

# VA RAPPORT

8 | 89

0-87206

Optimalisering av  
fellingsprosesser i  
vannverk

**Driftsforsøk ved  
Eidsberg vannverk**



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

## Hovedkontor

Boks 69 Korsvoll,  
0808 Oslo 8

Telefon (02) 23 52 80  
Telefax (02) 39 41 29

## Sørlandsavdelingen

Grooseveien 36  
4890 Grimstad

Telefon (041) 43 033  
Telefax (041) 42 709

## Østlandsavdelingen

Rute 866  
2312 Ottestad

Telefon (065) 76 752

## Vestlandsavdelingen

Breiviken 5  
5035 Bergen - Sandviken

Telefon (05) 95 17 00  
Telefax (05) 25 78 90

Prosjektnr.:

87206

Undernummer:

Løpenummer:

2280

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:

Optimalisering av fellingsprosesser i  
vannverk  
Driftsforsøk ved Eidsberg Vannverk

Dato:

juni-89

Prosjektnummer:

0-87206

Forfatter (e):

Hans Isaksen

Faggruppe:

VA-teknikk

Geografisk område:

Østfold

Antall sider (inkl. bilag):

15

Oppdragsgiver:

Eidsberg vannverk/ NTNF

Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):

Ekstrakt:

Eidsberg vannverk har problemer med fellingsprosessen. Det er høye aluminiumskonsentrasjoner i rentvann; spesielt når vanntemperaturen er lav. Driftoptimaliseringsforsøk har spesielt tatt sikte på å redusere Al-rester. I forsøksperioden varierte temperaturen mellom ca. 0,7 - 10°C og omfatter således også den periode av året da problemene er størst. Minimum Al-rest ble oppnådd i pH-området 5,9-6,1. Drifstiden før gjennombrudd i sandfilter sank drastisk da vanntemperaturen sank under 3°C. Kalkdoseringsutstyret synes å være overdimensjonert. Det anbefales utført fullskala forsøk med hjelpekoagulant spesielt i vinterperioden.

4 emneord, norske:

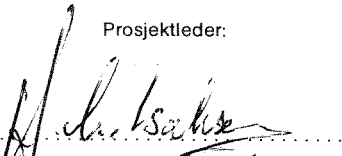
1. Farge
2. Felling
3. Al-rest
4. Optimalisering

VA/nr.: 8/89

4 emneord, engelske:

1. Colour
2. Coagulation
3. Residual-Al
4. Optimization

Prosjektleder:

  
Hans Isaksen

For administrasjonen:



ISBN 82-577-1581-6

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-87206

OPTIMALISERING AV FELLINGSPROSESSER I VANNVERK

DRIFTSFORSØK VED EIDSBERG VANNVERK

Oslo, juni 1989

Hans Isaksen

**FORORD**

I tilknytting til prosjektet "Drifts oppfølging av vannverk." som er et samarbeidsprosjekt mellom NTNFs Program for drikkevannsforskning og SIFF har det vært en delaktivitet som har hatt til hensikt å gi assistanse til vannverk hvor forholdene ikke er tilfredstillende, men hvor: "Med enkle midler kan tilfredstillende forhold oppnåes".

Eidsberg vannverk ble funnet å tilhøre denne kategorien.

Denne driftsoptimaliseringen hadde ikke vært mulig uten den helhjertelige innsatsen til driftsoperatørene på Eidsberg vannverk.

Oslo, juni 1989

Hans Isaksen

# INNHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
FORORD .....	2
SAMMENDRAG .....	4
1. INNLEDNING .....	6
2. ANLEGGETS OPPBYGGING .....	6
3. DRIFTSOPTIMALISERINGSFORSØK .....	8
3.1 Analyser av driften på grunnlag av registreringer .....	9
3.2 Fellingsbetingelser .....	10
3.2.1 Generelt .....	10
3.2.2 Fellings-pH .....	10
3.2.3 Kjemikaliedosering .....	12
3.2.4 Doseringsrekkefølge .....	12
3.2.5 Farge .....	12
3.2.6 Driftstid .....	13
3.2.7 Temperatur .....	13
4. KONKLUSJON .....	13

## SAMMENDRAG

Eidsberg vannverk har Glomma som drikkevannskilde. I SIFFs rapport nr. 64 (Driftsoppfølging av vannverk. Fylkesrapport: Østfold), konkluderes det med at vannverket har problemer med fellingsprosessen, og det er ofte påvist for høye aluminiumskonsentrasjoner i rent vannet.

En gjennomgang av vannverkets driftsrapporter tyder på at problemene hovedsaklig opptrer i vinterperioden, spesielt når vanntemperaturen er under 3°C.

I perioden oktober 1988 til januar 1989, har NIVA vært involvert i driftsforsøk på Eidsberg vannverk for å optimalisere driften. Det har spesielt vært fokusert på betingelser for å oppnå lavest mulig Al-rest og turbiditet i behandlet vann (rent-vannet). Resultatet er vurdert på grunnlag av vannprøver tatt ut etter sandfilter (før alkalisering).

I forsøksperioden varierte temperaturen mellom ca. 0,7°C til 10°C og omfatter således også den periode av året da problemene er størst.

I forbindelse med driftsoptimaliseringen er det gjort forsøk med:

- varierende pH
- varierende Al-sulfat dosering
- alternative doseringspunkter for kjemikaliedosering.

Responser på disse driftsvariasjonene ble registrert ved kontinuerlig måling av pH, ledningsevne og turbiditet etter sandfilter. Resultatet av disse forsøkene kan sammenfattes som følger:

1. Minimum Al-rest oppnås i pH området 5,9 til 6,1, (når turbiditeten i rensert vann er lavere enn ca. 0,3 NTU).
2. Ved temperaturer over ca. 3°C og kapasitet 200 m<sup>3</sup>/t er driftstiden på sandfilteret før gjennombrudd 10 til 12 timer. Ved lavere vann-temperaturer synker driftstiden drastisk. Under ca. 1°C er det gjennombrudd etter 1 til 4 timers drift. Årsakene til dette er ikke klarlagt nærmere.
3. Mengden Al-sulfat som doseres bør stå i rimelig forhold til fargen på råvannet. Ved lav farge (10 Pt/l) var 15 mg Al-sulfat/l tilstrekkelig og pH justering ikke hensiktsmessig. Ved fargetall over ca. 100 Pt/l doseres 22-25 mg Al-sulfat/l og 2-4 mg kalk/l.
4. Det synes som om kalkdoseringsutstyret er overdimensjonert og gir dermed ikke riktig dosering.

Forsøkene har vist at det er fullt mulig å oppnå tilfredsstillende resultat på anlegget selv ved lave temperaturer på råvannet, men driftstiden på sandfilteret før gjennombrudd er kort (1-4 timer). Dette mener vi kan kompenseres for ved å benytte en polymer som vil gi flokkene større mekanisk styrke og stabilitet.

Vi vil anbefale at det utføres fullskala driftsforsøk på vannverket med polymer som hjelpekoagulant for å kartlegge doseringsmengder og driftstid før gjennombrudd i sandfilteret.

Forsøkene bør utføres i vinterperioden med vanntemperaturer under 3°C.

Vi vil også anbefale at det gjennomføres en undersøkelse på flere vannverk som er bygget etter samme prinsipp som Eidsberg vannverk for å kartlegge driftstid som funksjon av sandfilterets oppbygning. På Eidsberg vannverk benyttes en mindre kornstørrelse i sandfilteret enn det som er vanlig.

## 1. INNLEDNING

Eidsberg vannverk, som bruker Glomma ved utløpet av Øyeren som råvannskilde, er et fullrenseanlegg for drikkevann basert på pH justering med kalk og felling med Al-sulfat. Anlegget er bygget for en produksjon på 260 m<sup>3</sup>/t. Normalt kjører anlegget i vinterhalvåret med fast kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/t, ellers i året ca. 230 m<sup>3</sup>/t. Under tørkeperioder kan det være nødvendig å øke kapasiteten opp til 260 m<sup>3</sup>/t. Døgnproduksjonen varieres ved å kjøre anlegget etter en tidstyrt av-på sekvens, med total driftstid på ca. 18 timer pr. døgn. Sandfilterene tilbakespyles regelmessig en gang pr. døgn.

Store deler av året (april/mai til oktober/november) gir anlegget drikkevann med god kvalitet. I vinterhalvåret har analysene vist for høye Al-rest verdier i forhold til Statens Institutt for folkehelse (SIFFs) retningslinjer. Det har derfor vært et behov for å optimalisere fellingsprosessen i denne perioden.

Kalken ble forsøkt tilført på ulike trinn i behandlingsprosessen for å undersøke om doseringsrekkefølgen hadde betydning.

## 2. ANLEGGETS OPPBYGGING

Anlegget er levert av Wettlesen og Roll i 1964/65, og er bygget som et konvensjonelt fullrenseanlegg med flokkulering, sedimentering, og sandfiltrering. Anlegget er dimensjonert for 260 m<sup>3</sup>/time, og kjøres idag med produksjon på 200 m<sup>3</sup>/time. Anlegget styres etter nivå i et høyde-basseng ved "AV/PÅ /regulering". Normalt kjøres anlegget tilsammen 16 - 18 timer pr. døgn.

Anlegget er bygget med 3 flokkuleringsbasseng, hver på ca. 61 m<sup>3</sup>, (totalt 183 m<sup>3</sup>). Disse er utstyrt med grindomrører som roterer med henholdsvis 5, 5, og 3 o/min.

Aluminiumsulfat (Borregaard) og hydratkalk (dansk, levert av WERO) tilsettes i første flokkuleringskammer. I tredje kammer tilsettes klor-gass som desinfeksjonsmiddel. Det er underløp mellom første og andre kammer og overløp mellom andre og tredje kammer.

Aluminiumsulfat doseres tørt, tilsettes vann og når doseringspunktet som en "slurry". Kalken doseres på samme måte, men i så små mengder i forhold til vann at den tilsynelatende er oppløst ved tilsettingspunktet.



Etter flokkulering og tilsetning av klor-gass fordeles vannet til to parallelle sedimentasjonsbasseng av typen "dobbeldekker". Disse bassengene er utført med et mellomgulv for å øke sedimentasjonsarealet.

Hvert basseng måler 5 x 15 m. Total dybde varierer fra 5,1 til 5,7 m. Totalt volum ca. 837 m<sup>3</sup>. Bassengene er ikke utstyrt med bunnskraper. De tømmes (spyles) for slam ca. hver 3dje måned, dvs. 4 ganger pr. år.

Overløpet fra sedimentasjonsbassengene har vanligvis turbiditet i området 3 til 4 NTU, med variasjon fra 2 til 6 NTU. Denne turbiditet er forutsatt fjernet i de etterfølgende sandfiltre.

Sandfilteret består av 2 parallelle filterenheter. Hver enhet har 2 sandsenger. Netto totalt filterareal er 46 m<sup>2</sup>. Ved en kapasitet på 200 m<sup>3</sup>/time er overflatebelastningen 4,34 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/time (forkortet m/time). Vannvolumet i hver filterenhet er ca. 150 m<sup>3</sup>.

Sandfilteret er bygget opp med følgende media-gradering og lag-tykkelser regnet nedenfra:

Lag nr.	Dybde	Kornstørrelse
1	20 cm	30 mm
2	10 cm	20 mm
3	10 cm	6 mm
4	10 cm	3 mm
5	10 cm	1-2 mm
6	60 cm	0.4-0.6 mm

Sandfilterne tilbakespyles med rent vann rutinemessig en gang per døgn og lutvaskes vanligvis 2 ganger pr. år for å løsne fastgrodd stoff. Begge filterenhetene ble lutvasket i november 1988.

Etter sandfilteret alkaliseres vannet med hydratkalk, og føres videre ned i et 150 m<sup>3</sup> rentvannsbasseng som samtidig benyttes til pumpesump. Herfra pumpes vannet til et større rentvannsbasseng med volum ca. 2000 m<sup>3</sup>.

Pumpesumpen benyttes også som rentvanns-reservoir ved tilbakespyling av sandfilterne, men har kapasitet bare for tilbakespyling av en filterenhet. Det må derfor etterfylles før neste filterenhet tilbakespyles. I denne perioden oppstår naturlig nok driftsforstyrrelser i anlegget.

Totalt vannvolum i vannverket til og med sandfilterenhetene er ca. 1320 m<sup>3</sup>, hvilket gir en teoretisk gjennomløpstid for vannet på 6,6 timer.

### 3. DRIFTSOPTIMALISERINGSFORSØK

I forbindelse med driftsoptimaliseringen er det gjort forsøk med:

- varierende pH
- varierende Al-sulfat dosering
- alternative doseringsrekkefølge for kjemikaliedosering

Parallelt med driftsforsøkene ble det utført enkelte jar-tester.

Virkningen av driftsforsøkene ble registrert ved kontinuerlig måling av pH, ledningsevne og turbiditet etter sandfilter før alkalisering. I tillegg ble det tatt enkelt prøver som ble analysert på stedet m.h.p. pH, turb. og Al.

Forsøk av denne karakter gir ofte uforutsette problemer og er dessuten tidkrevende. F.eks. viste det seg vanskelig å opprettholde stabil (konstant) fellings-pH p.g.a. overdimensjonert kalkdoseringsutstyr i forhold til kalkbehovet. Gjennomløpstiden for vannet i anlegget er 6-7 timer. Forsøkene er derfor tidkrevende fordi det tar tid før virkningene av "tiltakene" registreres.

Alle enkelt målinger av pH og turbiditet er for det meste utført på vannverkets driftslaboratorium. Aluminium-analysene er utført på vannverkets eget HACH DR/3 spektrofotometer.

### 3.1 Analyser av driften på grunnlag av registreringer

Turbiditet er vanligvis en god parameter for å bedømme driften av denne type drikkevannsanlegg og det er som regel en god sammenheng mellom Al-rest og turbiditet. Man skal imidlertid være oppmerksom på at ved lave pH-verdier (<5,8) kan Al-resten være høy selv om turbiditeten er lav.

Ved høy turbiditet etter sandfilter, gir vannverkets HACH spektrofotometer for lave Al-verdier sammenlignet med analyser utført ved NIVA (atomabsorpsjon). Dette er illustrert på figur 1.

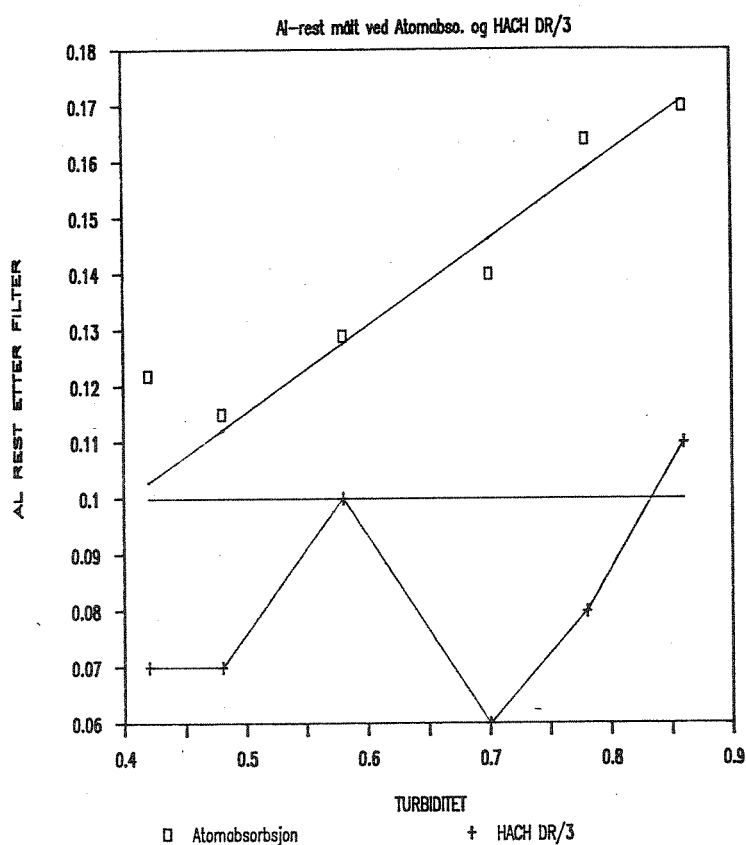


Fig. 1. Sammenligning av analysemetoden for Al høy turbiditet.  
Enhet for turbiditet: NTU.

Ved lave turbiditetsverdier er det god overensstemmelse mellom Al-rest analyser utført på næringsmiddelkontrollen på Mysen og på vannverket.

I løpet av undersøkelsesperioden varierte råvannskvaliteten endel, m.h.p. turbiditet, pH og aluminium. Dette har redusert mulighetene for å gjøre en forandring ad gangen og samtidig holde alle andre betingelser konstant.

Resultatene fra driftsundersøkelsen kan deles i 2 hovedområder:

- Forhold som gir optimale fellingsbetingelser m.h.t. Al-rest og turbiditet straks etter tilbakespyling av sandfilterene. Dvs. de beste felling og flokkuleringsbetingelsene.
- Forhold som influerer på driftstiden før gjennombrudd i sandfilteret. Dvs. sandfilterets effektivitet.

## **3.2 Fellingsbetingelser**

### **3.2.1 Generelt**

I det meste av undersøkelsesperioden, selv med relativ lav vann-temperatur, var det mulig å oppnå tilfredsstillende resultat m.h.t. turbiditet og Al-rest i produsert vann. Et unntak fra dette var en periode da temperaturen sank raskt fra ca. 4 til 2°C, og i to perioder da råvannsfargen varierte sterkt innen et tidsrom på et par dager.

### **3.2.2 Fellings-pH**

Resultatene viser at pH er den viktigste parameter som må kontrolleres for å kunne oppnå akseptabel Al-rest. Det ble kjørt en rekke forsøk der pH ble variert mellom 5,6 og 6,4 samtidig som det ble analysert for rest-aluminium.

Figur 2 viser Al-rest som funksjon av pH, målt etter sandfilter. Kurven viser at pH-område for minimum Al-rest ligger mellom 5,9 og 6,2. Det ble observert stor spredning i Al-rest ved en og samme pH-verdi. Dette kan skyldes høy turbiditet i vannet og den begrensninger dette gir analysemetoden.

For å klarlegge dette nærmere ble det gjennomført parallelle Al-rest analyser på vannverket med HACH DR/3 og på NIVA med atomabsorpsjon. Resultatet viser (figur 1) at HACH gir noe lave verdier i forhold til atomabsorpsjonsanalyser.

pH ble målt manuelt før og etter sandfilteret hver dag ca. 2 timer etter tilbakespyling. En tredjedel av observasjonene viste at pH på vannet hadde steget 0,1 - 0,2 enheter ved passasje gjennom filteret, mens like mange observasjoner viste det motsatte, (figur 3). Ved nærmere analyse av bakgrunnsdata viste det seg at pH etter filteret var lavere enn før filter i de tilfeller der inngående pH viste en stigende tendens og vesa a vis. Dette forklares med at sandfilteret har en svak buffer kapasitet.

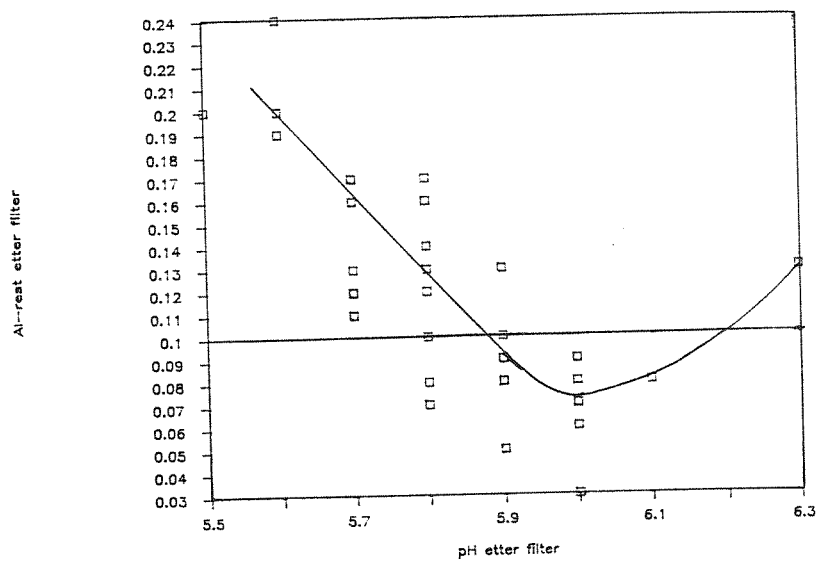


Fig.2. Sammenhengen mellom Al-rest og pH.

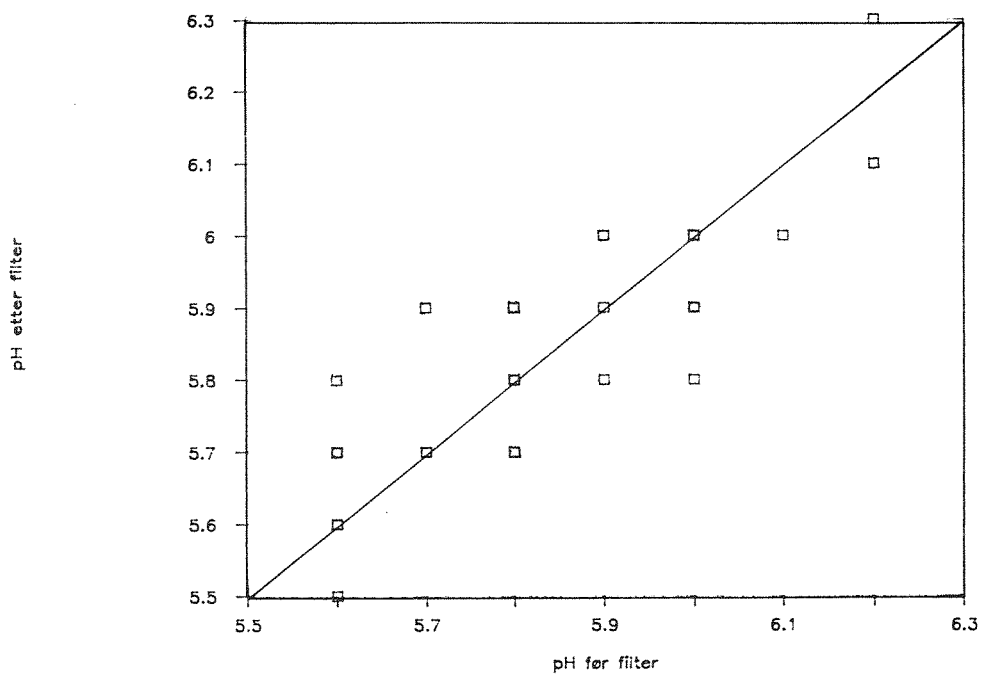


Fig.3. pH i vannet før og etter sandfilter. 1:1 linjen er trukket.

### 3.2.3 Kjemikaliedosering

Alle justeringer av kjemikaliedoseringene utføres manuelt. Aluminium-sulfat doseres tilnærmet proporsjonalt med råvannsfargen. I store deler av året må man også dosere hydratkalk for å bringe pH til det optimale drifts-området. Om vinteren, med lav råvannsfargen (<15 Pt/liter) blir Al-sulfatdoseringen redusert til et nivå der pH justering med kalk ikke er nødvendig. Under disse betingelsene må man benytte varierende mengde Al-sulfat for å oppnå ønsket pH, etter som anlegget ikke er utrustet med mulighet for syredosering. Dette vurderes ikke som et problem.

Det har vært observert at selv under forventet konstante betingelser (konstant kjemikaliedosering, vannføring, råvanns-pH og farge) er det målt variasjoner i fellings-pH fra 5,7 til 6,2 (9.-14. november). I denne perioden viste pH en fallende tendens i tredje flokkulerings-kammer. En sannsynlig årsak til dette er en reduksjon i kalk-doseringen. Det doseres vanligvis svært små kalk mengder sammenlignet med Al-sulfat (0-600 g/t). Små unøyaktigheter i kalkdoseringen kan derfor gi store utslag på pH.

Identisk doseringsutstyr benyttes til både Al-sulfat og kalkdosering. Maksimal doseringskapasitet er ca. 10 kg kalk per time.

### 3.2.4 Doseringsrekkefølge

Fra 12. desember 1988 ble doseringsrekkefølgen endret slik at Al-sulfat ble dosert før kalk og ikke samtidig, som tidligere. Bortsett fra perioden 12.-31. desember da det ikke ble dosert kalk, viser registreringene at driftstiden, dvs. perioden frem til turbiditet ca. 0,3, ble redusert fra ca. 4 timer til ca. 2 timer.

Etter en tid ble derfor kalkdoseringen igjen flyttet tilbake til opprinnelig posisjon. Det ble ikke utført forsøk med kalkdosering før Al-sulfat.

### 3.2.5 Farge

I undersøkelsesperioden varierte råvannsfargen fra ca. 50 Pt/l i midten av oktober til ca. 10 Pt/l i slutten av desember. I januar, 1989 steg fargen på råvannet igjen, men ble redusert igjen etter 23/1. Etter 23/1 har fargen igjen vist fallende tendens (ut januar).

Et tilsvarende forløp hadde råvannsfargen ett år tidligere, men verdiene lå hele tiden noe høyere. I januar 1988 var det hyppige og store variasjoner i råvannsfargen. Dette stabiliserte seg igjen i februar (30-60 Pt/l).

Fargen på rensset vann har vært stabil på 2,5 Pt/l uansett råvannsfarge og kjemikaliedosering i det aktuelle pH-området. Det er kun i unntakstilfelle fargen er målt til 5 Pt/l i rensset vann.

### 3.2.6 Driftstid

Det er påvist at driftstiden før gjennombrudd i filteret kan forlenges ved å senke pH. Al-rest i behandlet vann steg imidlertid over grenseverdiene på 100 µg/l idet pH sank vesentlig under 5.9.

### 3.2.7 Temperatur

Temperaturen i Glomma varierer over året fra ca. 20°C i begynnelsen av august til nærmere 0°C om vinteren i februar.

I forsøksperioden sank temperaturen fra ca. 10°C til 0,7°C og omfatter derfor også den periode av året når problemene er størst.

Det har vist seg at temperaturen har en vesentlig innvirkning på utviklingen i sandfilteret. Ved temperaturer over ca. 3°C kan man kjøre 10-12 timer før det er gjennombrudd i filteret, selv om det kan observeres en svak lekkasje fra filteret før dette. Om vinteren med lave temperaturer på vannet synker driftstiden til et par timer, selv om råvannskvaliteten kan være vesentlig bedre i denne årstiden.

## 4. KONKLUSJON

Det knytter seg betydelige usikkerheter til Al-rest i vann fra "fullrenseanlegg" og driftstabilitet er et generelt problem i denne sammenheng. Undersøkelsene viser at for Eidsberg vannverk ble det oppnådd minimal Al-rest i fellings pH-området 5.9 - 6.1. Utrustninger for dosering av kalk viste seg imidlertid å være overdimensjonert slik at pH variasjonene kan bli store. Al-resten i behandlet vann synes også å være temperatur avhengig, i det driftstiden før gjennombrudd i sandfilter ble betydelig redusert i temperaturområdet omkring 3°C. Det anbefales å utføre fullskala forsøk med hjelpe-koagulant ved lave temperaturer.



# rapporter utgitt av NIVA

- 1/88 Etablering av hotell ved Gjersjøen**  
O-87220 Jens Arne Ohren. Februar 1988
- 2/88 Tisetting av kalsiumkarbonat til vann**  
E-88402 Jens Arne Ohren Februar 1988
- 3/88 Endringer av aluminiumsinnhold gjennom vannbehandlingsprosessen**  
E-88401 Jens Arne Ohren. Februar 1988
- 4/88 Undersøkelse av forurensningssituasjonen i Litvatn, Agdenes kommune**  
O-87045 Hans Holtan. Februar 1988
- 5/88 Undersøkelser og vurderinger av forurensningseffekter ved eventuell utbygging av Napetjern kraftverk**  
O-87155 Hans Holtan. Mars 1988
- 6/88 Utpøving av Unik Hjulfilter for rensing av vann i settefiskanlegg**  
O-88027 Helge Liltved. Juni 1988
- 9/88 Revurdering av krav til utslipp fra galvanoidustri**  
O-87070 Eigil Rune Iversen. August 1988
- 1/89 Nitrogenfelling fra kommunalt avløp ved bruk av plantebaserte systemer. Delprosjekt**  
O-88171 Helge Liltved. Januar 1989
- 2/89 Utslipp til Hunnselva fra Raufoss A/S**  
O-88099 Eigil Rune Iversen. April 1989
- 3/89 Røyken kommune. Bruk av Sætervann som drikkevannskilde. Vannbehandling, ledningsnettets tilstand og konsekvenser ved vannbeh.**  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Mai 1989.
- 4/89 Levetid for asbestsementrør. Tilstandsvurdering og beregning av restlevetid**  
Prosjektrapport nr. 2  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Under trykking
- 5/89 Levetid for asbestsementrør. En veileder**  
Prosjektrapport nr. 3  
O-85208, E-85534 Lars Aaby. Under trykking
- 6/89 Virkning av magnetisk vannbehandling.**  
Undersøkelse av Polar PD 15's innvirkning på utfelling av kalk i trykkvannsvarmere.  
O-87164 Hans Kristiansen. Sept. 1989.
- 7/89 Vurdering av forurensningssituasjonen Ved Nykirke, Borre kommune.**  
O-87090 Svein stene Johansen. Sept. 1989.