

NOTAT

ved

siv.ing Kari Ormerod

0 - 31

Bærum Vannverk

FORSLAG TIL

FREMGANGSMÅTE FOR DESINFISERING AV
AUREVATNNETTET VED KLORAMINDOSERING
VED GRINDA

Blindern, 30. januar 1970

INNHOLDSFORTEGNELSE:

	Side:
1. VURDERING AV DATA FRA PERIODEN MED KLOAMINTILSETNING (FEBRUAR 1968 TIL AUGUST 1969)	4
1.1 Kintallsverdiene	4
1.2 Klorrest-verdiene	6
1.3 Diskusjon av resultatene	7
2. TEORETISKE BETRAKTNINGER ANGÅENDE REDUKSJON I KONSENTRASJON AV DESINFEKSJONSMIDDEL I VANNFORSYNINGSNETT	8
3. BEREGNING AV VANNETS OPPHOLDSTID I LEDNINGSNETTET	10
4. BEREGNING AV VANNETS KLOFORBRUK	21
5. FASTSETTELSE AV KLOAMINDOSER VED DOSERING VED GRINDA	26
6. SAMMENDRAG	27

TABELL- OG FIGURFORTEGNELSE:

Tabell nr:	side:
1. Dosering ved renseanlegget og analyser fra ledningsnettet i perioden februar til april 1968	19
2. Dosering ved renseanlegget og analyser fra ledningsnettet i perioden juli 1968 til mai 1969	20
3. Data for beregning av vannets klorforbruk under oppholdstiden i ledningsnettet	24
4. Sammenlikning av klorforbruket i fire forskjellige perioder	25

Figur nr:	
1. Vannforbruk basert på ukentlige målinger ut fra magasinene ved Aurevatn og Kolsås	15 - 18
2. Vannets klorforbruk ved forskjellige vanntemperaturer og kloramindoseringer	22

1. VURDERING AV DATA FRA PERIODEN MED KLORAMINTILSETNING.
(FEBRUAR 1968 - AUGUST 1969)

For å lette bedømmelsen av eventuell sammenheng mellom forskjellige parametre er alle kimtalls- og klorrestverdier, dosert mengde klor og råvannstemperatur for perioden, tegnet inn på sammenhengende A4 rutepapir for hvert av de 6 prøvesteder på Aurevatn-nettet. Da disse illustrasjonene ikke lett lar seg inkludere i et notat som dette, er de ikke tatt med her, men de har vært benyttet som grunnlag for den videre diskusjon. Alle data for kimtall og klorrest er imidlertid tilgjengelig fra NIVA's månedlige tabell over disse analyseresultater. Disse tabeller blir oppbevart i NIVA's arkiv samt hos overingeniør Kjell Thomassen ved Bærum Vannverk. Data angående råvannstemperatur og dosering av desinfeksjonsmiddel er tilgjengelig fra Bærum Vannverk.

1.1 Kimtallverdiene

Da klordioksyddoseringen ble stoppet i begynnelsen av januar 1968, hadde kimtallsverdiene for vannet på Jordbærhaugen og Grinda i de to siste måneder ligget på henholdsvis ca. 1000 og større enn 1000 kim pr. ml. I resten av januar og halve februar måned ble vannet ikke tilsatt ekstra desinfeksjonsmiddel; men ozonanlegget (bleking og desinfisering) og kalkdoseringen gikk som normalt. Kimtallsverdiene var i denne perioden meget lavere enn før for begge de nevnte prøvesteder; men Grinda viste vesentlig høyere kimtall enn Jordbærhaugen. Prøvestedet på Stabekk stasjon viste nær samme reduksjon i kimtall som Jordbærhaugen da klordioksyddoseringen ble stoppet. Knabberud, Fornebu og Sandvika viste tydelig reduksjon i kimtall, men ikke til så lave verdier som for de to førstnevnte prøvesteder. Ved alle disse prøvestedene viste vannet målbart klor-innhold i perioden med klordioksyddosering, men som nevnt i et notat av cand.real. J.A. Myhrstad, "K-2 1967: Desinfisering med klordioksyd", viste det seg at den målte klorrest skyldtes kloritt og ikke klordioksyd.

At kimtallene sank da klordioksyddoseringen ble stoppet, var i samsvar med vår antakelse om virkning av kloritt på begroingslammet i ledningene. Vi mente å ha funnet at kloritt bare kunne ha svakt desinfiserende virkning,

men at det virket på de ytre lag av bakterier i belegget på rørene, slik at bakteriene ble løsrevet og ført ut i vannmassene hvor de imidlertid ikke ble drept med en gang. Dette er senere blitt bekreftet ved renneforsøk utført ved NIVA (M-3/69). En publikasjon av Wilhelm Hopf: "Erfahrung mit Chlordioxyd zur Trinkwasserbehandlung", Wasser-Abwasser 108. Jahrg. Heft 30. 1967, behandlet også virkningen av kloritt på bakterie-begroing i vannledningsnett, og Dr. Hopf konkluderte med at kloritt virket svakt desinfiserende, og dessuten hindret manganoksyderende mikroorganismer i å oksydere og felle ut MnO_2 i slammet.

De lave kimtallsverdier på Jordbærhaugen i perioden uten dosering av ekstra desinfeksjonsmiddel, tyder på at det ikke er noen vesentlig bakterievekst i Aurevatnmagasinet.

Da vannets oppholdstid i ledningen fra Jordbærhaugen til Grinda er liten i forhold til oppholdstiden i Aurevatnmagasinet og ledningen ned til Jordbærhaugen, er det rimelig å anta at de vesentlig høyere kimtall ved Grinda (500 - 3000 mot under 200 kim/ml) skyldes løsrivning av bakterier fra det antatte belegg på rørenes innside. Vannets oppholdstid i Kolsåsmagasinet er ca. 10 ganger lengre enn i Aurevatn-magasinet (ca. 50 timer mot 5 timer), og dette skulle være tid nok til en vesentlig økning av bakteriekonsentrasjonen i de fri vannmasser. I overensstemmelse med dette er kimtallene ved Knabberud også noe høyere enn ved Grinda i denne perioden. Kimtallene ved Fornebu ligger på samme nivå som ved Knabberud, mens de ved Stabekk er vesentlig lavere, og dette er et gjennomgående trekk ved prøvene fra Stabekk. Det kan muligens ha sammenheng med at den gamle ledningen til Stabekk stasjon skal ha vært skiftet ut med en ny etter en lekkasje for et par år siden, ifølge betjeningen på stasjonen. Prøvestedet i Sandvika (Åmodtgården) viste samme kimtallsnivå som Knabberud og Fornebu, selv om vannet her ikke hadde passert Kolsåsmagasinet.

Da doseringen av kloramin startet, og klorrest var påvist i vannet, sank kimtallene ved Grinda, Knabberud og i Sandvika. Jordbærhaugen og Stabekk hadde lave kimtall fra før slik at vesentlig forandring ikke ble registrert. På Fornebu og Stabekk ble det ikke registrert klorrest, men Fornebu viste tydelig lavere kimtall enn før. Fra februar 1968 til august 1969 har

vannet ved Jordbærhaugen og Grinda alltid vist klorrest, og bortsett fra perioden august til november 1968, alltid vist lave kimtall (mindre eller opptil 500 kim/ml).

Vannet på Knabberud viste lave kimtall i perioder med tydelig klorrest, mens det i perioden juli-oktober 1968 og juli-august 1969 viste høye kimtall (større enn 3000 kim pr. ml) og ingen eller liten klorrest. De andre tre prøvesteder viste ingen klorrest (Sandvika fra slutten av mai 1968) og relativt høye kimtall, bortsett fra vinteren 1969, da kimtallene stort sett lå under 1000 kim/ml.

Behandlingen av vannet i renseanlegget ved Aurevatn ble stoppet i begynnelsen av august 1969, og fra 3. august ble klorert råvann sluppet inn i ledningsnett. Kimtallene steg da merkbart ved Grinda og Stabekk; men fra slutten av august lå kimtallene for alle prøvesteder på et vesentlig lavere nivå enn før.

1.2 Klorrest-verdiene

I perioden med kloramin-dosering viste vannet ved Jordbærhaugen bare små variasjoner i klorrestverdi ved konstant dosering. Sommeren 1969 ble det imidlertid flere ganger målt lavere klorrestverdier enn normalt enda doseringen ble holdt konstant.

Ved Grinda viste klorrest-verdiene synkende tendens også sommeren 1968; men da doseringen ble endret til litt lavere klormengder på samme tid, kan den lavere klorrest muligens skyldes dette. Sommeren 1969 viser klorrest-verdiene samme variasjon som ved Jordbærhaugen.

Ved Knabberud var det vesentlige mengder klor i vannet da doseringen lå på 0,9 - 1,2 ppm klor. Ved lavere klordosering, fra april til desember 1968, viste dette prøvested lav eller ingen klorrest. Fra desember 1968 steg imidlertid klorrest-verdien selv om doseringen ble holdt konstant, og den lille økning i kloramindosering i februar 1969 så ikke ut til å gi høyere klorrest ved dette prøvested. Fra mai 1969 ble det her registrert liten til ingen klorrest i vannet.

I Sandvika ble det målt klorrest i vannet kun i perioden med dosering på 1,2 - 0,9 ppm klor vinteren 1968. Med høyeste klordosering var klorresten betydelig.

1.3 Diskusjon av resultatene

Høye kimtallsverdier og lave klorrest-verdier i sommer- og høstperiodene ser ut til å ha sammenheng med den vesentlig høyere råvannstemperatur i disse perioder. I vinterperiodene lå råvannstemperaturen mellom 1,5 og 4 °C, mens den fra mai til november lå mellom 4 og 18 °C.

I sommerperioden kan man derfor vente at vannet har et større klorforbruk enn om vinteren, da reaksjonen mellom klor og oksyderbart organisk (løst og partikulært) stoff går raskere ved de høyere vanntemperaturer. Ved temperaturer over 4 °C øker også veksthastigheten for de bakterier som vokser i vannet og på rørveggene. Tilstrekkelig klorrest i vannet skulle fremdeles virke hemmende på bakterieveksten; men blir klorresten for lav, vil bakteriene begynne å formere seg - dvs. de danner partikulært organisk stoff - blant annet som slam på rørveggene.

^{*}
Ifølge ingeniør W.G. Woxholt er det også mulig at klorresten i vannet kan synke etter en tids konstant dosering på grunn av at det i nettet utvikles en betydelig populasjon av nitrifiserende bakterier, som oksyderer ammoniumforbindelser til nitritt og nitrat. Dermed blir mindre mengder

klor bundet som kloraminer, fritt klor reagerer med organisk stoff i vannet, og klorresten blir lavere enn ventet. Ingeniør Woxholt har erfaring i kloramindesinfisering fra sin tid som sjefskjemiker ved The Rand Water Board i Syd-Afrika. De forhold som frembrakte nitrifiserende bakterier i det ledningsnett han refererte til, var vesentlig forskjellige fra forholdene i Aurevatn-nettet; men det er ikke utelukket at slik nitrifisering også kan forekomme i sistnevnte ledningsnett.

Resultatene fra perioden med kloramindesinfisering viser tydelig at desinfiseringen er effektiv ved restklorkonsentrasjoner på 0,10 ppm Cl₂ og høyere.

* engasjert av NIVA for spesielle prosjekter

I periodene med dosering av 1,2 ppm Cl_2 og 0,4 ppm NH_3 var klorresten på Jordbærhaugen ca. 0,40 ppm, Grinda ca. 0,35 ppm, Knabberud ca. 0,25 ppm og i Sandvika ca. 0,20 ppm Cl_2 . På grunn av klager over vannets lukt og smak måtte doseringsmengdene reduseres. Klagene kom så vidt meg bekjent, vesentlig fra Lommedalen. Det er derfor nærliggende å anta at man ikke vil få mange slike klager med klorrester lik eller lavere enn 0,35 ppm Cl_2 . Det praktisk brukbare området for effektiv desinfisering skulle etter dette være 0,10 ~~2~~ 0,35 ppm Cl_2 målt klorrest (o-tolidinmetoden, avlesning etter 15 - 20 min). Ved å dosere kloraminer på et eller flere steder ute på ledningsnettets skulle det derfor være mulig å oppnå desinfisering av fordelingsnettets i tillegg til hovedledningen fra Aurevatn til Grinda.

2. TEORETISKE BETRAKTNINGER ANGÅENDE REDUKSJON I KONSENTRASJON AV DESINFEKSJONSMIDDEL I VANNFORSYNINGSNETT

Ser vi bort fra teorien om nitrifisering, nevnt i forrige kapittel, er det vesentlig to ting som er med på å redusere vannets innhold av desinfeksjonsmidler som Cl_2 , ClO_2 og kloraminer. Disse stoffer virker desinfiserende vesentlig på grunn av at de er sterke oksydasjonsmidler. Som sådanne virker de oksyderende på organisk stoff, enten dette er "levende" eller ikke.

Oppløst og partikulært organisk stoff i vannet vil derfor reagere med slike desinfeksjonsmidler. Det organiske stoff vil bli oksydert i den grad det lar seg oksydere av desinfeksjonsmidlet, og sistnevnte reduseres til stoff med liten eller ingen desinfiserende evne. Ved tilsetning av slike desinfeksjonsmidler til vann finner man som regel at en stor del av det reduseres innen meget kort tid, og at man senere får en jevn, svak avtaking i konsentrasjon av desinfeksjonsmidlet. De lett oksyderbare stoffer oksyderes først og er ansvarlig for det høye forbruk av desinfeksjonsmidlet ved start. Også toverdige jern- og manganforbindelser oksyderes av slike desinfeksjonsmidler.

Etter det store forbruk av desinfeksjonsmiddel straks etter tilsetningen, vil den videre avtaking i konsentrasjon vesentlig være bestemt av vannets oppholdstid i ledningene.

* I samsvar med rapporten: Forsøk med kloramindesinfisering av vann fra Aurevatn renseanlegg, M 2 - 3 1968.

Er imidlertid ledningenes innvendige flater begrodd av mikroorganismer, vil vannet som kommer i kontakt med dette organiske belegg, bli utsatt for en ekstra reduksjon i sitt innhold av desinfeksjonsmiddel. I store ledninger vil kun en liten del av vannvolumet komme i kontakt med den begroddede flate, og den ekstra reduksjon av desinfeksjonsmiddel følgelig være liten. I små ledninger kan reduksjonen imidlertid bli vesentlig større. Dette kan belyses ved å betrakte forholdet mellom fuktet periferi og fuktet areal for ledninger av forskjellig størrelse. Jo større dette forhold er, jo bedre kontakt blir det mellom vannmassene og den begroddede flate:

$$F = \frac{2 \pi R}{\pi R^2} = \frac{2}{R}$$
 det vil si at forholdet er omvendt proporsjonalt med ledningstverrsnittets radius.

Løser belegget fra rørene, kommer det ut i de fri vannmasser og vil der være med på å redusere innholdet av desinfeksjonsmiddel.

Det er meget vanskelig å anslå i hvilken grad denne begroing reduserer kloraminkonsentrasjonen i de forskjellige typer ledninger i forsyningsnettet fra Aurevatn. For å komme videre, ansees betydningen av slik begroing å være neglisjerbar på strekningen Aurevatn-Grinda-Kolsåsmagasinet (til utløpet ved Knabberud).

Til orientering er nevnte forhold beregnet for forskjellige deler av Aurevatn-nettet:

Magasin Aurevatn: $F = \frac{2 \times 2,65 + 5,50}{2,65 \times 5,50} = 0,74 \text{ m}^{-1}$

Magasin Kolsås: $F = \frac{2 \times 5,35 + 9,30}{5,35 \times 9,30} = 0,40 \text{ m}^{-1}$

800 mm ledning: $F = \frac{2}{0,400} = 5,0 \text{ m}^{-1}$

700 mm ledning: $F = \frac{2}{0,350} = 5,7 \text{ m}^{-1}$

500 mm ledning: $F = \frac{2}{0,250} = 8,0 \text{ m}^{-1}$

300 mm ledning: $F = \frac{2}{0,150} = 13,3 \text{ m}^{-1}$

3. BEREGNING AV VANNETS OPPHOLDSTID I LEDNINGSNETTET

Fra Bærum kommune, Ingeniørvesenet, har vi fått følgende opplysninger:

Magasin Aurevatn: Høyde H = 2,65 m
 Bredde B = 5,50 m
 Lengde L = 480 m
 Volum V = 7000 m³

Magasin Kolsås: Høyde H = 5,35 m
 Bredde B = 9,30 m
 Lengde L = 1000 m
 Volum V = ca. 50.000 m³

Det midlere ukeforbruket for 1968 var 227,344 m³/uke eller
32.479 m³/døgn ut fra Aurevatn og 22.400 m³/døgn ut fra Kolsås.

Regnes oppholdstiden i magasinene ut fra dette fås følgende tider:

Magasin Aurevatn: 32.479 m³/døgn = 1350 m³/h

$$I = \frac{7000 \text{ m}^3}{1350 \text{ m}^3/\text{h}} = 5,2 \text{ h }) : \text{ ca. 5 timer}$$

Magasin Kolsås: 22.400 m³/døgn = 993 m³/h

$$I = \frac{50.000 \text{ m}^3}{993 \text{ m}^3/\text{h}} = 50,4 \text{ h }) : \text{ ca. 50 timer}$$

Vi fikk også en tabell som viste doserte Cl₂ og NH₃ -mengder fra starten av kloramindoseringen, samt vannmengder passert ut av magasinene ved Aurevatn og Kolsås pr. uke.

I en telefonsamtale med overingeniør Kjell Thomassen fikk vi følgende opplysninger:

Hovedledningen mellom Jordbærhaugen og Grinda er ca. 5.500 m lang, og har diameter (Ø) 800 mm.

Ledningen Grinda - Kolsåsmagasinet:

800 mm Ø, lengde 1.630 m

Ledningen Knabberud - Haslum:

800 mm Ø, lengde 2.220 m

Ledningen fra Haslum:

Ø 700 mm i en lengde av 450 m, deretter 12", eller ca. 300 mm Ø, fordelingsnett.

Ledningen Grinda - Løken:

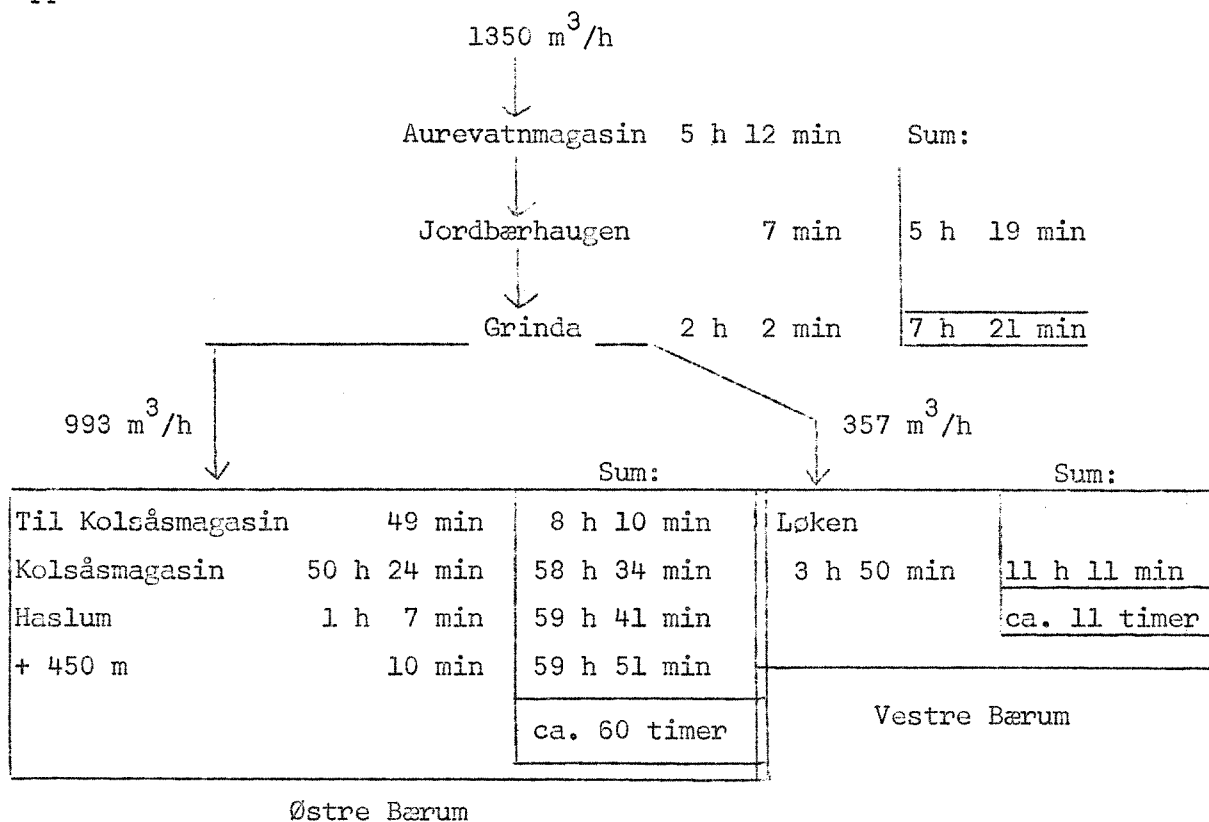
Ø 700 mm i 3.550 m lengde, deretter gammelt 20" rør (ca. 500 mm) i 500 m lengde, og 14" rør (ca. 350 mm) videre.

Strekningen fra utløpet av Aurevatn-magasinet antas å bestå av 800 mm rør i maksimalt 300 m lengde.

Ved hjelp av disse data kan man regne ut volumet av hovedledningsnett:

Magasin Aurevatn	ca.	7.000 m ³
Ledning Aurevatn - Jordbærhaugen	ca.	150 "
-"- Jordbærhaugen - Grinda		2.750 "
Grinda - Løken		1.367 "
Løken → 500 m 20" rør		98 "
Videre 14" rør		96 m ³ /km
Grinda - Kolsåsmagasinet		815 m ³
Kolsåsmagasinet	ca.	50.000 "
Knabberud - Haslum		1.110 "
Haslum → 700 mm Ø, 450 m		174 "
Videre 12" rør		71 m ³ /km

Med de oppgitte tall for midlere ukeforbruk i 1968 får man følgende oppholdstider for vannet:



Kolsåsmagasinet tappes mot Østre Bærum, og vannforbruket ut av magasinet antas (ifølge notat i tabellen) å være målt ved Knabberud. Kolsåsmagasinet kan også tappes mot Vestre Bærum, men dette gjøres bare i spesielle tilfeller. Vannforbruket i Vestre Bærum kan derfor regnes å være vannforbruket ut fra Aurevatnmagasinet + vannforbruket ut fra Kolsåsmagasinet.

Figur 1 fremstiller vannforbruket ut fra Aurevatn og Kolsåsmagasinet for perioden februar 1968 - september 1969, basert på ukentlige målinger. Abscissen er inndelt i antall uker pr. år med ukenummeret angitt. Ordinaten er i første rekke inndelt i m³ vann pr. uke. Figuren består av fire ark, og det siste skal brettes ut slik at tabellen benyttes til ordinatangivelse. De forskjellige vannføringsdata er regnet om fra m³/uke til m³/time, basert på ukesnittet. Videre er vannets oppholdstider i de forskjellige deler av nettet regnet ut og angitt på grunnlag av samme data.

Dette er gjort for å kunne henføre de målte klorrester ved de forskjellige prøvesteder til vannets virkelige oppholdstid i nettet da prøven ble tatt.

Perioder med stor variasjon i vannforbruk (f.eks. ved spyling) er ikke tatt med i det etterfølgende, da det for disse perioder ikke vites om vann kan ha vært sendt fra Kolsåsmagasinet mot Vestre Bærum.

Tabell 1 og 2 viser doseringsmengder av kalk, ozon og kloramin ved Aurevatn renseanlegg, pH-verdi og klorrest fra vann fra forskjellige steder på ledningsnettet, samt vannets oppholdstid til de samme steder. Tabell 1 viser resultater for en periode med tydelig klorrest på Knabberud og i Sandvika, tabell 2 viser høst-vintersituasjonen i 1968 - 69, da vann fra Knabberud viste - men vann fra Sandvika ikke viste klorrest.

På grunnlag av tabell 1 kan man ut fra data for 28/2 1968 se at vannet i Sandvika viste tydelig klorrest, mens dette ikke var tilfelle for vann fra Knabberud. Vannets oppholdstid til Knabberud den uken var ca. 67 timer, og doseringen av kloramin ble øket fra henholdsvis 0,6 ppm Cl_2 - 0,2 ppm NH_3 til 1,2 ppm Cl_2 - 0,4 ppm NH_3 ca. 48 timer før vannet ble analysert for klorrest. I løpet av de 5 foregående uker med førstnevnte doseringsmengde var det ikke påvist klorrest på noen av disse to prøvesteder.

Uken 26. februar - 2. mars 1968 var vannforbruket i Vestre Bærum $(249 - 143) \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uke} = 106 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uke} = 630 \text{ m}^3/\text{time}$.

Vannets oppholdstid ned til 14"-ledningen ved Løken skulle da være $(6,6 + 2,3) = \text{ca. } 9$ timer. Vannets oppholdstid ned til Sandvika lå derfor mellom 9 og 48 timer, mest sannsynlig ca. 1 døgn. Det var relativt stort vannforbruk og dermed korte oppholdstider i den nevnte uke for Vestre Bærum, mens vannets oppholdstid til Knabberud var relativt lang - ca. 67 timer.

I 3½ - ukers perioden med en dosering på 0,9 ppm Cl_2 og 0,3 - 0,45 ppm NH_3 i mars 1968 viste de målte klorrester på Jordbærhaugen, Grinda, Knabberud og Sandvika tydelig avtakende tendens. Under den ca. ½-års lange perioden med dosering av 0,9 ppm Cl_2 og 0,3 ppm NH_3 fra februar 1969, viste Jordbærhaugen og Grinda alltid klorrest, Knabberud viste lav, men tydelig klorrest,

men i Sandvika ble klorrest ikke påvist i denne perioden. Den gjennomsnittlige oppholdstid for vannet frem til Knabberud lå i denne perioden på ca. 60 timer, og vannforbruket i Østre Bærum (ut fra Knabberud) lå på gjennomsnittlig $158 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uke}$, mot for Vestre Bærum (over Løken) $87 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uke}$. Sammenliknet med data fra 28/2 1968, da vannforbruket til Vestre Bærum var $106 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{uke}$, skulle teoretisk oppholdstiden i februar - mai 1969 ha vært gjennomsnittlig 22 % lengre, dvs. ca. 58 timer mot 48 timer i 1968. Dette er allikevel ikke mer enn den gjennomsnittlige oppholdstid til Knabberud, og hvis forholdene i de to deler av ledningsnettets hadde vært sammenliknbare, skulle det også ha vært påvisbar klorrest i Sandvika i denne perioden.

Fig.1. Vannforbruk basert på ukentlige målinger ut fra magasinene ved Aurevatn og Kolsås.

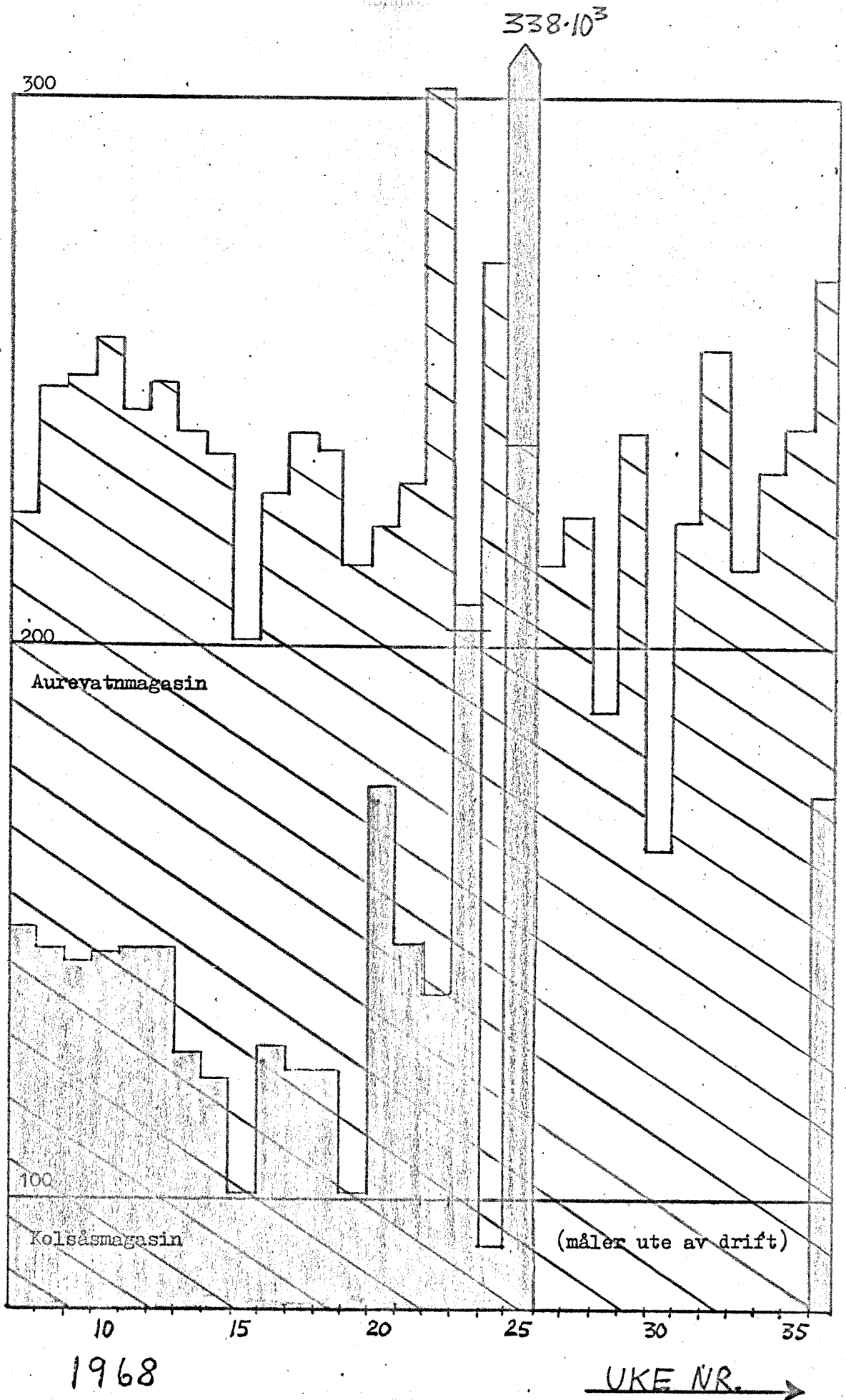


Fig.1 forts.

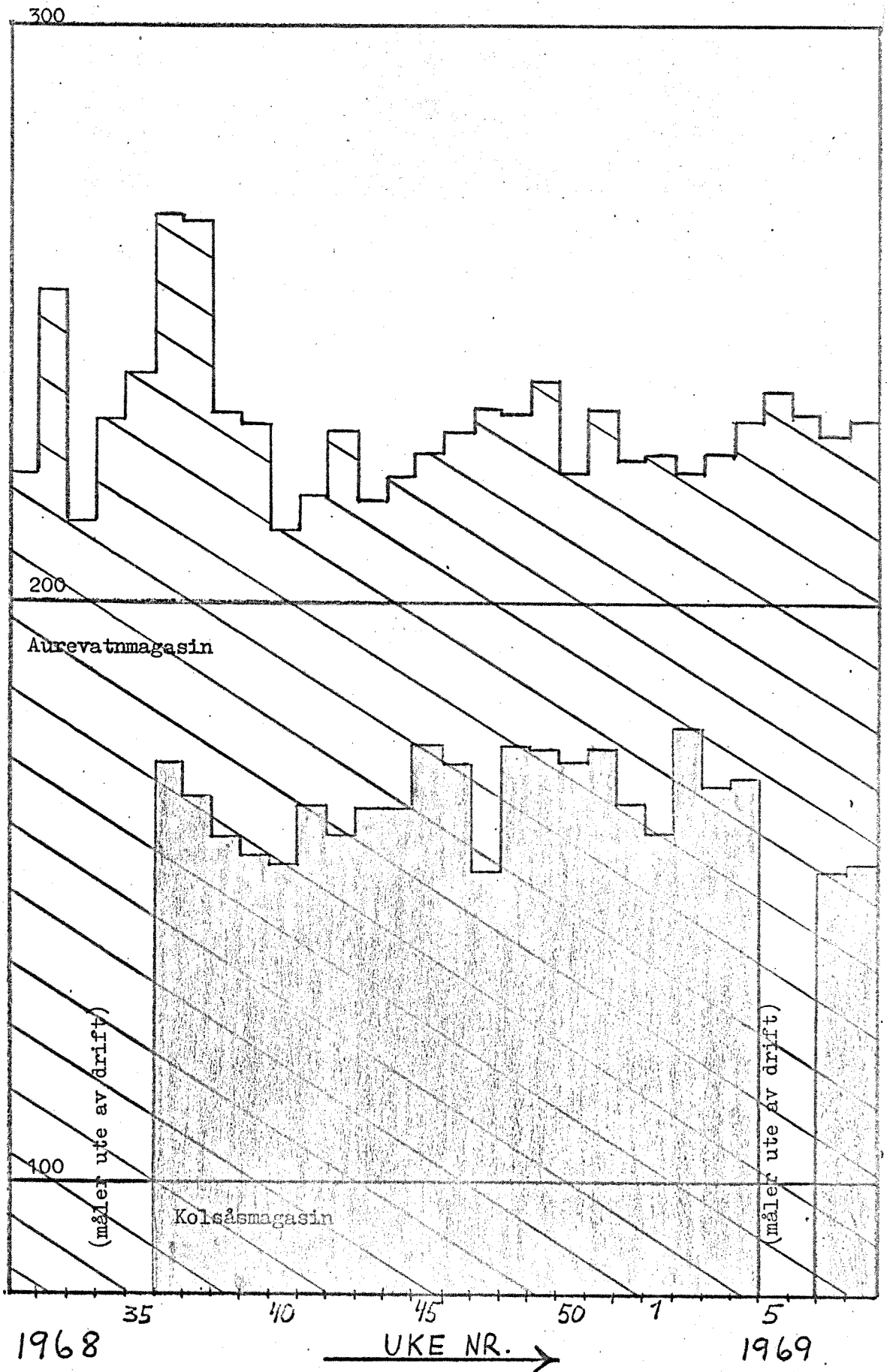
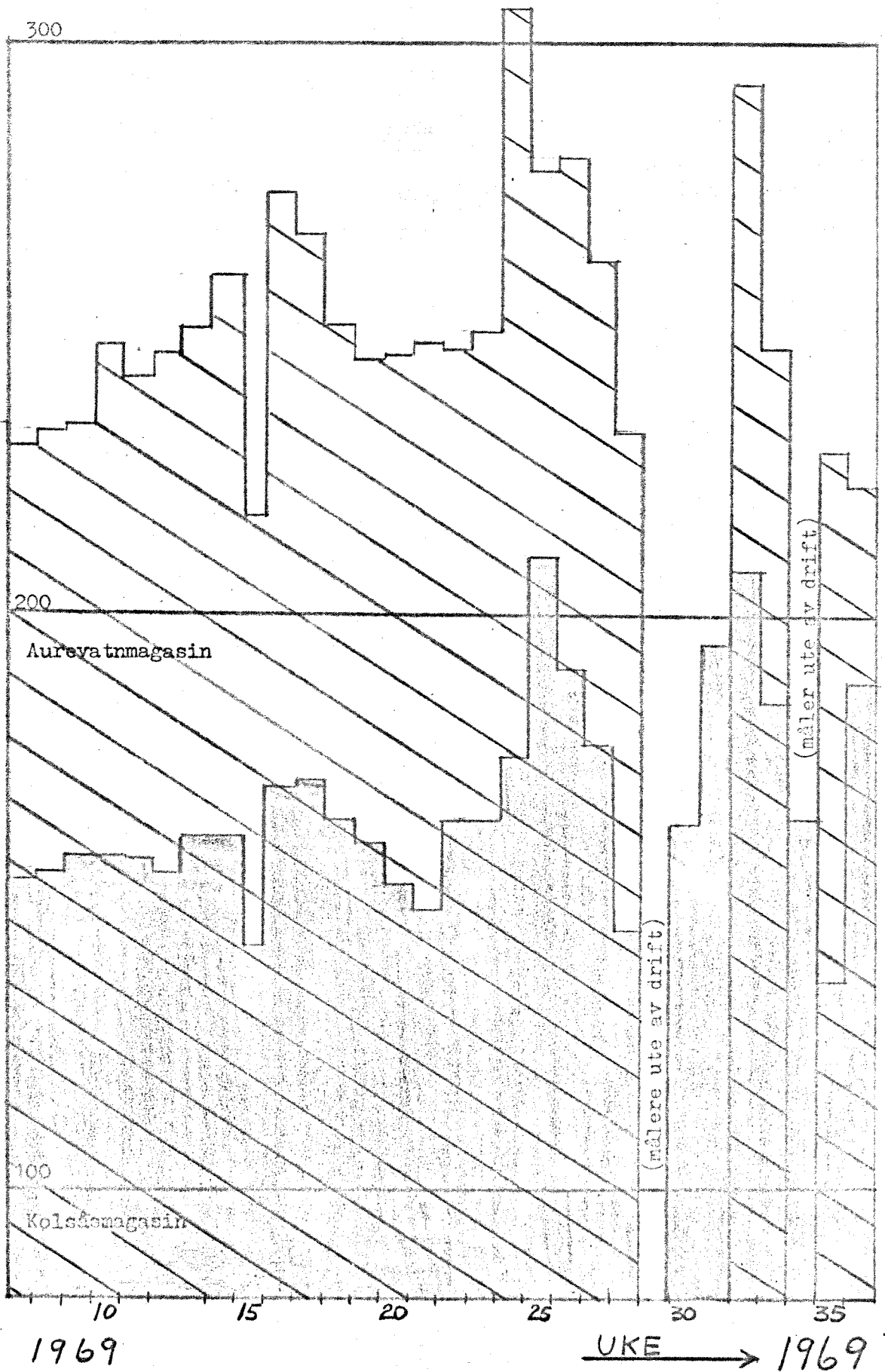


Fig.1 forts.



VANNFORBRUK

OPPHOLDSTID I TIMER

m^3/uke $\times 10^3$	$m^3/time$	Aurevatn- magasin	Aurevatn- -Jordb.	Jordbarh. - Grinda	Grinda - Kolsåsm.	Kolsås- magasinet
300	1.790	3,9	0,08	1,51		
290	1.720	4,1	0,09	1,57		
280	1,670	4,2	0,09	1,62		
270	1.610	4,35	0,09	1,68		
260	1.550	4,55	0,10	1,74	0,53	32
250	1.490	4,7	0,10	1,81	0,55	33,5
240	1,430	4,9	0,10	1,89	0,57	35
230	1.370	5,1	0,11	1,97	0,59	36,5
220	1.310	5,35	0,11	2,06	0,62	38
210	1.250	5,6	0,12	2,16	0,65	40
200	1.190	5,9	0,13	2,27	0,69	42
190	1.130	6,2	0,13	2,39	0,72	44
180	1.070	6,55	0,14	2,52	0,76	47
170	1.010	6,95	0,15	2,67	0,81	49,5
160	950	7,4	0,16	2,84	0,86	52,5
150	890			3,04	0,92	56
140	830				0,98	60
130	770				1,06	65
120	710				1,15	70
110	650				1,25	76,5
100	590				1,38	85
90	540				1,50	92

Tabell 1. Dosering ved renseanlegget og analyser fra ledningsnett i perioden februar til april 1968.

Dato	Dose ved Anevevbn			Jord i Haugen			Grinda			Knabberud			Sandvika		
	Cl ₂ g/m ³	Al ₂ g/m ³	Kalk O ₃ g/m ³	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂
Start 14/2	0,6	0,2	2,1	5,5	7,1	0,15	7,5	7,1	0,05	64,4	7,1	0,00	?	6,8	0,00
16/2	"	"	"	4,8	7,1	0,13	6,6	7,0	0,08	65,6	7,0	0,00		6,9	0,00
21/2	1,2	0,4	"	4,8	6,9	0,35	6,6	6,9	0,30	66,6	7,0	0,00	<18	6,9	0,00
26/2	"	"	"												
28/2	"	"	"												
4/3	1,5	0,5	2,0	4,7	7,0	0,45	6,4	7,0	0,35	65,4	6,9	0,09		6,9	0,25
5/3	1,2	0,4	"												
6/3	"	"	"												
11/3	"	"	2,1	5,0	7,2	0,35	6,9	7,2	0,35	65,9	7,2	"		7,0	0,22
15/3	"	"	"												
16/3	0,9	0,3	2,0	4,8	7,1	0,27	6,6	7,2	0,24	65,6	7,2	0,13		7,1	0,14
22/3	"	0,45	2,1	5,0	7,0	0,30	6,9	7,1	0,30	68,6	7,0	0,14		7,1	0,15
25/3	"	"	"												
29/3	"	"	"	5,1	7,1	0,18	7,0	7,0	0,18	78,2	7,2	0,08		7,0	0,05
5/4	"	"	"	6,0			8,3			93,7					
8/4	"	"	2,2												
13/4	0,7	0,35	2,1												
15/4	"	"	"												
18/4	0,75	0,25	2,0	5,2	7,3	0,18	7,2	7,2	0,12	73,2	7,1	0,05		7,1	0,05
19/4	"	"	"												
22/4	"	"	"	5,0	7,1	0,15	6,9	7,1	0,15	78	7,0	0,02		6,9	0,02
26/4	"	"	"												
3/5	"	"	"	5,1		0,18	7,0		0,14	78,2		0,03			0,03

TABELL 2 Dosering ved renseanlegget og analyser fra ledningsnett i perioden juli 1968 til mai 1969

Dato	Dosert ved Aurevatn				Jordberhaugen			Grinda			Knabberud			Sandvika		
	Cl ₂ g/m ³	NH ₃ g/m ³	O ₃ g/m ³	Kalk g/m ³	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂	Oppholds- tid i timer	pH	ppm Cl ₂
15.7	0,8	0,2	1,5	8,5	5,0	6,1	0,20	6,9	6,3	0,13	-	6,6	40,01	?	6,3	40,01
19.7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
22.7	0,75	0,5	1,3	"	7,6	7,3	0,25	10,4	6,1	0,15	-	7,2	0,01	-	6,9	0,01
26.7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
29.7	"	0,25	1,1	"	5,6	7,0	0,20	7,5	6,7	0,08	-	-	-	-	6,6	0,01
2.8	"	"	"	"	5,6	"	"	7,8	7,3	0,06	-	7,3	0,02	-	7,2	0,02
12.8	"	"	0,7	"	"	7,1	0,20	6,9	"	"	-	"	"	"	"	"
16.8	"	"	1,6	"	5,0	"	"	"	"	"	-	"	"	"	"	"
23.8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	-	"	"	"	"	"
30.8	"	"	"	"	"	7,2	0,20	"	7,2	0,05	-	7,4	0,01	-	7,1	0
13.9	"	"	1,8	9,0	4,6	7,1	0,27	6,3	7,0	0,06	-	7,0	0,00	-	6,6	0
27.9	"	"	1,9	"	5,2	7,3	0,28	7,2	7,1	0,07	-	7,4	0,00	-	7,0	0
1.10	"	"	"	"	5,5	8,0	0,25	7,5	7,8	0,13	-	7,6	0,00	-	7,5	0
13.10	"	"	1,8	"	5,5	8,4	0,25	7,5	8,3	0,20	-	8,1	0,04	-	7,4	0
6.11	"	"	1,9	"	5,4	7,5	0,28	7,4	7,6	0,22	-	7,2	0,04	-	7,2	0
22.11	"	"	1,8	"	5,1	7,5	0,28	7,1	7,6	0,23	-	-	-	-	7,1	0
6.12	"	"	2,0	"	5,0	7,3	0,30	6,9	7,2	0,24	-	7,2	0,09	-	7,0	0
20.12	"	"	1,8	"	5,1	7,9	0,25	7,0	7,2	0,22	-	7,2	0,11	-	7,0	0
3.59	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	-	"	"	-	"	"
3.1	"	"	1,9	"	5,3	7,3	0,25	7,3	7,2	0,20	-	7,4	0,06	-	7,3	0
17.1	"	"	2,0	"	5,3	7,3	0,24	7,3	7,5	0,20	-	7,4	0,07	-	7,3	0
19.2	0,9	0,3	2,0	0	"	"	"	"	"	"	-	"	"	-	"	"
17.2	"	"	1,9	"	5,2	6,4	0,24	7,2	6,4	0,20	-	6,5	0,07	-	6,4	0
2.3	"	"	1,4	"	4,9	6,3	0,25	6,7	6,2	0,20	-	6,3	0,10	-	6,2	0
17.0	"	"	2,0	"	6,3	6,5	0,25	7,1	6,5	0,20	-	6,5	0,07	-	6,5	0
18.3	"	"	2,0	"	4,4	6,5	0,23	6,0	6,5	0,20	-	6,5	0,10	-	6,5	0
14.5	"	"	2,0	5,5	4,9	7,0	0,28	6,8	7,0	0,23	-	7,1	0,10	-	6,8	0

4. BEREGNING AV VANNETS KLORFORBRUK

Klorrest-analysene fra Knabberud og Sandvika i Februar - mai 1969 viser etter de foran beregnede oppholdstider for samme periode, at det er et større klorforbruk i ledningsnettene ned til Sandvika enn det er i ledningene og Kolsåsmagasinet frem til Knabberud. Dette har sannsynligvis sammenheng med at ledningene er begrodd innvendig, som forklart foran under punkt 2.

For å få et grunnlag til å anslå vannets klorforbruk velges det å bruke tallene fra lange perioder med stabile forhold, - helst både en sommer- og en vinterperiode (høy og lav vanntemperatur).

Sommerperioden: August - september 1968 hadde vanntemperaturer på 14 - 16 °C, Cl₂/NH₃-dosering på 0,7/0,25 ppm, ozondosering på 1,6 - 1,9 ppm, kalkdosering på 8,5 - 9,0 ppm.

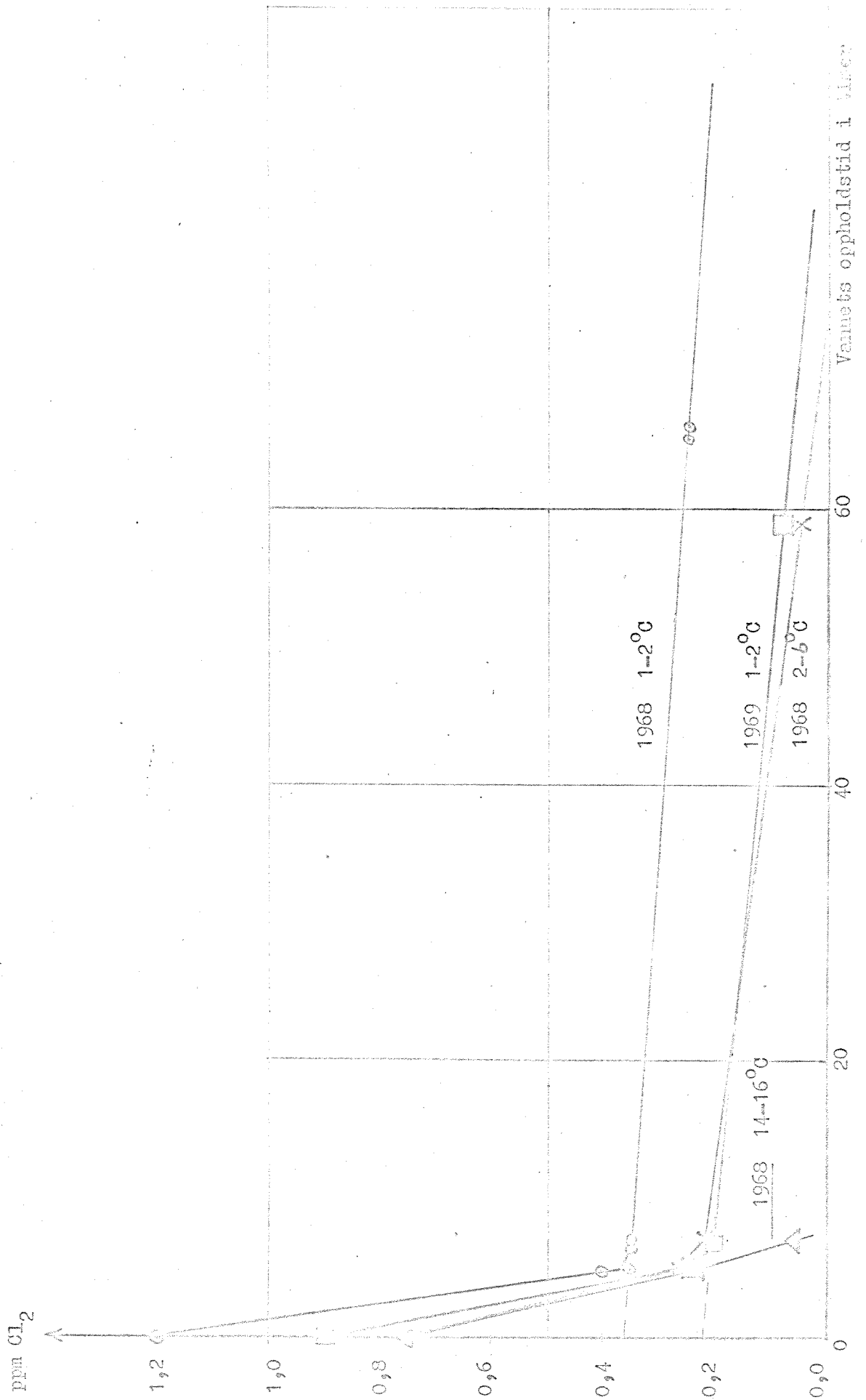
Vinterperioden: Februar - mai 1969 hadde vanntemperaturer på 1 - 2 °C, Cl₂/NH₃-dosering på 0,9/0,3 ppm, ozondosering på 1,4 - 2,0 ppm. Ingen dosering av kalk.

Tabell 3 og figur 2 viser at klorforbruket ned til Jordbærhaugen i begge tilfeller er stort. I sommerperioden var det ingen klorrest på Knabberud, og det gjennomsnittlige klorforbruk mellom Jordbærhaugen og Grinda lå på verdien 0,086 ppm Cl₂ pr. time.

I vinterperioden var det tydelig klorrest ved Knabberud, og klorforbruket mellom Grinda og Knabberud var pr. tidsenhet 10 ganger lavere enn mellom Jordbærhaugen og Grinda.

Til sammenlikning er det på figur 2 også inntegnet verdiene fra perioden med kloramindosering på 1,2/0,4 ppm Cl₂/NH₃ i mars 1968, da vanntemperaturen var 1 - 2 °C, ozondoseringen 2,0 - 2,1 ppm og kalkdoseringen 7,0 ppm.

Fig. 2. Vannets klorforbruk ved forskjellige vanntemperaturer og kloramindoseringer.



I perioden oktober 1968 - januar 1969 ble det målt svak til tydelig klorrest på Knabberud med samme kloramindosering som perioden kalt "1968, 14-16 °C" i tabell 4. Vanntemperaturen var da avtakende, fra 6 - 2 °C, ozondoseringen varierte mellom 1,8 - 2,0 ppm, og kalkdoseringen var 9,0 ppm. Resultatene fra denne perioden er også med i figur 2. Resultatene fra klorforbrukanalysene for disse nevnte perioder er sammenstilt i tabell 4.

Resultatene viser at klorforbruket er avhengig både av mengde klor dosert og av vanntemperaturen. Det er mulig at også ozondosen og kalkdosen har en innflytelse.

Det kan bemerkes at vannets pH-verdi ved Knabberud i tabellens periode "1968, 2 - 6 °C" var vesentlig høyere enn perioden "1969, 1 - 2 °C", og at klorforbruket pr. 10 h var tydelig høyere da vannet var basisk enn da det var surt. Perioden "1968, 1 - 2 °C" hadde nær nøytralt vann, men klorforbruket lå her enda lavere enn i perioden med surt vann.

I det etterfølgende blir det ikke tatt hensyn til en mulig pH-effekt, og det velges å gå videre med middelverdien av de funne verdier, det vil si et klorforbruk på 0,023 ppm Cl₂ pr. 10 timer ved vanntemperaturer lavere enn 6 °C.

Klorforbruket mellom Jordbærhaugen og Grinda er i alle de nevnte perioder høyere enn forbruket mellom Grinda og Knabberud, i snitt 0,024 ppm Cl₂ pr. time ved vanntemperaturer lavere enn 6 °C.

I sommerperioden i tabell 3 og 4 var klorforbruket på denne strekningen 0,086 ppm Cl₂ pr. time (vanntemperatur 14 - 16 °C).

Det er fra disse data ikke mulig å avgjøre om det relativt høye klorforbruk mellom Jordbærhaugen og Grinda skyldes at vannet, når det går i rør, er mer utsatt for reduksjon av klorinnholdet på grunn av kontakt med begroddede flater, enn når det vesentlig oppholder seg i magasin - som mellom Grinda og Knabberud.

Det høyere klorforbruk på førstnevnte strekning kan også skyldes at begynnelsesperioden med høyt klorforbruk ennå ikke er over når vannet kommer til Jordbærhaugen.

TABELL 3 Data for beregning av vannets klorforbruk under oppholdstiden i ledningsnett

Cl ₂ /m ³ 0,75/0,25	Jordbergaugen				Grinda				Knabberud				
	Timers opph. tid	målt ppm Cl ₂ J	0,75 ÷ J ppm	ppm Cl ₂ pr. 10 h	Timers opph. tid	målt ppm Cl ₂ G	J ÷ G ppm	ppm Cl ₂ pr. 10 h	Timers opph. tid	målt ppm Cl ₂ K	G ÷ K ppm	ppm Cl ₂ pr. 10 h	
Sommerperioden 1968	2.8	0,20	0,55	0,98	7,6	0,08	0,12	0,60	-	0,01 ?			
	9.8	0,20	0,55	1,17	6,5	0,08	0,12	0,67	-	0			
	16.8	0,20	0,55	0,98	7,8	0,06	0,14	0,55	-	0,02 ?			
	23.8	0,20	0,55	1,06	7,2	0,04	0,16	0,80	-	0			
	30.8	0,20	0,55	1,10	6,9	0,05	0,15	0,79	-	0			
	6.9	0,25	0,50	1,09	6,3	0,06	0,19	1,12	55	0			
	13.9	0,27	0,48	1,04	6,3	0,06	0,21	1,23	58	0			
	20.9	0,25	0,50	0,97	7,2	0,07	0,18	0,90	61	0			
	27.9	0,28	0,47	0,90	7,2	0,07	0,21	1,05	61	0			
	Gnitt	5,1	0,23	0,90	1,03	7,0	0,06		0,86				
Vinterperioden Cl ₂ /m ³ 0,9/0,3			0,90 ÷ J ppm										
	1969	5,2	0,24	0,66	1,27	7,2	0,20	0,04	0,20	62	0,07	0,13	0,024
		5,2	0,24	0,66	1,27	7,2	0,20	0,04	0,20	61	0,10	0,10	0,019
		4,9	0,25	0,65	1,32	6,7	0,20	0,05	0,28	60	0,10	0,10	0,019
		5,0	0,20	0,70	1,40	6,9	0,15	0,05	0,26	60	0,04	0,11	0,021
		4,9	0,25	0,65	1,33	6,8	0,20	0,05	0,26	62	0,07	0,13	0,023
		4,8	0,25	0,65	1,35	6,6	0,23	0,02	0,11	60	0,05	0,18	0,034
		4,4	0,23	0,67	1,52	6,0	0,20	0,03	0,19	56	0,10	0,10	0,020
		4,6	0,24	0,66	1,43	6,3	0,20	0,04	0,24	57	0,09	0,11	0,022
		4,9	0,24	0,66	1,35	6,8	0,20	0,04	0,21	53	0,09	0,11	0,024
4,9		0,28	0,62	1,26	6,8	0,23	0,05	0,26	63	0,10	0,13	0,023	
Gnitt	4,9	0,24	0,62	1,35	6,7	0,20		0,22	59	0,08		0,023	

Tabell 4. Sammenlikning av klorforbruket i fire forskjellige perioder.

Periode ppm Cl ₂	1968, 14-16 °C	1968, 2-6 °C	1968, 1-2 °C	1969, 1-2 °C
Dosert	0,75	0,75	1,20	0,90
Forbruk til Jordbærhaugen	0,52	0,49	0,80	0,66
Forbruk til Grinda	0,69	0,54	0,85	0,70
Forbruk til Knabberud	>0,75	0,70	0,95	0,82
Forbruk pr. første 7 timer	0,69	0,54	0,85	0,70
Forbruk pr. 10 timer etter de første 7 timer	-	0,031	0,017	0,023
Vannets pH-verdi ved Knabberud	7,0 - 7,4	7,2 - 8,1	6,9 - 7,2	6,3 - 6,5

5. FASTSETTELSE AV KLORAMINDOSER VED DOSERING VED GRINDA

Doseres det ikke kloramin ved Aurevatn, må man regne med et initialklorforbruk ved Grinda i samme størrelsesområde som initialforbruket ved Aurevatn i de undersøkte perioder. Doseres også klor eller kloramin ved Aurevatn, kan man regne med et lavere initialforbruk ved Grinda; men det er rimelig også da å regne med et initialforbruk høyere enn den nedgang i restklor man vil finne lengre ute på nettet.

Initialforbruket av klor ved Grinda har i den senere tid ikke kunnet fastlegges ved forsøk, da ozonanlegget har vært ute av drift på grunn av utvidelser. Det foreslås imidlertid at man prøver seg frem med vann fra Grinda. Vannet tilsettes forskjellige mengder kloramin for å finne de mengder Cl_2/NH_3 som gir en restkonsentrasjon på ca. 0,35 ppm Cl_2 , målt etter 20 min. henstand.

Denne konsentrasjonen skulle etter det vi til nå har erfart, ikke være merkbar for flesteparten av de første forbrukere etter Grinda.

Ved lave vanntemperaturer skulle det da være målbar klorrest i vannet i 3/4 til 2½ døgn, når man legger til grunn et klorforbruk på henholdsvis 0,25 ppm Cl_2 og 0,023 ppm Cl_2 pr. 10 timer. Da det etter februar - mars 1968 ikke er målt klorrest i Sandvika selv når det er målt klorrest ved Knabberud, må man gå ut fra at en restklormengde på 0,35 ved Grinda vil være forbrukt før det er gått 2½ døgn.

Ved høye vanntemperaturer må man regne med at en klorrest på 0,35 ppm kan være forbrukt i løpet av 4 timer.

Det foreslås derfor at de veiledende klorbehovsforsøk for vann fra Grinda utføres så snart ozonering og kalking går som normalt ved renseanlegget. For å fastslå om en klorrest på 0,35 ppm vil forårsake smaks- og luktproblemer, foreslås at det samtidig med disse veiledende forsøk for klorbehov også blir utført smaks- og lukt-testing etter standard metoder. Vi vil dermed få en sikrere verdi for den maksimalt akseptable restklormengde på Grinda.

Dosering av kloramin direkte i ledningen ved Grinda bør helst utføres mens vanntemperaturen er mindre enn 6 °C. Man må være forberedt på å justere opp doseringen av desinfeksjonsmiddel når vanntemperaturen stiger, og motsatt - justere ned doseringen når vanntemperaturen synker. Derfor vil det være best å starte forsøket når vanntemperaturen er stabil og lav. Når doseringen prøvekjøres, bør det tas hyppige prøver fra forskjellige steder langs ledningsnett, og prøvene analyseres for innhold av klor, eventuelt også for NH_3 . Det er rimelig å anta at det tar minst 1 til 2 uker med konstant klordose før forholdene i nettet kan regnes for stabile.

Lykkes det å få klorrest frem til de ytterste deler av ledningsnett uten at det oppstår vesentlige lukt- og smaksproblemer, kan doseringen styres etter den ønskede restklormengde ved et fast prøvested på nettet.

Det vil neppe kunne oppnås desinfisering av nettet i Østre Bærum ved dosering ved Grinda, da oppholdstiden i Kolsåsmagasinet er relativt lang ($1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ døgn etter Grinda): Desinfeksjon ved dosering ved Knabberud bør derfor forsøkes hvis doseringen ved Grinda blir vellykket for Vestre Bærum.

6. SAMMENDRAG

1. Resultatene fra kimtalls- og klorrest-analysene i den nevnte periode med kloramintilsetning viser at desinfiseringen synes å være effektiv ved klorrester på større eller lik 0,10 ppm klor.
2. Den relativt korte periode med dosering på 1,2 ppm Cl_2 /0,4 ppm NH_3 gav som resultat at klorrester over 0,35 ppm gav utslag i mange klager over vannets lukt og smak.
3. Når resultatene fra klorrest-analysene sammenholdes med vannets oppholdstid i de forskjellige deler av ledningsnett, fremkommer det at vannet i fordelingsnett ned til Sandvik har et større klorforbruk enn vannet som går gjennom Kolsåsmagasinet til Knabberud. Det aktuelle klorbehov i det førstnevnte nett må derfor belyses gjennom forsøksstilsetninger direkte på nettet, f.eks. ved Grinda. Det samme vil antakelig gjelde for vann ut fra Kolsåsmagasinet.

4. Det bør foretas orienterende prøver med kloramintilsetning for å bestemme klorbehovet for vann ved Grinda. Samtidig bør det utføres en smaksprøving av vann tilsatt forskjellige konsentrasjoner av kloraminer, slik at den øverste tolerable grense ved Grinda kan fastlegges.
5. Når det foran nevnte er utført, kan man begynne doseringen av kloramin ved Grinda, og gjennom nøye oppfølging av resultatene ute på ledningsnettet forsøke å komme til klarhet over hvor stor del av ledningsnettet man kan desinfisere på denne måten.
6. Er behandlingen vellykket for Vestre Bærum, kan samme prosedyre gjentas for Østre Bærum, slik at de endelige doseringsmengder for begge ledningsnett kan bli fastlagt.
7. Det anbefales dosering av kloraminer både ved Aurevatn og Grinda mot Vestre Bærum i første omgang, og ved Aurevatn, Grinda mot Vestre Bærum, og Knabberud mot Østre Bærum i annen omgang. Dosering ved Grinda mot Østre Bærum vil bli lite effektiv på grunn av den relativt lange oppholdstiden i Kolsåsmagasinet.

---o0o---