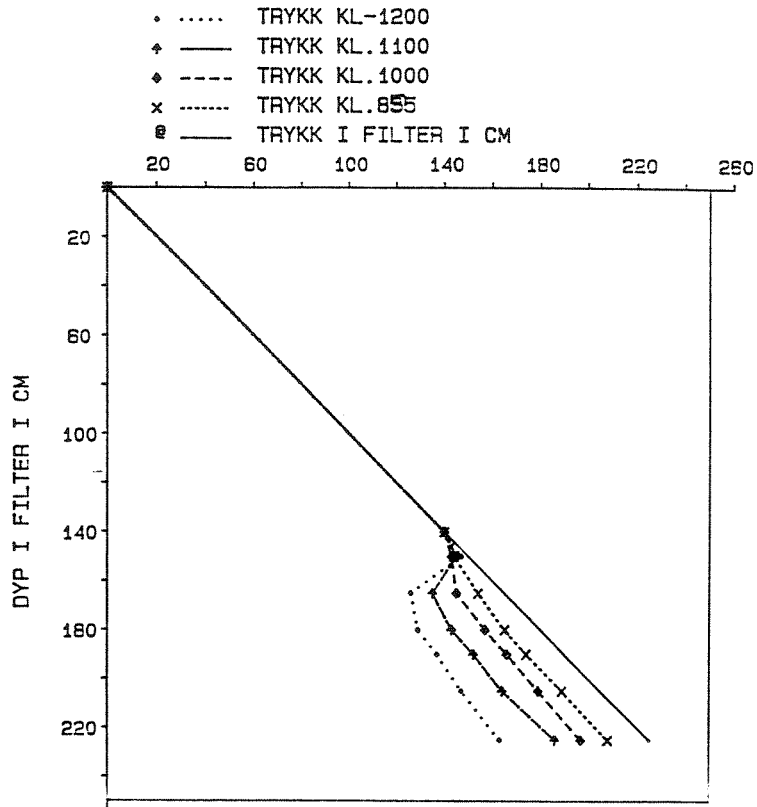
Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen er angitt i figur 60. I modningsfasen for filterne erfares en noe høy pH-verdi og en gradvis reduksjon utover i filtersyklusen. Som i de tidligere undersøkelsene er også dette trolig forårsaket av tilbaksepyling med alkalisert vann. Variasjoner i pH-verdiene utover i undersøkelsen har sammenheng med endringer i dosering av kullsyre.



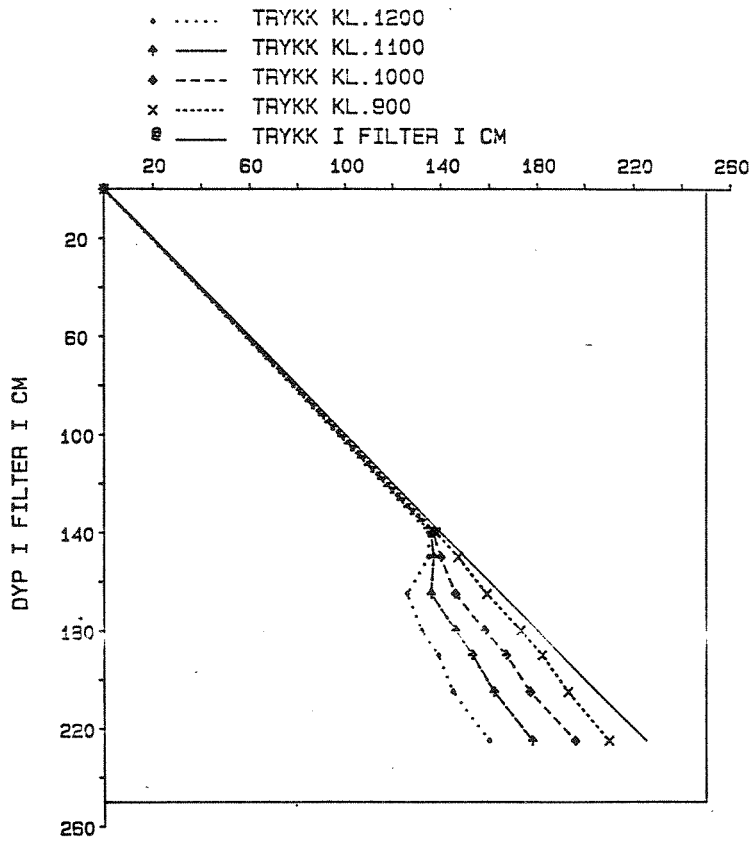
Figur 60. Surhetsgrad i filtrat fra samleledningen.

#### 4.4.3. Trykktap gjennom filtrene

Figurene 61 og 62 viser trykktapene gjennom filtrene 1 og 10. I hovedsak er forløpet i trykktapet relativt likt for de to filtre i denne undersøkelsen. Trykktapet og dermed slamakkumuleringen foregår også nå i hovedsak i den øverste del av antrasittlagene. I noen grad skjer også en viss slamlagring lengre nede i antrasittlagene og i sandlagene.



Figur 61. Trykktap gjennom filter nr. 1.



Figur 62. Trykktap gjennom filter nr. 10.



#### 4.5. Forsøk med økt hydraulisk belastning

I denne undersøkelsen ble hydraulisk belastning økt til 2.500 m<sup>3</sup>/h som tilsvarer en overflateshastighet på 10 m/h. Dosering av Magnafloc LT 20, og aluminiumsulfat var henholdsvis 0,10 mg/l og 25 mg/l. Dosering av kullsyre ble variert mellom 45 og 50 mg/l

Det ble ikke oppnådd turbiditetsverdier under 0,31 NTU i denne undersøkelsen, så detaljerte resultatene fra undersøkelsen presenteres ikke. Men resultatene viser at belastningen på anlegget ikke kan økes ved overnevnte doseringer under gjeldene forhold.

#### 4.6. Innledende forsøk med filtermedium av mindre kornstørrelser

For å få et inntrykk om mindre kornstørrelser kunne være mer egnet som filtermedium ble en filterkolonne kjørt parallelt med de andre undersøkelsene. Filtermediene var sand med kornstørrelser mellom 0,90 og 1,2 mm i samme dybde som for hovedfiltrene. Ubrukt antrasitt fra VIVs lager ble frasortert hele fraksjonen over 4 mm og 50 % av fraksjonen over 3,15 mm. Prosessvann ble pumpet fra bassenget over filtermediet i filter nr. 10. En ventil på utløpet fra filteret regulerte vannstrømmen i filteret. For mye pumpet vann rant ut av kolonna over filtermediet i samme høyde som overløpsrennene i de store filtrene. Filterhastigheten ble holdt så nær 8 m/h som praktisk mulig.

Enkeltresultatene fra undersøkelsen presenteres ikke. Det ble imidlertid ikke oppnådd så lave turbiditetsverdier i filterkolonna som i de store filtrene.

#### 4.7.. Innledende forsøk med aktivt-kull

Det ble også gjort noen innledende forsøk med en aktiv-kull for etterbehandling av filtratet fra samleledningen fra filtrene. Tabell 1 angir resultatene.

Tabell 1. Farge, turbiditet, TOC, jern, mangan og aluminium i råvann og i filtrat fra samleledningen og aktiv-kull-filtre.

Parameter	Farge	Turb.	TOC	Jern	Mangan	Aluminium
Enhet	mg Pt/l	NTU	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Råvann	22	7,2	6,6	390	300	147
Filtrat fra samleledningen	3,7	0,46	3,0	22	280	149
Filtrat fra aktiv-kullfilteret	< 1	0,16	0,5	14	350	17
Renseeffekt gjennom kull-filtret i %	> 75	65	83	36	- 20	89

Prøvene er tatt noe ute i perioden for filtergjennombrudd i undersøkelse nr. 3. Resultatene viser meget gode renseeffekter for farge, turbiditet, TOC, jern og aluminium. Særlig er resultatene gode for TOC, som er vanskelig å oppnå gode resultater for i direktefiltreringsanlegg. Det må dog bemerkes at renseeffektene for aktiv-kull-filtrene ofte er høye, like etter innkjøring. Renseeffektene kan reduseres en del etter en tids drift.

Disse innledende undersøkelsene tyder på at aktiv-kull-filtrering kan være en egnet behandlingsmetode og at videre undersøkelser bør gjennomføres.

## 5. NETTO VANNPRODUKSJON

Siden vannkvaliteten varierer betydelig gjennom filtersyklusen forekommer en sammenheng mellom anleggets netto vannproduksjon og filtratets kvalitet. I driften av et direktefiltreringsanlegg forekommer alltid et kompromiss mellom netto vannproduksjon og filtratets kvalitet. Anleggets netto vannproduksjon er ikke noe helt entydig begrep. I det etterfølgende er følgende formel benyttet:

$$Q_n = \frac{Q_B \cdot T_D - Q_T \cdot T_T \cdot 10}{(T_M + T_D + T_T + T_A)}$$

- $Q_n$  = netto vannproduksjon i  $m^3/h$
- $Q_B$  = hydraulisk belastning i  $m^3/h$
- $Q_T$  = tilbakespylingsvannmengde i  $m^3/h$
- $T_D$  = filtrenes gjennomsnittlige driftstid i minutter
- $T_T$  = filtrenes tilbakespylingstid med vann i minutter
- $T_M$  = filtrenes modningstid i minutter
- $T_A$  = medgått tid for tilbakespyling med luft, ventilmanøvrering i forbindelse med tilbakespyling m.v.

- $Q_B$ :  $2.000 m^3/h$
- $Q_T$ :  $1.100 m^3/h$
- $T_D$ : 4 timer for undersøkelse nr. 1 og 1 time og 40 minutter for undersøkelsen i april.
- $T_T$ : Varierer mellom 5 og 15 minutter avhengig av krav til filtrenes renhet. For beregningen benyttes 7,5 minutter.
- $T_M$ : 40 minutter for undersøkelsen i april og 11 minutter for undersøkelse nr. 1.
- $T_A$ : 3 minutter.

For undersøkelsen i april utregnes følgende netto vannproduksjon:

$$Q_n = \frac{2.000 \cdot 100 - 1.100 \cdot 7,5 \cdot 10}{40 + 100 + 7,5 + 3} = 780 m^3/h$$

For nåværende undersøkelse nr. 1 er følgende netto vannproduksjon utregnet:

$$Q_n = \frac{2.000 \cdot 240 - 1.100 \cdot 7,5 \cdot 10}{(11 + 240 + 7,5 + 3)} = 1.520 \text{ m}^3/\text{h}$$

Basert på overnevnte beregninger er anleggets netto vannproduksjon økt fra 780 m<sup>3</sup>/h i april-undersøkelsen til 1.520 m<sup>3</sup>/h ved nåværende undersøkelse nr. 1.

## 6. ANBEFALINGER OM FORBEDRET DRIFT AV ANLEGGET

Basert på data fra nåværende og foregående undersøkelser gis en del anbefalinger som forventes å resultere i forbedret drift av vannbehandlingsanlegget. Flere av tiltakene er nevnt i forrige rapport, men gjentas likevel her. Noen av tiltakene er diskutert med representanter fra VIV og initiativ allerede igangsatt fra vannverkets side. De anbefalte tiltak er følgende:

### 6.1. Dosering av syre

Særlig i sommerhalvåret kan periodevis høye pH-verdier forekomme i råvannet på grunn av algevekst i Akersvannet. I disse perioder måter en ikke med aluminiumsulfat alene å bringe surhetsgraden ned i det optimale pH-området for fellingsprosessen, uten store doseringer av aluminiumsulfat. Dosering av kullsyre med mobilt doseringsutstyr og tank ble benyttet i den siste undersøkelsen. Doseringsutstyret fungerte tilfredsstillende og pH-verdien ble i modningsfasen for filterene relativt rask brakt ned til pH-området som vanligvis regnes å være optimalt for fellingsprosessen.

Det anbefales derfor på permanent basis å installere doseringsutstyr for kullsyre.

### 6.2. Dosering av hjelpekoagulant

Filtrenes driftstid ble forlenget fra 1 time og 12 minutter uten dosering av Magnafloc LT20 til 4 timer med dosering av 0,075 mg Magnafloc LT20 pr. liter. I tillegg ble filtrenes modningstid redusert fra 29 minutter til 11 minutter. I selve driftstiden var også filtratets kvalitet bedre med Magnafloc enn uten.

Effekten av hjelpekoagulant må derfor sies å være betydelig. Det anbefales på mer permanent basis å installere lagertank og doseringsutstyr for Magnafloc LT20.

Selv om meget betydelige forbedringer ble oppnådd med dosering av Magnafloc LT20 kan det ikke helt utelukkes at enda større forbedringer kan oppnås ved andre hjelpekoagulanter. Det finnes svært

mange typer, men bare et fåtall av disse er godkjent for bruk i Norge. Innsatsen vil være betydelig for utprøving av de forskjellige typer og doseringsmengder og muligens ikke stå helt i forhold til eventuell forbedring.

### 6.3. Optimalisering av dosering av kjemikalier

Tidligere ble kun aluminiumsulfat dosert til råvannet. Dosering av Magnafloc og kullsyre i tillegg kan innebære at den innbyrdes optimale doseringen for disse kjemikalier ennå ikke helt er funnet. Det anbefales derfor en systematisk utprøving av flere doseringer av kjemikaliene for om mulig ytterligere å forbedre anleggets drift. Muligens kan forbedringer oppnås ved å variere doseringen av aluminiumsulfat alene.

### 6.4. Undersøkelse av filtermediet

Som nevnt i forrige rapport er filtermediet i filter nr. 1 og 5 undersøkt. I filter nr. 5 viser kornfordelingsanalysen kornstørrelser med effektiv diameter på 1,25, 1,60, 1,40 og 1,65 for henholdsvis 5, 20 og 35 cm nede i antrasittlaget og 10 cm nede i sandlaget. Uniformitetskoeffisientene for overnevnte kornstørrelser er henholdsvis 1,9, 1,75, 1,85 og 1,5.

For filter nr. 1 er de effektive kornstørrelsene 1,5, 1,6 og 1,8 for henholdsvis 0-5 cm og 30 cm nede i antrasitten og midt nede i sanden. Uniformitetskoeffisientene for overnevnte lag er henholdsvis 2,0, 2,25 og 1,5. Kornfordelingsanalysen for filtermedium fra begge filtre er basert på få sikt omkring effektiv diameter. Verdiene kan derfor være noe usikre.

Begge filtre har medier med minst kornstørrelse øverst og størst kornstørrelse nederst. Fordelingen er motsatt av den ønskelige fordelingen og medfører redusert dybdeutnyttelse i filtret og dermed redusert slamakkumulering. I praksis kan det muligens sies at filtrene mer fungerer som et en-mediafilter enn et to-mediafilter.

Uniformitetskoeffisientene for antrasittlagene er såvidt store og kornstørrelsen mellom de to lag såvidt like at en innblanding mellom de to

medier kan fryktes. Dette er forøvrig allerede registrert i noen grad under kornfordelingsanalysene.

Siden filtermediene er såvidt ugunstig i de to undersøkte filtre anbefales kornfordelingsanalyser også foretatt i de andre filterne. Analysene anbefales utført på 4-5 dyp i hvert filter. Dersom resultatene viser tilsvarende forhold bør filtermediet forbedres. Om filtermediet fullt ut er nødvendig å skiftes ut, eller om filtermediene bare kan tas ut og siles om og ønskede fraksjoner benyttes på nytt, er vanskelig å si noe om. Uansett hva som velges vil løsningen bli kostnadskrevenende. For å oppnå en lengst mulig driftstid på anlegget og dermed høyest mulig kapasitet er imidlertid et effektivt filtermedium viktig. Før tiltak iverksettes bør kolonneforsøk gjennomføres med ulike kornstørrelser.

#### 6.5. Første filtrat til avløp

I forrige rapport ble installasjon av ventiler på utløpsrøret fra filterene (like utenfor filterveggen) anbefalt, for å føre første filtrat til avløp. Selv om modningstiden for filterene ble redusert fra 40 minutter i april-undersøkelsen til 11 minutter i gunstigste siste undersøkelse, tilføres likevel en betydelig forurensningsmengde i løpet av disse 11 minuttene. Det anbefales derfor fortsatt installasjon av overnevnte ventiler selv om behovet for dem er blitt noe redusert siden forrige undersøkelse.

#### 6.6. Kontinuerlig måling av filtrat

Også i denne undersøkelsen ble betydelige forskjeller i filtrat registrert mellom de ulike filtre. Det er derfor viktig å spyle filterne optimalt. Et kontinuerlig målende turbidimeter anbefales installert på et uttak fra samleledningen. Videre anbefales et felles turbidimeter installert for måling av filtrat fra de enkelte filtre.

Et kontinuerlig målende pH-meter bør også vurderes installert. Plasseringen av elektroden bør fortrinnsvis være på en delstrøm fra samleledningen fra filterene. Her er vannet rent og færrest problemer med elektroden vil forekomme. Plasseringen innebærer imidlertid stor treghet mellom justering av f.eks. kullsyre og respons av pH.

Denne responsen vil bli bedre dersom pH-elektroden plasseres i bassenget over filtrene. Da vil imidlertid pH-elektroden bli mer utsatt for urent vann. Videre vil tilbakespylingen føre til forstyrrelser for elektroden.

#### 6.7. Utløpsventilen

Den motorstyrte utløpsventilen på samleledningen fra filtrene endrer hurtig vannstrømmen gjennom filtrene som igjen fører til store forstyrrelser i filtrene og dårlig filtrat. Om mulig bør denne ventilen utkobles. Det anbefales heller å la vannet, ved for stor belastning, gå i overløpene fra filtrene eller rentvannsbassenget. Eventuelt bør reguleringen av åpningen og lukkingen av ventilen skje over betydelig lengre tid og muligens ved manuell styring av motoren.

#### 6.8. Manganreduksjon

I denne undersøkelsen forekom et betydelig manganinnhold i Akersvannet. Bare i begrenset grad skjedde en avskilling gjennom sand-antrasittfiltrene. En eventuell etablering av granulert aktiv-kullfiltrering vil i liten grad redusere manganinnholdet. For reduksjon av mangan er separate tiltak nødvendig.

Dosering av kaliumpermanganat i råvannet og etterfølgende avskilling i sand-antrasitt-filtrene vil trolig redusere manganinnholdet og kan muligens forsøkes.

Siden mangan er et bruksmessig problem og bare forekommer i store konsentrasjoner periodevis i Akersvannet, og vannverket kun er et reservevannverk, står muligens ikke fordelene ved en manganfjerning i rimelig forhold til kostnadene.

#### 6.9. Aktiv-kull-behandling

Innholdet av blågrønnalger Microcystis aeruginosa i filtratet fra samleledningen øker fra ca. 9.000 celler/liter til ca. 430.000 celler/liter utover i filtersyklusen. Akerstoksininnholdet holdes konstant på 0,3-0,4 µg/l i driftsperioden for filtrene og øker til 1,3 µg/l mot slutten av filtersyklusen.



Toksininnholdet i museletaldose varierer fra 0-2 MLD/l i driftsperioden for filtrene og øker til 4 MLD/l mot slutten av syklusen.

Det foreligger ikke kvalitetskrav for overnevnte stoffer for drikkevann. Helsemyndighetene bør vurdere hvilke risiko disse og mulige andre stoffer i filtratet innebærer. I vurderingen bør det innbakes at betydelige variasjoner forekommer i selve Akersvannet over året og at variasjonene gjennom vannbehandlingsanlegget også forekommer. Risiko for driftsforstyrrelser er alltid tilstede i et vannbehandlingsanlegg og bør også tas med i denne betraktningen.

På bakgrunn av overnevnte bør det vurderes etablering av pilotdrift for aktiv-kull-behandling. Denne aktiv-kull-behandling kan skje på to måter:

- Dosering av aktiv-kull i pulverform
- Granulert aktiv-kull-filtrering.

Dosering av aktiv-kull i pulverform kan skje på innløpsledningen for filtrene. Etter en reaksjonstid i bassenget over filtermediet og i noen grad i øverste del av filtermediet avskilles pulveret i filtermediet. Pulverdoseringsen er betydelig rimeligere i anlegg enn kullfiltrering i granulert form. For et reservevannverk som benyttes få dager i året er også driftskostnadene for pulverdoseringsen betydelig mindre enn for granulert aktiv-kull-filtrering. Imidlertid har pulverdoseringsen flere helt åpenbare ulemper. Pulveret øker partikkelinnholdet i råvannet som igjen bidrar til økt slambelastning i filteret og redusert driftstid for filteret. Hvilke reell betydning dette har er vanskelig å si før forsøksdrift er gjennomført.

Aktiv-kull-behandling forut for vanlig filtrering fører også til at kullet blir belastet med urenheter som ellers ville bli avskilt i filteret.

Et granulert aktiv-kull-filter bygges i prinsippet som et vanlig filter. Oftest er filterdybden noe større (1,0-1,5 meter) for å sikre en tilstrekkelig kontakttid mellom kull og vann. Aktiv-kull-filtrene anlegges etter sand-antrasittfiltrene og før desinfeksjon, alkalisering og renavnsbasseng.

Granulert aktiv-kull-filtrering har flere fortrinn fremfor pulverdosering av aktiv-kull. Absorpsjonen i kullet skjer etter en forutgående slamavskilling i sand-antrasittfiltrene og medfører dermed redusert belastning av urenheter på kull-filtrene. Dette øker effektiviteten, driftstiden og levetiden for kull-filtrene.

Granulerte aktiv-kull-filtre plassert etter sand-antrasittfiltrene virker også i noen grad som et vanlig filter. Dette kan ha flere helt klare fordeler. En ytterligere reduksjon av urenheter gjennom driftstiden kan forventes. Dette gjelder bl.a. turbiditet, TOC, alger m.v. Utover i driftssyklusen for sand-antrasittfiltrene øker bl.a. turbiditet, algeinnhold og flere andre parametre i filtratet. Et aktiv-kull-filter vil i noen grad redusere flere av disse stoffene. Driftstiden for sand-antrasitt-filtrene vil forlenges og anleggets totale kapasitet vil dermed øke.

I tillegg til overnevnte vil et aktiv-kull-filter plassert etter sand-antrasittfiltrene også gi noe ekstra sikkerhet ved driftsforstyrrelser i de foregående prosesser. Som tidligere nevnt kan forstyrrelser i sand-antrasitt-filtreringen skje på grunn av raske bevegelser i f.eks. en reguleringsventil for vanngjennomstrøm igjennom anlegget. Det samme kan skje ved f.eks. endringer i doseringer av kjemikalier som hjelpekoagulant, aluminiumsulfat, kullsyre m.v. I noen grad kan økt passasje av urenheter fanges opp i kullfiltrene.

Et lettvent alternativ til overnevnte kan være å legge et lag med granulert aktiv-kull over sand-antrasitt-filtrene. Løsningen er enkel, men har mange ulemper og bør ikke velges.

Uansett hva som velges bør pilotstudier gjennomføres før eventuelt vedtak fattes om aktiv-kull-behandling.

#### 6.10. Tilbakespyling

Tilbakespylingshastigheten for vann er for lav til å oppnå en tilstrekkelig ekspansjon av filtermediet og dermed en tilfredsstillende tilbakespyling av filtermediet. I sommermånedene, når vanntemperaturen er høy og viskositeten i vannet lav, er forholdene særlig ugunstige.

En tilbakespyling med luft og vann samtidig vil øke tilbakespylingens effektivitet og redusere spylevannsforbruket. Tiltaket vil øke anleggets netto vannproduksjon.

## 7. FORKLARINGER PÅ ENDEL UTTRYKK

I det følgende gis en del forklaringer på noen av de uttrykk som er benyttet i rapporten.

- Filterets modningsfase er den tid det tar fra oppstartning av filteret til filtratet har tilfredsstillende kvalitet.
- Filterets driftstid er den tid filtratets kvalitet ligger under kvalitetskravene til drikkevann.
- Fase for filtergjennombrudd er den tid etter driftstiden filtratets kvalitet overskrider kvalitetskravene til drikkevann.
- Filtersyklus er tiden som går fra en tilbakespyling til neste tilbakespyling.

## LITTERATUR

1. Water treatment plant design - R.L. Sanks (Ann Arbor Science 1978).
2. Water treatment plant design. American Water Works Ass. (1971).
3. Driftsundersøkelse av VIVs direktefiltreringsanlegg ved Akersvann. J.A. Ohren, NIVA, 1986.

# **WA** rapporter utgitt av NIVA

- 1/78 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 1.  
C2-31 Kjell Øren. November 1978
- 1/79 Kjemisk felling med kalk og sjøvann. Del 2  
C2-34 O-40/71 A Lasse Vråle. Juli 1979
- 2/79 Driftsresultater fra norske simultanfellingsanlegg.  
C2-28 Lasse Vråle, Eilen A. Vik. Juli 1979
- 3/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 1  
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. November 1979
- 4/79 Slamavvanning med filterpresser. Del 2  
O-78102 Bjørn-Erik Haugan. September 1979
- 5/79 Sivevann fra søppelfyllplass.  
C2-26 Torbjørn Damhaug, Arild Eikum,  
Ole Jakob Johansen. August 1979
- 6/79 Vannforurensning fra veg.  
O-79024 Eivind Lygren, Egil Gjessing,  
John Ferguson. Desember 1979
- 9/79 Primærfelling med ulike fellingskjemikalier  
ved Sandvika renseanlegg.  
O-79001 Lasse Vråle. Desember 1979
- 1/80 Bakteriologiske forhold i norske og utenlandske  
råvannskilder  
O-78029 Jens J. Nygård. Februar 1981
- 2/80 Treatment of Septic Tank Sludge  
Research Proposal  
F-80413 Arild Eikum. Januar 1980
- 3/80 Industrifyllplass i Arendal-Grimstadregionen  
Vurdering av vannforurensning og renetekniske  
tiltak for alternativene Gloseheia og Lundeheia  
O-80016 Torbjørn Damhaug, Hans Holtan. Mars 1980
- 4/80 Utprøving av analysemetoder for PAH og kartlegging  
av PAH-tilførsler til norske vannforekomster  
A3-25 Lasse Berglind. Mars 1980
- 5/80 Mobil avvanning av septikslam  
Utprøving av septikbil »HAMSTERN»  
O-80019 Bjørn-Erik Haugan. November 1980
- 6/80 Tilføringsgrad  
Kontroll og kalibrering av vannmålestasjon  
ved Monserud kloakkrenseanlegg. Del 1  
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad  
Forurensningstilførsler og beregning av  
tilføringsgrad for Monserud renseanlegg i 1979. Del 2  
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 8/80 Overløp i avløpsnett  
Tilstand i dag og mulige tiltak  
C2-32 Eivind Lygren. September 1980
- 9/80 Sikring av vannforsyning i Oslo mot  
forurensninger ved uhell eller sabotasje  
Vurdering av faremomenter. (Sperrert)  
O-79084 Egil Gjessing, Jens J. Nygård. September 1980
- 10/80 Important aspects of water treatment in USA  
XT-25 Eilen Arctander Vik. Juli 1980
- 11/80 Myrgrøfting, effekt på vannkvalitet  
Noen observasjoner fra grøftet myrområde  
i Røyken 1971-79  
XK-05 Egil Gjessing. September 1980
- 12/80 Driftsundersøkelse av vannbehandlingsanlegg  
F-80417 Torbjørn Damhaug. November 1980
- 13/80 Hvirveloverløp  
Avskilling av sedimenterbart materiale og  
flytestoffer i overløpsvann  
O-79090 Eivind Lygren. Desember 1980
- 14/80 Use of UV and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> in water and  
wastewater treatment  
Research Proposal  
F-80415 Arild Schanke Eikum. Desember 1980
- 1/81 Treatment of potable water containing humus by  
electrolytic addition of aluminium followed by  
direct filtration  
Research Proposal  
F-80415 Eilen Arctander Vik. Januar 1981
- 2/81 Water research in developing countries  
A desk survey about planning and ongoing  
research projects  
O-80028 Svein Stene Johansen. Januar 1981
- 3/81 VA-teknisk forsøkshall Sentralrenseanlegg Vest SRV  
Notat  
Arild Schanke Eikum, Arne Lundar. Februar 1981
- 4/81 Alkalization/hardening of drinking water  
Research proposal  
G-314 Egil Gjessing. Februar 1981
- 5/81 Tiltak mot forurensning fra fiskeoppdrett  
Behandling av vann i resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrett  
Forskningsprogram 1981-1984  
FP-80802 Arild Schanke Eikum, Eivind Lygren. Mai 1981
- 6/81 Tiltak i eksisterende avløpssystem. Delrapport 2  
O-80018 Svein Stene Johansen. Mai 1981
- 7/81 Kalking av tilløp til lille Asketjønn for fjerning av humus  
Innledende forsøk. O-81065 Eilen Arctander Vik. August 1981
- 8/81 Tilføringsgrad for oppsamlingsnett  
Status for eksisterende målinger  
O-80055 Lasse Vråle. August 1981
- 9/81 A Water Pricing Study for Western Province,  
Zambia. Draft !  
O-81022 Svein Stene Johansen. September 1981
- 10/81 Fjerning av humus ved H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> tilsetning  
og UV - bestråling  
F-80415 Lasse Berglind. Oktober 1981
- 11/81 Treatment of Septic Sludge  
European practice  
O-80040 Arild Schanke Eikum. November 1981

- 12/81 **Silgrainsyre som fellingsmiddel for avløpsvann**  
Buhrestua renseanlegg. Nesodden  
O-80093 Lasse Vråle. Desember 1981
- 13/81 **Analyse av vannbehov i husholdninger, næringsvirksomhet institusjoner og til kommunaltekniske formål**  
O-78028-01 Svein Stene Johansen, Kim Wedum. Desember 1981
- 1/82 **Fjerning av nitrogen fra kommunalt avløpsvann ved ammoniakkavdriving**  
F-81427 Torbjørn Damhaug. Mars 1982
- 2/82 **Rensing av sigevann fra søppelfyllplasser**  
OF-80606 Torbjørn Damhaug. Juni 1982
- 3/82 **Hvirvelkammer og hvirveloverløp**  
Regulering av vannføring og rensing av overløpsvann  
O-79090 Eivind Lygren, Kim Wedum. Mai 1982
- 4/82 **Avvanning av septikslam i containere**  
O-81104 Bjarne Paulsrud. August 1982
- 5/82 **Kalibrering og justering av vannføringsmålere**  
O-82011 Kim Wedum. Mai 1982
- 6/82 **Vurdering av driftsinstruksjoner og driftsforhold ved renseanlegg rundt Indre Oslofjord**  
O-82004 Arne Lundar, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 7/82 **Styring av kjemikaliedosering ved kjemiske renseanlegg**  
Erfaringer med bruk av ledningsevne som styringsparameter  
O-82025 Torbjørn Damhaug, Bjarne Paulsrud. August 1982
- 8/82 **Strålingskjemisk oksydasjon av organisk stoff i vann**  
Programforslag. (Spærret)  
F-80415 Kim Wedum. September 1982
- 9/82 **Slamstabilisering under høy temperatur ved bruk av rent oksygen**  
F-81430 Bjørn-Erik Haugan. Oktober 1982
- 10/82 **Tørrvæsavsetninger i fellessystemrør**  
O-82022 Oddvar Lindholm. November 1982
- 11/82 **Treatment of septage**  
European practice  
O-80040 Arild Schanke Eikum. Februar 1983
- 1/83 **Alkalisering av drikkevann**  
Delrapport 1 NIVA/SIFF  
F-82441 Eileen A. Vik. Mars 1983
- 2/83 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**  
Forbehandling av meieriavløp i luftede utjevningsbasseng  
Delrapport 1  
O-82017 Torbjørn Damhaug. Februar 1983
- 3/83 **Samlet optimalisering av avløpsrenseanlegg og avløpsledningsnett**  
O-82124 Oddvar Lindholm. Februar 1983
- 4/83 **Driftskontrollprogram for galvanindustriens renseanlegg**  
O-79049 Eigil Iversen. Mars 1983
- 6/83 **Optimalisering av galvanotekniske industrirenseanlegg**  
O-82119 Eigil Iversen. Mai 1983
- 7/83 **Utslipp av syre, løst organisk materiale og suspendert stoff fra Hunsfos Fabrikker og Norsk Wallboard juli-oktober 1982**  
O-82067 Øivind Tryland. Mars 1983
- 8/83 **Analyseresultater for avløpsvann fra Mosjøen Aluminiumverk april-oktober 1982**  
O-82027 Øivind Tryland. Mars 1983
- 9/83 **Vannforurensning ved bruk av kalksalpeter som støvdempingsmiddel på grusveger**  
O-81050 Eivind Lygren, Reidun Schei. Juni 1983 (Spærret)
- 10/83 **Funksjonsprøving nr 2 av membran kammerfilterpresser VEAS Mars 1983**  
O-82130 Lasse Vråle. Mars 1983
- 11/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 1  
Forurensningsproduksjon fra boligfelt med tett oppsamlingsnett i Sydskogen, Røyken kommune  
O-81041 Lasse Vråle. April 1983
- 12/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 2  
Automatisk overvåking av vannforbruk og lekkasje som alternativ metode for beregning av tilførsingsgrad.  
Resultater fra undersøkelsene ved Sydskogen, Buhrestua og Siggerud.  
O-81041 Lasse Vråle. Desember 1984
- 13/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 3  
Spillvannstapets resipient påvirkning i Siggerudgryta, Ski kommune  
O-81041 Lasse Vråle. August 1983
- 14/83 **Spillvannstap fra oppsamlingsnett**  
Delrapport 4  
Spillvannstapets innvirkning på grunnvannskvalitet.  
Buhrestua rensedistrikt, Nesodden kommune.  
O-81041 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 15/83 **A feasibility study of fishfarming in Jordan**  
O-83026 Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug. Juni 1983 (Spærret)
- 16/83 **Driftsanalyse av Bekkelaget renseanlegg**  
O-82005 Bjarne Paulsrud, Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)
- 17/83 **Water Research in Zambia**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 18/83 **Water Research in Kenya**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen. September 1983
- 19/83 **Water research in Tanzania**  
A review of the need for water research  
O-83014 Svein Stene Johansen, Torbjørn Damhaug. May 1984
- 20/83 **Mikrobiologisk angrep på gummipakninger til vann- og avløpsrør**  
Programforslag  
O-83033 Kim Wedum. Juni 1983 (Spærret)

- 21/83 **Slamdeponering ved norske mangansmelteverk**  
Fysisk-kjemisk karakterisering av drenevann og virkninger av drenevann på biologiske forhold i resipienten  
O-80058 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. April 1983
- 22/83 **Sandstangen vannverk**  
O-83079 Eilen A. Vik. Juni 1983 (Sperrret)
- 23/83 **Erfaringer med mottak av septikslam på kommunale renseanlegg**  
O-82037 Bjarne Paulsrud. Juli 1983
- 24/83 **Miljøgifter i overvann**  
O-83063 Oddvar Lindholm. August 1983
- 25/83 **Arealfordeling av korttidsnedbør**  
O-83005, F-83450 Oddvar Lindholm. Oktober 1983
- 26/83 **Urbanhydrologi i Sverige**  
En litteraturstudie  
O-83092 Oddvar Lindholm. November 1983
- 27/83 **Tørrværsavsetninger i fellessystemrør**  
Fase II  
O-82111 Oddvar Lindholm, November 1983
- 28/83 **Bruk av rent oksygen for luktreduksjon ved renseanlegg R-2, Lillehammer**  
O-82083 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan. November 1983
- 29/83 **Avsluttende funksjonsprøve for membran-filterpresser ved VEAS, oktober-november 1983**  
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. November 1983 (Sperrret)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**  
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrret)
- 31/83 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**  
Mikrobiell nedbrytning av klorert organisk materiale i blekeriavløpsvann  
F-81434 Øivind Tryland, Harry Efraimsen. Desember 1983
- 32/83 **Suspensjoners synkehastighet**  
Metode for analyse av finfordelte partiklers synkehastighet i vann  
F-81434 Øivind Tryland. Desember 1983
- 33/83 **Silgrainsyre som fellingsmiddel ved SRV, VEAS Stemmestad**  
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrret)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**  
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftlagune for rensing av sigevann**  
Delrapport 1. Driftserfaringer  
O-83027 Ragnar Storhaug. Februar 1984
- 3/84 **Highway pollution in a Nordic Climate**  
O-79024 Eivind Lygren. Mars 1984
- 4/84 **An evaluation of large-scale algal cultivation systems for fish feed production**  
O-84002 Torbjørn Damhaug et al. Februar 1984 (Sperrret)
- 5/84 **Matematisk modell av avløpsrenseanlegg**  
O-82124/F-83448 Oddvar Lindholm. Februar 1984
- 6/84 **Adsorption in Water Treatment**  
Fluoride Removal  
FP-83828 Eilen A. Vik. Februar 1984
- 7/84 **Analyse av vannføringsdata**  
O-81113 Kim Wedum. Januar 1984
- 8/84 **Renseeffekt i Heistad renseanlegg med og uten tilkopling av industrielt avløpsvann**  
O-83093 Øivind Tryland. April 1984
- 9/84 **Hygienisering av slam ved bruk av rent oksygen**  
F-81430 Bjarne Paulsrud, Bjørn-Erik Haugan, Gunnar Langeland. Juli 1984
- 10/84 **Slamavvanning med filterpresser ved SRV**  
Økonomisk sammenligning av Lasta membran-filterpresser og Rittershaus & Blecher kammerfilterpresser  
O-83098 Lasse Vråle, Bjarne Paulsrud. Mai 1984 (Sperrret)
- 11/84 **Separat behandling av slamvann fra avvanning av septikslam**  
Biologisk rensing ved bruk av aktivslam  
O-83021 Ragnar Storhaug. Juni 1984
- 12/84 **Industriutslipp til vassdrag**  
Avveininger for å beskytte resipienten, eksempel fra en tekstilbedrift  
OF-81618 Bjørn-Erik Haugan, Kim Wedum. April 1984 (Sperrret)
- 13/84 **Treforedlingsindustriens avløpsvann**  
Virkning av peroksyd og UV-bestråling på klororganisk materiale og farge i celluloseblekeriers avløpsvann  
F-81434 Øivind Tryland. Mai 1984
- 14/84 **Driftsassistanse**  
Vannrenseanlegg, ÅSV A/S Fundo Aluminium  
O-83141 Eigil Iversen, Torbjørn Damhaug. Juni 1984
- 15/84 **Ammonium som forurensningsparameter**  
O-83035 Kim Wedum. August 1984
- 16/84 **Driftsoppfølging av Biovac renseanlegg for helårsbolig**  
O-82101 Bjarne Paulsrud. September 1984
- 17/84 **Kalkfelling på små renseanlegg**  
O-83067 Ragnar Storhaug. Oktober 1984
- 18/84 **Hygienisering av slam ved lufttilførsel (Janca-prosessen)**  
O-84050 Bjarne Paulsrud, Gunnar Langeland. September 1984
- 19/84 **Utvikling av lukket mærkonstruksjon.**  
Prosessløsning og optimalisering  
O-84091 Kjell Maroni, Eivind Lygren, Bjørn Braaten. Oktober 1984. (Sperrret)
- 20/84 **Forurensningsproduksjon fra husholdning**  
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydslogen i 1983, Røyken kommune.  
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftlagune for rensing av sigevann**  
O-83027 Ragnar Storhaug. April 1985
- 22/84 **Avløpsvannmengder tilført påslippene ved SRV i 1983 og 1984**  
O-83090 Lasse Vråle. April 1985



- 1/85 **Spesifikk forurensningsproduksjon fra husholdning**  
Enkel litteraturstudie  
O-84131-01 Lasse Vråle. Mars 1985
- 2/85 **Kritisk analyse av spesifikke forurensningsmålinger**  
O-84131-02 Lasse Vråle. Mars 1985
- 3/85 **Treatment of leachate in aerated lagoons**  
Lab-scale study  
O-84022 Ragnar Storhaug. Juli 1985
- 4/85 **Fiskeoppdrett på Granerudstøa, Nesodden**  
O-85233 Bjørn Braaten, Torbjørn Damhaug. Juni 1985
- 5/85 **Oppdrett av ferskvannskreps ved Mesna Bruk A/S**  
Forprosjekt  
O-85126 Sigurd Rognerud, Stellan Karlson  
Torbjørn Damhaug, Gösta Kjellberg. August 1985
- 6/85 **Driftsassistanse - Vannrenseanlegg ved Steens Fornikling A/S**  
O-84157 Øivind Tryland. August 1985
- 7/85 **Spillvarmebasert akvakulturanlegg i Tyssedal**  
Forprosjekt  
O-85226 Kjell Maroni, Erlend Waatevik. September 1985 (Sperrert)
- 8/85 **Driftsassistanse - Avløpsledning**  
**Høvik Lys A/S**  
O-85221 Øivind Tryland, Eigil Iversen,  
Åse K. Rogne. August 1985
- 9/85 **Teknologi og miljø i oppdrettsnæring**  
O-84159/O-84160 Kjell Maroni. Januar 1985
- 10/85 **Rensing av blyholdig avløpsvann.**  
**Undersøkelser ved Sønnak Batterier A/S**  
O-85222 Eigil Iversen, Øivind Tryland. September 1985
- 11/85 **Spillvarmebasert oppdrettsanlegg i tilknytning**  
**til Sauda Smelteverk A/S**  
O-84167 Kjell Maroni. April 1985 (Sperrert)
- 12/85 **Overføring av avløpsvann fra Bekkelaget rensedistrikt**  
**til Sentralrenseanlegg Vest, SRV.**  
Noen vurderinger av VA-tekniske konsekvenser  
O-85147 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 14/85 **Vann- og avløpstekniske løsninger for Helleberg hytteområde**  
Nordstul, Store-Ble, Notodden kommune  
O-85292 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 15/85 **Fremdriftsrapport for Frogn Vannverk**  
Perioden juni-oktober 1985  
O-85211 Lasse Vråle. Oktober 1985
- 17/85 **Landbasert fiskeoppdrettsanlegg i Grimstad**  
O-85262/Kristoffer Næs, Eivind Lygren, Torbjørn Damhaug,  
Kjell Maroni, Bjørn Braaten. November 1985 (Sperrert)

- 1/86 **NIVANETT på mikrodatamaskin**  
O-85207 Oddvar Lindholm. Januar 1986
- 2/86 **Utvikling av resirkuleringsanlegg for fiskeoppdrettsanlegg**  
O-81068 Eivind Lygren, Kjell Maroni. April 1986
- 3/86 **Avfall fra skip på norske strender**  
O-85174 Tor Moxnes. Mars 1986
- 4/86 **Driftsundersøkelse av sølvvarefabrikkers renseanlegg**  
O-82108 Egil Iversen, Februar 1986
- 6/86 **Minivannverk - forsøk i full skala med prototyp**  
O-84114 Tor Moxnes. Mai 1986
- 7/86 **Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Ringbygget**  
O-85255 Lasse Vråle. Mai 1986
- 8/86 **Virkning av dynamisk regn på hydrogram**  
O-86037 Oddvar Lindholm. Juni 1986
- 9/86 **Driftserfaringer fra kalkdoseringsanlegg i vannverk**  
O-86092 Jens Arne Ohren. Juni 1986
- 10/86 **Driftsundersøkelse av VIV's direktefiltreringsanlegg ved Akersvann**  
O-86068 Jens Arne Ohren. Oktober 1986
- 11/86 **Følsomhetsanalyse for parametre i avløpsnettberegninger. Fase I**  
O-86012 Oddvar G. Lindholm. Oktober 1986
- 12/86 **Sanitærbidrag fra yrkesaktive i Bosch bygget Oppegård kommune**  
O-86091 Lasse Vråle. Oktober 1986
- 13/86 **Bestemmelse av tilføringsgrad**  
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 15/86 **Driftserfaringer for hvirveloverløp**  
O-85209, E-86638 Ole Jacob Johansen. Desember 1986
- 16/86 **Vannkvalitet Vannsjø vannverk**  
O-85075 Jens Arne Ohren. Desember 1986
- 17/86 **Evaluering av ABW-filter**  
O-86191 Jens Arne Ohren. Desember 1986