

NIVA's  
siste exemplar  
UTLÅN

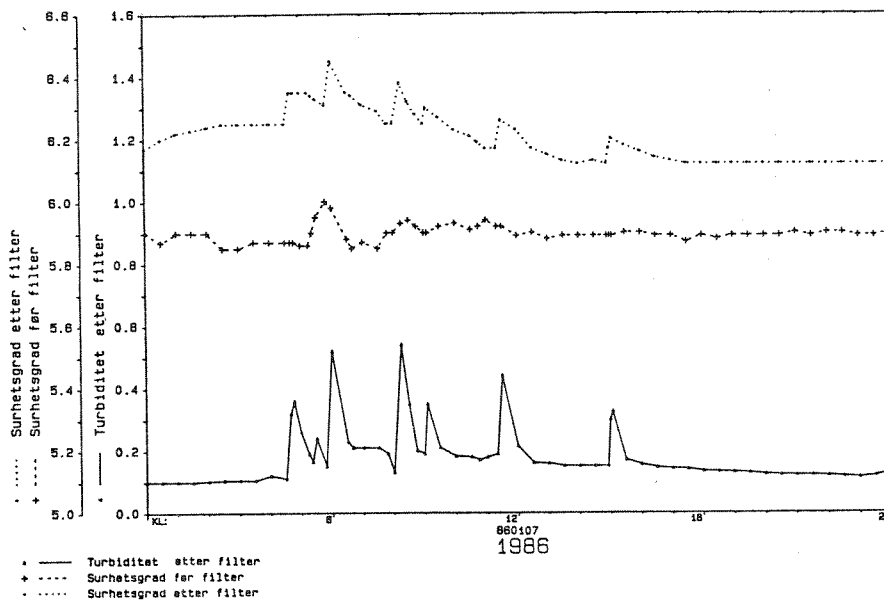
1957



# RAPPORT 16|86

O-85075

## Vannkvalitet Vannsjø vannverk



# 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.:

0-85075

Undernummer:

Løpenummer:

1957

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
VANNKVALITET VANSJØ VANNVERK	Oktober 1986
VA 16/86	Prosjektnummer: 0-85075
Forfatter (e):	Faggruppe:
Jens Arne Ohren	VA-teknikk
	Geografisk område:
	Østfold
	Antall sider (inkl. bilag):
	39

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
Vansjø vannverk Norsk institutt for vannforskning	

Ekstrakt:
Det er foretatt en undersøkelse av vannkvaliteten ved direktefiltreringsanlegget til Vansjø vannverk. Turbiditet, surhetsgrad og reaktivt aluminumsinnhold er registrert flere steder i prosessen.

4 emneord, norske:

- 1.Vannforsyning
- 2.Direktefiltrering
- 3.Vannkvalitet

4.

VA 16/86

4 emneord, engelske:

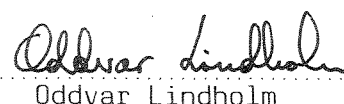
1. Water supply
2. Direct filtration
3. Water quality

4.

Prosjektleder:

For administrasjonen:

  
Jens Arne Ohren

  
Oddvar Lindholm

  
Lasse Vråle

ISBN 82-577-1192-6

0-85075

VANNKVALITET

VANSJØ VANNVERK

Oslo, oktober 1986

Prosjektleder: Jens Arne Ohren

Medarbeider: Lasse Vråle

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	5
SAMMENDRAG	6
1. INNLEDNING	8
2. OPPBYGGING AV VANNBEHANDLINGSANLEGGET	9
3. UNDERSØKELSE AV VANNKVALITET	11
3.1. Resultater fra 6. januar 1986	11
3.1.1. Hydraulisk belastning	12
3.1.2. Trykktap gjennom filter	12
3.1.3. Turbiditet	13
3.2. Resultater fra 7. januar	13
3.2.1. Hydraulisk belastning	17
3.2.2. Trykktap gjennom filterne	17
3.2.3. Turbiditet	18
3.3. Resultater fra 8. januar	22
3.4. Resultater fra 9. og 10. januar	23
3.5. Resultater fra 13. til 17. januar	27
3.5.1. Turbiditet i filtrat fra kullfilterne	27
3.5.2. Surhetsgrad i filtrat fra kullfilterne	30
3.5.3. Reaktivt aluminium	34
4. KONKLUSJON AV MÅLERESULTATER	37
5. LITTERATUR	39

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Flytskjema for vannbehandlingsanlegget	9
2. Trendkurver for trykktap, vannmengde og turbiditet for filter nr. 1 og total vannmengde gjennom anlegget den 6. januar 1986.	11
3. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 1 og total vannmengde gjennom anlegget den 7. januar 1986.	14
4. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 2 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.	14
5. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 3 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.	15
6. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 5 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.	15
7. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 6 og total vannmengde gjennom anlegget den 7. januar 1986.	16
8. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 7 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.	16
9. Surhetsgrad i vann før 3-media filterne og surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filterne.	19
10. Sammenheng mellom turbiditet og surhetsgrad i filtrat fra 3-media filterne.	21
11. Surhetsgrad før 3-media filterne og surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filterne den 8. januar 1986.	22
12. Surhetsgrad i vann før og etter fra 3-media filterne den 9. januar 1986.	24
13. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filterne den 9. januar 1986.	24
14. Surhetsgrad i vann før og etter 3-media filterne den 10. januar 1986.	25
15. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filterne den 10. januar 1986.	25
16. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfilterne den 13.1.86.	27

Figurfortegnelse forts.	Side
17. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 14.1.86.	28
18. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 15.1.86.	28
19. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 16.1.86.	29
20. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 13.1.86.	30
21. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 14.1.86.	31
22. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 15.1.86.	31
23. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 16.1.86.	32
24. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 17.1.86.	32
25. Sammenheng mellom turbiditet og surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 16.1.86.	34
26. Innhold av reaktivt aluminiumsinnhold fra før kullfiltrene den 16.1.86.	35
27. Sammenheng mellom turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold den 16.1.86.	36

FORORD

Planlegging av prosjektet og innsamling av data er i hovedsak utført av siv.ing. Lasse Vråle ved NIVA. Bearbeiding og vurdering av dataene samt rapportering av prosjektet er utført av undertegnede.

Vannverkets personell har bidratt med meget verdifull innsats til gjennomføring av prosjektet.

Oslo, 15. oktober 1986

Jens Arne Ohren

## SAMMENDRAG

Vansjø vannverk ble oppstartet våren 1985. Vannbehandlingsanlegget er et meget avansert og fullautomatisert direktefiltreringsanlegg med følgende hovedprosesser:

- mikrosiling
- 3-media direktefiltrering
- aktivt kullfiltrering
- desinfeksjon.

I vannbehandlingsanlegget er en del fysiske og kjemiske driftsparametre fulgt over varierende tidsperioder og på ulike steder i prosessen. Følgende konklusjoner kan trekkes fra de undersøkte perioder:

- Hydraulisk belastning øker trinnvis fra ca. 495 eller 650 på natten til ca. 1260 m<sup>3</sup>/h, noe ut på dagen. Dimensjonerende kapasitet er omkring 1875 m<sup>3</sup>/h. Kapasitetsutnyttelsen er derfor i området 25-67 %.
- Trykktapet gjennom 3-media filterne, etter tilbakespyling er svært lavt, men øker svakt eksponentielt utover i filtersyklusen. I begynnelsen av filtersyklusen medfører endringer i hydraulisk belastning svært liten endring i trykktap over filterne. Mot slutten av filtersyklusen influerer imidlertid endringer i hydraulisk belastning sterkt på trykktapene over filterne.
- Turbiditet i filtrat fra 3-media filterne øker ikke utover i filtersyklusen, som en normalt kan forvente. Bare i forbindelse med tilbakespyling av filterne skjer en viss økning i turbiditet. Heller ikke økning i hydraulisk belastning resulterer i merkbar økning i turbiditet i filtrat fra 3-media filterne.
- Surhetsgrad i filtrat fra 3-media filterne viser jevne verdier i området pH 6,1-6,25. Like etter tilbakespyling av filterne øker imidlertid pH-verdien merkbart.



- Reduksjon i dosering av aluminiumsulfat fører til økning i turbiditet i filtrat fra 3-media filterne. Resultatene indikerer at doseringen ikke kan reduseres med gjeldende råvannkvalitet og drift.
- Reaktivt aluminiuminnhold i filtrat fra 3-media filterne ligger i området 60-100 µg Al/l, som ved målte pH-verdier tilsvarer total aluminiuminnhold på 110-180 µg Al/l.
- Turbiditet i filtrat fra kullfilterne viser verdier i området 0,1-0,65 FTU. Det synes å forekomme en viss økning i turbiditet etter kullfilterne. Årsaken til denne økningen kan ha flere forklaringer. Den mest sannsynlige er avgivelse av partikulært materiale fra de relativt nystartede kullfilterne.
- Surhetsgraden i filtrat fra kullfilterne viser også periodevis høye verdier. Forholdet har trolig sammenheng med utløsning fra de relativt nystartede kullfilterne.
- Reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfilterne ligger i området 40-190 µg Al/l. I hovedsak tilsvarer dette også totalt aluminiuminnhold. Hyppige fluktuasjoner forekommer og disse samsvarer med tilsvarende fluktuasjoner både i turbiditet og pH-verdier.

## 1. INNLEDNING

Aluminium i drikkevann har vært viet stor oppmerksomhet de senere år. Interessen for aluminium i fellingsanlegg er særlig knyttet til bruk av aluminiumsulfat som hovedfellingskjemikalium og restkonsentrasjoner av aluminium i renvannet.

Aluminiuminnhold hører ikke til de vanlige driftsparametre for fullrenseanlegg og innholdet blir vanligvis målt bare av og til. Som for flere vannkvalitetsparametre varierer konsentrasjonene, til dels betydelig, over tid. Vilkårlege øyeblikksmålinger av f.eks. aluminium i vannet er derfor ikke alltid helt representative. For å få et tilfredsstillende bilde av utviklingen i aluminiumsinnholdet bør det måles kontinuerlig over en viss tid, og i sammen med andre sentrale parametre.

Det var ønskelig fra vannverkets side å følge aluminiuminnholdet på ulike steder i prosessen over en lengre periode og sammen med andre parametre.

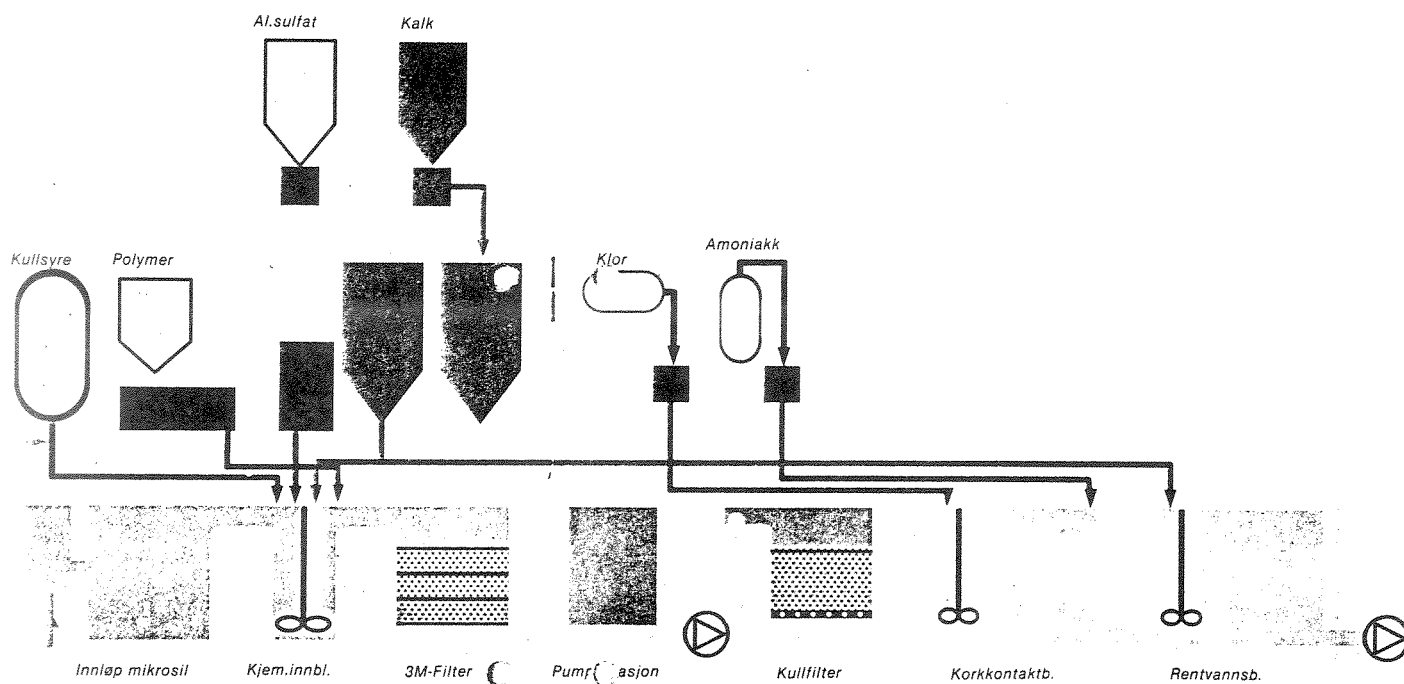
NIVAs MOBIL-LAB måler kontinuerlig og automatisk turbiditet, surhetsgrad, farge, ledningsevne og reaktivt aluminiumsinnhold i vannet. Aluminiumsinnhold måles hvert 15. eller 30. minutt, mens de andre nevnte parametre skrives ut hvert minutt. Dataene kan lagres i MOBIL-LABen eller de kan automatisk overføres via mobiltelefon til NIVAs eget dataanlegg i Oslo.

NIVAs MOBIL-LAB ble benyttet ved Vansjø vannverk og muliggjorde en nærmest kontinuerlig oppfølging av flere vannkvalitetsparametre over flere døgn (også om natten).

## 2. OPPBYGGING AV VANNBEHANDLINGSANLEGGET

Råvannet tas fra 12 eller 25 meters dyp i Vansjø, som er betydelig forurenset, og pumpes opp til vannbehandlingsanlegget. Behandlingsanlegget består av fire hovedprosesser:

- mikrosiling
- direktefiltrering
- kullfiltrering
- desinfeksjon.



Figur 1. Flytskjema for vannbehandlingsanlegget.

Foreløpig er kun én mikrosil installert av type Passavant. Duken har en maskevidde på 28  $\mu\text{m}$  og et areal på 30  $\text{m}^2$ .

Etter mikrosiling tilsettes vannet kullsyre, hjelpekoagulant, aluminiumsulfat og hydratkalk før det ledes inn på seks 3-media filtre.

3-media filtrene har hvert et areal på 36  $\text{m}^2$  og et samlet areal på 216  $\text{m}^2$ . En hydraulisk belastning på 1875  $\text{m}^3/\text{h}$  tilsvarer en overflatebelastning på 8,7  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Filtermediet har 3 lag. Det underste er sand med kornstørrelse mellom 0,8 og 1,2 mm, mens de mellomste og øverste er av polyeten med kornstørrelser på henholdsvis 1,5-2,5 og 2,5-3,5 mm.

Luftinnblåsning over filtermediet, er installert og medfører en viss flokkulering før vannet passerer filtrene. Etter 3-media filtrene pumpes vannet over til 6 kullfiltre, hvert med areal på 36  $\text{m}^2$  og en dybde 1,5 meter. Deretter tilsettes vannet klor før det tilføres klorkontaktbassenget på 1000  $\text{m}^3$ . Ved utløpet av dette bassenget tilsettes ammoniakk og vannet føres videre til et rentvannsbasseng på 1500  $\text{m}^3$ . Ved innløpet til rentvannsbassenget doseres hydratkalk.

Vannbehandlingsanlegget har et meget avansert styring og overvåkingsanlegg som inkluderer bl.a.:

- datainnsamling fra prosessenheter
- prosessangivelse
- lagring og bearbeiding av data
- alarmfunksjon
- vedlikehold
- database.

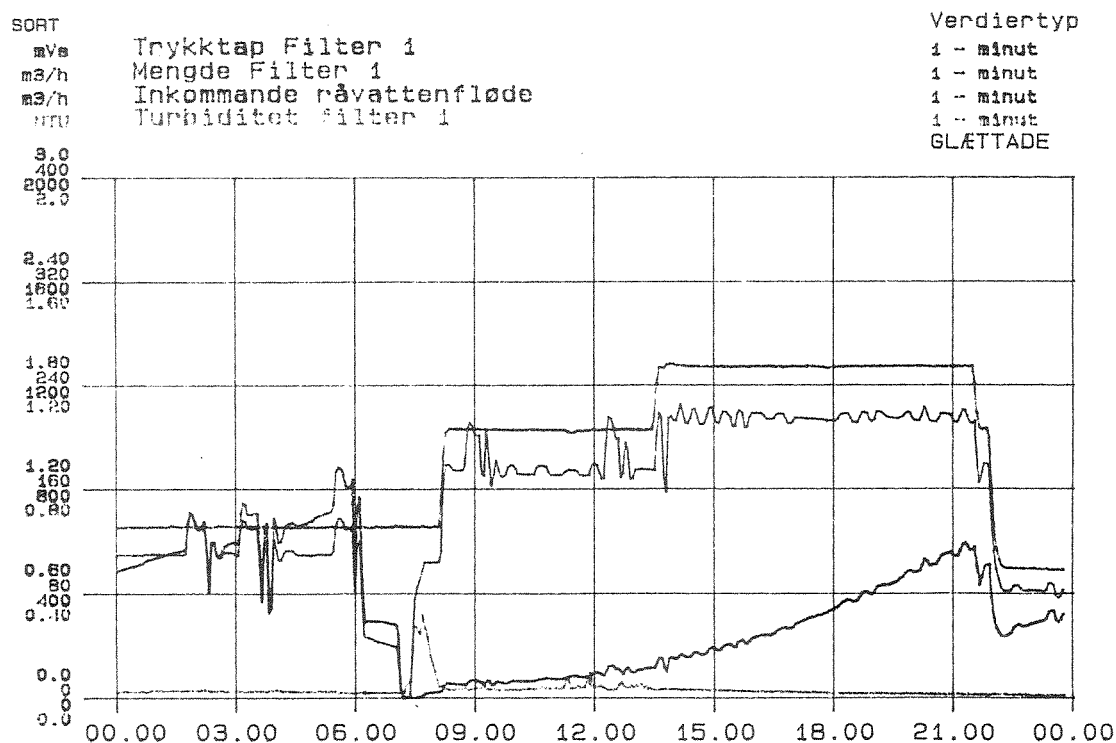
### 3. UNDERSØKELSE AV VANNKVALITET

Gjennom første del av undersøkelsen ble det lagt vekt på hydraulisk belastning, trykktap og turbiditet gjennom de enkelte filtre. Vannverkets egne registreringer ble benyttet.

Lengre ute i undersøkelsen ble hovedvekten lagt på turbiditet, surhetsgrad og reaktivt aluminiuminnhold fra samleledningen. Til disse målingene er NIVAs MOBIL-lab benyttet.

#### 3.1. Resultater fra 6. januar 1986

Figur 2 viser vannverkets trendkurver for trykktap og hydraulisk belastning gjennom 3-media filter nr. 1 og turbiditet i filtrat fra samme filter. Videre vises total hydraulisk belastning gjennom hele anlegget.



Figur 2. Trendkurver for trykktap, vannmengde og turbiditet for filter nr. 1 og total vannmengde gjennom anlegget den 6. januar 1986.

### 3.1.1. Hydraulisk belastning

Den hydrauliske belastningen gjennom anlegget ligger jevnt på ca. 650 m<sup>3</sup>/h gjennom natten og øker trinnvis til ca. 1050 og 1260 m<sup>3</sup>/h, henholdsvis ca. kl. 0805 og ca. kl. 1325. Videre redusere belastningen ca. kl. 2130 og kl. 2150 til henholdsvis ca. 1050 og 495 m<sup>3</sup>/h.

De tilsvarende verdier for hydraulisk belastning for filter nr. 1 er henholdsvis 109, 175, 210, 175 og 82 m<sup>3</sup>/h.

Disse hydrauliske belastninger gir overflatehastigheter på filterne på henholdsvis 3, 4,85, 5,8, 4,85 og 2,3 m/h. Alle overflatehastigheter er relativt lave i forhold til den dimensjonerende overflatebelastningen for direktefiltreringsanlegget som er i området 8,5-9,0 m/h.

En viss fluktusjon registreres i hydraulisk belastning for filter nr. 1. Fluktusjonene er særlig merkbare i forbindelse med tilbakespyling av filterne.

### 3.1.2. Trykktap gjennom filter

Bare en meget svak økning i trykktapet gjennom filter nr. 1 registreres som følge av økningene i hydraulisk belastning. Denne relativt beskjedne økningen i trykktap gjennom filtret har trolig sammenheng med at filtret nylig var tilbakespylt (ca. kl. 0710). Den akkumulerte slammengden i filtret var derfor relativt beskjeden og passasjen av vann gjennom filtermaterialet trolig relativt god.

Ved de to reduksjonene i hydraulisk belastning forekom imidlertid en betydelig tilsvarende reduksjon i trykktap gjennom filtret. Trykktapene redusertes fra ca. 92 cm til ca. 77 cm ca. kl. 2030 og videre til ca. 35 cm ca. kl. 2150.

Arsakene til denne relativt sett store reduksjon i trykktap gjennom filtret, har trolig sammenheng med at filtret nærmer seg metning og at passasjen av vann gjennom filtermediet er betydelig vanskeligere.

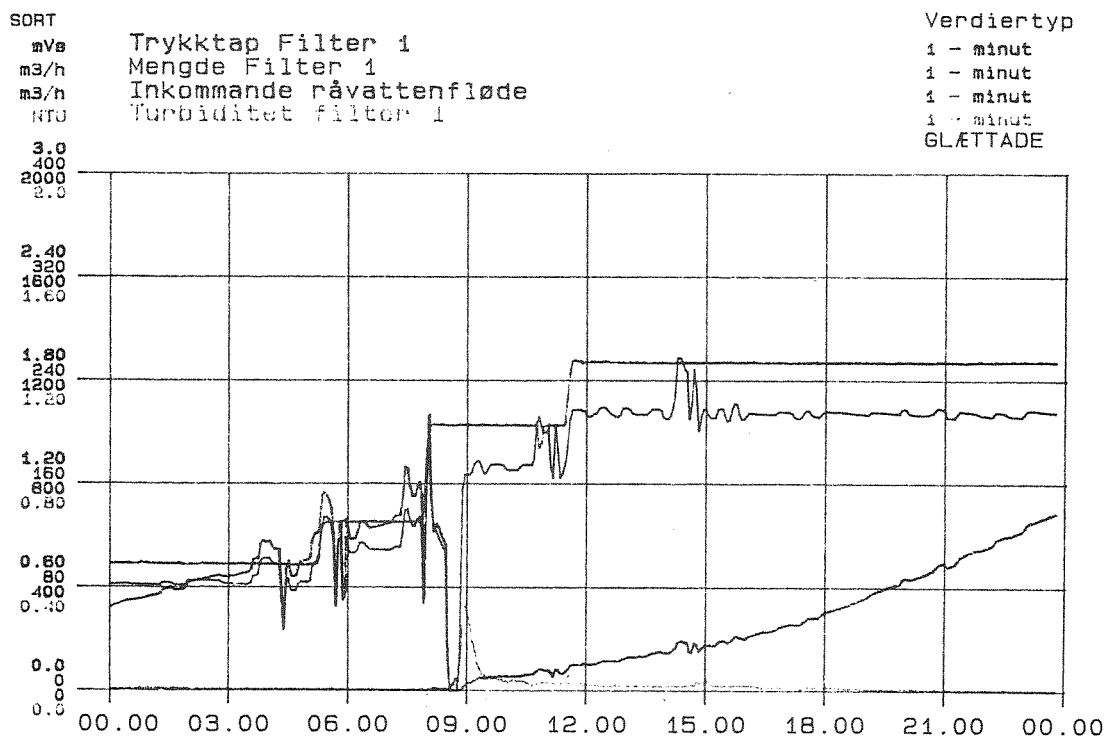
Ved tilbakespyling av de enkelte filtre registreres fluktuasjoner i trykktapene for filter nr. 1. Like før tilbakespylingen av filtret er fluktuasjonene betydelige større enn like etter tilbakespylingen. Dette har også trolig sammenheng med at filtret før tilbakespylingen har akkumulert betydelige slammengder og at passasjen mellom filterkornene er trang. Endringer i hydraulisk belastning medfører da store endringer i trykktap over filtret.

### 3.1.3. Turbiditet

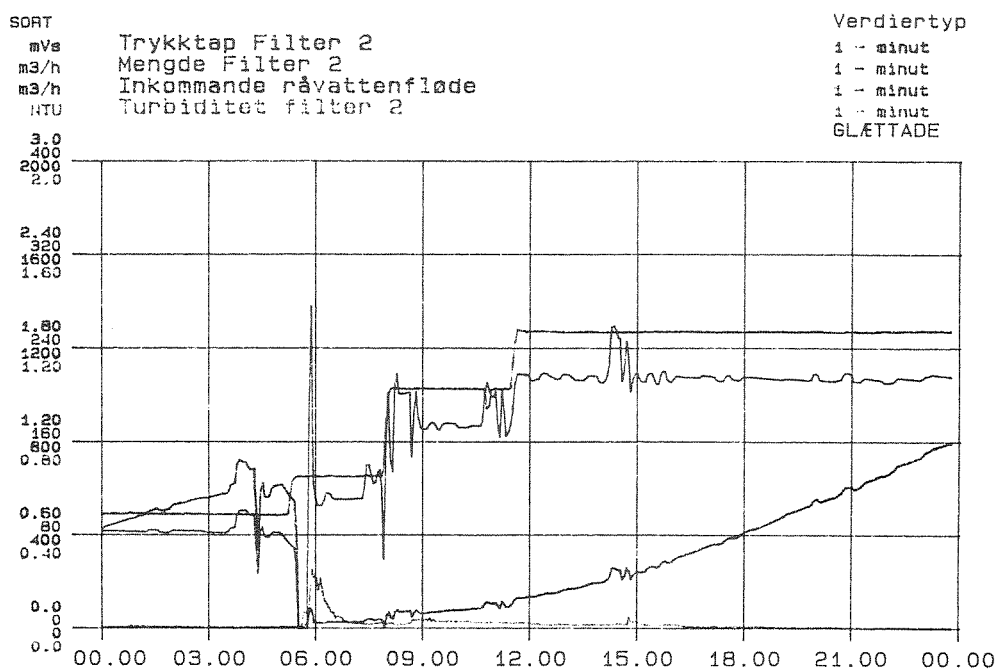
Turbiditet i filtrat fra filter nr. 1 ligger jevnt i området 0,01-0,05 NTU. Verdiene er usannsynlige lave og kan indikere en mulig feil i vannverkets turbidimeter. Det forekommer ingen økning i turbiditet utover i filtersyklusen. Også like før tilbakespylingen av filtret er turbiditet fortsatt like lav. Bare like etter tilbakespyling av filtret forekommer en topp i turbiditet. Denne toppen varer ca. 55 minutter og angir modningsperioden for filtret. Et filter har vanligvis en viss periode med bl.a. høy turbiditet like etter filtret er tilbakespylt.

### 3.2. Resultater fra 7. januar

Vannverkets egne trendkurver foreligger for alle filtrene den 7. januar. Kurvene angir total hydraulisk belastning gjennom anlegget og trykktap og hydraulisk belastning gjennom de enkelte filtre. Videre angis turbiditet i filtrat fra de enkelte filtre (se figurene 3, 4, 5, 6, 7 og 8).

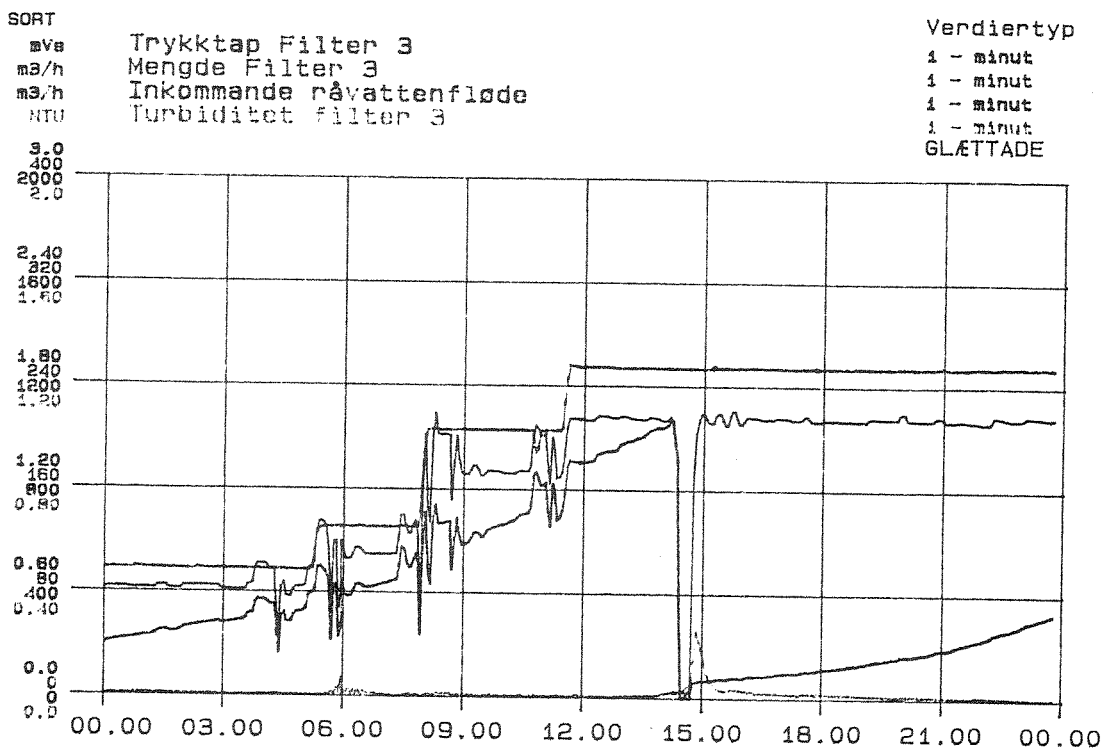


Figur 3. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 1 og total vannmengde gjennom anlegget den 7. januar 1986.

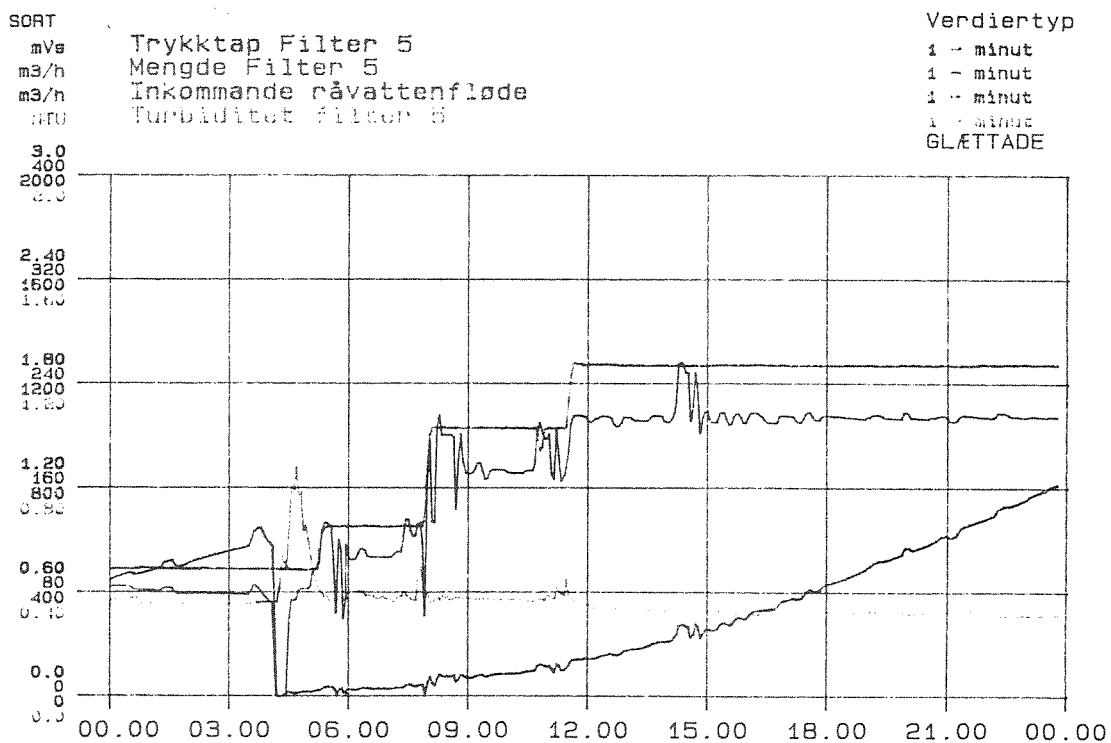


Figur 4. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 2 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.

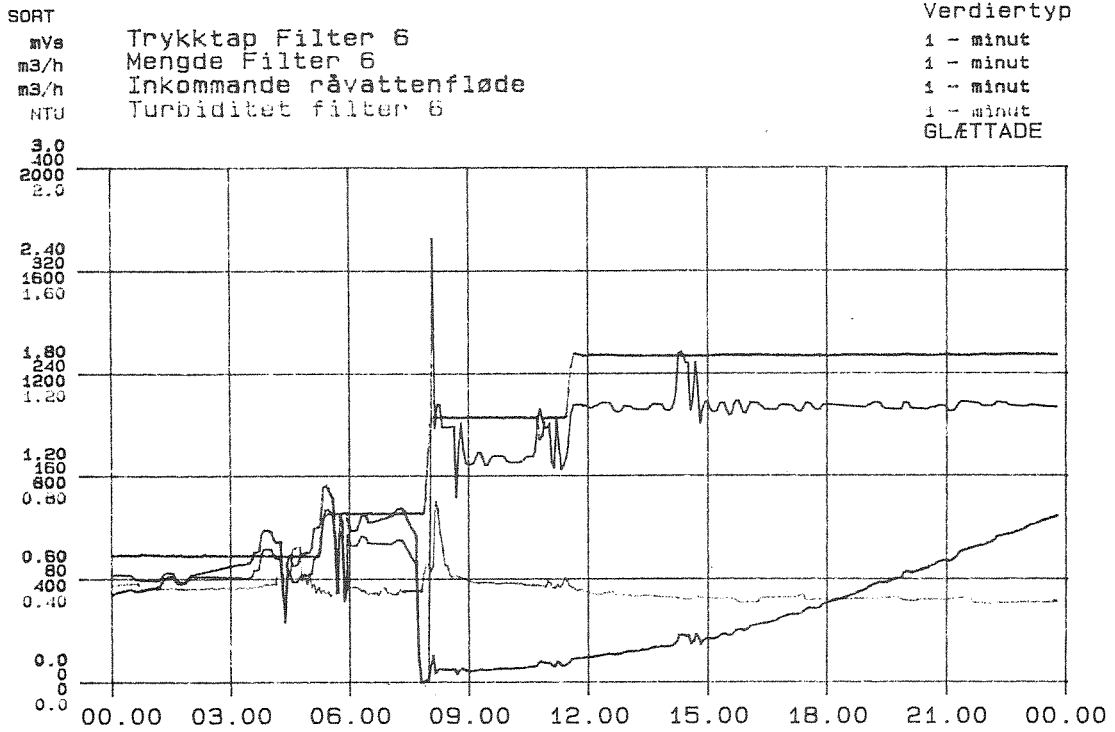




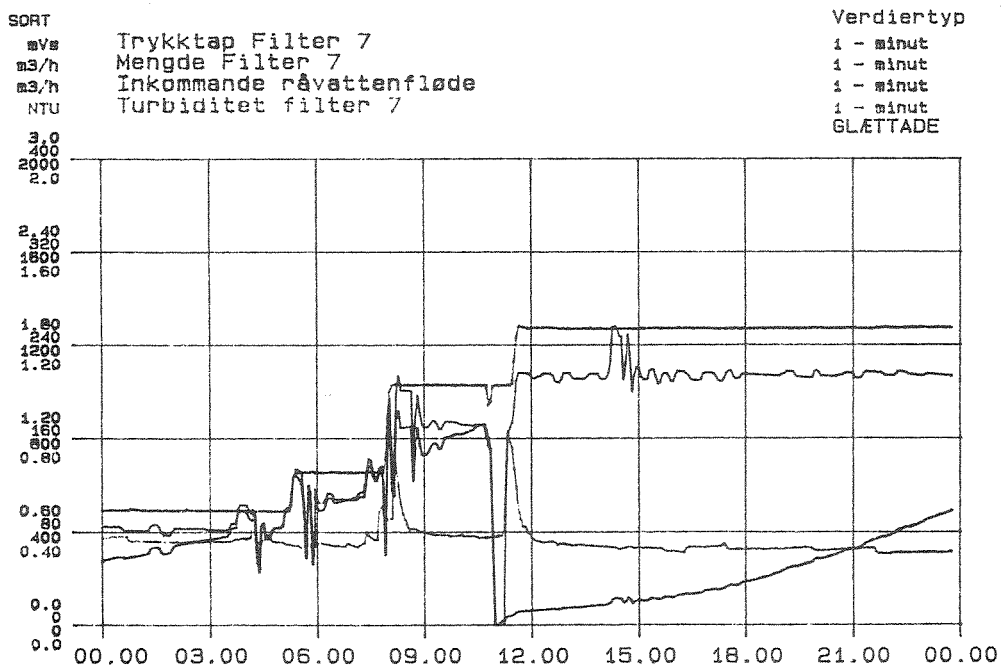
Figur 5. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 3 og total vannmengde gjennom anlegget den 7. januar 1986.



Figur 6. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 5 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.



Figur 7. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 6 og total vannmengde gjennom anlegget den 7. januar 1986.



Figur 8. Trykktap, hydraulisk belastning og turbiditet for filter nr. 7 og total hydraulisk belastning for anlegget den 7. januar 1986.

### 3.2.1. Hydraulisk belastning

Den hydrauliske belastning øker trinnvis i tre steg fra ca. 495 m<sup>3</sup>/h om morgenen til ca. 1260 m<sup>3</sup>/h, ca. kl. 1130 og holder seg på dette nivå resten av dagen. 1260 m<sup>3</sup>/h tilsvarer en overflatebelastning i filterne på 5,8 m/h og er relativt lav i forhold til dimensjonerende kapasitet.

Økningen i hydraulisk belastning fordeles jevnt på de enkelte filtre.

Fluktasjoner i hydraulisk belastning på de enkelte filtre forekommer. Disse fluktasjonene er helt identiske for de ulike filtre og er særlig stor i forbindelse med tilbakespyling av filterne. Forholdet har sammenheng med at ved utkobling og tilbakespyling av ett filter fordeles vannmengden jevnt på de andre.

### 3.2.2. Trykktap gjennom filterne

Trykktapet gjennom de enkelte filtre har en tilsvarende klassisk utvikling den 7. januar, som dagen før. Like etter tilbakespylingene er selvsagt trykktapene gjennom filterne svært lave. Utover i filtersyklusen øker trykktapene svakt eksponentielt og har sitt maksimumsnivå like før tilbakespyling.

Fluktasjonene i hydraulisk belastning gir en samsvarende endring i trykktap gjennom filterne. I den første tiden etter tilbakespyling er fluktasjonene i trykktapet svært små og knapt registrerbare. Selv betydelige økninger i hydrauliske belastninger gjennom filterne, forårsaket av tilbakespyling av ett filter, gir bare moderat økning i trykktap for de andre filterne. Utover i filtersyklusen øker imidlertid fluktasjonene i trykktapet for de enkelte filtre. Like før tilbakespyling av filterne, gir små endringer i hydraulisk belastning relativt store utslag i trykktap over filterne.

Forklaringen på forholdet er som tidligere nevnt at slamakkumuleringen i filtret forårsaker smale passasjer og høyt friksjonstap i filtermediet.

### 3.2.3. Turbiditet

Ved normal drift av filterne ligger turbiditet i filtrat fra filter nr. 1, 2 og 3 i området 0-0,05 NTU og for filterne 5, 6 og 7 i området 0,35-0,4 NTU (se figurene 3, 4, 5, 6, 7 og 8).

Verdiene av turbiditet i første gruppe av filtre synes lave, mens de er muligens noe høye i den andre gruppe. Forholdet kan, som tidligere nevnt, muligens skyldes feil eller manglende kalibrering av vannverkets turbidimetre. Disse absoluttverdiene av turbiditet vil derfor ikke bli kommentert nærmere.

Trenden i turbiditetsutviklingen er imidlertid interessant. Det skjer ingen langvarig økning i turbiditet utover i filtersyklusene, som en ofte finner i et filteranlegg. I den grad noe kan sies om den mer langsiktige utvikling i turbiditet, reduseres den faktisk svakt utover i filtersyklusene for flere av filterne.

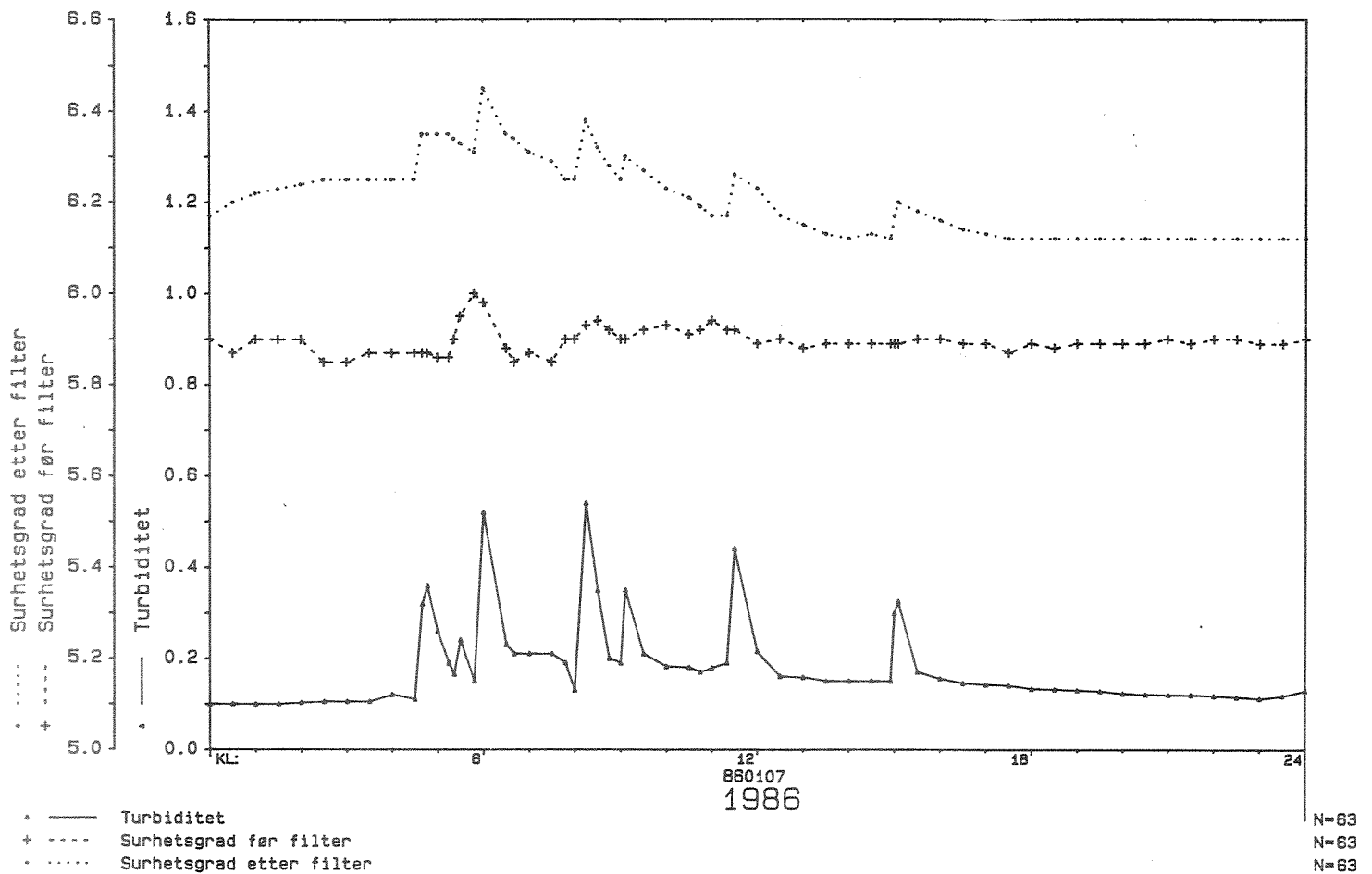
Heller ikke den trinnvise økningen i hydraulisk belastning resulterer i turbiditetsøkninger.

Bare i forbindelse med tilbakespyling av filterne skjer en turbiditetsøkning i filtratet. Denne økning finner sted etter at de enkelte filterne er satt i drift etter tilbakespyling, m.a.o. i filternes modningsfase. Denne økning er klassisk og forekommer i de fleste filtre etter tilbakespyling og kan vanskelig unngås. Vanligvis blir filtrat fra denne periode ført til avløp uten å influere på renvannets kvalitet i vesentlig grad.

Tilbakespyling av ett filter medfører i noen tilfeller økning i turbiditet i andre filtre. Utslaget er særlig merkbart for filter nr. 7, når tilbakespylingen av filter 6 skjer ca. kl. 0745. Mindre økninger i turbiditet forekommer også i filtrat fra de andre filtre ved tilbakespyling.

Resultater fra samlestocken

NIVAs MOBIL-LAB ble benyttet til kontinuerlig måling av surhetsgrad i vannet før 3-media filtrene og surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene. Resultatene er angitt i figur 9.



Figur 9. Surhetsgrad i vann før 3-media filtrene og surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene.

Surhetsgraden i vann fra før 3-media filtrene ligger i hovedsak i området pH 5,85-5,95. Innenfor dette området forekommer visse fluktuasjoner. Kl. 0800 når pH-verdien opp i pH 6,0. Tidspunktet samsvarer med den største økningen i hydraulisk belastning som forekommer gjennom anlegget i dette døgnet og kan ha visse sammenhenger med denne toppen. De to andre økningene i hydraulisk belastning er noe mindre og gir ikke merkbare endringer i surhetsgrad.

Basisnivået for turbiditet i filtratet fra 3-media filtrene ligger i området 0,1-0,2 FTU. Morgen, kveld og natt ligger verdiene i den nedre del av området, mens de på dagtid ligger i den øvre del.

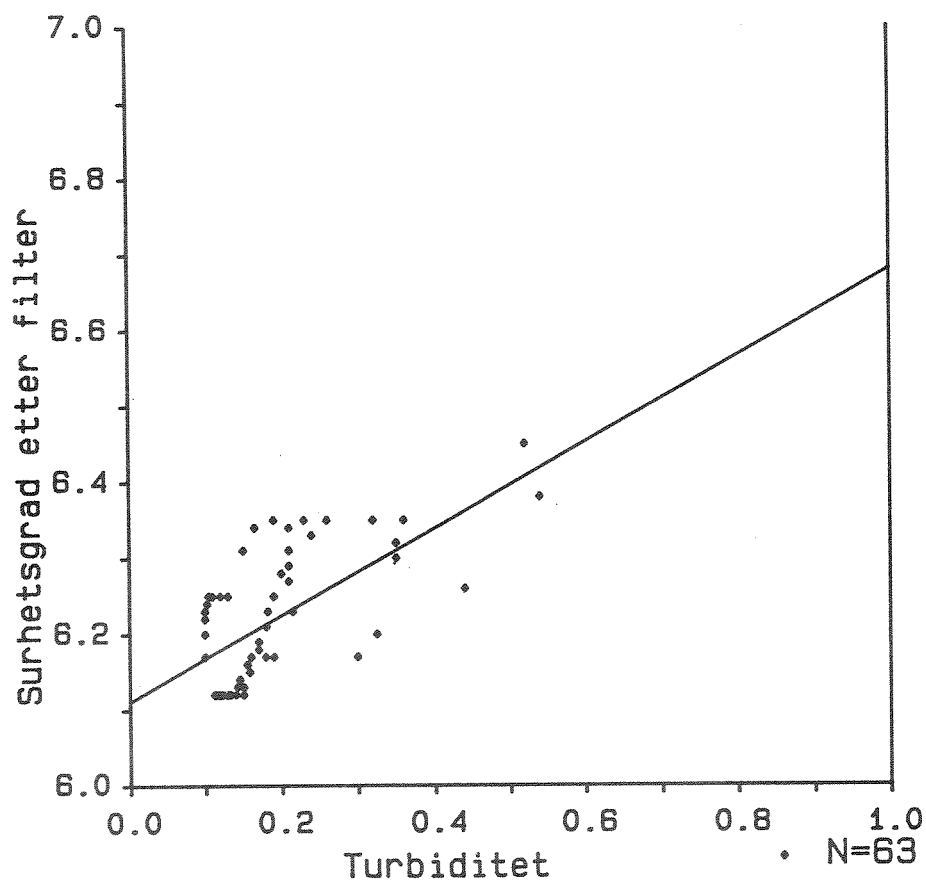
Det forekommer 6 helt markerte topper i turbiditet til området 0,35-0,55 FTU. Disse toppene samsvarer helt med tilbakespylingene av de seks 3-media filtrene og er direkte forårsaket av tilbakespylingene. Toppene angir tidspunktet for innkobling av filtratet på samleledningen og representerer innledningene til modningsfasene for filtrene.

Toppene i turbiditet etter tilbakespyling er helt klassiske og forekommer i større eller mindre grad ved de fleste tilsvarende vannbehandlingsanlegg.

Surhetsgrad i filtratet fra samleledningen viser basisverdier i området pH 6,10-6,25. De laveste verdier forekommer kveld og natt, mens de høyeste verdier forekommer om morgenen og tidlig på dagen.

Utover basisnivået forekommer seks helt markerte topper i pH-verdi til 6,2-6,45. Disse toppene samsvarer helt med tidspunktene for toppene i turbiditet, men har noe lengre etterslep enn turbiditetstoppene. Årsaken til toppene i pH-verdi er tilbakespylingen med alkalisert renvann, som senere har vist seg å ha pH-verdier i området 7,5-9,0. Det tar noe tid før det alkaliserende tilbakespylingsvannet tilfredsstillende er vasket ut av filtrene etter tilbakespylingen. I disse periodene ligger pH-verdiene over det optimale området for fellingprosessen. Dette kan forlenge modningsperiodene for filtrene og øke transporten av urenheter gjennom filtrene i disse periodene.

Både basisverdiene og toppene for turbiditet og surhetsgrad er relativt like. En korrelasjon mellom disse to parametre ble derfor utarbeidet. Figur 10 viser resultatene.

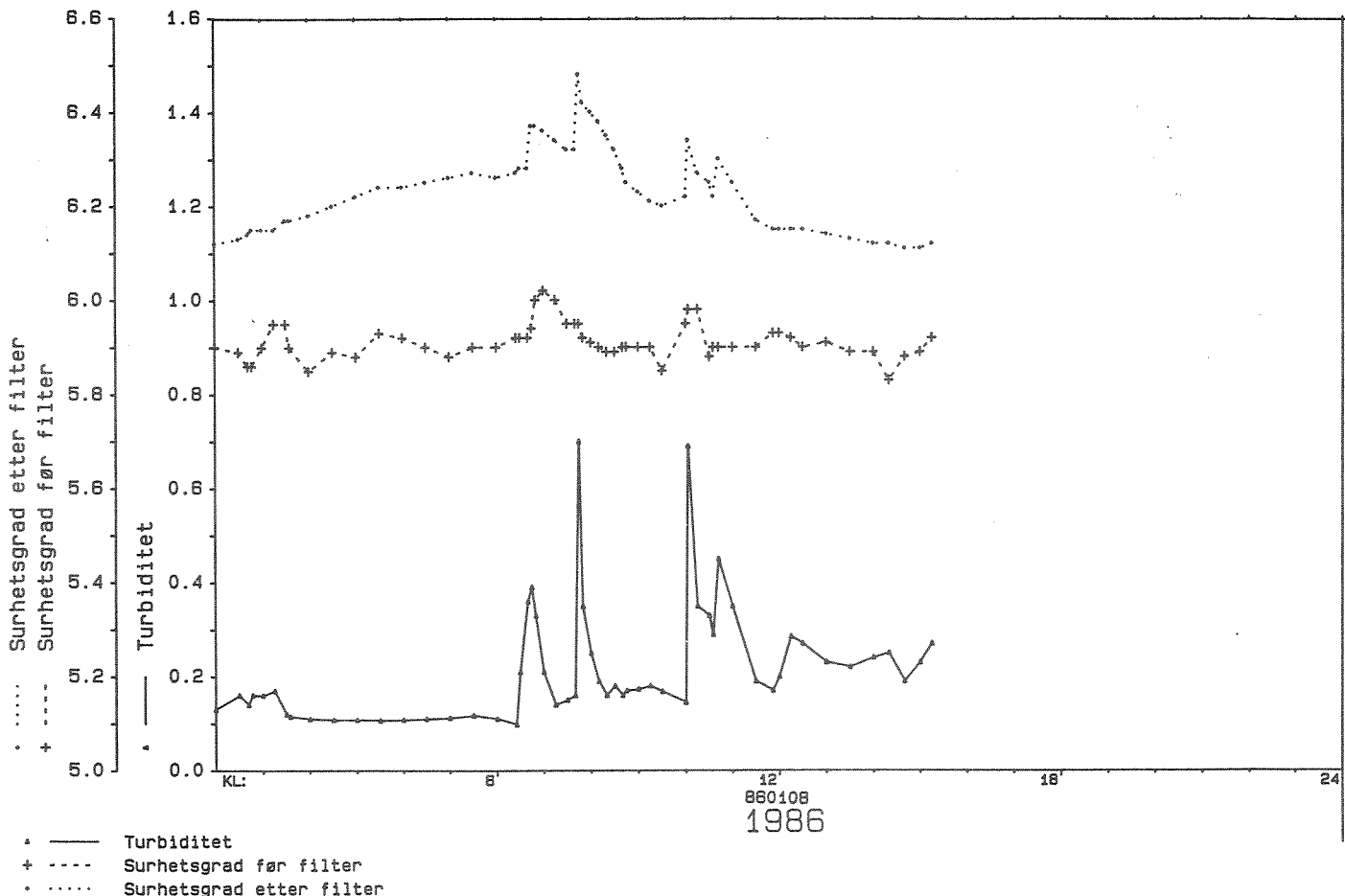


Figur 10. Sammenheng mellom turbiditet og surhetsgrad i filtrat fra 3-media filterne.

Som det fremgår av figuren er den rent statistiske sammenhengen mellom de to variable ikke så god som en kan få inntrykk av fra trendkurvene. Dette har delvis sammenheng med etterslepet i pH-verdiene (etter toppene etter tilbakespylingene) som er lengre for pH-verdiene enn for turbiditet. Videre forekommer de høyeste verdiene i basisverdiene (utenom toppene) noe tidligere på døgnet for surhetsgrad enn for turbiditet.

### 3.3. Resultater fra 8. januar

NIVAs MOBIL-lab resultater foreligger for surhetsgrad i vann før 3-media filtrene og for surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene. Resultatene er angitt i figur 11.



Figur 11. Surhetsgrad før 3-media filtrene og surhetsgrad og turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene den 8. januar 1986.



Kl. 1140 ble aluminiumsulfatdoseringen redusert fra 37,5 mg/l til 32,2 mg/l og økt igjen til 37,5 mg/l kl. 1415.

Før endringen i doseringen er utviklingen i vannkvaliteten svært lik dagen før. Surhetsgraden i vann før 3-media filterne ligger hovedsakelig i området pH 5,85-5,95 med to topper opp mot pH 6.

Turbiditet ligger i området 0,1-0,18 FTU med 4 markerte topper i området 0,4-0,7 FTU. På denne dagen er ikke tidspunktene for tilbakespyling av filterne kjent, men det er liten grunn til å tvile på at de fire toppene i turbiditet også nå samsvarer med tidspunktene for tilbakespyling av filterne.

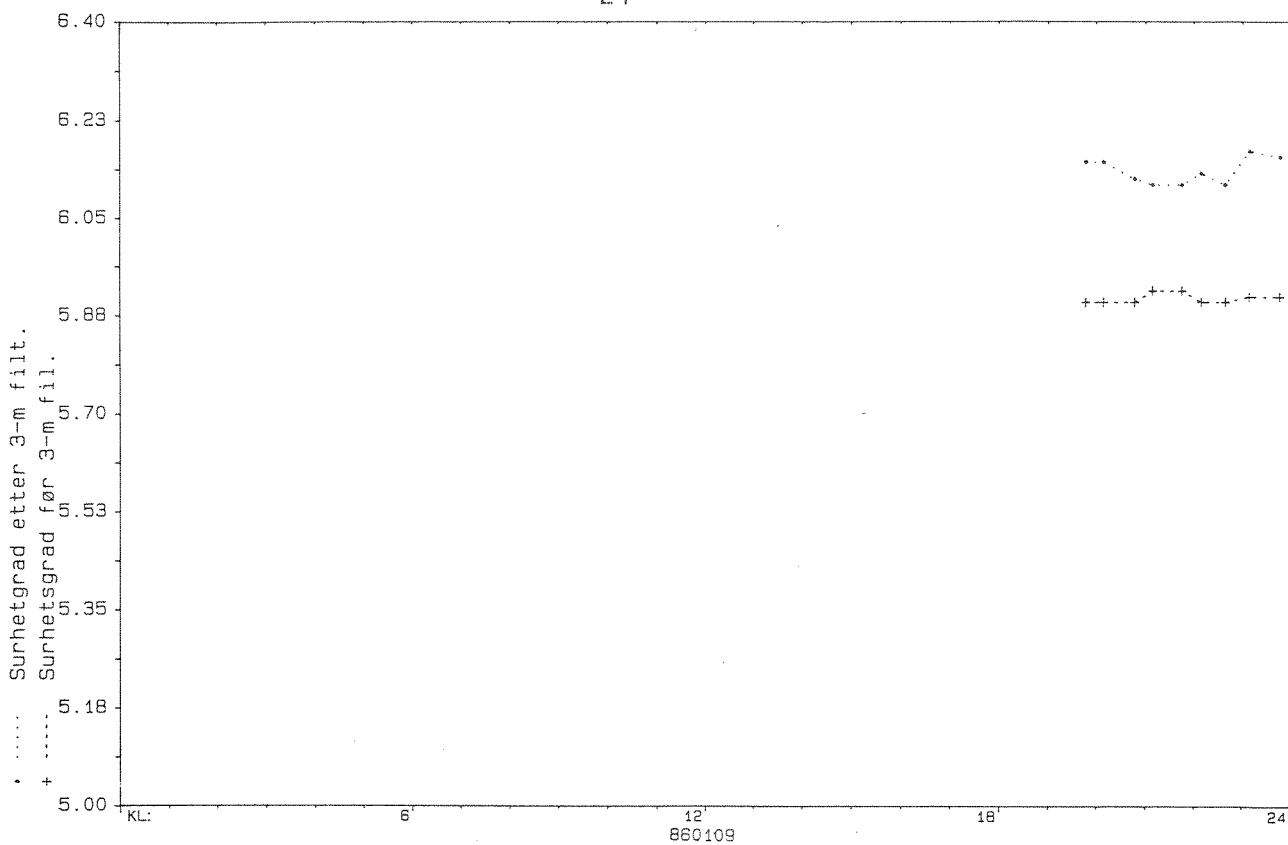
Reduksjoner i aluminiumsulfatdoseringen resulterer i en økning i turbiditet. Siden turbiditet ikke helt har stabilisert seg etter tilbakespylingen av ett av filterne kl. 1040, er økningen vanskelig å angi eksakt. Turbiditet synes imidlertid å øke fra ca. 0,17 FTU til området 0,22-0,28, altså en økning på 30-65 %. En redusert dosering av aluminiumsulfat medfører dårligere filtrat.

Surhetsgraden i filtrat fra 3-media filterne følger også nå i hovedsak samme forløp som dagen før. Basisverdiene øker fra ca. pH 6,12 tidlig på natten til pH 6,28 på morgenen og synker jevnt til ca. pH 6,10 ca. kl. 1500.

4 helt markerte topper i pH-verdier, opp i området pH 6,3-6,5 samsvarer med tilsvarende topper i turbiditet og er trolig også forårsaket av tilbakespylinger av filterne.

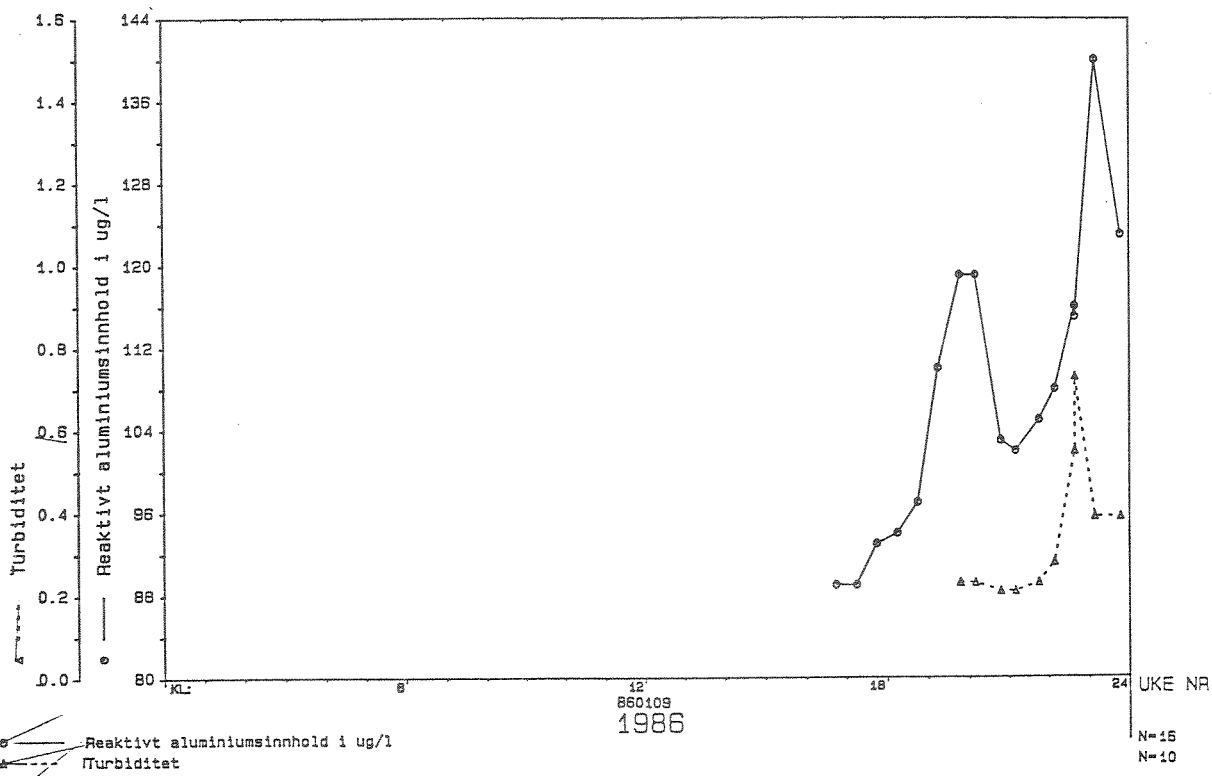
#### 3.4. Resultater fra 9. og 10. januar

Resultater fra NIVAs MOBIL-lab foreligger for surhetsgrad i vannet før 3-media filterne og for surhetsgrad, turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filterne. Figurene 12, 13, 14 og 15 angir resultatene.



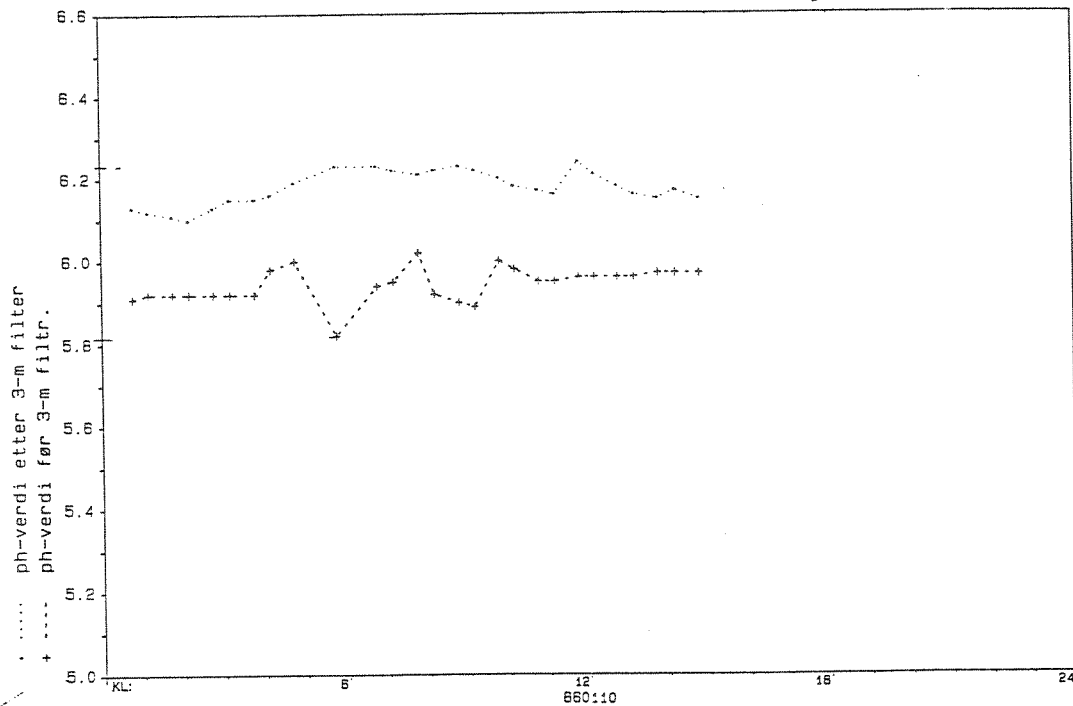
o Surhetsgrad før 3-m filt.  
 ..... Surhetsgrad etter 3-m filt.

Figur 12. Surhetsgrad i vann før og etter 3-media filtrene den 9. januar 1986.

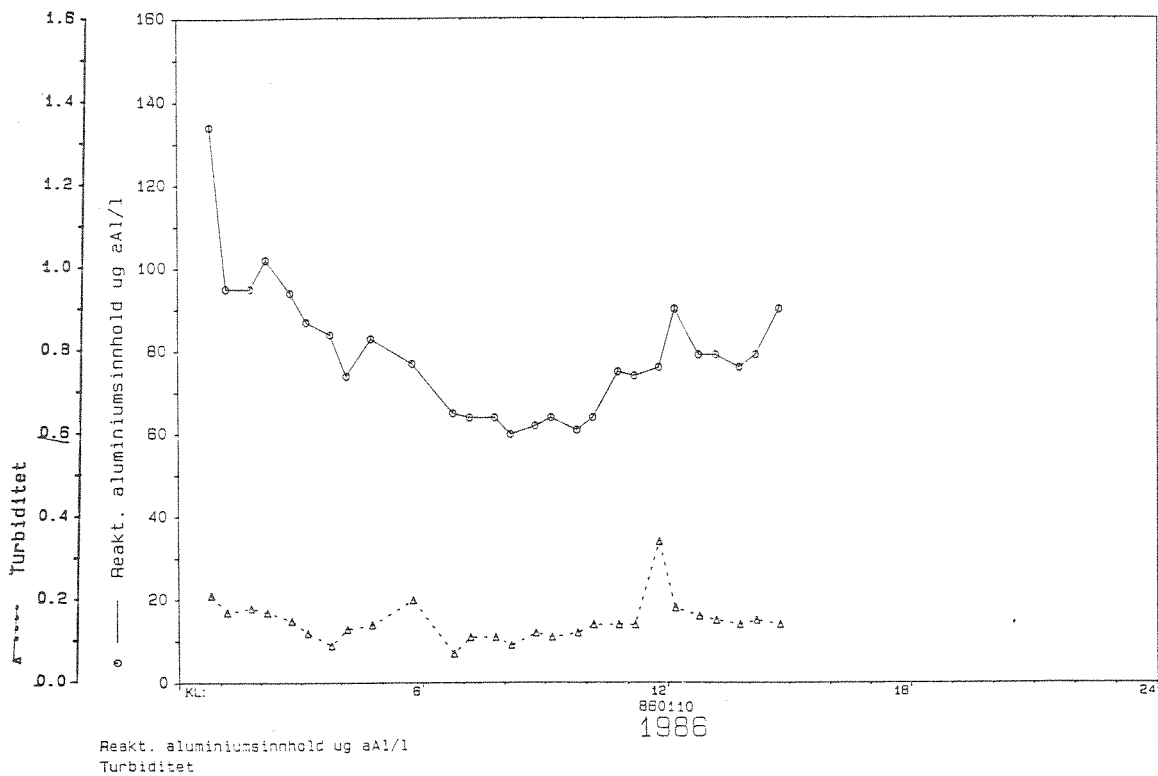


o Reaktivt aluminiumsinnhold i ug/l  
 A Turbiditet

Figur 13. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filtrene den 9. januar 1986.



Figur 14. Surhetsgrad i vann før og etter 3-media filtrene den 10. januar 1986.



Figur 15. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filtrene den 10. januar 1986.

pH-verdiene i vann fra før 3-media filtrene ligger i området pH 5,9-6,0. Innenfor dette området forekommer visse fluktuasjoner. Verdiene er litt høyere enn tilsvarende tidligere målinger.

Turbiditet ligger også i denne periode i området 0,1-0,2 FTU med to helt markerte topper i området 0,35-0,75 FTU. Både basisnivået og toppene tilsvarer i hovedsak tidligere målte verdier for turbiditet.

Surhetsgrad i filtrat fra 3-media filtrene viser basisverdier for pH i området pH 6,10 til nesten pH 6,25. Resultatene samsvarer godt med tidligere målte verdier. Som tidligere øker pH-verdiene utover morgene og viser topper etter sannsynlige tilbakespyling filtrene.

Reaktivt aluminiumsinnhold viser basisverdier i området 60-100 µg Al/l i filtratet fra 3-media filtrene. To helt markerte topper forekommer ca. kl. 1945 og ca. kl. 1110 den 9. januar på henholdsvis 120 og 140 µg Al/l. En mindre markert topp registreres kl. 1210 den 10. januar. De to sistnevnte toppene samsvarer godt med tilsvarende topper i turbiditet og er etter all sannsynlighet forårsaket av tilbakespyling av filtrene. Første topp er også trolig forårsaket av tilbakespyling, men dette lar seg ikke nærmere bekrefte siden turbiditetsmålinger forut for toppen ikke foreligger.

Forholdet mellom reaktivt og totalt aluminiumsinnhold varierer med vannkvaliteten. Surhetsgraden er særlig utslagsgivende. Ved økende pH-verdier foreligger større andel av totalt aluminium som reaktivt aluminium. Tidligere målinger ved Vansjø vannverk har vist at ved pH 6,5 foreligger ca. 55 % av totalt aluminium som reaktivt aluminium og ved pH 7,8 foreligger 100 % av totalt aluminium som reaktivt aluminium.

Ved pH-verdier på ca. 5,9-6,1 foreligger anslagsvis 50 % av totalt aluminium som reaktivt aluminium. Dette tilsvarer et totalt innhold av aluminium i området 120-280 µg Al/l i filtratet fra 3-media filtrene.

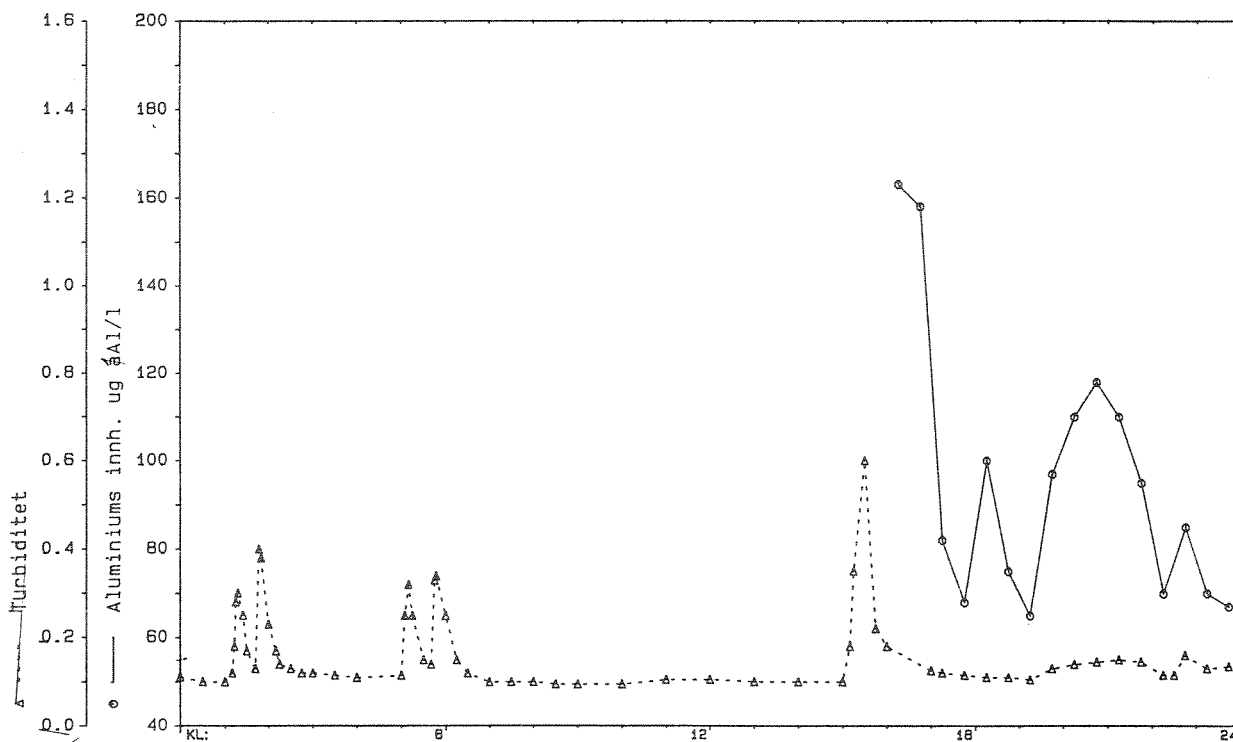
Toppene i reaktivt aluminiumsinnhold samsvarer også med topper (små) i pH-verdier. Totalt aluminiumsinnhold blir derfor, teoretisk sett, noe redusert i forhold til overnevnte. Toppene i pH-verdier er imidlertid såvidt små at overnevnte trolig bare har teoretisk interesse og neppe praktisk betydning.

### 3.5. Resultater fra 13. til 17. januar

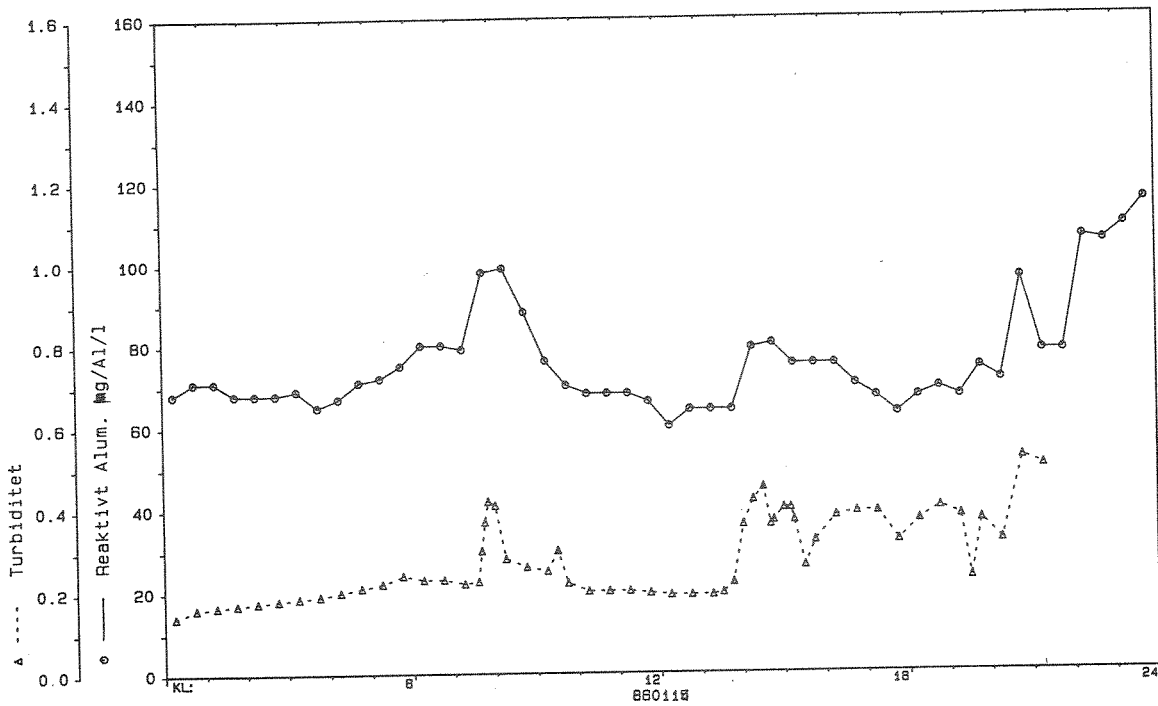
Fra den 13. til den 17. januar er surhetsgrad, turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold målt i filtrat kullfiltrene. Fra kl. 1300 den 16.1. er i tillegg reaktivt aluminiumsinnhold målt i vann før kullfiltrene.

#### 3.5.1. Turbiditet i filtrat fra kullfiltrene

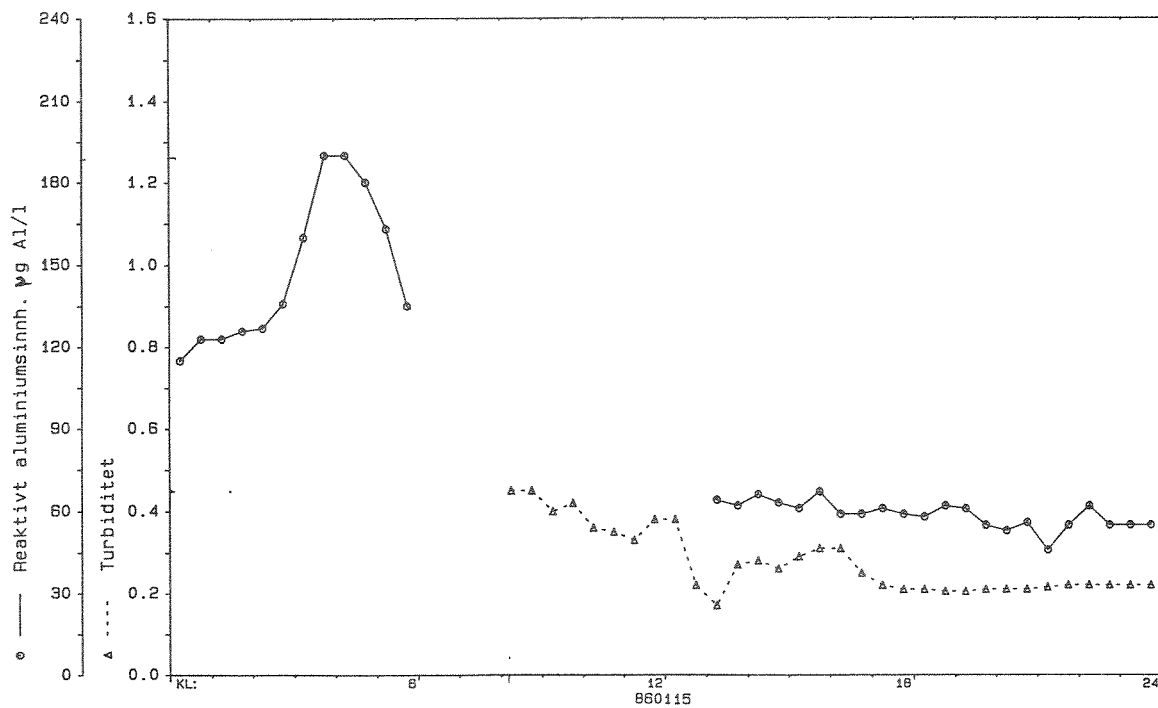
Figur 16, 17, 18, 19 og 20 viser verdiene av turbiditet i filtrat fra kullfiltrene.



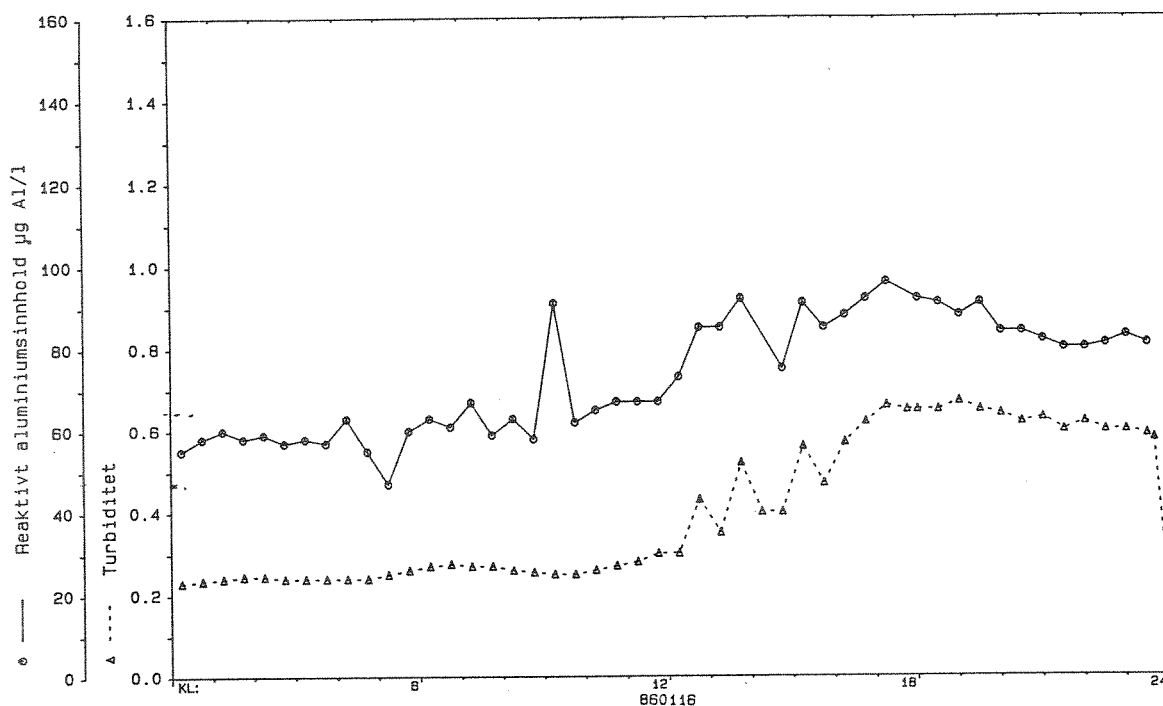
Figur 16. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene den 13.1.86.



Figur 17. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 14.1.86.



Figur 18. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 15.1.86.



Figur 19. Turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra kullfiltrene, den 16.1.86.

I første del av denne perioden ligger basisnivået for turbiditet i området 0,1-0,15 FTU, bare avbrutt av god markerte toppe trolig forårsaket av tilbakespylinger av filtrene. Etterhvert øker basisnivået for turbiditet opp mot 0,4-0,45 FTU og mot kvelden den 16. januar går verdiene helt opp mot 0,60-0,65 FTU.

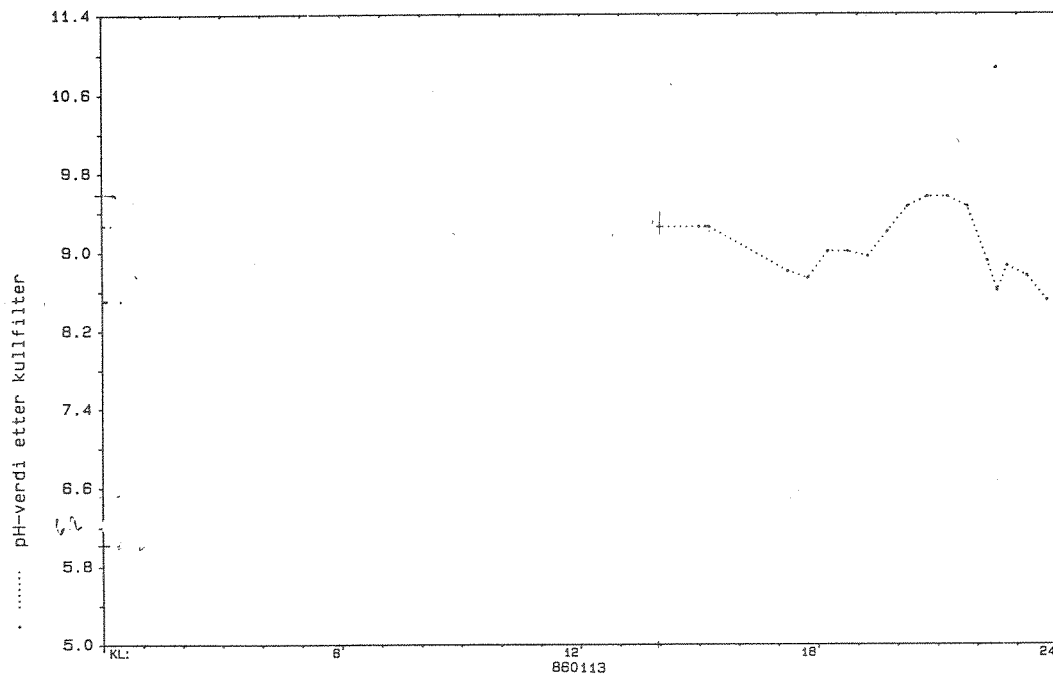
De målte basisverdier av turbiditet i filtrat fra kullfiltrene ligger i hovedsak langt over de tidligere målte verdier av turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene. Forholdet er helt motsatt det som kunne forventes. En naturlig utvikling ville vært en reduksjon av partikulært materiale gjennom kullfiltrene. Forholdet kan ha flere forklaringer. Turbiditet etter 3-media filtrene kan muligens ha økt vesentlig gjennom denne perioden og tilført et vesentlig større partikkelinnhold til kullfiltrene. Turbiditet er riktignok ikke målt i vannet før kullfiltrene i denne perioden, så helt sikkert kan ikke

dette utelukkes. Men mer sannsynlig skyldes turbiditetsøkningen utløsning av partikulært materiale fra de relativt nystartede kullfiltrene. Dette vil bli nærmere diskutert i neste kapittel.

Mellom kl. 2120 den 14.1. og kl. 0820 den 15.1.86 sviktet turbidimetret. Turbiditetsverdier fra denne periode foreligger derfor ikke.

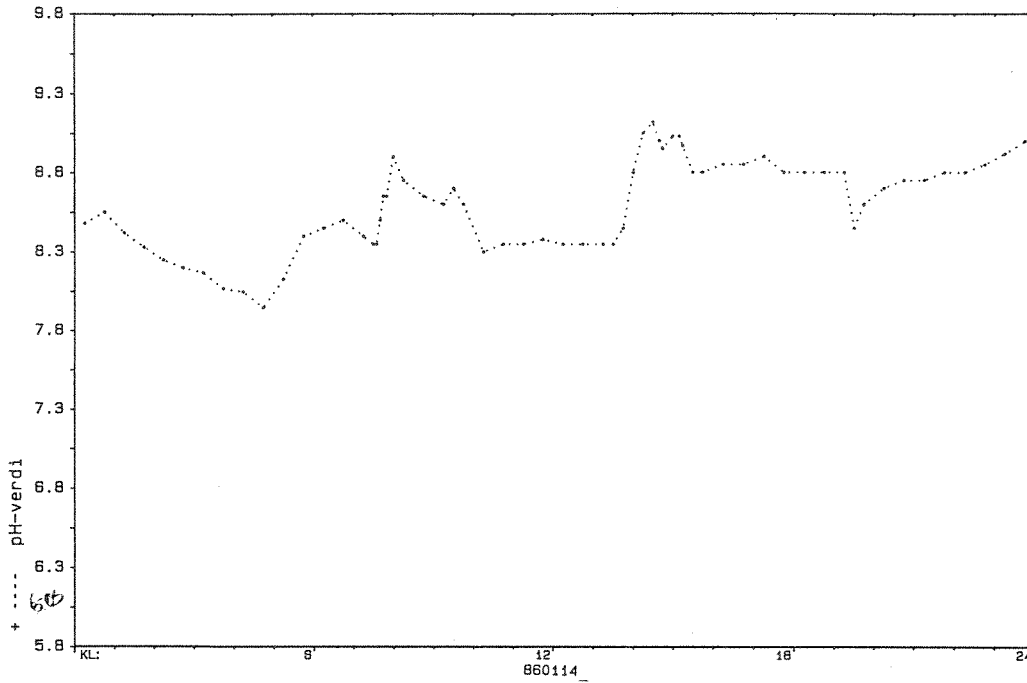
### 3.5.2. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene

Surhetsgrad er målt i filtrat fra kullfiltrene. Figurene 20, 21, 22, 23 og 24 viser resultatene.

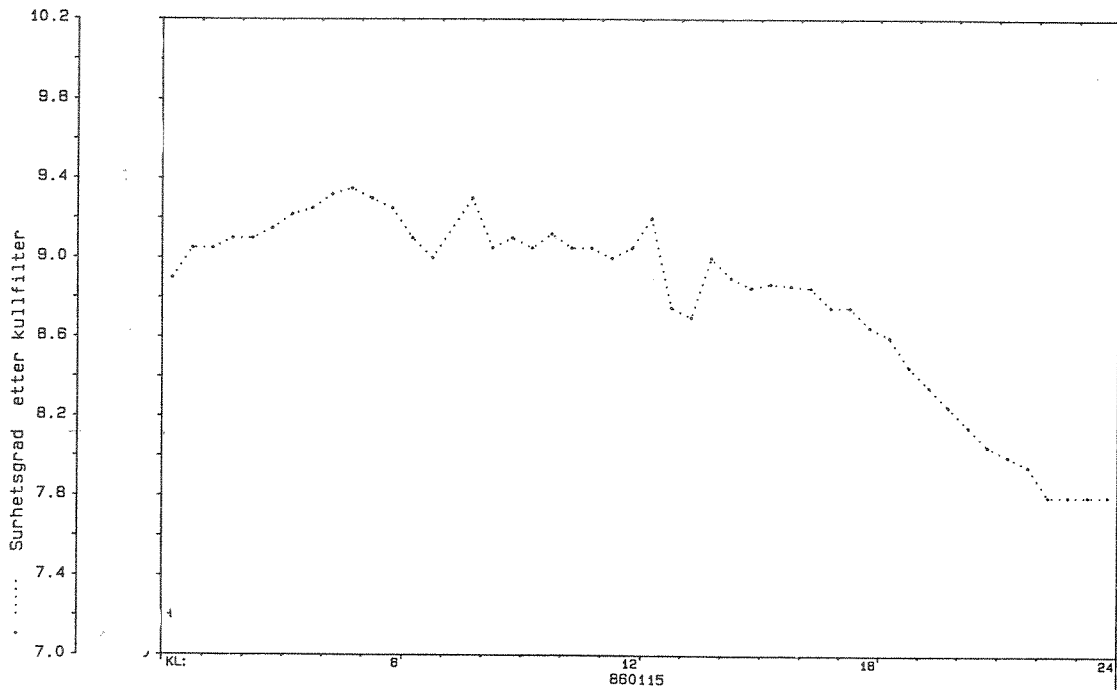


Figur 20. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 13.1.86.

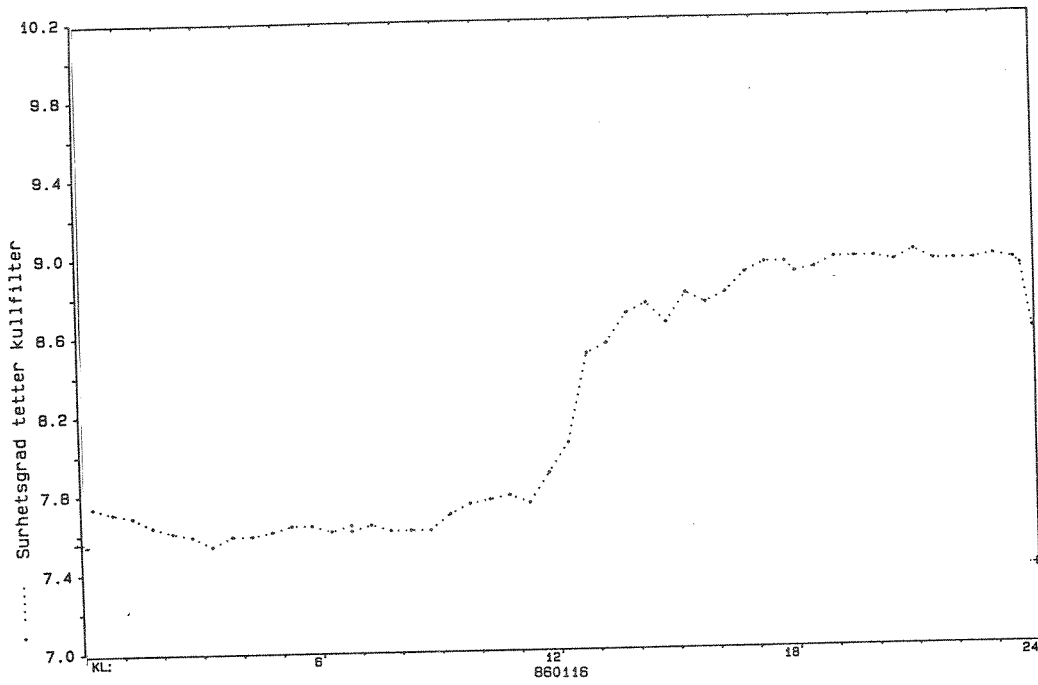




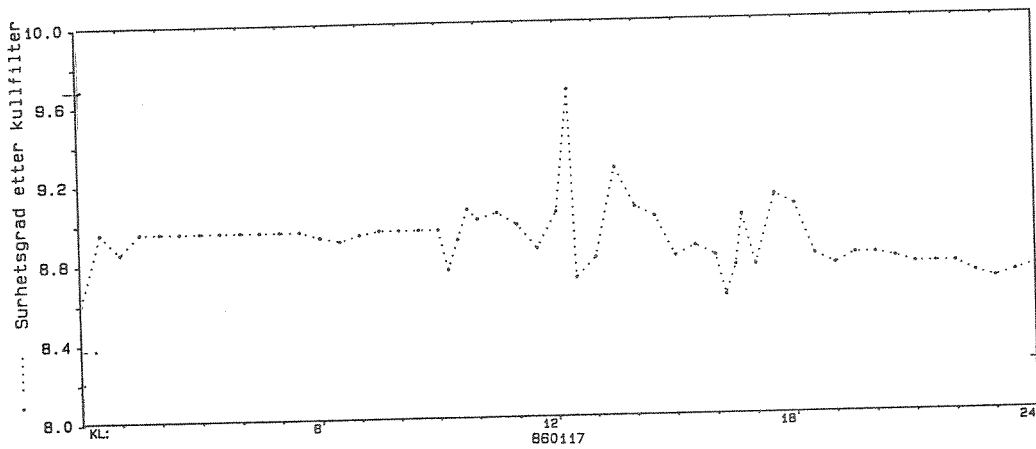
Figur 21. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 14.1.86.



Figur 22. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 15.1.86.



Figur 23. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 16.1.86.



Figur 24. Surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 17.1.86.

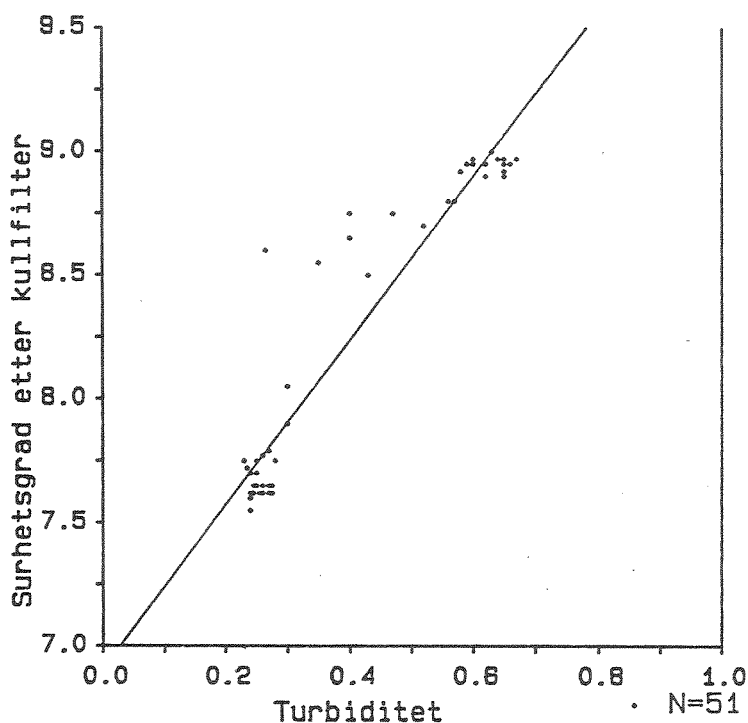
I tidsrommet fra kl. 1400 den 13.1. til kl. 2400 den 17.1.86 er pH-verdiene målt mellom 7,55 og 9,6. Relativt raske fluktuasjoner forekommer i perioden. Kvalitetskravene til drikkevann tilsier en pH-verdi mellom 8-8,5 i renvannet. Disse verdiene overskrides dermed til dels betydelig.

Det er en meget god sammenheng mellom utviklingen i pH-verdi og turbiditet. Trolig er utløsningene fra kullfiltrene årsaken til de høye verdiene av både pH og turbiditet.

Figurene 8 og 10 viser at basisverdiene for turbiditet i filtrat fra 3-media filtrene ligger i området 0,1-0,2 NTU den 7. og 8. januar (enkelte markerte topper ligger betydelig høyere). Selv om disse målingene er utført i et annet tidspunkt, indikerer resultatene at en økning i turbiditet i vannet har funnet sted mellom 3-media filtrene og kullfiltrene. Dette forsterker antagelsen om at utløsning av partikulært materiale forekommer fra kullfiltrene.

Helsemyndighetenes generelle kvalitetskrav til turbiditet i drikkevann er 1,0 NTU. For fullrenset vann er kvalitetskravene skjerpet til 0,3 NTU for å sikre tilfredsstillende drift av koaguleringsprosessen. Denne grense overskrides i lengre perioder i renvannet. Alle resultater tyder imidlertid på at koaguleringsprosessen fungerer tilfredsstillende og at kullfiltrene forårsaker de relativt høye verdiene i turbiditet.

Figur 25 viser korrelasjonen mellom turbiditet og pH-verdi i filtrat fra kullfiltrene. Resultatene viser en meget god sammenheng mellom disse parametrene.



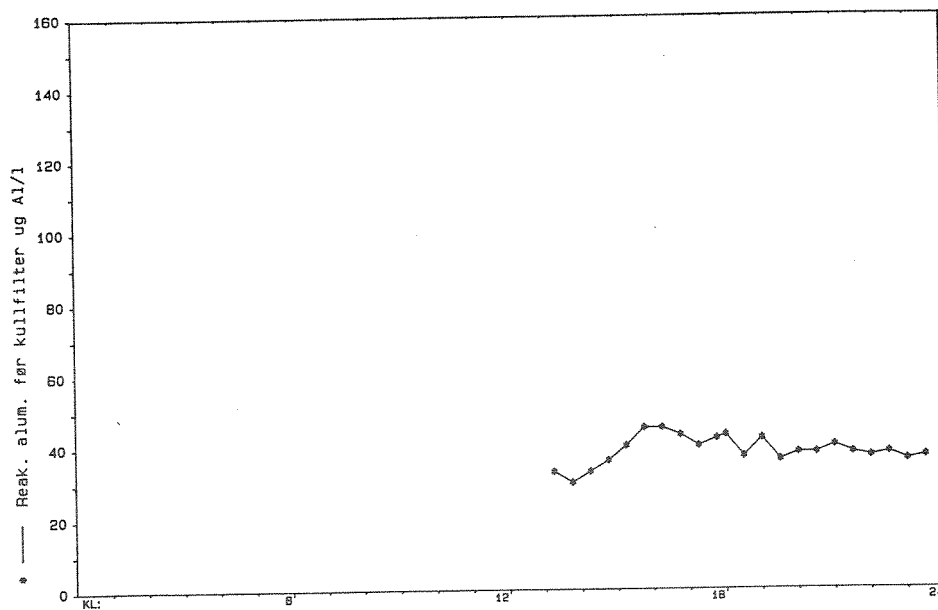
Figur 25. Sammenheng mellom turbiditet og surhetsgrad i filtrat fra kullfiltrene den 16.1.86.

### 3.5.3. Reaktivt aluminium

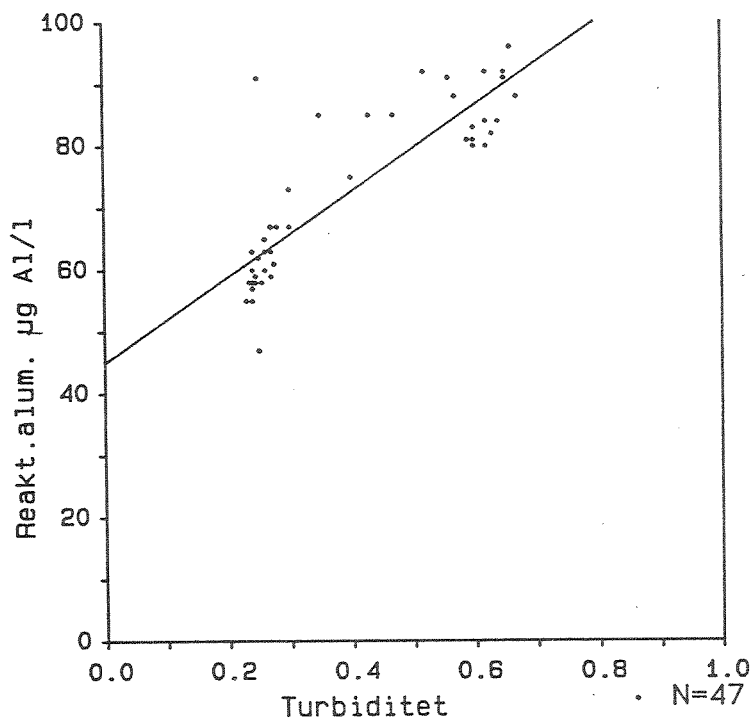
Figurene 16, 17, 18 og 19 viser innholdet av reaktivt aluminium i filtrat fra kullfiltrene. Resultatene varierer mellom ca. 40 og 190  $\mu\text{g Al/l}$ . I dette tidsrommet ligger pH-verdiene vanligvis over 7,8. Reaktivt aluminium tilsvarer da i hovedsak totalt aluminium. I de relativt korte perioder hvor pH-verdiene underskrider 7,8 er det noe usikkert om det reaktive aluminiumsinnholdet fullt ut tilsvarer innholdet av totalt aluminium.

I perioder forekommer relativt sterke fluktuasjoner i innholdet av reaktivt aluminium. Disse fluktuasjonene samsvarer svært ofte med fluktuasjoner både i turbiditet og surhetsgrad. De relative økningene for reaktivt aluminiumsinnhold er imidlertid ofte betydelig større enn de relative økningene for turbiditet og surhetsgrad. Resultatene viser likevel en relativt brukbar sammenheng mellom disse parametrene.

Figur 26 viser innholdet av reaktivt aluminiumsinnhold i vann fra før kullfiltrene. Den 16. januar ligger innholdet av reaktivt aluminium i innløpsvann til kullfiltrene i området 30-45  $\mu\text{g Al/l}$ , mens de i filtratet fra kullfiltrene ligger i området 35-95  $\mu\text{g Al/l}$ . En ikke uvesentlig økning er altså funnet sted gjennom kullfiltrene. Hovedårsaken til denne økningen er de store forskjeller i surhetsgrad mellom de to målepunkter.



Figur 26. Innhold av reaktivt aluminiumsinnhold fra før kullfiltrene den 16.1.86.



Figur 27. Sammenheng mellom turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold den 16.1.86.

Den rent statistiske korrelasjonen mellom turbiditet og reaktivt aluminiumsinnhold den 16.1. er angitt i figur 27. Resultatene viser en relativt brukbas sammenheng mellom disse parametre.

#### 4. KONKLUSJON AV MALERESULTATER

Ut fra de foreliggende data kan en del konklusjoner trekkes:

- En trinnvis økning i hydraulisk belastning forekommer fra morgenen og utover dagen i de målte tidspunkter. Selv ved de høyeste registrerte hydrauliske belastninger er vannhastighetene gjennom filterne relativt lav i forhold til dimensjonerende kapasitet.
- Visse fluktuasjoner i hydraulisk belastning forekommer for de enkelte filtre, særlig ved tilbakespyling av andre filtre.
- Trykktap gjennom 3-media filterne øker svakt eksponentielt fra tilbakespylingstidspunktet og utover i filtersyklusen.
- Endringer i hydraulisk belastning medfører større endringer i trykktap like før tilbakespyling enn like etter.
- Turbiditet i filtrat fra de seks 3-media filterne viser ingen langtidsøkning utover i filtersyklusen.
- I forbindelse med tilbakespyling av filterne skjer en meget markert økning i turbiditet i filtrat fra 3-media filterne.
- Turbiditet i filtrat fra de seks 3-media filterne kan inndeles i to grupper. Filterne 1, 2 og 3 viser svært lave verdier av turbiditet (0-0,05) mens filterne 5, 6 og 7 viser betydelig høyere turbiditet (0,35-0,4 NTU).
- Basisverdiene for surhetsgrad før og etter 3-media filterne er relativt jevn. En viss økning i basisverdi for pH forekommer gjennom filterne.
- Etter tilbakespyling av filterne skjer en økning i pH-verdi i filtratet fra 3-media filterne. Økningen har en viss varighet og skyldes trolig tilbakespyling med vann med relativt høy pH-verdi.

- En reduksjon i dosering av aluminiumsulfat medfører økning i turbiditet i filtrat fra 3-media filterne.
- Reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat fra 3-media filterne ligger i området 60-100 µg Al/l.
- I forbindelse med tilbakespyling av 3-media filterne skjer trolig en viss økning i reaktivt aluminiumsinnhold i filtrat.
- Innholdet av reaktivt aluminiumsinnhold øker fra 30-45 µg Al/l fra før kullfilterne til ca. 35-95 µg Al/l etter kullfilterne. Hovedårsaken til denne økningen er trolig en betydelig økning i pH-verdi gjennom kullfilterne.
- Turbiditet øker gjennom kullfilterne. Årsaken er trolig utløsning av partikulært materiale fra kullfilterne. I perioder overskrides helsemyndighetenes krav til turbiditet for fullrenset vann.
- pH-verdien i filtrat fra kullfilterne varierer sterkt. I perioder varierer den utover helsemyndighetenes krav. Årsaken er trolig utløsning fra kullfilterne.
- Reaktivt aluminiumsinnhold i renvannet varierer betydelig. I perioder overskrides helsemyndighetenes krav til aluminiumsinnhold i fullrenset vann.



5. 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 rensanlegg.  
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 rensetekniske  
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 kloakkrensanlegg. Del 1  
O-78107 Lasse Vråle. Oktober 1980
- 7/80 Tilføringsgrad  
Forurensningstilførsler og beregning av  
tilføringsgrad for Monserud rensanlegg 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 forsøkskall Sentralrensanlegg 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 tillop til lille Asketjern 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

- 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 (Sperrert)
- 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 (Sperrert)
- 30/83 **Emerging European Wastewater Treatment Technology Preliminary Description**  
O-83150 Arild Schanke Eikum. Desember 1983 (Sperrert)
- 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 Slemmestad**  
O-82102 Lasse Vråle, P. Sagberg. Desember 1983. (Sperrert)
- 1/84 **Industriavløp på kommunale renseanlegg**  
O-82017 Torbjørn Damhaug. Januar 1984
- 2/84 **Luftet lagune 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 (Sperrert)
- 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 tilkøpling 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 (Sperrert)
- 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 (Sperrert)
- 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 forureningsparameter**  
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. (Sperrert)
- 20/84 **Forureningsproduksjon fra husholdning**  
Halvårlig sommerundersøkelse fra Sydsyden i 1983, Røyken kommune.  
F-83451 Lasse Vråle. Oktober 1984
- 21/84 **Luftet lagune 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

# **VA** rapporter utgitt av NIVA

- 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 Eigil 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. November 1986
- 13/86 **Bestemmelse av tilføringsgrad**  
O-86195 Lasse Vråle. November 1986
- 14/86 **Heterotrofe mikroorganismer i ledningsnett**  
**for drikkevann**  
F-86635 Kari Ormerod. Januar 1987
- 15/86 **Driftserfaringer for hvirveloverløp**  
O-85209, E-86638 Ole Jakob Johansen. Desember 1986