

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

BLINDERN.

0 - 252.

Vannforsyning til Kristiansand S.

Kjemisk-fysiske undersøkelser.

Del I.

Saksbehandler: Cand.real. Hans Holtan.

Rapporten avsluttet november 1962.

I N N H O L D:

	Side:
1. INNLEDNING	2
2. Litt om kvaliteten av Otravannet	3-4
3. BERGVATN OG STORMYRA. HYDROGRAFI	4
3.1. Termiske forhold	4-5
3.2. Oksygenforhold	5-6
3.3. Kjemiske forhold	6-7
4. FORSØK MED MERKEBAKTERIEN SERRATIA INDICA.	7-8
5. SAMMENFATTENDE DISKUSJON	9-10
6. PRAKTISKE KONKLUSJONER	10

T A B E L L E R:

1. Analyseresultater av blandprøver fra Otra utenfor pumpestasjon	3
2. Kjemiske analyseresultater 1/10-60	11
3. " " 1/3-61	12
4. " " 18/4-61	13
5. " " 27/4-62	14-15
6. " " 26/6-62	16
7. Analyseresultater av merkebakterier 25/6 - 27/6-62	17

1. INNLEDNING.

Kristiansand Vannverk er utbygget for å levere vann til ca. 28 000 mennesker. Som råvannsmagasiner har vannverket tatt i bruk Bergvatn og Stormyra som ligger vest for Otras nedre løp ca. 3 - 4 km fra Kristiansand. Begge disse innsjøer ble i 1880 - 1890 årene regulert for å skaffe tilstrekkelig stort råvannsmagasin for datidens behov. Ved denne oppdemming ble det satt en god del torv- og myrjord under vann. Dette har resultert i at det til sine tider, særlig om våren etter isløsningen, har løsnet en del myr- og torv fra bunnen som så er blitt liggende å drive omkring i innsjøene. Ennå i våre dager inntreffer det at slik torv flyter omkring. Fjellgrunnen i nedslagsfeltet består av såkalt grunnfjell som medfører at avrenningsvannet er surt og saltfattig.

Hverken Bergvatn eller Stormyra er loddet opp og bassengets nøyaktige volum kjennes derfor ikke. Innsjøens overflateareal er følgende:

Bergvatn :	76 500 m ²
Stormyra :	58 000 m ²

Hvis vi antar at middeldypet er henholdsvis 4 og 2 meter, blir bassengenes volum følgende (avrundet):

Bergvatn :	ca. 300 000 m ³
Stormyra :	ca. 120 000 m ³

Innsjøens nedslagsfelt er til sammen ca. 1,25 km². I følge Norges Vassdrags og Elektrisitetsvesen er avrenningen i området ca. 39 l/sek/km² eller ca. 4 200 m³ pr. døgn.

Kristiansands gjennomsnittlige vannforbruk er ca. 16500 m³ pr døgn. Det blir derfor pumpet vann opp i Bergvatn fra Otra ca. 100 l/sek. Hvis man regner med at det samlede tilslutt til innsjøene er som nevnt blir den teoretiske oppholdstid for Bergvatn og Stormyra til sammen ca. 25 døgn. Otravannet blir imidlertid tilført Berg-

vatn relativt nær avløpsbekken, og det er derfor rimelig at disse vannmassene får en forholdsvis kort oppholdstid her. I Stormyra blir den teoretiske oppholdstid ca. 6 døgn hvis de gjennomstrømmende vannmasser er som nevnt ovenfor. I praksis er det imidlertid rimelig at mesteparten av vannet fra Otra får en langt kortere oppholdstid p.g.a. bl.a. de termiske, morfologiske og dynamiske forhold i innsjøene.

Bergvatn og Stormyra har en total lengde på henholdsvis ca. 700 og ca. 500 m. I Bergvatn strømmes Otravannet over et forholdsvis grunt område som er ca. 300 m langt, og av den grunn blir oppholdstiden i dette basseng av relativt kort varighet.

2. LITT OM KVALITETEN AV OTRAVANNET.

Kvaliteten av Otravannet er beskrevet i vår rapport nr. 0-209 "Undersøkelse av forurensningen av Otras nedre løp 1960 - 1961". Under denne undersøkelse ble også elvevannets kjemiske forhold utenfor vannverkets pumpestasjon undersøkt. Tabellen nedenfor viser noen analyseresultater av blandprøver fra dette området:

Vannf. m ³ /sek	Dato 1960 1961	pH	El.ledn. evne x 10 ⁻⁶	Farge mgPt/l	Turbi- ditet mg SiO ₂ /l	Perm- tall mgO/l	Nutsj- tall mg O/l	Kalium bikro- mattall mg O/l	Hårdhet mg CaO/l
148	13/7	5,3		13		5,1			
307	15/7	5,5	17,3	33	2,6	7,8			
84	29/9	5,3	20,3	14	1,2	12,3	1,20	26,8	
87	30/9	5,3	17,6	14	2,5	8,8	1,72	32,2	
83	1/10	5,5	18,5	12	1,5	10,4	1,27	30,3	
79	2/10	5,9	17,9	12	0,8	9,2	2,38	16,2	
118	7/12		21,8	33		8,0		16,9	
104	18/4	5,5	17,6			6,5	3,1	33,7	2,5

TABELL 1. Analyseresultater av blandprøver fra Otra utenfor pumpestasjonen.

Nedenfor Vennesla mottar Otra avfallsvann fra bl.a. Hunsfos Fabrikker, A/S Norsk Wallboardfabrikk og A/S Vigelands Brug. Dessuten blir det tilført elva en del vann fra husholdningskloakker. Utslippene medfører fysiske og kjemiske forandringer av elvevannet og dette innvirker bl.a. på de biologiske forhold i vassdraget. Heterotrofe organismesamfunn dominert av Fusarium acaeductuum har etablert seg på hele den forurensede elvestrekning. Organiske stoffer i avfallsvannet danner næringsgrunlaget for soppen. Løsrevet materiale fra begroingen sammen med fiber fra fabrikkene forårsaker betydelig fnokktransport i elvevannet. Disse partikkelære forurensingene skaper bl.a. problemer for vannverket med hensyn til silarrangementer i det det hurtig dannes belegg på silduker o.l.

Også de løste avfallsstoffer er på flere måter uheldig for bruken av vannet til drikkevann. For det første vil de som nevnt forårsake begroing i bassenget og rørsystemet, og videre kan de bl.a. forårsake smaksproblemer og andre problemer av estetisk art, I hvilken grad vannet som drikkevann betraktet tilfredsstillende de hygieniske krav, må helsemyndighetene ta standpunkt til. Med det nåværende tekniske arrangement burde de bakteriologiske forhold være under tilfredsstillende kontroll.

3. BERGVATN OG STORMYRA. HYDROGRAFI.

3.1 Termiske forhold.

Norske innsjøer gjennomgår vanligvis fire forskjellige termiske perioder for året. Det er vårfullsirkulasjonsperioden, sommerstagnasjonsperioden, høstfullsirkulasjonsperioden og vinterstagnasjonsperioden. Lengden av de forskjellige perioder er avhengig av sjøens overflateareal, dyp og morfologi samt av vind, bølger, gjennomstrømming o.l.

Vann har som bekjent sin maksimale tetthet ved ca. 4°C . Under isløsningen om våren - er temperaturen i innsjøene lavere enn tmt (temperatur for maksimum tetthet) i hvert fall i de øverste lagene. Når overflatevannet på grunn av innstråling fra sola varmes opp, øker tettheten i disse lag. Derved vil det i de labile vannmasser oppstå konveksjonsstrømninger som vil være virksomme inntil temperaturen over alt i innsjøen er ca. 4°C . Ved at overflatevannet oppvarmes over tmt, avtar igjen tettheten i disse lag og derved

vil det normalt etableres en stabil sjiktning. Men i en grunn innsjø med stor gjennomstrømning og kraftig vindpåvirkning, vil hele vannmassen sirkulere til temperaturen er noe høyere enn tmt. Differansen mellom tettheten i vann med forskjellig temperatur øker imidlertid med økende temperatur, men til slutt vil det imidlertid etableres en forholdsvis stabil sjiktning med varmt vann i de øverste lagene atskilt fra kaldere vann i dypet. Dette er den såkalte sommerstagnasjonsperioden.

Vind, bølger, gjennomstrømning og nattlig utstråling vil bl.a. forårsake at sprangsjiktet arbeides mot dypere lag i løpet av sommeren. På sensommeren og høsten, når avkjølingsperioden setter inn, øker tettheten i de øverste vannmasser med den følge at sirkulasjonen her blir kraftigere og mer dyptgripende, og ut på høsten hersker igjen isoterme forhold gjennom hele vannmassen. Temperaturen i vannet når høstfullsirkulasjonsperioden tar til, er avhengig av de samme faktorer som er nevnt tidligere. Perioden varer til innsjøens vannmasser er avkjølt til ca. 4°C . Fra da av er igjen muligheten for en stabil sjiktning til stede, og ved en rolig og intens kuldeperiode legger isen seg. Innsjøen er da på nytt gått inn i en stabil periode - vinterstagnasjonsperioden, som vil vare til isløsningen finner sted.

Bergvatn og Stormyra er begge grunne innsjøer, og på grunn av vannmassene som tilføres fra Otra er også gjennomstrømningen stor, særlig i Stormyra. Likevel har innsjøene en utpreget termisk stratifikasjon sommer og vinter (tabell 3, 5 og 6). De stagnerte vannmasser er imidlertid begrenset til de aller dypeste områder og er derfor av forholdsvis beskjeden mektighet.

3.2 Oksygenforholdene.

Vannmassene som tilføres innsjøene fra Otra er til enhver tid godt gjennomblandet og beriket med oksygen. I isfrie perioder luftes dessuten vannet under den forholdsvis korte gjennomstrømningsperiode, slik at vannet som kommer fram til drikkevannsbassenget også er godt beriket med oksygen (tabell 5 og 6). I dyp-lagene, under sprangsjiktet, forbrukes oksygen under stagnasjonsperiodene. Årsakene til dette er oksydasjon av organiske stoffer som til dels tilføres gjennom tilsigsvannet. I følge vår undersøkelse av ellevannet, inneholder dette store mengder organiske stoffer, men det er også rimelig at tilført organisk materiale fra

nedslagsfeltet gjør seg gjeldende. Dessuten spiller sannsynligvis nedbrytning av organiske stoffer i mudderet en viss rolle. Under sirkulasjonsperiodene blir også dyplagene beriket med oksygen. Ved langvarig isdekking er muligheten for luftning i bassengene redusert, det er derfor mulig at oksygeninnholdet er lite i disse perioder.

3.3 Kjemiske forhold.

pH. I følge undersøkelsene ligger vannmassenes pH i området 4,8 - 6,3. Verdiene er noe høyere om sommeren enn om vinteren. Stort sett synes pH-verdiene i Otra og i bassengene å stemme over ens.

Elektrolytisk ledningsevne. Den elektrolytiske ledningsevne som er direkte proporsjonal med mengden av oppløste salter, viser at drikkevannet er saltfattig. Elektrolyttinnholdet i bassengene er noe høyere enn i ellevannet. Observasjonene viser at ledningsevnen (ved 20°C) var ca. $20 \cdot 10^{-6}$ den 26/6-62 (tabell 6), mens den på observasjonsdagene forøvrig var vel $30 \cdot 10^{-6}$ (tabell 2 - 5). De ulike verdier for ledningsevnen på de to observasjonsdager kan ha følgende årsak: Den 26/6-62 hadde Otra temmelig stor vannføring p.g.a. is og snøsmelting. Tilsiget fra innsjøenes nedslagsfelt var sannsynligvis lite i denne forholdsvis tørre periode. Ellevannet gjorde seg derfor mer gjeldende enn i nedbørrike perioder.

Farge og turbiditet. Vannets innhold av fargekomponenter varierte noe. Tabellen nedenfor viser fargeverdiene ved inntaket til vannverket i Stormyra (st. 6) på de forskjellige observasjonsdager:

Dato:	Farge, mg Pt/l
1/3-61	39
18/4-61	39
27/4-62	44
26/6-62	ca. 22

Tabellen viser at fargeverdien var betraktelig lavere den 26. juni 1962 enn ellers. Dette henger sannsynligvis sammen med den store vannføring i Otra.

Ellers er å bemerke at fargeverdiene i innsjøene ofte er vesentlig høyere enn i Otra. Årsaken er antagelig tilførsel av humusstoffer fra innsjøenes nedslagsfelt.

Turbiditetsverdiene, som er et mål for vannets innhold av partikler var også noe lavere (ca. 0,7 mg SiO₂/l) den 26/6-62 enn på de andre observasjonsdagene. På disse dagene lå verdiene i de samme størrelsesintervall som verdiene for Otravannet, d.v.s. ca. 1,7 mg SiO₂/l.

Oksyderbarhet. KMnO₄-tall. Innsjøens innhold av oksyderbart organisk materiale er svært varierende. Årsaken er sannsynligvis også i dette tilfelle nedbør- og flomvariasjonene. De høyeste verdier (ca. 10 mg O/l) ble målt i mars 1961, mens verdiene i juni bare var ca. 3,4 mg/l. Disse høye tallene henger sammen med vannets innhold av organisk materiale.

Andre kjemiske komponenter. Jerninnholdet var forholdsvis høyt (0,09 - 2,65 mg Fe/l) og betraktelig høyere enn i ellevannet. Dette tyder på at jernet i stor utstrekning er bundet sammen med humuskomponenter som tilføres fra innsjøens nedbørfelt. Manganinnholdet var forholdsvis lavt (<0,05 mg Mn/l).

Vannet er bløtt og kalkfattig (hårdhet ca. 2,5 mg CaO/l).

Kloridinnholdet varierte fra ca. 0,2 - 4,7 mg Cl⁻/l. Alkaliteten var også lav.

Den 27/4-62 ble det tatt prøver i renseanlegget i Dalen etter at vannet var tilsatt aluminiumsulfat som fellingsmiddel. Tabell 5 viser analyseresultatene av denne prøven. Kvaliteten av vannet var nå betraktelig bedre med hensyn til farge, turbiditet og pH. Oksyderbarheten var imidlertid fremdeles forholdsvis høy.

4. FORSØK MED MERKEBAKTERIEN SERRATIA INDICA.

Den 25/6 1962, kl. 22.15 ble det sluppet merkebakterier Serrata indica i vannet som kommer fra Otra (rørmunningen). Den 26/6 og 27/6 ble det på forskjellige steder og til forskjellige tider tatt bakteriologiske prøver som ble analysert kort tid etter. Resultatet

av disse analyser er gjengitt i tabell 7. Prøvetakingsstasjonene er avmerket på fig. 1. Den 26/6 kl. 06.30, altså 8 timer etter at bakteriene ble sluppet ut, var konsentrasjonen av bakterier størst i området av st. 3 og st. 4. På stasjon 2 i Bergvatn var konsentrasjonen betraktelig lavere. Dette viser at hovedstrømmen av elvevannet går den korteste veien fra rørmunningen og ned i Stormyra. Allerede på denne tid var bakteriene også nådd fram til st. 5 A i Stormyra, men konsentrasjonen her var ikke særlig stor ennå.

Ca. 15 timer etter utslippet, var situasjonen noe forandret. Sammenliknet med antall bakterier som ble funnet (kl. 6.30) etter 8 timer, var konsentrasjonen på denne tid i området av st. 2 noe større, mens antallet var noe lavere enn på stasjonene 3 og 4. I Stormyra var kolonitallet betraktelig større enn kl. 06.30. Til og med utenfor drikkevannsinntaket var det nå en god del bakteriekolonier.

Analyseresultatene av prøvene som ble tatt kl. 19.00, ca. 21 timer etter utslippet, viste tilstedeværelsen av et ganske stort antall kolonier ved st. 2. Ved stasjon 3 og 4 var antallet nå noe mindre enn det var kl. 13.30. På stasjon 5 A var antallet omtrent det samme som på st. 6, og på begge steder var antallet betraktelig høyere enn det var ved forrige prøvetaking.

Kl. 22.30, ca. 1 døgn etter utslippet ble det også funnet en god del bakterier i vannverkets råvann.

Den 27/6 kl. 10.00 var det fortsatt et forholdsvis stort antall bakteriekolonier ved st. 2. Ved stasjon 3 og 4 var konsentrasjonen omtrent som kl. 19.00 kvelden før. Det samme var tilfellet ved stasjon 5 A og 6, mens råvannet hadde dobbelt så stort antall kolonier nå som ved forrige observasjon (kl. 22.30 den 26/6). Alt i alt viser undersøkelsen at Otravannet forplanter seg forholdsvis hurtig gjennom innsjøene og henimot vannverkets inntak. Vannets oppholdstid i bassengene er således av relativt kort varighet. Dette medfører at tiden blir for kort til at en effektiv selvrensing kan finne sted.

5 SAMMENFATTENDE DISKUSJON.

Kristiansand vannverk benytter til dels vann fra Otra som drikkevann. Elvevannet blir pumpet opp i Bergvatn og Stormyra som ligger 3 - 4 km nord-vest for byen. I dreneringsområdet til disse sjøer er det en del myr og torvjord. Innsjøenes volum er anslått til henholdsvis 300 000 m³ og 120 000 m³. Elvevannet får en forholdsvis kort oppholdstid i Bergvatn p.g.a. den korte avstanden mellom tilførseløpsrøret og avløpsbekken. I Stormyra er vannmassenes teoretiske oppholdstid ca. 6 døgn.

Kvaliteten av Otravannet er beskrevet i vår rapport nr. 0-209. En del av vannets kjemiske faktorer er gjengitt i tabell 1. Vannet er betydelig forurensset som følge av utslipp av store mengder avfallsvann fra industribedrifter. Dessuten tilføres elven også en del vann fra boligkloakker.

Bergvatn og Stormyra er grunne innsjøer som har forholdsvis stor gjennomstrømning. Sirkulasjonsperiodene er derfor av relativt lang varighet, men innsjøene er likevel termisk stratifisert i stagnasjonsperiodene. Vannet som strømmer gjennom innsjøene og som benyttes til drikkevann er godt gjennomluftet og beriket med oksygen. I dyplagene av innsjøene foregår imidlertid et betraktelig oksygenforbruk i løpet av stagnasjonsperiodene.

Vannet er noe surt, men bløtt og kalkfattig. Farge og turbiditet er noe varierende men de vanligste verdier er henholdsvis ca. 40 mg Pt/l og ca. 1,7 mg SiO₂/l. Oksyderbarheten er forholdsvis høy (vanligvis fra 5 - 10 mg O/1) Jerninnholdet er også noe høyt.

Vannverkets problemer i forbindelse med drikkevannsforsyningen skyldes i stor utstrekning det forurensede elvevannet. For det første har fiber og andre partikkelære forurensinger skapt problemer i forbindelse med silarrangementet i Otra, og for det annet vil de løste organiske stoffer skape problemer bl.a. når det gjelder smak, begroing og oksygenforhold. Vannets oppholdstid i Bergvatn og Stormyra er av så kort varighet at selvrensingen sannsynligvis er liten. Derimot kan en regne med at vannkvaliteten endres en del i bassengene ved tilsig av humusholdig vann fra nedslagsfeltet.

Analyseresultatene tyder således bl.a. på at vannets innhold av fargekomponenter øker noe under magasineringsen i innsjøene. Vannets jerninnhold er også noe større.

6. PRAKTISKE KONKLUSJONER:

1. Ny innledning i Bergvatn. Hvis vann fra Otra blir tilført Bergvatnet i det sydlige område, vil oppholdstiden i dette bassenget bli noe lenger. Dermed vil selvrensingseffekten bli noe bedre.
2. Innkopling av Grundevatn slik at Otravannets oppholdstid blir lengst mulig. Dette vil også ha positiv virkning når det gjelder selvrensingen.
3. Lufting i Bergvatn. Dette vil blant annet også ha betydning for selvrensingen og øke virkningen av den.
4. Utvidelse av renseanlegget til å omfatte kjemisk felning.

Hvis Kristiansand for fremtiden vil basere seg på en videre utbygging av det nåværende vannverk, vil vi foreslå:

1. Det bør foretas en økonomisk beregning av pkt. 1 - 3 og samtidig foretas forsøk i liten skala for å vurdere den virkning de vil ha på vannkvaliteten.
2. Det bør foretas videre prøver med kjemisk felning, dels i det nåværende renseanlegg og dels i laboratoriemålestokk. Det er nemlig mulig at de organiske forurensinger i Otravannet er vanskeligere å fjerne enn naturlig forekommende humusstoffer.

Tabell 2

Kristiansands vannforsyning.

Kjemiskfysiske vannanalyser.

Prøvene tatt 1/10-60.

	Nr. 1	Stasjon:	
		4	6
Surhetsgrad, pH	-	5,4	5,7
Ledningsevne, 20°C, $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 10^{-6}$	48,4	32,4	32,4
Farge, mg Pt/l	-	50	58
Turbiditet, mg SiO_2 /l	-	1,4	1,4
Permanganat-tall, mg O/l	-	7,6	7,3
Hårdhet, mg CaO/l	-	3,5	3,6
Alkalinitet, ml N/10 HCl/l	-	0,3	0,5
Klorid, mg Cl/l	-	5,2	5,2
Sulfat, mg SO_4 /l	-	1,0	1,0

Nr. 1 - Skyllevann fra filter.

St. 4 - Utløp fra Bergvatn.

St. 6 - Inntakskammeret.

Prøvene tatt 7/12-60.

	Stasjon:		
	4	6	8
Surhetsgrad, pH	4,8	4,8	4,9
Ledningsevne, 20°C, $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot 10^{-6}$	30,0	32,6	31,6
Farge, mg Pt/l	63	58	61
Turbiditet, mg SiO_2 /l	1,5	1,5	2,0
Permanganat-tall, mg O/l	3,7	3,6	3,6

St. 4 - Utløp fra Bergvatn.

" 6 - " " Stormyra.

" 8 - Inntaksvann, renseanlegget.

Tabell 3

Kristiansand vannforsyning.

Prøvene tatt 1/3-61.

St.	Sted:	m dyp	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l metn.	pH	Ledn. evne. 10 ⁻⁶ -1 ohm. cm	Farge mg Pt/l	Turb. mC SiO ₂ /l	Hårdhet mC CaO/l	Alkalinitet ml N/10 HCl/l	Ferm. mg O/l	Klorid mg Cl/l	
0	Foran sil i Otra	-	-	-	5,2	24,6	39	2,4	4,2	0,7	12,4	1,8	
1	Utløp i Bergv.	-	-	-	-	33,2	41	2,6	-	1,2	9,6	4,1	
2	Bergv. Midtre del	0	0,0	12,9	4,8	33,4	35	1,3	4,2	0,09	9,4	3,6	
		1	0,7	12,8	5,0	33,6	35	1,7	4,3	0,09	9,6	3,8	
		2	1,1	12,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	2,0	10,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	2,7	9,7	4,8	34,6	60	1,7	4,2	ikke påvist	9,0	3,7	-
3	Bergv. Vestre del	0	1,1	12,8	4,7	34,2	63	2,7	3,7	"	9,9	3,7	
		1	1,2	12,7	5,1	33,4	35	1,2	4,3	0,09	9,5	4,3	
		2	1,2	11,6	4,8	33,6	35	1,5	3,6	"	9,7	4,2	
		3	2,5	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	3,6	5,8	5,1	33,6	61	2,0	3,6	0,09	10,0	4,2	-
4	Utløp Bergv.	0	3,9	1,7	5,6	34,2	106	4,9	7,0	0,76	11,5	4,7	
		1	-	-	4,8	34,6	33	1,3	3,7	ikke påvist	9,9	4,3	
		2	0,1	12,7	6,3	33,6	44	2,0	2,0	1,8	9,9	3,5	
		3	1,2	12,6	5,2	31,1	42	2,0	4,9	0,35	9,9	3,6	
		4	1,4	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Stor- myras. sydlige del	0	2,2	11,4	4,9	33,4	46	1,5	3,7	ikke påvist	8,9	3,5	
		1	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	3,7	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	4,0	-	5,9	39,0	94	6,2	-	-	-	8,5	3,9
6	Foran tunell Stor- myra	4	4,3	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	
		5	-	13,4	4,8	33,8	39	1,2	3,6	-	9,9	3,5	

Tabell 4

Vannforsyning - Kristiansand Vannverk.

Prøven tatt 18/4-61.

Stasjon	pH	Ledn. evne. 10^{-6} 20° C	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Alkalinitet ml N/10 HCl/l	Hårdhet mg CaO/l	Fermanganat-tall mg O/l
1	5,62	29,6	30	4,0	0,37	4,2	5,4
4	5,32	29,2	39	2,3	0,35	3,5	3,2
4A	5,14	29,4	37	1,9	0,28	3,6	3,9
6	5,24	30,4	39	1,9	0,39	3,6	2,8
7	5,20	30,6	37	1,9	0,35	3,6	1,3

- Ca. 3 m ut fra demning i Bergvatn.

St. 1 : Rørl. Bergvatn.

St. 4 : 3 m ut for utløp av Bergvatn.

St. 4A: Nederst: bekken mellom Bergvatn og Stormyra.

St. 6 : Ved inntak til vannverk i Stormyra.

St. 7 : Ved inntak i Bjortjønn.

Vannprøver fra Vannforsyning, Kr.sand S.

Kjemisk-fysiske vannanalyser.

Prøver tatt: 27/4-62.

St. 1, Berøvatn:

m dyp	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l	% Metn.	pH	El. ledn. øyne % 20°C. 10 ⁻⁶	Farve mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Permtall mg O/l	Hårdhet mg CaO/l	Mangan mg Mn/l	Klorid mg Cl/l	Jern mg Fe/l	
	5,30			5,6 ¹⁾	19,58 ¹⁾	37 ¹⁾	1,4 ¹⁾	3,8 ¹⁾	-	-			
	"			5,2 ²⁾	23,60 ²⁾	42 ²⁾	1,6 ²⁾	4,8 ²⁾	-	-			
		St. 2, Berøvatn:											
Ov.fl. 1	6,35	11,07	88,67	5,1	28,74	54	1,8	5,3	2,6	0,07	3,3	0,36	
2	6,04	10,86	87,04	5,0	28,80	50	1,5	5,5	-	-			
4	6,00	10,61	83,70	5,0	29,02	52	1,5	5,5	-	-			
6	5,42	9,60	74,52	5,0	30,63	56	1,5	5,3	2,7	0,05	3,5	0,50	
8	4,79	7,77	59,71	5,0	33,16	67	1,8	5,6	-	-			
10	4,43	4,27	32,72	5,0	36,25	94	2,1	6,6	-	-			
12	4,50	2,37	18,24	5,1	38,24	ca. 140	3,4	8,0	3,0	0,10	4,9	2,65	
		St. 3, Berøvatn:											
Ov.fl. 1	6,00	10,91	85,88	5,1	28,74	53	1,7	5,5	2,9	0,07	3,2	0,42	
2	5,34	10,22	79,80	5,1	29,71	58	1,8	5,1	-	-			
4	4,95	3,40	65,06	5,1	32,01	69	1,8	5,7	3,1	0,08	4,2	0,72	
		St. 4, Berøvatn:											
Ov.fl. 1	5,10	-	-	5,1	28,17	52	1,7	5,4	-	-			
		St. 5, Stormyra:											
Ov.fl. 1	6,20	-	-	5,2	28,13	45	1,5	5,4	-	-			
1	5,94	11,55	92,28	5,2	28,13								

St. 1. 1) = Fra rørledning.

2) = Utefor rørledning.

Tabell 5 (forts.).

m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	El. ledn. evne % _{20°} · 10 ⁻⁶	Farge mgPt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Perm. tall mg O/l	Hårdhet mg CaO/l	Jern mg Fe/l	Mangan mg Mn/l	Klorid mg Cl/l	
		mg O ₂ /l	% metn.										
		<u>St. 5, Stormyra: (forts.)</u>											
2	5,46	11,55	91,39	5,2	27,13	46	1,8	5,7	-	-	-	-	
4	5,07	11,45	89,58	5,2	27,24	47	1,5	5,5	-	-	-	-	
6	4,82	11,13	86,40	5,1	27,57	47	1,5	5,6	-	-	-	-	
		<u>St. 6, Stormyra:</u>											
1	5,80	11,60	92,41	5,1	27,36	44	2,0	5,6	-	-	-	-	
3	5,42	11,56	91,18	5,2	27,22	44	1,6	5,5	2,9	0,24	0,07	2,9	
<u>Prøve fra kran på laboratoriet:</u>													
				6,5	46,70	10	0,4	8,2					

Tabell 6.
Kristiansand vannverk.

Vannprøver tatt: 26/6-62.

St.	m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	Ledn.evne % 20°.10 ⁶	Farge mgPt/1	Turbiditet mg SiO ₂ /1	KMnO ₄ - tall mg O/1	Jern mgFe/1	Mangan mgMn/1	Klorid mgCl/1	Total hårdh. mg CaO/1	Alkali- tet ml N/10 HCl/1
			mg O ₂ /1	% metn.										
1	Fra rør	10,35						2,1						
2	0	14,50			6,0	18,8	20	0,8	3,0	0,12	<0,05	0,2	2,4	0,2
	1	14,02	10,15	101,0	5,4	19,5	16	0,9	3,0	0,09	<0,05			
	2	13,67			5,6	19,0	20	0,8	3,0	0,12	<0,05	0,6	2,4	0,2
	4	13,32	10,70	105,0	5,6	19,2	16	0,8	3,4	0,10	<0,05			
	6	8,08	8,30	72,6	5,1	26,3	44	1,2	4,4	0,37	<0,05	2,2	2,1	0,2
	7,5	6,84	7,20	61,1	5,0	29,2	58	1,4	4,9	0,77	<0,05	2,0	2,1	0,2
3	0	14,90			5,4	19,0	16	0,8	3,1	0,10	<0,05	1,2	2,1	0,2
	1	14,74	10,45	106,0	5,7	19,1	18	0,8	3,0					
	4	13,15			6,1	19,2	22	0,8	3,1	0,16	<0,05	0,6	2,9	0,4
4	Fra bekk	14,6			5,6	18,8	18	0,8	3,0	0,10	<0,05			
5	0	15,20			5,7	20,5	22	0,6	3,2	0,07	<0,05	1,2	3,0	0,2
	1	14,64	9,60	97,1	5,4	21,1	16	0,9	3,3	0,07	<0,05			
	2	14,31	9,20	92,6	5,7	20,8	18	0,8	2,8	0,09	<0,05	0,7	2,9	0,2
	3,8	13,85	9,05	90,1	5,4	20,9	16	0,7	2,3	0,09	<0,05	1,4	2,4	0,2
6	0	15,20			5,7	20,3	22	0,7	3,3	0,10	<0,05	0,6	2,6	0,2
	1	14,36	9,70	97,8	5,5	20,7	18	0,6	3,3	0,09	<0,05			
	2	14,25	9,45	94,9	5,4	20,6	16	0,7	3,4	0,09	<0,05	0,4	2,4	0,2
Råvann	3	14,08	9,45	94,7	6,0	21,0	24	0,8	3,4	0,12	<0,05		2,9	0,3
	3,8	13,91	9,40	94,0	5,7	21,0	24	0,7	3,2	0,11	<0,05	1,4	2,7	0,2
					5,4	21,1	26	1,1	3,5	0,14	<0,05	0,8	2,3	0,2

Tabell 7.

Vannforsyning Kristiansand S.

Analyseresultater av forsøk med merke bakterier. Serratia indica 1 + = 150 - 200 kolonier pr. 100 ml.
 Bakteriene ble sluppet i rørmunningen (st.1) den 25/6-62 kl. 22.15.

1962 Dato	Kl.	St. 2		St. 3		St. 4		St. 5A		St. 6		Råvann
		overfl.	3 m	overfl.	3 m	Bekk	overfl.	3 m	overfl.	3 m		
26/6	06.30	3+	+	15+	30+		0,1+	0,5+				
	13.30	2+	6+	6+	8+		0,1+	2+	0 ^x)	1+		
	19.00	4+	10+	4+	6+		1+	2+	1+	2+		
27/6	22.30											0,5+
	10.00	4+	3+	5+	5+		2+	2+	1+	1,5+		1+

x) = 1 koloni.

Råvannet 26/6 kl. 22.30 : 0,5+

Råvannet 27/6 kl. 10.00 : 1+

