

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN

O - 125/65.

Undersøkelser

ved

Tønsberg og Nøtterøy fellesvannverk.

Saksbehandler: Cand.real. J.E.Samdal.

Rapporten avsluttet 13.juni 1966.

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E:	Side:
1. INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING	3
2. LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER	3
3. FELLINGSFORSØK I LABORATORIEFLOKKULATOR	3
4. PRØVETAGNING I VANNVERKET UNDER DRIFT	5
5. FORSØK MED VASKING AV FILTERSAND MED KJEMIKALIEOPPLØSNING	6
6. KONKLUSJON	7

T A B E L L E R:

1. Resultatene av limnologiske undersøkelser i Akersvannet den 15/4-66	9
2. Resultatene av fellingsforsøk i laboratorie-flokkulator	10
3. Resultatene av kjemiske analyser på prøver tatt forskjellige steder i vannverket den 17/4-66	11
4. Resultater av mikroskopering på sandprøver	12

1. INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING.

Tønsberg og Nøtterøy Fellesvannverk forsynes fra Akersvannet som er en eutrofiert innsjø. Rensingen ved fellesvannverket foregår ved råvannsfiltrering i hurtige sandfiltre og ved koagulering (felling) med etterfølgende filtrering. Om våren og forsommeren har man hatt driftsproblemer fordi algeveksten fort tetter til sandfiltrene. For å undersøke hvilke tiltak som kunne settes i verk for å bedre driftsforholdene foreslo vårt institutt, etter henvendelse fra kommuneingeniøren i Nøtterøy, et relativt omfattende undersøkelsesprogram. Vestfold Interkommunale Vannverk vil levere vann til Tønsberg og Nøtterøy allerede om ca. 2 år, og undersøkelsesprogrammet ble derfor funnet for omfattende og kostbart. Istedet ble det enighet om utførelse av et mindre undersøkelsesprogram med hovedvekten på driftsforholdene i Fellesvannverket. Denne rapport redegjør for resultatene.

2. LIMNOLOGISKE UNDERSØKELSER.

I tabell 1 står sammenstillet resultatene av prøvetagning utført i Akersvannet den 15/4-1966. Prøvetagningen ble utført fra isen.

Analyseresultatene viser at det var et markant oksygenforbruk i dyp-lagene i Akersvannet på prøvetagningsdagen og dette oksygenforbruket skyldes dekomponering av organiske forbindelser. Dekomponeringen førte til dannelse av surere komponenter, samtidig som det foregikk mineralisering med stigende farge og turbiditet mot dypet. Inntaket ligger så dypt at det foreligger muligheter for å ta inn oksygenfritt (råttent) vann mot slutten av stagnasjonsperioden. Vi vil derfor anbefale at mulighetene for høyere vanninntak undersøkes nærmere. Hvis det tas inn oksygenfritt vann i vannverket vil smaks- og luktulempene bli betydelige.

3. FELLINGSFORSØK I LABORATORIEFLOKKULATOR.

Fellings- eller koaguleringsforsøkene ble utført i en laboratorieflokkulator med muligheter for utførelse av ialt 12 forsøk samtidig. Koaguleringshastigheten var 200 omdr./min. og flokkuleringshastigheten var 20 omdr./min. Diameteren på omrørerens propeller var 5 cm.

Koaguleringstiden var 3 min., mens flokkuleringstiden var 57 min. Forsøkene ble utført i runde begerglass (1 l). Omstilling fra koagulerings- til flokkuleringshastighet foregikk momentant. Kalkhydrat ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ble tilsatt før alum ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 - 18 \cdot \text{H}_2\text{O}$) i alle forsøk. Tiden mellom hver koagulant-tilsetning var maksimalt 1 min. Tilsetting av koagulantene foregikk momentant og samtidig til alle begerglass i én forsøksserie. Etter flokkuleringen ble vannet i begerglassene filtrert gjennom Schleicher & Schüll foldefilter av papir nr. 597 $\frac{1}{2}$. Analyser ble utført på filtratene etter våre standardforskrifter.

Resultatene av fellingsforsøkene, som ble utført i vårt laboratorium på en råvannsporsjon tatt den 17/4-66, fremgår av tabell 2. I forsøks-serien 1.1. - 1.6. ble det oppnådd best resultat m.h.t. farge og turbiditet på filtrert vann ved pH 6,36 og dosering av 30 mg alum/l. Innholdet av restaluminium på filtrert vann var lavt. Dannelses-tiden for fnokkene var lav for alle forsøk, men forsøksnr. 1.4., 1.5., og 1.6. hadde størst fnokker i begynnelsen av flokkuleringsfasen. Mot slutten av flokkuleringsfasen hadde imidlertid forsøksnr. 1.2. og 1.3. størst fnokker, og disse fnokkene sedimenterte raskere enn i forsøksnr. 1.4., 1.5. og 1.6. I forsøksnr. 1.1. var fnokkene særlig små gjennom hele flokkuleringsfasen.

I forsøksnr. 2.1. - 2.6. ble det også oppnådd lav dannelses-tid for fnokkene. Fargen og turbiditeten var gjennomgående lav på filtrert vann i samtlige forsøk i pH-området 6,55 - 6,84. Lavest turbiditet ble oppnådd med 20 mg alum/l uten kalktilsetting ved pH 6,57. I begynnelsen av flokkuleringsfasen var fnokkene størst i forsøksnr. 2.3., 2.4., 2.5. og 2.6., men etterhvert ble fnokkene størst i forsøksnr. 2.1. og 2.2. Fnokkene i disse forsøksnr. hadde også størst sedimenteringshastighet. Markant innvirkning av kalktilsetningen kunne ikke påvises.

Resultatene av forsøksnr. 3.1. - 3.6. var i overensstemmelse med resultatene i forsøksnr. 2.1. - 2.6. når det gjelder dannelses-tiden for fnokkene samt fargen og turbiditeten på filtrert vann. I forsøksnr. 3.3., 3.4., 3.5. og 3.6. var fnokkene størst i begynnelsen av flokkuleringsfasen, men i slutten av flokkuleringsfasen var de største fnokker i forsøksnr. 3.1. og 3.2.

I forsøksnr. 4.1. - 4.6. ble det ved siden av alum også dosert aktivert silica. Aktiveringen ble foretatt med aluminiumsulfat. Det kunne ikke påvises tydelig innvirkning av aktivert silica-doseringer, men det er mulig at flere forsøk er nødvendig for å påvise effekt av denne hjelpe-

koagulant. I begynnelsen av flokkuleringsfasen var fnokkene størst i forsøksnr. 4.4., 4.5. og 4.6., mens sedimenteringshastigheten var den samme i hele forsøksserien etterat flokkuleringsfasen var ferdig.

I en oppsummering kan man si at vannet fra Akersvann kan koaguleres med aluminiumsulfat uten kalktilsetning eller tilsetning av aktivert silica. Doseringen bør være minst 20 mg alum/l og fellingen foregår da optimalt ved pH ca. 6,3. På sommertiden eller når vannet har dårligere kjemisk kvalitet enn på prøvetagningsdagen (17/4-66) vil det antagelig være ønskelig med høyere alumdoseringer. I disse tilfellene vil det muligens være nødvendig med tilsetning av kalk før alumtilsetningen slik at fellingen kan foregå ved pH ca. 6,3.

4. PRØVETAGNING I VANNVERKET UNDER DRIFT.

Den 17/4-66 ble det tatt endel prøver på forskjellige steder i vannverket under drift. Resultatene av kjemiske analyser på prøvene står i tabell 3.

Sammensetningen av råvannet på prøvetagningsdagen var slik at inntaksvannet må stamme fra 8 - 10 m dyp i Akersvannet (se tabell 1). Kjemisk sett er råvannet av dårlig kvalitet med et betydelig innhold av svevepartikler, farge, jern og mangan.

Vannets pH i sedimenteringsfasene (prøve nr. 1 og 2) og etter alumtilsetningen var 6.35 og 6.36, m.a.o. i overensstemmelse med pH for optimale fellingsbetingelser ifølge våre undersøkelser (se tabell 2).

Analyseresultatene for prøve nr. 3 viser at det var en betydelig fnokktransport over til filterene. Etter filtrering av koagulert vann (prøve nr. 4) var det et visst restinnhold tilbake i vannet av farge, turbiditet, aluminium og organiske stoffer.

Råvannsfiltreringen (prøve nr. 5 og 6) førte til en tydelig reduksjon av vannets farge, turbiditet, manganinnhold samt innhold av organiske stoffer. Innholdet av restaluminium i filteret skyldes tilblending av koagulert vann.

Prøve nr. 7 er en blanding av filtrert vann og fullrenset vann. Kjemisk sett var dette vannet av relativt god kvalitet.

Analyseresultatene i tabell 3 skyldes i noen utstrekning renseanleggets tekniske utforming og fellingsbetingelsene. Oppholdstiden i sedimenteringsbassengene var tilsammen ca. 2.7 h med kapasitet $300 \text{ m}^3/\text{h}$. Sedimenteringsbassengene opereres i serie og under befaringen den 5/4-66 kunne man tydelig observere at fnokker ble knust ved overføringen fra slutten av første sedimenteringsbasseng til begynnelsen av annet sedimenteringsbasseng. Vannets hastighet bør under overføringen fra det ene basseng til det annet ikke overskride $16,7 \text{ m/h}$ som er vannets hastighet i første sedimenteringsbasseng. For å unngå knusing av fnokker vil vi foreslå at det nuværende overføringsarrangement forandres slik at vannets hastighet reduseres i nødvendig utstrekning. En annen mulighet er parallellkjøring av sedimenteringsbassengene, men dette krever endel bygningstekniske forandringer.

5. FORSØK MED VASKING AV FILTERSAND MED KJEMIKALIEOPPLØSNING.

Under befaringen den 5/4-66 ble det foretatt en nærmere inspeksjon av to av filterne som filtrerer råvann. Filtersanden var mørkfarget og slimaktig. Det ble derfor ansett som ønskelig å foreta en grundig kjemikalievasking av filtersanden for å fjerne substanser i sanden som ikke lar seg fjerne ved normal returspyling. For å undersøke nærmere effekten av slik kjemikalievasking ble det tatt endel sandprøver den 16/4-66. Sandprøvene ble tatt som blandprøver fra de forskjellige filterne og resultatene av de mikroskopiske undersøkelser står oppført i tabell 4. Resultatene viste at returspyling av filterne etter felling (filter 1,2 og 3) førte til reduksjon av organismeforekomster i sanden idet S1 hadde stor forekomst, mens forekomstene var liten i S2. Videre førte returspylingen av råvannsfiltrene (filter 4 og 5) til mindre organismeforekomst): S4 hadde mindre organismeforekomst enn S3. For råvannsfiltrene 6 og 7 ble det funnet store forekomster av organismer selv etter returspylingen. Dette må tilskrives at spyleanlegget er defekt. Samtlige sandtyper hadde belegg på sandkornene. For å prøve hvilken metode for kjemikalievasking som var mest effektiv ble det utført forsøk med filtersand etter returspyling av filterne som filtrerer koagulert vann (S2) og filterne som filtrerer råvann (S4 og S6).

Filtersand av typen S2 ble tilsatt kaustisk sodaoppløsning (50 ml 2%-ig NaOH til 5 g sand, deretter henstand ca. 12 timer.). Før tilsettingen var sanden svart, og den var også svart etter 12 timers henstand. Lutoppløsningen var brunfarget etter behandlingen og inneholdt endel utvaskede partikler fra sanden. Etter behandlingen med kaustisk soda ble

rester av lutopløsningen vasket bort med flere skyllevann til pH 6,26 og dette medførte at sanden ble noe lysere av farge idet endel smuss fra sanden ble overført til vaskevannet.

Filtersand av typen S4 og S6, som var brunsvart før kjemikaliebehandlingen, ble behandlet både med kaustisk sodaopløsning (fremgangsmåte som ovenfor) med koksaltopløsning (5 g/l) og med klorvannsopløsning (10 mg klor/l). Koksaltopløsningen (50 ml) fikk henstand med sand (5 g) i ca. 24 timer. Klorvannsopløsningen (100 ml) fikk henstand med sand (5 g) i 24 h og etter denne henstandstid var det mulig å påvise restklor i klorvannsopløsningen for S4, men ikke for S6.

Utvaskingen av sandprøvene (S4 og S6) med vann ble foretatt til det ikke lenger kunne påvises rest av kjemikalieene i vaskevannet. Vaskevannene etter behandling med kaustisk soda og klorvann var brunfargete, men dette var ikke tilfelle med vaskevannet etter behandlingen med koksalt. Samtlige tre behandlingsmetoder resulterte i lysere farger på sanden. På grunnlag av fargen på sandprøvene etter kjemikaliebehandlingen og utseende av vaskevannene så det ut til at behandling med kaustisk soda var mer effektiv enn behandling med klorvann og med koksaltopløsning.

Mikroskopering av sandprøvene (S2, S4 og S6) etter kjemikaliebehandlingen viste at behandlingen med kaustisk soda var mest effektiv (tabell 4). Belegget som lå mellom sandkornene etter returspylingen ble fjernet med kaustisk soda, mens dette ikke var tilfelle med koksalt og klorvannsbehandlingen. Resultatene av mikroskoperingene var således i overensstemmelse med hva man kunne iaktta ved behandling av sandprøvene med kjemikalieopløsningene.

6. KONKLUSJON.

For å bedre driftsforholdene i vannverket vil vi foreslå at mulighetene for gjennomføring av disse tiltak undersøkes nærmere:

1. Inntaksregulering slik at råvannet er av best mulig kvalitet med hensyn til farge, turbiditet, oksygeninnhold, jern og mangan.
2. Koagulering i henhold til råvannets kvalitet ved pH ca. 6,3 og med minst 20 mg alum/l. Kalktilsetting hvis dette er påkrevet for å opprettholde pH ca. 6,3.

3. Spyleanlegget for filter 6 og 7 bør bringes i orden. Videre bør trykktapsmålinger på filterne kunne foretas.
4. Overføring av vann fra første til annet sedimenteringsbasseng bør forandres slik at fnokk-knusing unngås. Mulighetene for parallell drift av filterne bør vurderes.
5. Filterne bør behandles med kaustisk soda. Behandlingen kan utføres slik:
 1. Filterne returspyles på vanlig måte, men ca. 30 cm vann får stå over sanden etter spylingen.
 2. Oppløs i vannet over filterne 5 - 10 kg kaustisk soda (forsiktig!) pr. m² filterflate.
 3. La oppløsningen, ved åpning av avtappingsventilen, synke ned i filtersanden slik at vannstanden over sanden er 2 - 3 cm.
 4. La oppløsningen stå 6 - 12 h.
 5. Vask filtersanden omhyggelig med vann inntil vaskevannets pH tilsvarer spylevannets.

Tabell 1.

Resultatene av limnologiske undersøkelser i Akersvannet den 15/4-66.

mrk.	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l	Oksygen % metn.	pH	Spes. ledn. evne 20°C 10 ⁻⁴ ohm ⁻¹ cm ⁻¹	Farge Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Jern µg Fe/l	Mangan mg Mn/l	Klorid mg Cl/l	Hårdhet mg CaO/l	Alkalitet ml N/10 HCl/l	Bikromattall mg O/l	Orto-fosfat µg P/l	Nitrat µg N/l
1 m	0,80	9,55	69,0	7,0	138	27	0,56	100	ikke påvist	19,9	21,3	4,9	15,6	25	410
2 "	1,35	8,54	62,5	7,0	133	27	0,80	105	"	19,1	20,9	4,8	15,4	25	410
3 "	1,73	8,19	60,6	7,0	136	25	0,48	90	"	19,5	21,5	5,1	14,4	25	380
4 "	2,05	7,68	57,4	6,9	136	27	0,72	110	"	19,7	21,9	5,1	15,2	25	380
5 "	2,41	6,87	51,8	6,9	135	29	1,0	100	"	19,7	21,9	5,1	14,5	25	400
6 "	2,65	6,03	45,7	6,8	137	28	1,0	110	0,07	19,7	21,9	5,1	14,4	25	370
8 "	3,60	3,06	23,8	6,8	140	28	1,8	120	0,10	20,6	22,8	5,5	13,3	25	330
10 "	4,00	0,35	2,8	6,7	155	48	4,7	260	0,45	21,6	36,4	6,6	16,5	20	350
12 "	4,05	0,32	2,5	6,7	180	80	10,4	410	0,94	25,8	39,0	7,4	19,4	25	570
13 "	4,80	0,21	1,7	6,7	221	135	8,9	620	2,2	31,4	34,6	9,2	25,4	30	850

Tabell 2.

Resultatene av fellingsforsøk i laboratorieflokkulator.

Samtlige forsøk utført ved ca. 3°C.

Forsøks nr.	Doserings mg/l		Etter koagulering & filtrering		Turbiditet mg SiO ₂ /l	Restaluminium mg Al/l	Dannelsestid for fnokkene, min.
	alum	kalk	pH	Spes. ledn. evne 20°C 10 ⁻⁶ ohm ⁻¹ cm ⁻¹			
Råvann				147			
1.1.	10		6,72		3,3	0,05	3
1.2.	20		6,61		2,7		"
1.3.	30		6,51		0,63	0,09	"
1.4.	40		6,36		0,31	0,06	"
1.5.	50		6,25		0,48		"
1.6.	60		6,08		0,56		"
			5,87		0,88		"
2.1.	20		6,57		0,14		3
2.2.	20	1	6,62		0,31	0,10	"
2.3.	20	3	6,74		0,63		"
2.4.	20	5	6,81		0,40		"
2.5.	25	-	6,55		0,23		"
2.6.	25	1	6,56		0,40		"
3.1.	30	3	6,58		0,14	0,05	3
3.2.	30	5	6,67		0,56		"
3.3.	40	-	6,27		0,40		"
3.4.	40	1	6,30		0,48		"
3.5.	40	3	6,44		0,48	0,05	"
3.6.	40	5	6,52		0,48		"
4.1.	20	-	6,60		0,40		3
4.2.	20	-	6,60		0,40		"
4.3.	20	-	6,60		0,40		"
4.4.	30	-	6,43		0,40		"
4.5.	30	-	6,44		0,31		"
4.6.	30	-	6,43		0,23		"

Tabell 3.

Resultatene av kjemiske analyser på prøver tatt fra forskjellige steder i vannverket den 17/4-66.

Prøve nr.	pH	Spes. ledp. evne 20°C 10 ⁻⁶ ohm cm	Farge mg Pt/l		Mangan mg Mn/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Restaluminium mg Al/l	Jern µg Fe/l	Perm. tall mg O/l
			filtrert	ufiltrert					
1	6,36								
2	6,35		4	36	ikke påvist	4,8	0,34	60	3,5
3	6,81		10	11		1,4			
4	6,81		13	38	ikke påvist	4,9			
5			14	16	"	1,0	0,12	105	4,5
6	6,78		12	17		0,96		80	3,8
7	6,72	147	29	38	0,10		0,08	180	6,1

Prøve mrk.

Sted

1 Sedimentering begynner

2 " " slutt

3 Før filter 1,2 og 3 (Som filtrerer koagulert vann)

4 Etter " " " "

5 Før filter 4,5,6 og 7 (Som filtrerer råvann)

6 Etter " " " "

7 Renvann ut fra pumpestasjon. Representerer en blanding, etter klorering, av koagulert-filtrert vann og filtrert råvann. Temp. 1,5 C.

Vannføring gj. fellingsanlegg: 300 m³/h
" " " råvannsfiltre: 190 "

Tabell 4.

Resultater av mikroskopering på sandprøver.

Sandprøve mrk.	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Sand fra:	Filtrering av felt vann (Filter 1, 2 og 3)					
	Før spyling	Etter spyling	Før spyling	Etter spyling	Før spyling	Etter spyling
	Filtrering av råvann Filter 6-7					
	Spyling med luft og vann					
Før behandling med kjemikalie oppløsninger	Stor forekomst av organismer (alger og jernbakterier) Belegg på sandkornene (bakterier og jernmangan-forbindelse)	Liten forekomst av organismer Belegg tilstede på sandkornene.	Stor forekomst av organismer (alger og jernbakterier). Belegg på sandkornene	Liten forekomst av organismer (Relativt mye av diatomeer Synedra acus Belegg på sandkornene	Særlig stor forekomst av organismer (alger og jernbakterier, men også Chaborus) Belegg på sandkornene	Spyleanlegget noe defekt Stor forekomst av organismer (alger og jernbakterier, særlig mye av diatomeer Fragilaria) Belegg på sandkornene
Etter behandling med kjemikalie-oppløsninger		<u>Kaustisk soda</u> Effektiv behandling Belegg på sandkornene i stor utstrekning borte, men et svart pulver av mangan-jern forbindelser lå mellom sandkornene		<u>Kaustisk soda</u> Samme kommentar som for prøve S2 <u>Koksalt</u> Organismene mellom sandkornene var fjernet, men belegg på sandkornene var fremdeles tilstede <u>Klorvann</u> Samme kommentar som for prøve S6		<u>Kaustisk soda</u> Samme kommentar som for prøve S2 <u>Koksalt</u> Samme kommentar som for prøve S4 <u>Klorvann</u> Organismene mellom sandkornene var fjernet, men belegg på sandkornene var fremdeles tilstede