

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Elindern.

O - 222.

Ozonering av vann fra Nordbysjøen.

Saksbehandler: Cand.real. J.E. Sandal.

Rapporten avsluttet 22. mars 1962.

I N N H O L D :

	Side:
1. INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING.	2
2. EKSPERIMENTELT.	2
3. RESULTATER.	3
3.1. Forholdene i Nordbysjøen i forsøksperioden.	3
3.2. Råvannet i forsøksperioden.	3
3.3. Fargereduksjonen ved stigende ozondosering.	4
3.4. Fargereduksjonen ved henstand.	4
3.5. Fargens avhengighet av pH.	4
3.6. Reduksjon av vannets permanganat-tall og senkning av vannets pH ved ozonering.	5
3.7. Temperatur, oksygen og rest-ozon i vannet.	5
3.8. Ozonering, klorering og kalktilsetning.	6
3.9. Smak på ozonert vann.	6
4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.	6

T A B E L L E R :

	Side:
1. Vannprøver, ca. 15 m fra demningen, tatt 15-2-62.	8
2. Råvannet i forsøksperioden.	9
3. Fargereduksjonen ved henstand.	9
4. Vannets alkalitet og hardhet etter kalktilsetning.	10
5. Reduksjon av vannets permanganat-tall og senkning av pH ved ozonering.	11
6. Temperatur, oksygen og rest-ozon i ozonert vann.	12
7. Ozonering, klorering og kalktilsetning.	13

F I G U R E R :

1. Ozonering - Nordbysjøen.	14
2. Fargens avhengighet av pH.	15

1. INNLEDNING OG PROBLEMSTILLING.

Nordbysjøen er ny drikkevannsforsyning for Lillestrøm. En undersøkelse av Nordbysjøen som drikkevannskilde ble utført av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) i tiden august 1960 til mars 1961. Resultatene av undersøkelsen foreligger i vår rapport O - 222 som ble avsluttet i desember 1961. I kjemisk henseende er vannet i Nordbysjøen surt, bløtt og humusholdig. Jerninnholdet kan være relativt høyt. Humusinnholdet tilkjennegis ved relativt høye farge- og permanganat-tall. Fargen er trolig den viktigste ulempe ved bruk av vannet som drikkevann. Svevepartikler (jern-humuspartikler, plankton), uttrykt ved vannets turbiditet, kan muligens skape problemer som slamavsetning i bassenger, rørledninger m.v. Vannet kan korrodere metaller (f.eks. jern og kopper) og produkter laget på sementbasis.

Fra ingeniør Kincks Vandbyggningskontor mottok vi i januar 1962 en forespørsel om utførelse av ozoneringsforsøk på vann fra Nordbysjøen. Hensikten med forsøkene var å undersøke vannets farge-reduksjon ved tilsetning av ozon som blekemiddel. Den foreliggende rapport omtaler resultatene av disse forsøkene.

2. EKSPERIMENTELT.

Forsøkene ble utført i tiden fra 31/1 til 23/2 1962. Forsøksutstyret var installert i en brakke ca. 50 m nedenfor demningen ved Nordbysjøen. Lekkasjevann fra demningen ble ført til brakken i galvaniserte jernrør. Denne fremgangsmåte for vannforsyning til forsøksanlegget ble valgt fordi direkte pumping av vann fra Nordbysjøen til forsøksutstyret på vintertid ville medføre større eksperimentelle vanskeligheter. Vi antok således på forhånd at lekkasjevannet ville være representativt for vannet i Nordbysjøen på vintertiden. Det kan her innskytes at Nordbysjøen skal oppdemmes slik at vannet i innsjøen for tiden sannsynligvis ikke er av samme kvalitet som i tiden etter oppdemningen.

Ozonforsøkene ble utført med et KERAG Ozon Testgerät; et laboratorieapparat som ikke er egnet for driftsøkonomiske betraktninger

av ozoneringsprosessen. Apparatet er særlig brukbart for fastleggelse av ozondoseringens størrelse i forhold til fargereduksjonen av vannet. Blanding av ozon og vann foregikk med en ejetektor og oppholdstiden i ejetektorkammeret var 10 minutter. Elektrisk strøm for driften av ozonapparatet, pumper og annet utstyr måtte produseres på stedet ved hjelp av bensinaggregat.

Fargemålingene ble utført absorbtimetrisk med et filterfotometer. Ozon ble bestemt ved absorpsjon i nøytral kaliumjodidoppløsning og tilsatt fortynnet svovelsyre før titrering med natriumthiosulfat. Øvrige analysemetoder er utført etter NIVA's standardforskrifter.

3. RESULTATER.

Resultatene av forsøkene er fremstilt i tabeller og i kurver.

3.1. Forholdene i Nordbysjøen i forsøksperioden.

I tabell 1 står oppført resultatene av prøvetaking og analyser på vannprøver tatt den 15/2 1962 i Nordbysjøen. Vannets fargetall ligger gjennomgående litt høyere enn verdiene fra tidsrommet august 1960 til mars 1961. Permanganat-tallet er av samme størrelsesorden som i den tidligere undersøkelse av Nordbysjøen.

3.2. Råvannet i forsøksperioden.

Råvannet er vann som er ført frem til forsøksanlegget i brakken. Tabell 2 viser kvaliteten av råvannet i forsøksperioden. Vannets temperatur er lav og det er ikke mettet med hensyn til oksygen. Fargetallet ligger innenfor det området som er oppgitt i vår tidligere rapport, men er forøvrig lavere enn verdiene i tabell 1. Råvannets farge må ansees som representativ for fargen i Nordbysjøen på vintertiden.

3.3. Fargereduksjonen ved stigende ozondosering¹⁾.

Figur 1 fremstiller fargereduksjon ved stigende ozondosering. Kurvene viser fargereduksjonen direkte og i prosent av utgangsfargen som var 41 mg Pt/l. Forløpet av kurvene er i overensstemmelse med det man vanligvis finner ved ozonering av humusholdige vanntyper. Ozondosering opp til ca. 2 mg O₃/l gir relativt størst fargereduksjon. Ozondosering utover ca. 2 mg O₃/l gir relativt mindre bleking.

3.4. Fargereduksjonen ved henstand.

Tabell 3 viser fargen på ozonerte vannprover som har fått henstand i plastflasker ved romtemperatur. For begge doseringstrinn (2,0 mg O₃/l og 4,7 mg O₃/l) kan det spores en viss økning av fargen ved lagringen. Det er vanskelig å vurdere om en liknende effekt vil gjøre seg gjeldende i et ozonanlegg i full målestokk med strømmende vann. Kontrollmåling viser at råvannsfargen er konstant ved lagring av vannprover under samme betingelser.

3.5. Fargens avhengighet av pH.

I vår tidligere rapport har vi konkludert med at vannet bør tilsettes kalk (avsyrning) fordi det er korrosivt. Vannet skal ledes i hovedledning av betong. På grunn av vannets kjemiske egenskaper må man anta at kalk fra hovedledningen, i alle fall i den første driftstid, vil gå i oppløsning i vannet slik at pH stiger. Av disse grunner var det av interesse å undersøke fargens avhengighet av vannets pH. Figur 2 viser fargeøkningen ved tilsetning av kalk til råvann og ozonert vann. Av kurven for råvann forstår man at kalktilsetning til pH ca. 8 sannsynligvis vil medføre en fargeøkning fra ca. 41 mg Pt/l til ca. 50 mg Pt/l. Ozonert vann med ozondose 2,0 mg O₃/l vil etter fargereduksjon til ca. 14 mg Pt/l øke i farge til ca. 25 mg Pt/l hvis kalktilsetningen forårsaker en økning av pH til ca. 8. På samme måte vil fargen med dosering 4,3 mg O₃/l reduseres fra ca. 41 mg Pt/l til ca. 7 mg Pt/l, men kalktilsetning til pH ca. 8 øker fargen igjen til ca. 15 mg Pt/l.

¹⁾ Med ozondosering menes den mengde som er tilsatt vannet.

Fargeøkning ved kalking av humusholdig råvann eller humusholdig vann som har vært ozonert er ikke uvanlig. Man antar at humuskomponentene har karakter av svak syre som samtidig er utstyrt med en syrebaseindikator-mekanisme. Ved tilsetning av kalk nøytraliseres altså den svake humussyre samtidig som fargen tiltar.

I tabell 4 står oppført vannets alkalitet og hårdhet etter kalktilsetningen.

3.6. Reduksjon av vannets permanganat-tall og senkning av vannets pH ved ozonering.

I tabell 5 er sammenstillet verdiene for vannets permanganat-tall og pH etter ozonering.

Senkningen av vannets pH skyldes at ozoneringen fører til dannelse av sure komponenter. Størst ozondosering gir størst senkning av pH.

Reduksjonen av vannets permanganat-tall henger sammen med at humuskomponentene dekomponeres ved ozoneringen. Det fremgår av tabell 5 at jo større ozondosering, jo større er reduksjonen av vannets permanganat-tall.

3.7. Temperatur, oksygen og rest-ozon i vannet.

I tabell 6 står oppført verdiene for temperatur, oksygen og rest-ozon i vannet etter ozoneringen. Vannets temperatur øker ved passeringen gjennom ozonapparatet. Ved ozoneringen reduseres ozon til oksygen slik at oksygeninnholdet i vannet stiger. Rest-ozon er bestemt både i det øyeblikk vannet forlater ejektorkammeret (rest-ozon etter 10 minutters kontakttid med ozon) og dessuten 10 minutter senere (rest-ozon etter 10 minutters henstand i plastflaske). Rest-ozonmengden ved høye ozondoser kan være betydelig idet vannet forlater ejektorkammeret, men rest-ozon kan ikke påvises i vannet 10 minutter etter at det har forlatt ejektorkammeret.

3.8. Ozonering, klorering og kalktilsetning.

I praksis vil det ofte være ønskelig med en rest av desinfeksjonsmiddel i rørledningsnettene. Klorering kan derfor tenkes å komme på tale ved siden av ozonering. Blekevirkningen ved klorering og ozonering er vist i tabell 7. Kloreres vannet med 1 mg Cl_2 /l vil det inntre en umiddelbar blekevirkning til 35 mg Pt/l og total restklormengde er 0,30 mg Cl_2 /l.

Kloreringen medfører en pH-senkning til 5,9. Ozonering alene med dosering 4,4 mg O_3 /l reduserer fargen til 9 mg Pt/l. Klorering etter denne ozoneringen resulterer i farge 6 mg Pt/l. Virkningen av klor er relativt liten. Etterfølgende kalking av klorert-ozonert vann fører til fargeskning i overensstemmelse med figur 2. Rekkefølgen av ozon- og klortilsetningen synes å være uten betydning for bleke-effekten.

3.9. Smak på ozonert vann.

Ozonering av vannet medførte en merkbar smaksforbedring.

4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.

Vannet fra Nordbysjøen er bløtt, surt og humusholdig. Den viktigste ulempen ved bruk av vannet som drikkevann er vannets farge. For å prøve graden av fargereduksjon ved ozonering er det utført forsøk i tiden fra 31/1 til 23/2 1962. Tabell 1 viser forholdene i Nordbysjøen på den tid ozoneringsforsøkene ble utført. I tabell 2 er sammenstillet en del resultater av analyser på råvannet i forsøksperioden. Råvannet er lekkasjevann fra demningen, og ble ført i galvaniserte jernrør fra demningen til forsøksutstyret. Fargeverdiene i tabell 1 ligger litt høyere enn i tabell 2, men man kan regne med at råvannet var representativt for vannet i Nordbysjøen på vintertiden. Ved fremtidig oppdemning av Nordbysjøen vil vannets farge, særlig i de første år etter oppdemningen, trolig være høyere enn det som er angitt i tabell 2.

Figur 1 viser fargereduksjonen ved ozoneringen. Ved dosering av f.eks. 4 mg O_3 /l vil råvannsfargen reduseres fra ca. 41 mg

Pt/l til ca. 7 mg Pt/l. Tabell 3 angir fargen på ozonerte vannprøver som fikk henstand etter ozoneringen på plastflasker. Resultatene viser svak fargeekning på vannet når det får henstand på plastflasker etter ozoneringen. Det kan være vanskelig å forutsi om en liknende fargeekning vil gjøre seg gjeldende i strømmende vann i et ozonanlegg i full målestokk.

Figur 2 viser fargeekning på råvann og ozonert vann ved kalktilsetning. Fargeekningen skyldes humuskomponentenes syre-basekarakter og deres evne til fargeekning ved tilsetning av alkali. Ozonering med ca. 4 mg O_3 /l og kalking av vannet til pH ca. 8 vil resultere i fargereduksjon fra ca. 41 mg Pt/l til ca. 15 mg Pt/l. Kalktilsetningen er utført etter ozoneringen. Tabell 4 viser vannets alkalitet og hårdhet ved stigende kalkdosering.

Ozonering av vannet medfører at pH avtar og permanganat-tallet reduseres (tabell 5). Ved ozoneringen reduseres ozon til oksygen som løses i vannet. Økningen av vannets oksygeninnhold fremgår ved å sammenlikne oksygenverdiene i tabell 1 med oksygenverdiene i tabell 6. Restozon-mengden idet vannet forlater ejektorkammeret er relativt stor for høyere ozondoseringer (tabell 6). I vannprøver som ble tatt i utløpet av ejektorkammeret var restozon ikke påviselig etter 10 minutters henstand på plastflasker. Forholdet viser at ozon reduseres raskt i vannet. Man kan derfor sikkert regne med at ozon ikke vil opptre som desinfeksjonsmiddel i hele rørledningsnett. Tilleggs-dosering av klor for dette formål blir derfor antakelig nødvendig. I tabell 7 er sammenstillet en del resultater fra kombinert ozon-klordosering. Resultatene tyder på at forhånds- eller etterklorering ikke har særlig stor betydning for fargereduksjonen. Eventuelle fordeler ved kombinert klor-ozondosering kan man best påvise ved forsøk i det tekniske anlegg når dette eventuelt er ferdigbygget.

Tabell 1.

Vannprøver fra Nordbysjøen.

Kjemisk-fysiske vannanalyser.

Prøvene tatt 15/2 1962, ca. 15 m fra demningen.

m dyp	Temp °C	Oksygen		pH	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Ledn.evne 10 ⁻⁵ 20°	Perm.tall mg o/l
		mg O ₂ /l	% Metn.					
½	0,70	11,2	80,4	6,3	52	0,6	3,50	6,7
1	1,34	11,0	80,4	5,8	56	1,2	3,34	7,2
1 ½	2,35	10,4	78,8	6,0	53	0,6	3,48	7,1
2	2,46	10,0	75,8	6,1	51	0,6	3,22	6,8
2 ½	2,48	9,3	70,5	6,0	48	0,6	3,13	6,4

Tabell 2.

0-222.

Råvannet i forsøksperioden.

Dato	Temp °C	Oksygen		pH	Farge mg Pt/1	Perm.tall mg O/1	Hårdhet mg CaO/1	Jern mg Fe/1
		mg O ₂ /1	% Metn.					
31/1/62	2,1	11,5	86,1	-	42	-	-	0,11
31/1 "	2,1	-	-	6,2	41	6,2	-	-
1/2 "	2,5	11,2	84,9	-	41	-	-	-
2/2 "	1,8	12,4	92,2	6,4	41	6,4	5,6	-
3/2 "	-	-	-	-	42	-	-	-
6/2 "	2,2	10,7	80,2	-	44	6,5	-	-
7/2 "	2,5	11,6	-	-	42	-	-	-
20/2 "	2,4	11,7	88,4	-	46	-	-	-
21/2 "	-	-	-	-	46	-	-	-
22/2 "	2,0	11,6	86,6	6,6	42	-	-	-
23/2 "	1,7	11,8	87,5	-	42	-	-	-

Tabell 3.

Fargereduksjonen ved henstand.

Henstandstid antall døgn	Farge, mg Pt/1		Råvann
	Dosering 2,0 mg O ₃ /1	Dosering 4,7 mg O ₃ /1	
0	13	9	41
1	18	14	-
2	17	12	42
4	18	14	-
6	18	13	41

Tabell 4.

0-222.

Vannets alkalitet og hårdhet etter kalktilsetning.

Ozonert vann 2,0 mg O ₃ /l				Ozonert vann 4,3 mg O ₃ /l				
Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	Hårdh. mg CaO/l	Alkalitet ml N/10 HCl/l pH 4	Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	Hårdh. mg CaO/l	Alkalitet ml N/10 HCl/l pH 4	Dosering mg Ca(OH) ₂ /l	Hårdh. mg CaO/l	Alkalitet ml N/10 HCl/l pH 4
0	5,5	0,6	-	-	-	0	5,6	0,6
1,4	6,6	0,6	2,1	7,1	0,8	1,3	6,5	0,6
2,7	7,6	-	3,7	8,3	1,0	3,3	8,0	-
4,0	8,6	-	4,3	8,8	1,3	4,6	9,0	1,2
5,5	9,7	-	6,4	10,4	1,8	6,1	10,2	1,5
7,3	11,1	2,0	8,1	11,7	2,2	7,5	11,3	2,0
8,7	12,1	2,5	9,5	12,8	2,6	9,3	12,7	2,5
10,0	13,2	2,8	-	-	0,4	11,0	13,9	2,8
11,8	14,6	3,1	-	-	-	12,4	15,1	3,1
14,7	16,8	3,2	-	-	-	12,6	15,2	3,2
15,7	17,6	3,6	-	-	-	14,6	16,7	3,6

Tabell 5.

Reduksjon av vannets permanganat-tall og senking av pH ved ozonering.

Råvannets permanganat-tall 6,2-6,5 mg O/l; pH 6,2-6,6.

Dosering mg O ₃ /l	pH	Permanganat-tall mg O/l
0,7	6,1	5,3
1,3	6,1	5,4
1,6	6,1	5,3
1,9	5,8	5,1
2,5	5,8	5,5
3,0	5,8	-
3,2	5,8	5,4
4,1	-	-
4,3	5,7	4,4
7,1	5,6	4,4

Tabell 6.

0-222.

Temperatur, oksygen og rest-ozon i ozonert vann.

Ozon dosering mg O ₃ /l	Temperatur °C	Oksygen mg O ₂ /l	% Metn.	Rest etter 10 minutters kontakttid med ozon	Rest etter 10 minutters henstand i plastflaske 2)
0,7	-	-	-	ingen	ingen
1,6	-	-	-	ingen	"-
1,9	-	-	-	0,02	"-
2,5	3,9	12,4	95,0	0,06	"-
3,0	3,5	12,8	99,6	0,19	"-
3,2	3,9	12,8	100	0,20	"-

1) Bestemt idet vannet forlater ejektorkammeret.

2) Bestemt på vannprøver tatt fra utløp ejektor-
kammer, deretter 10 minutters henstand på
plastflaske.

Tabell 7.

0-222.

Ozonering, klorering og kalktilsetning.

	Doseringsrekkefølge: 1. Ozon 2. Klor 3. Kalk			Doseringsrekkefølge: 1. Klor 2. Ozon 3. Kalk		
	Klorert vann	Ozonert vann	Ozonert-klorert vann	Ozonert-klorert og kalket vann	Klorert-ozonert vann	Klorert-ozonert og kalket vann
Klอร์ดosering, mg Cl ₂ /l	1,0	-	1,0	1,0	1,0	1,0
Ozondosering, mg O ₃ /l	-	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4
Kalkdosering, mg Ca(OH) ₂ /l	-	-	-	9,4	-	9,4
pH	5,9	6,2	5,9	7,9	5,6	7,8
Farge, mg Pt/l	35 ¹⁾	9	6	13	7	14
Restklor	0,25	-	0,5	-	-	-
Total	0,30	-	0,5	-	-	-

1) Bestemt umiddelbart etter klortilsetningen.



