

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING
BLINDERN.

O - 222.

Undersøkelse av Nordbysjøen
som drikkevannskilde.

Utført i tidsrommet
august 1960 til mars 1961.

INNHOOLD:

1. Innledning	Side	1
2. Observasjons- og analysemetoder	"	1
3. Hydrografi	"	2
4. Kjemiske forhold	"	3
5. Oppdemmingens betydning for vann- kvaliteten	"	5
6. Hygieniske forhold	"	5
7. Konklusjon	"	6
8. Figurer	fra "	8
9. Tabeller	"	12

Saksbehandler: Hans Holtan, cand.real.
Rapporten avsluttet desember 1961.

1. INNLEDNING.

Nordbysjøen ligger i grunnfjellsområde. Nedslagsfeltet består delvis av myrer og delvis er det bevokst med barskog. Bassengets form og topografi er temmelig uregelmessig (fig. 1). og flere terskler avsnører kulper og dypere områder. Største dyp (22 m ved normal vannstand) ligger i det nordligste område.

Innsjøen ble i juli 1960 loddet opp av Viderøes Flyveselskap A/S., som også har konstruert dybdekart i målestokk 1 : 2000. Areal og magasinberegninger er foretatt av ingeniør Kinck's Vandbygningsskontor (fig.2). Nordbysjøen er nå regulert mellom kotene 221,2 og 227,7. Betraktes vannstanden ved kote 223 som det normale, og kote 229,8 som den fremtidige vannstand, blir de viktigste batygrafiske data følgende:

	kote 223:	kote 229,8:
Overflateareal	0,380 km ²	0,775 km ²
Volum ca.	1,6 mill. m ³	ca. 4,9 mill m ³
Største dyp	22 m	28,8 m
Middel dyp vel	4 m	6,3 m

Nordbysjøens nedslagsfelt (fig. 1) er 9,30 km², og ifølge Kinck's Vandbygningsskontor blir normalt avløp beregnet til 15 l/sek/km², som svarer til ca. 12 000 m³ pr. døgn. Vannmassenes teoretiske oppholdstid blir på grunnlag av disse verdier ca. 130 dager nå, og ca. 400 dager ved fremtidig vannstand (k 229,8).

2. OBSERVASJONS- OG ANALYSEMETODER.

Temperaturen ble målt med Richter & Wiese vendetermometer.

Oksygenet ble bestemt titrimetrisk - ifølge Winklers modifiserte metode.

pH og σ_{20} er målt elektrometrisk. Ledningsevnen er målt ved 20°C, og σ_{20} er av størrelsesorden $n \cdot 10^{-5} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Fargen ble bestemt fotoelektrisk (EEL-fotometer) ved absorpsjon ved 435 μ . Resultatene er angitt i mg Pt/l. Verdiene er avhengig både av turbiditet og fargekomponenter.

Turbiditeten (innhold av suspenderte partikler) er også bestemt optisk ved refleksjon som Tyndahl-effekt på et spesielt instrument. Resultatene er angitt i mg $\text{SiO}_2/1$.

Permanganat-tallene, som er bestemt titrimetrisk, er angitt i mg O/1. Ved å multiplisere de oppgitte tallene med 12,5 fremkommer ml N/100 $\text{KMnO}_4/1$, som er den vanlige enhet i Norge for drikkevannsanalyser.

Total hårdhet, jern- og mangan-bestemmelsene ble utført ifølge Deutsche Einheitsverfahung zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (1954) og Standard Methods for the Examination of Water, Sewage and Industrial Wastes (1955).

3. HYDROGRAFI.

Kjemisk-fysiske observasjoner ble foretatt 2 ganger på tre forskjellige stasjoner i Nordbysjøen (fig. 1), nemlig den 15/8 1960 og 22/3 1961. Resultatene går frem av tabellene 1, 2 og 3, og figurene 3 og 4.

Observasjonene viser tydelig at Nordbysjøen er en dimiktisk innsjø, og den har således, i likhet med de aller fleste innsjøer i Norge, to stagnasjonsperioder med to mellomliggende sirkulasjonsperioder pr. år. På grunn av vannets spesielle fysiske egenskaper, som bl.a. betinger maksimum tetthet ved ca. 4°C , oppstår både sommer og vinter en skarp termisk lagdeling. Om sommeren etableres således en situasjon med forholdsvis varmt og lett vann (epilimnion) over et kaldere og tyngre. Den 15/8 1960 lå sprangsjiktet (metalimnion) i en dybde fra ca. 4 m til ca. 8 m (fig. 3). Overflatevannet hadde da en temperatur på $16 - 17^{\circ}\text{C}$, mens de dypere lag (hypolimnion) hadde en temperatur på $4,5 - 5^{\circ}\text{C}$. Avkjøling av overflatelagene utover høsten vil imidlertid bevirke en kraftigere sirkulasjon og gjennomblending av de øverste vannmasser. Sprangsjiktet arbeides stadig nedover, inntil alt vannet har samme temperatur. Fra nå av sirkulerer hele vannmassen til temperaturen i alle lag igjen er ca. 4°C . Etter dette tidspunkt - om vinteren - etableres en invers termisk lagdeling. Den 22/3 1961 (fig. 4) hadde således de dypere liggende vannmasser en temperatur på ca. $3,5^{\circ}\text{C}$, mens temperaturen i de

øverste lag steg fra 0°C under isen til vel 3°C i ca. 2 m dyp.

Oksygenforholdene i de forskjellige termiske perioder er av stor interesse og betydning for vannets kvalitet. Under sirkulasjonsperiodene ventileres nemlig hele vannmassen. Nordbysjøen er imidlertid en grunn innsjø, og den er forholdsvis lite vindpåvirket. Det er derfor grunn til å tro at sirkulasjonsperiodene er av relativt kort varighet, og vannmassene blir derfor neppe mettet med oksygen vår og høst. Observasjonsresultatene (side 12) viser at det er betraktelig oksygenforbruk i de dypere vannmasser under stagnasjonsperiodene. Følgende tabell viser oksygenforholdene på de to observasjonsdager:

Sted og tid:	Epilimnion (ca. 6 m)		Hypolimnion (8 m til bunn)	
	mg O ₂ /l	% O ₂	mg O ₂ /l	% O ₂
St.1 11/8-60	8,2 - 7,9	87 - 77	4,9 - 0,5	40 - 4
St.2 15/8-60	8,1 - 7,4	87 - 77	7,2 - 6,3	63 - 51
St.3 15/8-60	8,4 - 6,8	90 - 71	8,0 - 2,2	68 - 18
St.1 22/3-61	12,8 - 11,7	96 - 90	8,3 - 2,8	65 - 22
St.2 22/3-61	12,3 - 10,1	92 - 78	8,5 - 0,8	66 - 6
St.3 22/3-61	11,9 - 10,0	90 - 77	9,3 - 5,6	72 - 44

Oksygenvinnet i de dypere lag har i det vesentlige følgende årsak: Organisk materiale, spesielt humusstoffer, blir tilført innsjøen fra nedslagsfeltet. Under stagnasjonsperiodene synker disse materialer ned gjennom vannmassene, dekomponeres og forbruker oksygen. Dessuten skyldes også oksygenforbruket ved bunnen tildels dekomponeringsprosesser av organisk materiale i mudderet. Autoktont materiale, d.v.s. organisk materiale som produseres i selve innsjøen, spiller sannsynligvis i dette tilfelle en underordnet rolle.

Forskjellen i vinterens og sommerens oksygenmengde i de øvre lag har sin årsak i de termiske forhold, idet oksygenets løselighet i vann øker med avtagende temperatur.

4. KJEMISKE FORHOLD.

Surhetsgrad: Nordbysjøens vannmasser er gjennomgående sure. Høyeste pH 6,3 - 6,4, ble målt i de øverste lag 15/8-60. Den lave pH er en effekt av vannets dårlige bufferegenskaper og

tilstrømming av humussyrer. pH's avtagende tendens mot bunnen (pH = 5,7) henger sammen med dekomponeringsprosessene: forbruk av oksygen og produksjon av karbondioksyd (CO_2).

Elektrolyttisk ledningsevne, $\%_{20} = n \cdot 10^{-5}$.

$\%_{20}$, som er direkte proporsjonal med oppløste salter, er i vesentlig utstrekning bestemt av de geologiske forhold i nedslagsfeltet. Den forholdsvis lave $\%_{20}$ i Nordbysjøen henger således sammen med bassengets og nedslagsfeltets beliggenhet i grunnfjellsområdet. Stigningen i $\%_{20}$ -verdiene mot bunnen betinges av de tidligere nevnte dekomponeringsprosesser, og stemmer godt overens med pH-variasjonene.

Den totale hårdhet, som er angitt i mg CaO/l, viser at vannet er bløtt og kalkfattig.

Turbiditeten var litt lavere om vinteren enn om sommeren, men begge ganger var verdiene forholdsvis beskjedne og varierte fra 0,4 - 1,0 mg SiO_2 /l (enkelte prøver var infisert av bunnslam). I blandprøvene fra 1, 4 og 8 m dyp den 22/3, var turbiditeten 0,5 og 0,6 mg SiO_2 /l.

Fargen varierte fra 28 til 48 mg Pt/l. Middelerverdiene går frem av følgende tabell:

Sted:	m dyp:	Tid:	Variasjonsbredde:	Middelerverdi:
St.1	1 - 8	11/8-60	35 - 46	42
St.2	1 - 18	15/8-60	28 - 48	34
St.3	1 - 16	15/8-60	24 - 39	32
St.1	1 - 9	23/3-61	30 - 46	40
St.2	1 - 12	22/3-61	33 - 41	38
St.3	1 - 17	22/3-61	33 - 39	37

De forholdsvis høye fargeverdier har også sin årsak i tilførsel av humuskomponenter. Om sommeren var fargeverdiene betraktelig høyere i overflatelaget enn i de dypere liggende. Årsaken til dette er at det tilførte alloktone materiale strømmer gjennom i disse lag.

Oksyderbarhetsverdiene (Permanganat-tallene) er i høy grad av-

hengig av de organiske stoffers sammensetning, men de gir likevel en viss orientering om tilstedeværelsen av slike stoffer. Den 15/8-60 varierte permanganat-tallene fra 4,5 til 7,3 mg O/1, på st. 3 var gjennomsnittsverdien 5,2 mg O/1. Den 22. og 23. mars var permanganat-tallene i blandprøvene fra 1,4 og 8 m: 6,8 mg O/1. Disse relativt høye verdier er også en effekt av humuspåvirkningen. Det er spesielt verdt å legge merke til de høye verdier i de øverste lag om sommeren.

Jernmengdene varierte fra < 0,10 til 0,18 mg Fe/1, mens mangan knapt var påviselig (i de fleste prøver oversteg ikke verdiene 0,03 mg/1). Disse stoffer er sannsynligvis i vesentlig utstrekning forbundet til humuskolloidene. De høye verdier (1,34 mg/1) i de dypeste lag på st. 1 den 11/8-60 henger uten tvil sammen med mudderetts reduserende egenskaper, og i dette oksygenfattige miljø går toverdigg jern i løsning. Økende pH og ²⁰ fra 8 til 11 m tyder også på at dette er tilfelle. Jernet går nemlig i løsning som hydrogenkarbonat, som så blir hydrolysert og forøker pH:



5. OPPDEMNINGENS BETYDNING FOR VANNKVALITETEN.

Oppdemming av innsjøen til kote 229,8 vil føre med seg at sprangsjiktet heves omtrent tilsvarende om sommeren.

Ved oppdemming vil betraktelige arealer torv- og myrjord bli satt under vann. Følgen av dette vil bli at en god del organisk materiale blir tilført vannmassene. Det er derfor å vente at oksygentøringen vil øke i de dypere lag i stagnasjonsperiodene. Videre er det rimelig at farge- og permanganat-tallene blir noe høyere, mens pH sannsynligvis vil avta noe. Det er også mulig at en slik regulering vil føre til opphoping av organisk materiale i sprangsjiktet, og på grunn av dekomponeringsprosesser kan det derfor oppstå oksygenvinn i dette nivå under sommerstagnasjonsperiodene.

6. HYGIENISKE FORHOLD.

Endelig bedømmelse av disse forhold må foretas av helsemyndighetene. Innsjøen ligger imidlertid slik til at den ikke utsettes for permanente forurensninger, og de tilfeldige for-

urensninger som følger med turliv og annen ferdsel i nedbørsfeltet kan i sin alminnelighet ikke antas å være særlig alvorlige. Vi antar at en behandling av vannet ved svakklorering vil tilfredsstille helsevesenets krav, men at slik klorering helst bør foretas til enhver tid. Tabell 4 viser resultatene av en del bakteriologiske analyser. Tallene er slik som vi ofte finner dem for en ubelastet innsjø av denne type og gir ikke grunn til spesielle kommentarer.

7. KONKLUSJON.

7.1. Nordbysjøen har, som de fleste innsjøer i Norge, termisk betinget lagdeling sommer og vinter, mens vannmassene er utsatt for en forholdsvis kortvarig fullsirkulasjon vår og høst. Sprangsjiktet ligger i 6 - 7 meters dyp om sommeren.

Vannmassene blir neppe noensinne mettet med oksygen, og humuspåvirkningen forårsaker betraktelig oksygentøring i de dypere lag under stagnasjonsperiodene.

7.2. De kjemiske forhold går frem av følgende tabell:

	Variasjonsbredde:	Middelverdi:
Surhetsgrad, pH	6-4 - 5,7	6,0
$^{\circ}20$, (n . 10^{-5})	3,08 - 2,41	2,81
Farge, mg Pt/1	48 - 24	39
Turbiditet, mg SiO ₂ /1	1,8 - 0,4	0,8
Permanganat-tall, mg O/1	7,3 - 4,5	5,8
Hårdhet, mg CaO/1	6,0 - 5,3	5,7
Jern, mg Fe/1	0,60 -< 0,10	0,15
Mangan, mg Mn/1	0,09 - 0	< 0,03

Som drikkevann betraktet er vannet noe surt, og innhold av humusstoffer (farge- og permanganat-tall) er noe høyere enn man kunne ønske. Med tiden må man regne med at kravene til drikkevann blir større slik at rensing må finne sted. Det er et skjønsspørsmål som kommunen må ta stilling til om dette ønskes gjennomført nå eller senere.

7.3. Oppdemmingen av innsjøen vil sannsynligvis, i hvert fall i den første tiden, forringe vannkvaliteten noe. Resultatet

blir sannsynligvis større oksygenforbruk i de dypere lag, samt høyere farge og permanganatverdier.

7.4. De aktuelle kjemisk-fysiske forhold i Nordbysjøen skulle tilsi at vannuttaket bør ligge i den dypere del av overflate-lagene (epilimnion), kote 223 - 224. Hvis det på grunn av regulering er nødvendig å senke vannstanden under dette nivå, bør inntaket ha form av et grenrør, slik at vannet kan tas ut på lavere nivå under spesielle forhold.

7.5. Før vannet sendes på nettet som drikkevann, er det nødvendig at følgende behandling foretas:

1. Vannet må passere filter eller sil.
2. Svak-klorering av vannet til enhver tid.

Dessuten er det ønskelig at:

3. Fargen reduseres ved bleking eller kjemisk felling.
4. At vannet avsyres ved f.eks. kalktilsetning.

Fig. 1.

Norby sjönn.

Oversiktskart över nedslagsfelt.

1000 m

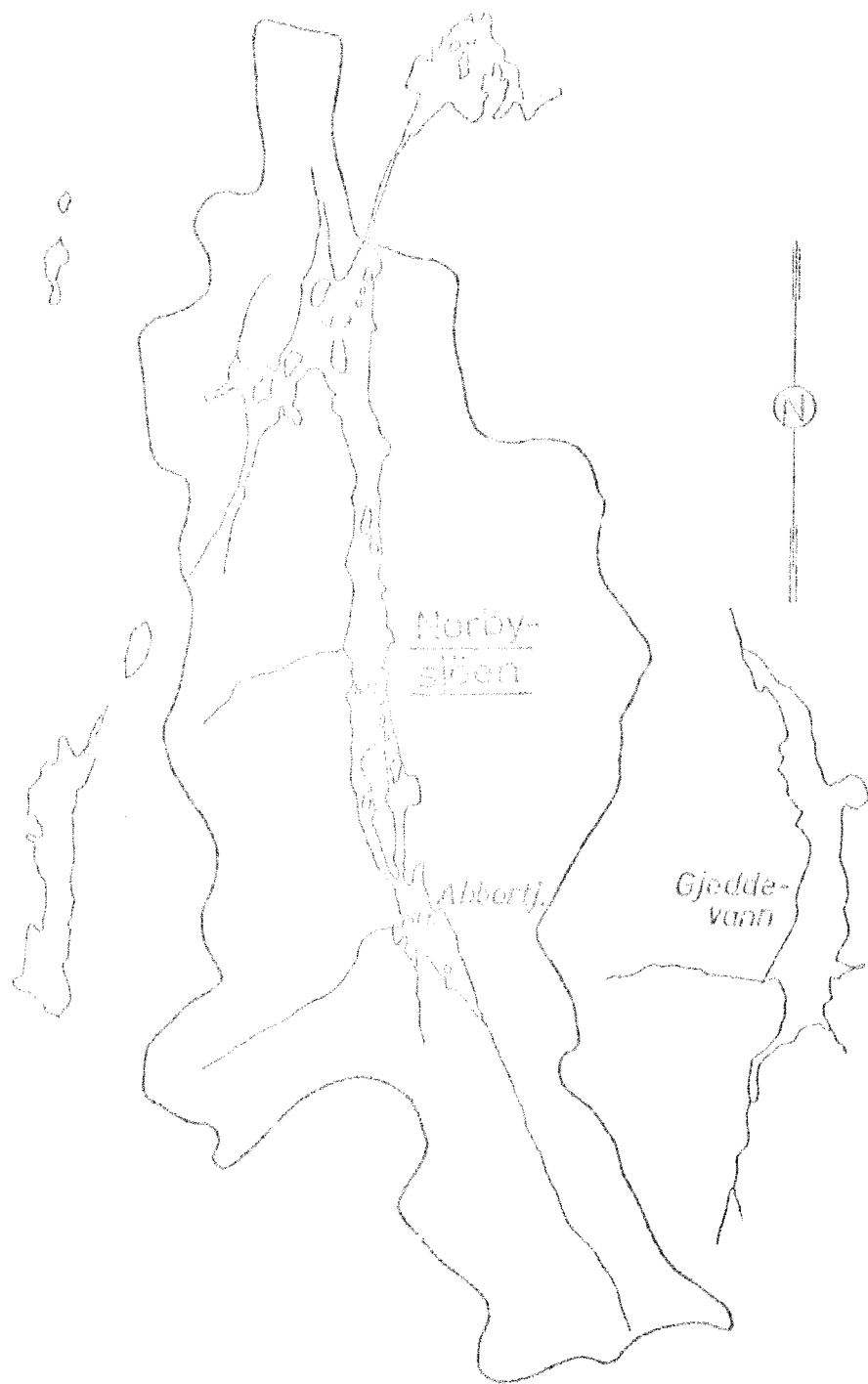


Fig. 2.

Lilleström Kommunale Vannverk.

Areal og magasinurve for Nordbysjøen.

Nedslagsfelt Nordbysjøen 9,3 km²

Normalt avløp 15 l/sek./km²

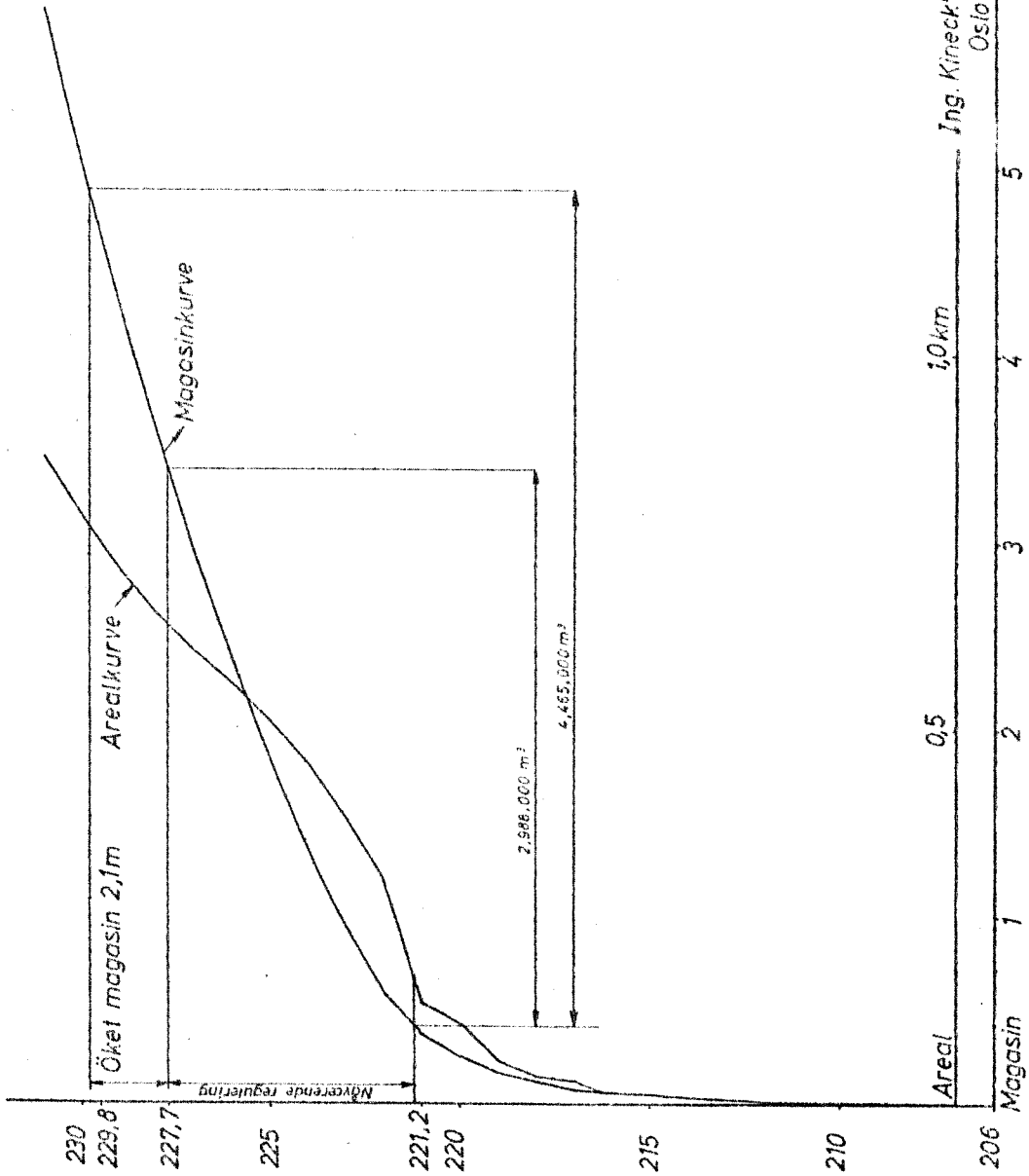
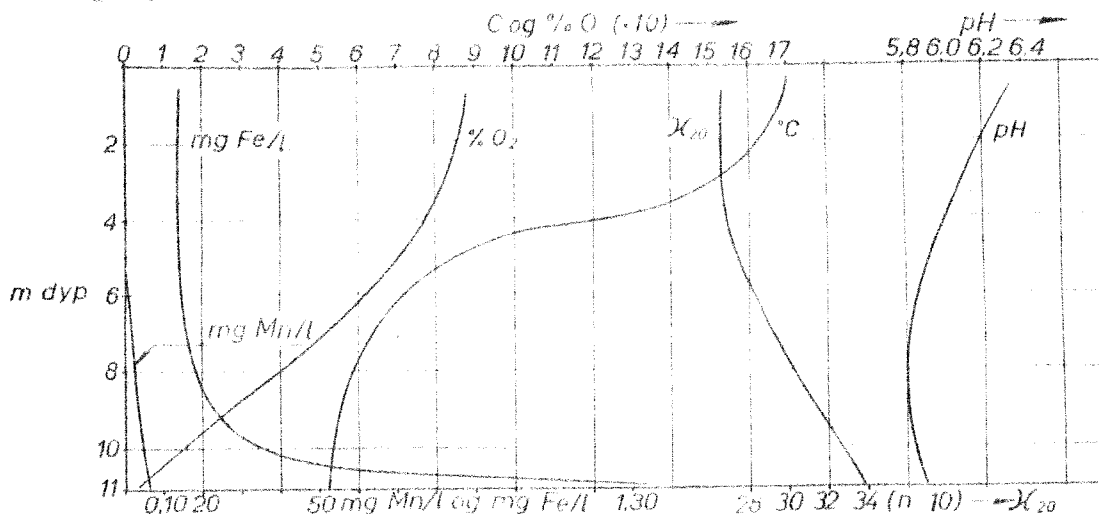
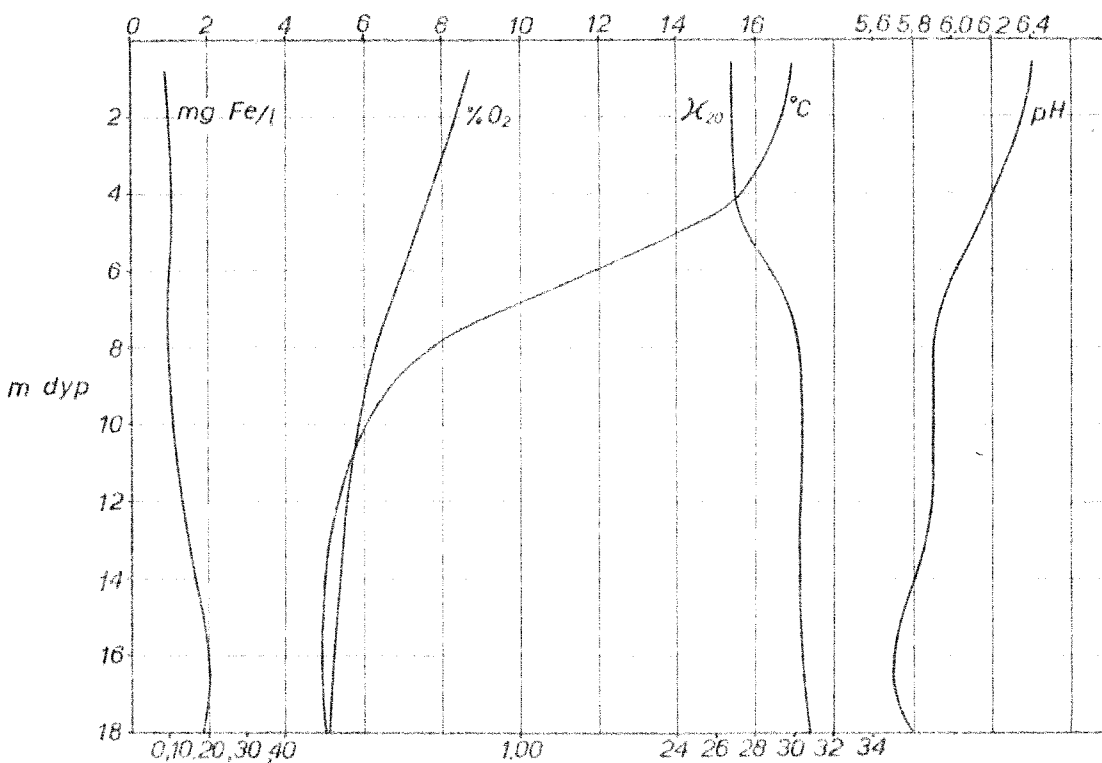


Fig. 3.

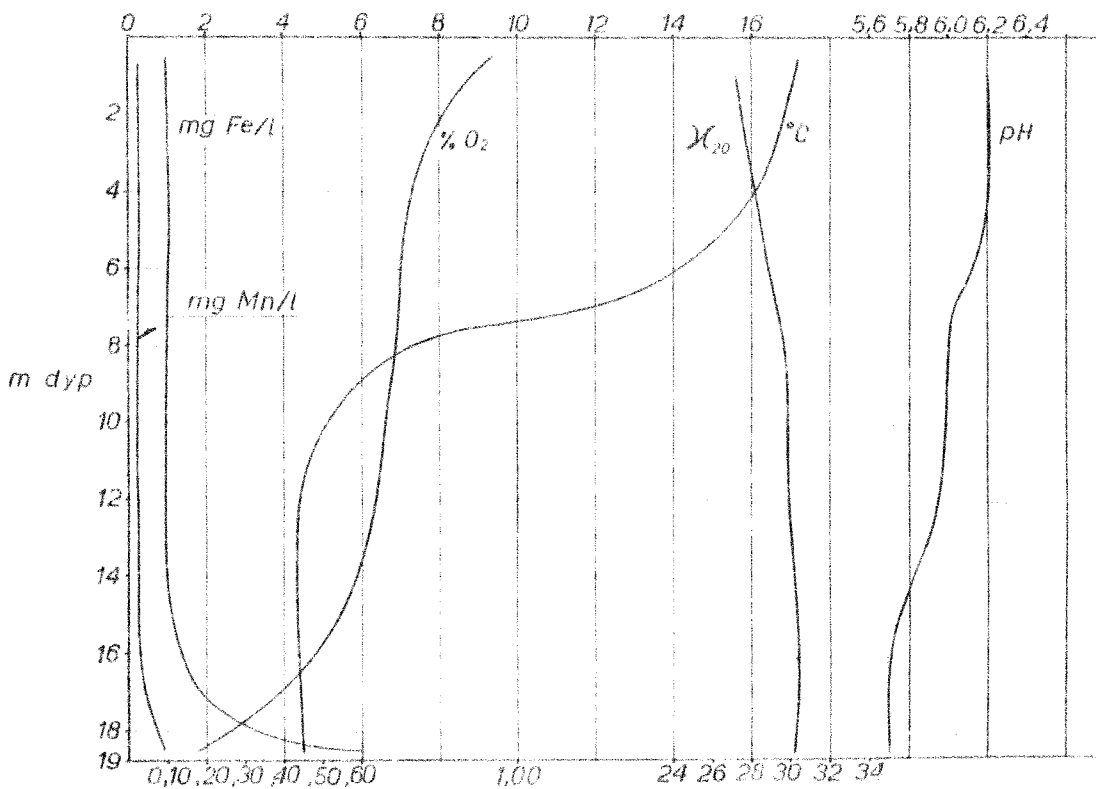
Norbysjön 11/8 - 1960.



St. 1



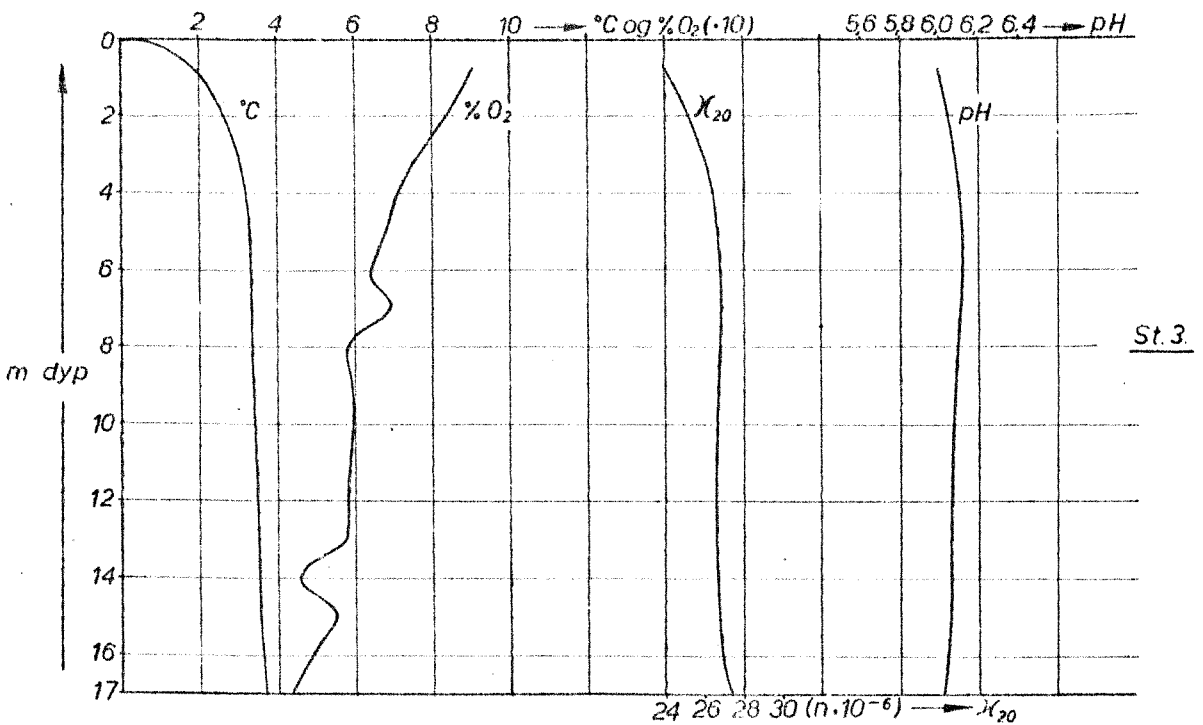
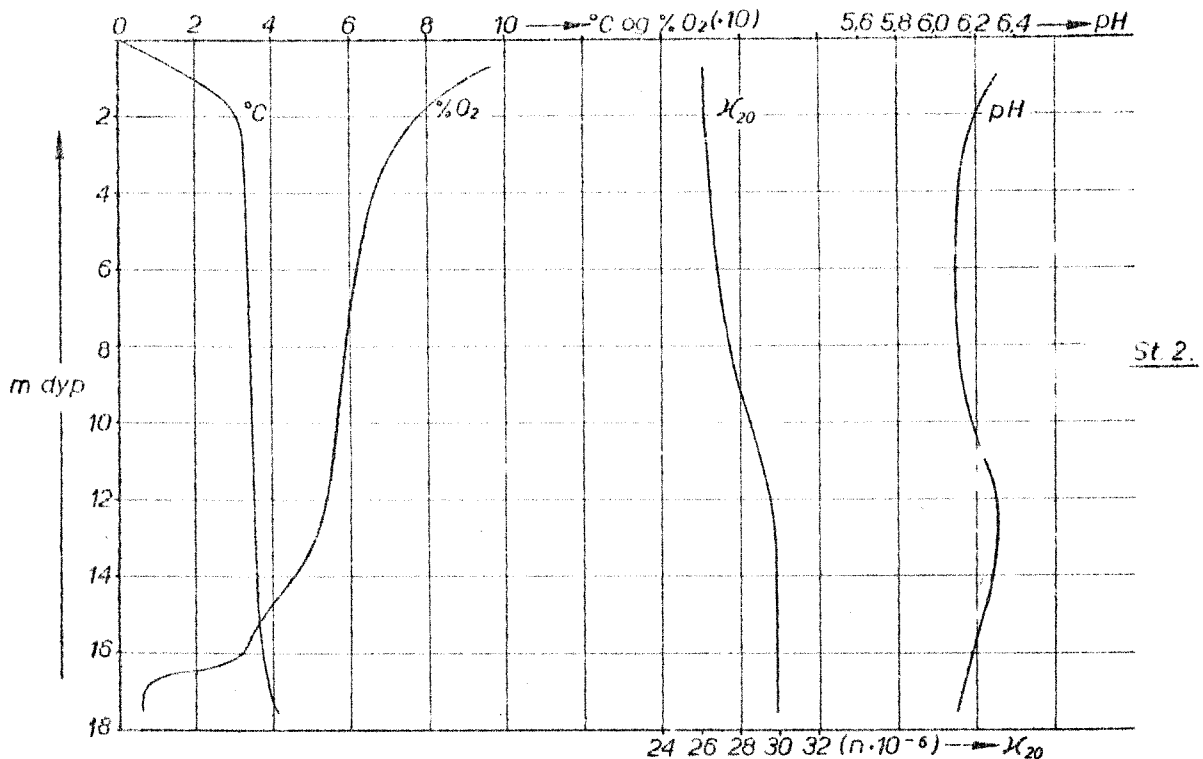
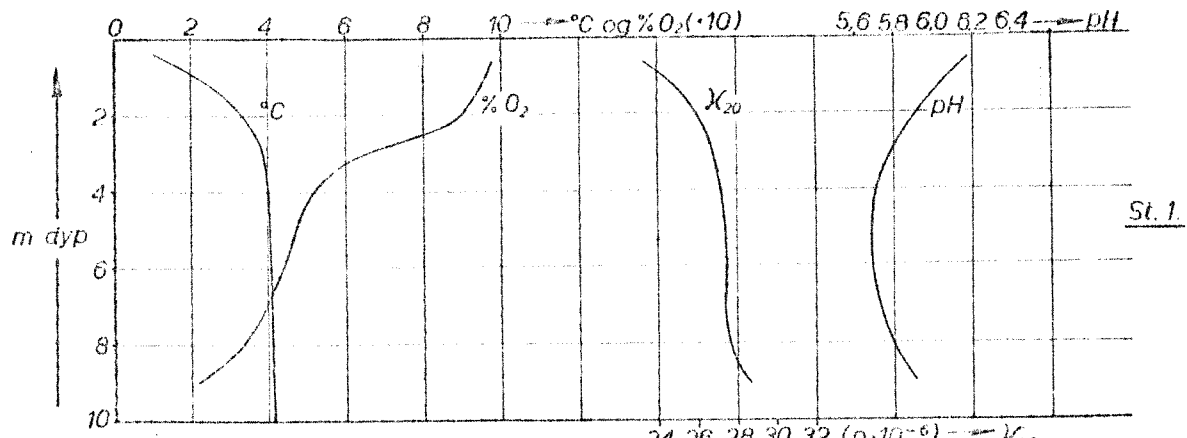
St. 2



St. 3

Fig. 4.

Norbysjön 22/3-1961.



Vannprøver fra Nordbysjøen.

Kjemisk-fysiske analyser.

Tabell 1.

Dato: 11/8 og 15/8-60.

m dyp	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l	Oksygen % metn.	pH	Ledn. øyne. 10 ⁵	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l	Permanganat-tall mg O/l	Jern CaO/l	Jern mg Fe/l	Mangan mg Mn/l
St. 1. 11/8-60.											
1	16,8	8,2	87,2	6,3	2,67	46	1,2	7,1	5,7	0,14	ikke
4	12,8	7,9	77,3	6,0	2,68	44	0,9	7,0	5,3	0,14	påvist
8	5,9	4,9	40,2	5,8	3,04	35	1,7	4,5	5,8	0,18	0,03
11	5,2	0,5	4,3	5,9	3,34	129	10	3,1	7,5	1,34	0,06
St. 2. 15/8-60.											
1	16,9	8,1	86,5	6,4	2,68	44	0,9	7,1	5,4	<0,10	ikke
4	15,6	7,4	76,9	6,2	2,70	43	1,0	7,3	5,5	0,11	påvist.
8	7,7	7,2	62,5	5,9	3,03	28	0,8	4,8	6,0	0,10	ikke
12	5,3	6,9	56,1	5,9	3,03	28	0,6	4,3	5,8	0,13	påvist.
16	4,9	6,5	52,1	5,7	3,04	28	0,7	4,9	5,8	0,20	<0,03
18	5,0	6,3	50,8	5,8	3,08	30	0,8	4,7	5,8	0,18	ikke påvist.
St. 3. 15/8-60.											
1	17,1	8,4	88,9	6,2	2,72	39	0,9	6,0	5,6	<0,10	<0,03
4	16,1	6,8	71,3	6,2	2,81	38	1,0	5,3	6,0	0,11	<0,03
8	7,2	8,0	68,2	6,0	2,97	28	0,8	4,5	6,0	<0,10	<0,03
12	4,4	8,0	63,8	5,9	2,99	24	0,6	4,5	5,8	<0,10	<0,03
16	4,4	6,0	48,0	5,7	3,07	30	0,7	5,2	5,7	0,13	<0,03
18,5	4,5	2,2	17,8	5,7	3,02	65	2,4	5,2	5,7	0,60	0,09

Tabell 2.

Vannprøver fra Nordbysjøen.

Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 23/3-61.

St. 1.

m dyp	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l	Oksygen % metn.	pH	Ledn. evne. 10 ⁵ °C ⁻¹	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l
1	2,0	12,8	96	6,1	2,41	30	0,5
2	3,3	11,7	90	-	-	-	-
3	3,9	8,3	65	-	-	-	-
4	4,0	6,5	52	5,7	2,72	39	0,5
6	4,0	5,6	44	-	-	-	-
8	4,1	4,3	34	5,8	2,76	44	0,7
9	4,1	2,8	22	5,7	2,86	46	1,0
10	4,2	-	-	-	-	-	-

Blandprøver fra st. 1, 2 og 3, fra 1, 4 og 8 m dyp.

	23/3-61	22/3-61	
	St.1	St.2	St.3
Surhetsgrad, pH	6,4	6,5	6,4
Ledn. evne. °C ⁻¹ , ohm ⁻¹ . cm ⁻¹ . 10 ⁻⁵	2,65	2,69	3,47
Farge, mg Pt/l	-	41	39
Turbiditet, mg SiO ₂ /l	0,6	0,6	0,5
Permanganat-tall, mg O/l	6,6	6,8	6,8
Hårdhet, mg CaO/l	5,7	5,8	5,3
Klorid, mg Cl/l	0,06	0,04	0,06
Jern, mg Fe/l	0,18	0,14	0,12
Mangan, mg Mn/l	0,03	0,03	0,03

Tabell 3.

Vannprøver fra Nordbysjøen.

Kjemisk-fysiske analyser.

Dato: 22/3-61.

m dyp	Temp. °C	Oksygen mg O ₂ /l	Oksygen % metn.	pH	Ledn. evne. 10 ⁻⁵ % _{20°}	Farge mg Pt/l	Turbiditet mg SiO ₂ /l
<u>St. 2.</u>							
1	1,9	12,3	91,4	6,3	2,61	33	0,5
2	3,1	10,1	77,5	-	-	-	-
4	3,3	8,5	65,8	6,1	2,65	39	0,4
8	3,4	7,5	58,5	6,1	2,73	40	0,4
12	3,5	6,9	53,5	6,3	2,95	41	0,4
13	3,6	6,5	51,0	-	-	-	-
14	3,6	5,8	45,0	-	-	-	-
15	3,7	4,7	37,0	-	-	-	-
16	3,7	4,2	32,0	-	-	-	-
17	3,9	0,8	6,0	-	-	-	-
17,5	4,1	0,8	6,2	6,1	2,99	74	1,8
<u>St. 3.</u>							
1	2,1	11,9	89,4	6,0	2,43	33	0,4
2	2,6	11,1	84,0	-	-	-	-
3	3,0	10,0	76,5	-	-	-	-
4	3,2	9,3	71,8	6,1	2,65	35	0,4
5	3,3	8,8	68,1	-	-	-	-
6	3,3	8,3	64,4	-	-	-	-
7	3,3	8,9	69,2	-	-	-	-
8	3,3	7,5	58,3	6,1	2,68	37	0,5
9	3,4	7,7	59,5	-	-	-	-
10	3,4	7,7	59,5	-	-	-	-
11	3,4	7,5	58,5	-	-	-	-
12	3,4	-	-	-	-	-	-
13	3,5	7,4	57,9	-	-	-	-
14	3,5	5,9	45,6	-	-	-	-
15	3,5	7,1	55,1	-	-	-	-
16	3,6	6,3	48,7	6,2	2,69	39	0,6
17	3,7	5,6	43,5	6,1	2,74	39	0,5

Tabell 4.

Vannprøver fra Nordbysjøen.
Bakteriologiske analyser.

Dato:	Stasjon:	m dyp:	Colibakterier /100 ml	Kimtall/ml 20°C
11/8-60	1	1	2	31
		4	7	27
		8	2	16
		11 ^{x)}	2	37
15/8-60	2	1	10	15
		4	16	20
		8	24	16
		12	10	5
		16	8	10
		18	5	14
15/8-60	3	1	1	23
		4	8	7
		8	29	13
		12	6	9
		16	10	10
		18,5 ^{x)}	28	16

x) Mye grums.