

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
BLINDERN

0-5/70

KOLBOTNVATN

Sammenstilling av undersøkelsesresultater 1972-1977

18. januar 1978

Saksbehandler: Hans Holtan  
Medarbeider : Gjertrud Holtan

Instituttstjef: Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0021-5

INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING	5
2. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE	6
3. ANALYSEMETODIKK	10
4. KORT KOMMENTAR TIL DE FORSKJELLIGE PARAMETRE	12
5. RESULTATER	21
5.1 Siktedyp og innsjøens farge	21
5.2 Temperaturforhold	21
5.3 Oksygenforhold	23
5.4 pH (surhetsgrad)	26
5.5 Konduktivitet	28
5.6 Plantenæringsstoffer	28
5.6.1 Nitrogenforbindelser	28
5.6.2 Fosforforbindelser	30
5.7 Tørrstoff, gløderest (uorganisk materiale) og glødetap (organisk mageriale), mg/l	35
5.8 Klorofyll	35
5.9 Planteplankton	37
6. KONKLUSJON	41
7. RAPPORTER BRUKT UNDER FRAMSTILLINGEN	43

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Kolbotnvatn. Prøvetakingsfrekvens og analyseprogram i perioden 2.11.1972-19.5.77	9
2. Kolbotnvatn. Siktedyp (m) på observasjonsdagene i perioden 8.11.1972-19.5.77	21
3a. Kolbotnvatn. Temperatur, °C, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	44
3b. Kolbotnvatn. Temperatur, °C, på observasjonsdagene i perioden 29.1.1974-10.6.1976, stasjonene 1, 3, 4, 5	45
4a. Kolbotnvatn. Oksygen, mg O <sub>2</sub> /l, på observasjonsdagene i perioden 8.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	46
4b. Kolbotnvatn. Oksygen, mg O <sub>2</sub> /l, på observasjonsdagene i perioden 29.1.1974-10.6.1976, stasjonene 1, 3, 4, 5	47
5a. Kolbotnvatn. Oksygen, % metning, på observasjonsdagene i perioden 8.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	48
5b. Kolbotnvatn. Oksygen, % metning, på observasjonsdagene i perioden 29.1.1974-10.6.1976, stasjonene 1, 3, 4, 5	49
6a. Kolbotnvatn. pH på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	50
6b. Kolbotnvatn. pH på observasjonsdagene i perioden 29.1.1974-10.6.1976, stasjonene 1, 3, 4, 5	51
7a. Kolbotnvatn. Konduktivitet, µS/cm, 20°C, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	52
7b. Kolbotnvatn. Konduktivitet, µS/cm, 20°C, på observasjonsdagene i perioden 29.1.1974-10.6.1976, stasjonene 1, 3, 4, 5	53
8. Kolbotnvatn. Totalt nitrogen, µg N/l, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	54
9. Kolbotnvatn. Nitrat, µg N/l, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	55
10. Kolbotnvatn. Totalt fosfor, µg P/l, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	56
11. Kolbotnvatn. Ortofosfat, µg P/l, på observasjonsdagene i perioden 2.11.1972-9.8.1976, stasjon 2	57
12. Kolbotnvatn. Tørrstoff, mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20.3.1973-9.8.1976, stasjon 2	58
13. Kolbotnvatn. Uorganisk materiale (gløderest), mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20.3.1973-9.8.1976, stasjon 2	59
14. Kolbotnvatn. Organisk materiale (glødetap), mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20.3.1973-9.8.1976, stasjon 2	60
15. Kolbotnvatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater fra 29.1. og 19.5.1977	61
16. Analyseresultater av planteplankton fra Kolbotnvatn	62

FIGURFORTEGNELSE

	Side
1. Kolbotnvatn. Dybdekart med stasjonsplassering, morfologiske og hydrologiske data	8
2. Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Temperatur, °C, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974-9/8 1976	22
3. Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Oksygen, mg O <sub>2</sub> /l, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974-9/8 1976	24
4. Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Oksygen, prosent metning, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974-9/8 1976	25
5. Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. pH-verdier på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974-9/8 1976	27
6. Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt nitrogen og nitrat, µg N/l, på observasjonsdagene i perioden 2/11 1972-9/8 1976	29
7. Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt fosfor og ortofosfat, µg P/l, på observasjonsdagene i perioden 2/11 1972-9/8 1976	31
8. Kolbotnvatn, stasjon 2. Tørrstoff og organisk materiale, mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20/3 1973-9/8 1976	33
9. Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt nitrogen, nitrat, totalt fosfor, ortofosfat, tørrstoff og organisk materiale. Middelerverdier 2/11 1972-9/8 1976	34
10. Kolbotnvatn, stasjon 2. Siktedyp i meter, klorofyll a (µg/l) og tørrstoff/organisk materiale (mg/l) på observasjonsdagene i perioden 8/11 1972-19/5 1977	36
11. Planteplanktonvolum og sammensetning i prøver fra Kolbotnvatn på observasjonsdagene i perioden 20/3 1973-19/5 1977	39
12. Fordelingen i vannmassene av blågrønnalgen <u>Oscillatoria agardhii</u> i prøver fra Kolbotnvatn 24/1 1977	40

## 1. INNLEDNING

Etter forslag fra Norsk institutt for vannforskning (rapport: 0-5/70. Kolbotnvatn. En limnologisk undersøkelse 1967-1970. Blindern, juni 1971 og brev datert 9. november 1972) ble det våren 1973 satt i gang luftningstiltak i Kolbotnvatn ved montering av en såkalt "Limnox 20". Dette er et apparat som tilfører oksygen til de dypere partier av innsjøen, og følgelig motvirker dannelse av oksygenfrie og dermed reduktive tilstander i innsjøen, spesielt i de bunnære vannmasser.

Sjørestaureringsaggregatet (skisse på forsiden) er konstruert for innsjøer med termisk sjiktning (dvs. med dyp større enn 10 m) og består i prinsippet av et indre og et ytre luftningskammer, avluftningsrør og et antall utløpsarmer. Det virker på følgende måte: Aggregatet forankres (i hypolimnion) like ovenfor bunnen og suger det oksygenfattige vannet inn i det indre luftningskammeret, hvor oksygen tilsettes gjennom intensiv kontakt med trykkluft. Vannet går deretter ut i det ytre kammeret og via utløpsledningene fordeles det tilbake ut i de bunnære vannmasser (hypolimnion). Overskuddsluften samles i overdelen av aggregatet og slippes ut ved vannoverflaten via avluftningsrøret. En reduksjonsventil opprettholder korrekt trykk i luftningskammerene. På grunn av arbeidsdypet muliggjør "Limnox 20" maksimalt oksygenopptak til vannet og tilfører sjøen opp til 250 kg oksygen pr. døgn.

Den 19. november 1973 ble det oversendt Oppegård kommune, Teknisk etat, et notat (Undersøkelser av Kolbotnvatn. Notat av 19.11.73) angående innsjøens tilstand og samme dag et brev med forslag til en enkel kontrollundersøkelse av Kolbotnvatn, i vesentlig grad av oksygenforholdene. Programmet ble positivt mottatt i kommunen og undersøkelsen satt i gang i januar 1974. I perioden 1974-1977 er det levert et notat (Undersøkelser av Kolbotnvatn i forbindelse med luftningsforsøk. Notat av 21.8.74), og ellers har man muntlig forsøkt å holde kommunen orientert om forholdene i innsjøen.

Feltarbeidet og analyser foretatt i felt er utført av flere av instituttets ansatte, i første rekke Brynjar Hals, Gjertrud Holtan og Asbjørn Wang. Kjemiske og biologiske analyser er foretatt ved henholdsvis NIVAs kjemiske og biologiske laboratorier. Pål Brettum har hatt ansvaret for planteplanktonmaterialet og behandlet dette i rapporten. Kai Sørensen har vært konsultert i forbindelse med klorofyllresultatene. Gjertrud Holtan har bearbeidet det fysisk-kjemiske tallmaterialet og i vesentlig grad utarbeidet rapporten. Hans Holtan er ansvarlig saksbehandler for undersøkelsen.

## 2. DEN UTFØRTE UNDERSØKELSE

I perioden november 1972 - oktober 1973 ble det samlet inn prøver fra Kolbotnvatn (stasjon 2, fig. 1) i alt 7 ganger. Resultatene fra disse observasjonene er behandlet i notatet:

Norsk institutt for vannforskning  
O-5/70. Undersøkelser av Kolbotnvatn  
Blindern, 19. november 1973

og i vår rapport:

Norsk institutt for vannforskning  
A 2-05. Små eutrofe innsjøer i tettbygde strøk.  
Østensjøvatn, Oslo. Årungen, Ås. Kolbotnvatn, Oppegård.  
Langevatn, Lørenskog.  
Blindern, 10. april 1975.

En del av analyseresultatene (tabell 1) er imidlertid tatt med her for oversiktens skyld.

I perioden januar 1974 - august 1976 er det blitt foretatt i alt 16 observasjoner i Kolbotnvatn. Prøvetakingsfrekvens og analyseprogram for de forskjellige stasjoner og parametre går fram av tabell 1. På stasjonene 1-5 (avmerket på fig. 1) er temperatur, oksygen, surhetsgrad (pH) og konduktivitet blitt målt. Parametrene er bestemt ved hjelp av feltinstrumenter. I tillegg er det hver gang blitt samlet inn prøver fra innsjøens dypeste område (stasjon 2) fra 1, 6, 12 og 18 meters dyp. Disse prøvene er analysert på totalt nitrogen, nitrat, totalt fosfor, ortofosfat, tørrstoff og gløderest. I prøvene fra 1 og 6 meters dyp er også klorofyllinnholdet målt. Analyseresultatene fra 29. januar - 8. august 1974 er presentert i vårt notat:

Norsk institutt for vannforskning  
O-5/70. Undersøkelser av Kolbotnvatn i forbindelse  
med luftningsforsøk (nr. 2).  
Blindern, 21. august 1974.

Disse resultater er innarbeidet i denne rapport. I tillegg er innsjøens siktedyp på observasjonsdagene blitt målt i alt 16 ganger på stasjon 2 og ved enkelte anledninger på de andre stasjoner i løpet av denne tiden. I denne perioden er det kun samlet inn 1 planteplanktonprøve (10. juni 1976, 4 m). Resultatene er oppstilt i tabell 16 og figur 11 sammen med resultater fra undersøkelsen i 1973.

I 1977 er det blitt samlet inn prøver i Kolbotnvatn to ganger, nemlig 24.1. og 19.5.

De fysisk-kjemiske analyseresultatene for begge serier går fram av tabell 15. Prøver fra 1 og 6 meters dyp er i tillegg analysert på klorofyll, og den 19. 5. ble siktedypet målt. Disse resultater er framstilt i figur 10 sammen med resultater for tørrstoff/organisk materiale, og behandlet i avsnitt 5.8.

Resultater for planteplanktonanalyser fra 19.5.1977 går også fram av tabell 16 og figur 11, mens resultatene fra 24.1. er vist i figur 12. Planteplanktonmaterialet er for hele perioden behandlet i avsnitt 5.9.

Som nevnt har hovedmålsetningen med undersøkelsen vært å følge opp hvilken betydning "Limnoxen" hadde for oksygenforholdene i innsjøen. De øvrige analyser har, som det går fram av ovenstående, vært av sporadisk karakter (på grunn av de økonomiske forhold).

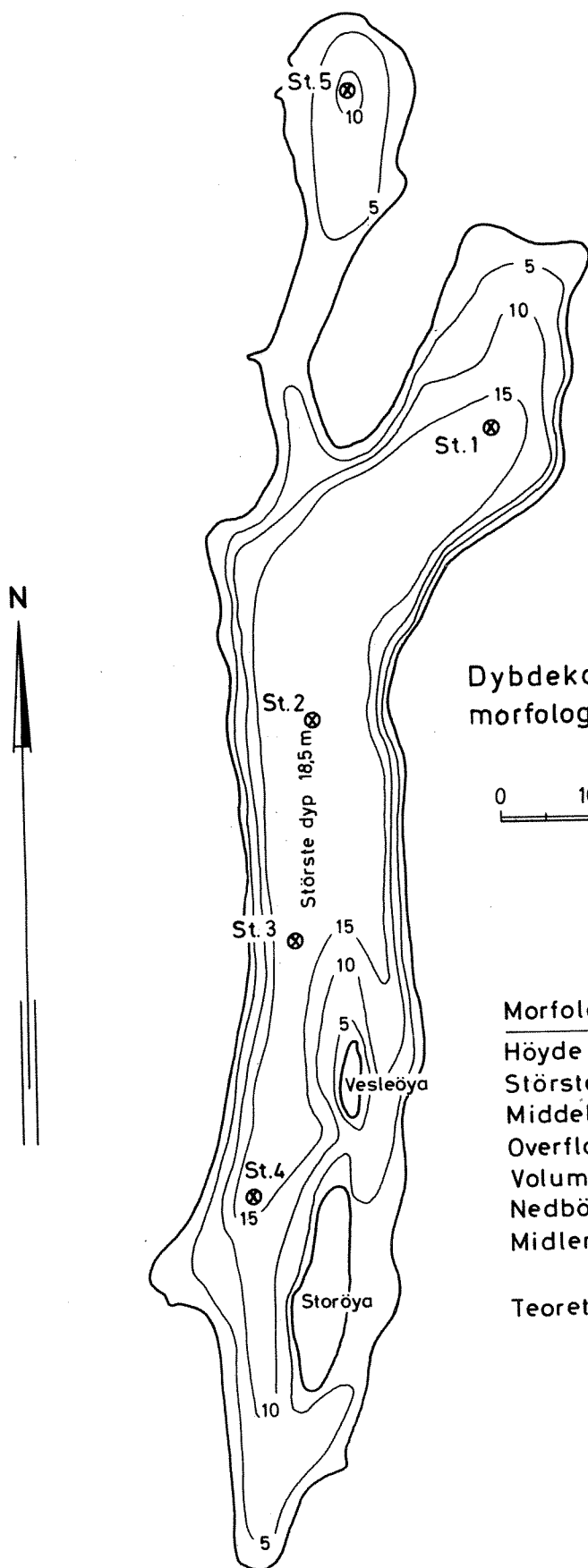
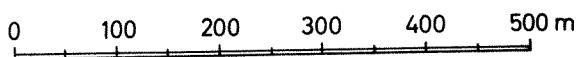


Fig.1  
Kolbotnvatn  
Dybdekart med stasjonsplassering,  
morfologiske og hydrologiske data



Morfologiske og hydrologiske data

Høyde over havet	95,2 m
Største dyp	18,5 m
Middel dyp	10,3 m
Overflate areal	0,303 km <sup>2</sup>
Volum	3,1 mill. m <sup>3</sup>
Nedbørfelt	2,96 km <sup>2</sup>
Midlere avløp	15 l/sek. pr. km
	3,14 mill m <sup>3</sup> /år
Teoretisk oppholdstid	ca. 2 år





### 3. ANALYSEMETODIKK

I det følgende er det gitt en kort omtale av de enkelte analysemetoder som ble benyttet.

Siktedypet er målt mot en hvit skive (Secchiskive) som senkes ned i vannet til det dyp der den forsvinner for øyet.

Temperatur, pH, konduktivitet og oksygen er blitt bestemt ved hjelp av feltinstrumentet Martek Mark I Water Quality Monitoring System. Denne standardmodellen er et "4 i ett instrument" og består av følgende separate modeller: Model TMS Temperature, Model CMS Conductivity, Model DOA Dissolved Oxygen Monitors og Model HMS pH Monitor. Det er gjennom undersøkelsesperioden tatt en del stikkprøver som er blitt analysert på NIVAs laboratorium. Disse resultatene viste at feltmålingene er sammenlignbare med laboratorieresultatene.

#### Totalt nitrogen

Rent vann: Bundet nitrogen overføres til en blanding av nitrat, nitritt og ammonium ved bestråling av ultraviolet lys i surt miljø i nærvær av hydrogenpersulfat. Den bestrålte prøven overføres til AutoAnalyzer hvor den går gjennom en slukkolonnie som reduserer nitrat-nitritt til ammonium. Totalt nitrogen bestemmes som ammonium.

Kloakk: Bundet nitrogen overføres til nitrat ved hjelp av kaliumpersulfat under trykk og varme. Totalt nitrogen bestemmes som nitrat.

Benevning:  $\mu\text{g N/l}$ , kloakk:  $\text{mg N/l}$ .

#### Nitrat

Den benyttede analysemetode gir et resultat som omfatter nitrat og nitritt. Analysen er foretatt med Technicon AutoAnalyzer. Nitrat reduseres til nitritt i en kadmium-kobber kolonne ved pH 8,6. Det dannede nitritt diazoteres med sulfanilamid og kobles med N-(1-Napthyl)-ethylendiamin. Fargen måles ved 520  $\text{m}\mu$ .

Benevning:  $\mu\text{g N/l}$ .

### Totalt fosfor

Prøvene for totalt fosfor-analyser er tatt på glassflasker og konservert som nevnt for orto-fosfat (nedenfor). Rent vann: Bundet fosfor overføres til orto-fosfat ved oksydasjon ved UV-belysning. Når det gjelder kloakk med kaliumpersulfat under trykk og varme. Etter denne behandling foretas analysen med AutoAnalyser som beskrevet for orto-fosfat.

Benevning:  $\mu\text{g P/l}$ .

### Orto-fosfat

Vannprøver for fosfatanalyser er tatt på glassflasker og tilsatt fortynnet svovelsyre ved prøvetakingen. Syretilsetningen hindrer adsorpsjon av fosfat til flaskens vegger. Samtidig stanses vekst av mikroorganismer som forbruker orto-fosfat. Behandlingen kan medføre at andre fosforforbindelser i prøvene overføres til orto-fosfat. Analysen gjennomføres kolorimetrisk på Technicon AutoAnalyser. Orto-fosfat reagerer med ammoniumheptamolybdat i surt miljø til gulfarget fosformolybdensyre som reduseres med ascorbinsyre ved  $70^{\circ}\text{C}$  til molybdenblått. Oksalsyre tilsettes reagenset for å redusere interferens fra silisium.

Benevning:  $\mu\text{g P/l}$ .

### Tørrstoff og gløderest

Med tørrstoff menes tørrvekten av det suspenderte materialet i vann. Tørrstoff bestemmes ved å filtrere et bestemt volum av vannprøven gjennom et glassfiberfilter (Whatman bF/C) som deretter tørkes i en time ved  $95^{\circ}\text{C}$ . Filterets vektøkning er et mål på vannets innhold av suspendert materiale og uttrykkes som mg tørrstoff/l.

Gløderest er den del av tørrstoffet som blir igjen etter at det organiske materialet er blitt forbrent. Gløderest bestemmes ved at filterresten etter tørrstoffbestemmelsen opphetes til  $490^{\circ}\text{C}$  i en time og deretter veies. Gløderesten angis som mg gløderest/l.

#### 4. KORT KOMMENTAR TIL DE FORSKJELLIGE PARAMETRE

##### Siktedyp

Med en innsjø's gjennomskinnelighet eller siktedyp menes det dyp hvor en nedsenket, horisontal, hvit skive (Secchi-skive) blir usynlig fra vannoverflaten. Til tross for at metoden er beheftet med atskillige feilkilder, gir den et verdifullt mål på vannets optiske egenskaper. Siktedyp er avhengig av graden av leire-, slam- eller planktontilgrumsingen og også av vannets farge. Variasjonen i løpet av året kan derved være meget stor, men det forekommer også en variasjon i løpet av døgnet på grunn av vekslende lysklima.

Gjennom siktedypbestemmelsen får man kjennskap til hvor langt lyset trenger ned i vannmassen, da man regner med at siktedypet tilsvarer det nivået hvor bare ca. 5% av det innfalle sollyset når. Ved at plantene er avhengig av sollyset for sin assimilasjon, kan man ved måling av siktedyp få kjennskap til en innsjø's algeproduserende vannmasse. Videre er siktedypet i høy grad en funksjon av innsjøens omgivelser og produksjonskapasitet og kan derved gi viktig informasjon om disse forholdene (tilførsel av salter, leirepartikler, humus-stoffer, plantenæringsstoffer m.m.). Ved kartlegging av forurensningsutslipp kan også siktedypsmålinger være et bra hjelpemiddel.

De høyeste verdier for siktedypet (10-40 m) finner en i lavtproduserende innsjøer i sterile fjell- og bergområder. I breslam-grumsete innsjøer kan imidlertid siktedypet reduseres til bare noen desimeter. Normalt finner en et siktedyp på 5-10 m i våre upåvirkede vannforekomster i lavlandet. Spesielt humusrike og høyproduktive (planteplanktonrike) og ofte leirgrumsete innsjøer pleier å ha siktedyp på mellom 1 og 3 meter.

##### Temperatur

Temperaturforholdene (varmeforholdene) påvirker vannets plante- og dyreliv både direkte (stoffomsetningen, tilvekst, forplantning osv.) og indirekte (virkninger av f.eks. temperatursjiktning, stagnert vann med oksygenmangel osv.). Temperaturen er derfor en nøkkelparameter

når det gjelder innsjøenes og vassdragenes stoffhusholdning. Videre påvirker temperaturen de fysiske-kjemiske prosessene som f.eks. reaksjonshastigheter og metningsverdier for oppløste gasser i vannet - spesielt oksygen.

Ved temperaturmålinger i innsjøer er man spesielt interessert i å få et bilde av de rådende sjiktforhold. På grunn av at vannets tetthet praktisk talt i sin helhet avhenger av temperaturen slik at tetthetsdifferensen pr. grad øker med stigende temperatur over  $4^{\circ}\text{C}$  eller synkende temperatur under  $4^{\circ}\text{C}$ , oppstår en mer stabil termisk sjiktning jo lengre en viss temperaturgradient ligger fra  $4^{\circ}\text{C}$ .

Våre tempererte innsjøer gjennomgår oftest fire forskjellige termiske perioder pr. år, nemlig to sirkulasjonsperioder (vår og høst), da temperaturen ligger nær  $4^{\circ}\text{C}$ , og hele vannmassen ved vindpåvirkning lett kan blandes, og to stagnasjonsperioder da vannmassen på grunn av den termiske sjiktning inndeles i to hoveddeler (sommer og vinter). I innsjøer som ikke er så utsatt for vindpåvirkning, uteblir ofte vårsirkulasjonen. Slike innsjøer sier vi er vårmeromiktiske. Om sommeren har man en stabil lagdeling med relativt varmt vann oppå noe kaldere - sommerstagnasjonsperioden. Om vinteren er vannmassene i overflatelaget avkjølt, og vindfaktoren uteblir på grunn av isdekket. Da har man altså en stabil lagdeling med kaldt vann oppå noe varmere i dypet - vinterstagnasjonsperioden.

Spesielt er stagnasjonsperiodene av limnologisk interesse på grunn av at vannmassene derved deles i to hovedsjikt, et øvre (epilimnion) hvor temperaturforholdene på det nærmeste er ensartet (homoterme), og total-sirkulasjon lett oppstår under vindpåvirkning, og et nedre sjikt (hypolimnion) hvor temperaturforholdene er relativt ensartet (en svakt avtakende gradient mot bunnen om sommeren, og en svakt stigende gradient mot bunnen om vinteren). Dette sjiktet ligger derfor mer eller mindre "låst" under det øvre sjiktet og vil bare kunne påvirkes ved ekstra sterk vindpåvirkning. Normalt er det ikke noen større sirkulasjon og omblanding av vannet i dette sjikt. Videre er vannutskiftningen med de ovenforliggende vannmassene meget liten, men på grunn av forandringer i de ytre påvirkningskrefter (vind, lufttrykk, tilløpsvann osv.) er det som regel alltid en viss bevegelse også i de dypere liggende vannmasser.

Mellom de to vannsjiktene finnes et overgangssjikt (metalimnion, termoklin, sprangsjikt) hvor temperaturkurven har et "infleksjonspunkt", dvs. sterkt heteroterme temperaturforhold. Den resulterende tetthetsgradient er iblant så kraftig at betydelige mengder organisk materiale som synker kan danne en "falsk bunn" i dette nivå. Ved vindpåvirkning oppstår kompliserte turbulensfenomener i dette sjiktet, som delvis kan forårsake en vannutskiftning mellom de to hovedsjiktene.

Temperaturstudier gir således verdifulle opplysninger særlig om innsjøenes dynamikk og for beregning av "varmebudsjett", og er av vesentlig verdi når det gjelder tolkning av øvrige parametre av fysisk-kjemisk og biologisk natur. Videre er temperaturen en brukbar parameter når det gjelder å studere strømforholdene og ved kartlegging av diverse utslipp.

### Oksygen

Oksygenet er et uunnværlig element for vannets plante- og dyreliv. Oksygeninnholdet er derfor en avgjørende faktor for vannets organismesamfunn. Videre har oksygenet stor betydning for viktige kjemiske oksydations- og reduksjonsprosesser i vannmassene og i bunnsedimentene. Innenfor limnologien spiller oksygenet dessuten en betydelig rolle som indikator for innsjøenes og vassdragenes stoffomsetning.

Ved ren diffusjon skjer oksygenets opptak og transport i stillestående vann ytterst langsomt. (For bare ved diffusjon å mette en 250 m dyp og opprinnelig oksygenfri innsjø med oksygen, ville en trenge ca. 1 million år.) Vannets evne til å ta opp og løse oksygen avtar med stigende temperatur. Oksygenets løselighet i vann ved 30°C er bare vel halvparten av løseligheten ved 0°C. Ved 0°C finner man i mettet vann ca. 14 mg O<sub>2</sub>/l og ved 20°C knapt 9 mg O<sub>2</sub>/l.

Oksygeninnholdet i innsjøer og vassdrag bestemmes av flere faktorer. En økning av oksygenkonsentrasjonen beror for det meste på tilførsler fra luften under vindpåvirkning eller turbulens, f.eks. i en foss, og på planteplanktonets (innsjø) samt bunn- og strandvegetasjonens karbon-dioksydassimilasjon (innsjø, vassdrag) (fotosyntese). Dyr og planters

respirasjon og nedbrytning av organisk materiale gir derimot en reduksjon i oksygeninnholdet. Det vil også alltid være et oksygentap til luften. Da disse og flere andre faktorer (bl.a. lufttrykket) avvekslende innvirker på oksygenkonsentrasjonen i vannet, finner man i virkeligheten sjelden den teoretiske metningsverdi (dvs. 100% metning) ved en bestemt temperatur og i en bestemt høyde over havet.

Studiet av vannets oksygeninnhold og metningsverdi i vertikal (innsjøer) og horisontal (innsjøer, elver) retning gir meget verdifulle opplysninger om vannets biologiske stoffomsetning, næringstilgang og organiske belastning.

I den næringsrike (eutrofe) innsjøen er det stort oksygenforbruk i hypolimnion under stagnasjonsperioden (sommer, vinter), og ofte oksygenoverskudd (metningsverdi over 100%) i overflatesjiktet (epilimnion) i produksjonsperioden om sommeren). Den næringsfattige (oligotrofe) innsjøen viser i sommerstagnasjonsperioden en temmelig jevn oksygenfordeling nær metningsverdien (80-100%) i hele vannmassen, absoluttverdiene (mg/l) øker gjerne nedover mot dypet etter som temperaturen avtar.

I løpet av produksjonsperioden om sommeren utsettes et næringsrikt vassdrag for svingninger når det gjelder oksygeninnholdet. Verdiene er høye, omkring - eller til og med over - metningsverdien om dagen når plantenes assimilasjon er høy, og verdiene er lave om natten når respirasjonen overtar.

Om vinteren viser disse vassdragene ofte lave verdier, og i enkelte tilfeller er det fritt for oksygen. Næringsfattige vassdrag har høyt oksygeninnhold som ligger nær eller ved metningsverdien, og det foreligger ingen døgnvariasjon.

Ved at såpass ulike oksygenforhold kan oppstå i våre innsjøer og vassdrag, kan faunaen og floraen i de forskjellige vanntypene komme til å bli forskjellige både med hensyn til artsforekomster, utbredelse og størrelse. Da organismesamfunnet i høy grad påvirker sine omgivelser, kommer derfor de forskjellige innsjøene til å forandres ytterligere med hensyn til næringsinnhold.

Det er spesielt det organiske materiale som tilføres våre innsjøer og vassdrag fra industri (særlig celluloseindustri og visse typer næringsmiddelindustri), jordbruk og kommunalt avløpsvann, som ved mer eller mindre sterk nedbrytning er blitt et alvorlig problem for oksygenbalansen i våre vannforekomster. Observasjoner av oksygeninnholdet i vannet er derfor av sentral betydning når det gjelder studier av disse forhold. For at en vannforekomst skal fungere normalt, regner man med at oksygeninnholdet i innsjøens epilimnion og i et vassdrag ikke bør ligge under 5 mg O<sub>2</sub>/l.

#### Vannets surhetsgrad, pH

pH er et mål for vannets konsentrasjon (eller rettere for aktiviteten) av hydrogenioner. pH reguleres i de fleste tilfeller av buffersystemet: CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>-CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (karbondioksyd-bikarbonat-karbonat-systemet). Vannet betegnes som surt når pH-verdien ligger under 7, og som basisk når verdien overstiger 7. Når karbondioksydverdien (CO<sub>2</sub>) øker, avtar pH-verdien, og vannet blir surere. Ved at karbondioksyd (CO<sub>2</sub>) forbrukes ved algenes og vannplantenes assimilasjon (solenergi + CO<sub>2</sub> → O<sub>2</sub> + C (organisk)) skjer det en relativ økning av bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) og karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)-verdiene; pH øker samtidig som oksygen (O<sub>2</sub>) frigjøres. Ved organismenes respirasjon og i en viss utstrekning ved nedbrytning av organisk materiale forbrukes oksygen, og karbondioksyd frigjøres; pH avtar. Særlig i næringsrike (eutrofe) innsjøer med rikelige alge- og vegetasjonsforekomster der ikke bare den frie karbondioksyden, men også den halvbundne karbonsyren (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) forbrukes ved assimilasjon, finner man derfor en utpreget døgnvariasjon for pH. Høyeste verdi for pH vil da forekomme om dagen - ofte kan man da måle pH-verdier på 9-10 (assimilasjonsperioden). Laveste pH-verdi forekommer om natten, og da spesielt den siste delen av natten.

I kalk- og bikarbonatfattig vann, mer eller mindre påvirket av organisk materiale (humus), spiller humus-syrene dessuten en viktig rolle for pH, og i ekstra sure myrvann (tjern) med høyt humusinnhold synes karbondioksydinnholdet å være av underordnet betydning for pH sammenliknet med humus-syrer og andre organiske syrer. pH henger videre sammen med vannets saltinnhold (ioner, elektrolytter). Jo høyere saltinnholdet er (særlig kalsium), jo mer buffret er vannet. Dette medfører høyere og stabilere pH-verdier.



Ved å måle pH kan man få informasjoner om hvilke biologiske forandringer som foregår i vannet. Videre er pH en viktig økologisk faktor, idet de forskjellige organismer og organismesamfunn har bestemte toleransegrenser. Stort sett kan man si at pH-verdier under 5 og over 8 virker skadelig og i mange tilfeller til og med dødelig for flere av organismene som lever i vann (akvatiske). pH-verdien har videre betydning når det gjelder å utnytte vannet som drikke- og industrivann, ettersom surt vann, i høyere grad enn basisk, virker korroderende på metaller og da spesielt på kobber, som bl.a. gir vannet dårlig smak.

### Konduktivitet, 20°C

Vannets konduktivitet gir et mål for elektrolyttinnholdet, eller enklere, vannets totale saltinnhold. De ioner som framfor alt er betydningsfulle for vannets saltinnhold, pleier å bli benevnt som hovedkomponenter og omfatter  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  og  $\text{K}^+$  på kationsiden og  $\text{HCO}_3^{--}$ ,  $\text{Cl}^-$  og  $\text{SO}_4^{--}$  på anionsiden. I enkelte tilfeller påvirkes også konduktiviteten av organiske syrer og hydrogenioner (spesielt i sure myrvann). Ionene (elektrolyttene) tilføres vannet med nedbøren (dette gjelder særlig  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{++}$  og  $\text{Cl}^-$ ) og ved utlakingsprosesser i nedbørområdet. Vannets ionesammensetning og saltinnhold er således avhengig av faktorer som nedbørens kjemiske sammensetning, de løse jordlagenes og berggrunnens beskaffenhet i nedbørfeltet, forholdet mellom nedbør og avdunsting og bidrag fra menneskelig aktivitet (forurensninger m.m.). Hertil kommer også biologiske og, spesielt for innsjøene, morfologiske forhold inn.

I de fleste av våre innsjøer utgjør  $\text{Ca}^{++}$  og  $\text{HCO}_3^{--}$  det dominerende ioneparet, og bare de innsjøer som ligger i områder med særpreget klimatisk eller geologisk karakter, har en naturlig avvikende ionesammensetning. I kystnære vannforekomster eller i vannforekomster som hovedsakelig påvirkes av nedbør, finner en ofte  $\text{Na}^+$  på kationsiden og  $\text{Cl}^-$  på anionsiden som dominerer. I humusrike skogsvann pleier  $\text{SO}_4^{--}$  å dominere på anionsiden.

Når det gjelder å gi en generell karakteristikk av et naturvann, er saltinnholdet av betydning etter som dette gir informasjon om i hvilken grad

en vannforekomst påvirkes av nedbørområdet (fjell, skog, dyrket jord osv.), nedbør og eventuelle forurensninger. Videre kan en ved å studere årsvariasjoner i vannets saltinnhold få et visst kjennskap til f.eks. en innsjøes biologiske og kjemiske stoffomsetning. Der det er om å gjøre å kartlegge f.eks. en forurensnings spredning i vannmassene, kan konduktiviteten være en brukbar parameter. Målinger av vannets saltinnhold er spesielt viktig ved vurdering av ionebytteprosesser og tap av salter fra nedbørfeltet.

Av de ovenfor nevnte ionene er  $\text{Ca}^{++}$ -ionene mest variable med verdier fra ca. 1 mg/l i sure vann til 100 mg/l i særlig kalkrike vann. Kalsium er av spesiell biologisk interesse etter som flere dyregrupper synes å være direkte avhengig av vannets Ca-innhold for å kunne eksistere. Det har videre vist seg at organismenes (f.eks. fisk) motstandskraft mot unormale forhold (f.eks. giftvirkninger av tungmetaller) øker når kalkinnholdet øker. Kalkinnholdet eller vannets hårdhet ( $\text{CaO} + \text{MgO}/\text{l}$  eller også uttrykt som  $\text{dH}^{\circ}$ , dvs. 10 mg  $\text{CaO}/\text{l}$ ) er av spesiell interesse når det gjelder å vurdere vannets kvalitet som drikke- og industrivann (særlig for vaske-rier). Kalksaltene bindes til fettsyrene i såpe og reduserer derved skumdannelsen hvis kalkinnholdet er høyt. Saltinnholdet og særlig kalkinnholdet er dessuten ytterst viktig for vannets bufferevne. Elektrolyttfattig vann finner man i områder hvor nedbørfeltet er bygd opp av harde bergarter og ofte i innsjøer med svært lite nedbørområde. I vannforekomster i skog- og lavlandsområder ligger verdien for konduktiviteten oftest mellom 20 og 40  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Avrenningsvann fra kalkrike jordbruksområder eller vann som påvirkes av forurensning, har ofte et elektrolyttinnhold som tilsvarer en konduktivitet på 100-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

#### Næringssalter, nitrogen og fosfor

Næringssalter eller minimumsstoffene som de også kalles, spiller en avgjørende rolle for en innsjøes eller et vassdrags biologiske balanse og stoffomsetning. Økning av næringssalttilførselen (ved forurensning) har derfor i mange av våre naturvann gitt betydelige gjødselseffekter (eutrofiering), først og fremst med planktonalgeoppblomstring (innsjø) og igjengroing (grunne innsjøer, vassdrag) som resultat. Dette er effekter som fra menneskelig synspunkt blir sett på som lite ønskelige, da verdien

av et vann som kilde for drikkevann, industrivann og rekreasjonsformål (bading, fiske) reduseres sterkt når slike tilstander opptrer. Derfor er det ved våre avløpsrenseanlegg nå aktuelt å satse på reduksjon av nærings-salter. Dette er blitt en både betydningsfull og omdiskutert sak. Hittil har man av gode grunner ansett fosfortilførselen som den alvorligste gjødselsfaktoren, og derfor i første rekke innrettet rensetiltakene deretter. Det er først og fremst den sterkt økende algeproduksjonen som har medført de alvorligste ulemper (tilgrumsing og misfarging, lukt og smaksforringelse, tetting av filtre, biologiske ulemper, forgiftning, sterkt økt oksygenforbruk ved nedbrytning av alger, forandrede lys- og næringsforhold for andre organismegrupper osv.).

Nitrogen og fosfor i naturvann er nært knyttet til de biologiske og kjemiske prosesser i vannet og slammet og opptrer derved i et flertall fraksjoner (løst, bundet osv.) i sitt limnologiske kretsløp. Av spesiell interesse er de fraksjoner som er direkte assimilerbare for plantene, nemlig nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) og fosfat-fosfor ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Innholdet av disse er lavt i produksjonsperioden fordi de opptas av plantene, og høyt i nedbrytningsperioden, samt i de vannsjikt der konstant nedbrytning og mineralisering foregår, f.eks. i hypolimnion i de lagdelte innsjøer.

Ved å få kjennskap til innholdet av nitrat og fosfat-fosfor og til totalinnholdet av nitrogen og fosfor, får man derfor både teoretisk og praktisk verdifull informasjon om en innsjø eller et vassdrags produksjonstilstand, produksjonskapasitet, påvirkning av forurensningsbelastning og dens følger.

Ved naturlige forhold regner en med at hoveddelen av det nitrogeninnhold som finnes i vannet, blir tilført og frigjort i vannmassen og bunnslammet ved nedbrytning av organisk substans som blir tilført fra nedbørområdet. Videre tilføres en betydelig mengde ved nedbøren og ved at enkelte alger (blågrønnalger) og bakterier direkte kan utnytte (forbruke) molekylært nitrogen ( $\text{N}_2$ ). Fosforet kommer fra fosforholdige mineraler (f.eks. apatitt) og er således under naturlige betingelser direkte avhengig av nedbørområdets geologi. I naturvann finner en ofte et forhold på ca. 1:25 mellom fosfor- og nitrogenmengden.

### Tørrstoff og gløderest

Tørrstoff er et mål for vannets innhold av frafiltrerbare organiske og uorganiske partikler (sestoninnholdet). Ved også å bestemme gløderesten får man informasjon om i hvilken grad disse partikler består av organisk eller mineralogisk materiale.

Under normale forhold består sestoninnholdet av organisk materiale i form av plante- og dyreplankton. I mer myrpåvirkede innsjøer og i små tjern og dammer spiller også humuspartiklene en viktig rolle. I vassdrag er ofte innslag av uorganisk materiale i form av leirpartikler og finere sand mer vanlig. Organisk materiale som humuspartikler og fragmenter fra bunnvegetasjonen kan også være av betydning og da spesielt i myrpåvirkede vassdrag. Under flomperioder og i forbindelse med utvasking av breslam får innsjøer og spesielt vassdrag ofte et høyt innhold av uorganisk seston.

I forbindelse med ulike forurensningspåvirkninger kan innsjøer og vassdrag tilføres store mengder både organisk og uorganisk materiale. Som eksempel på en forurensningskilde som øker vannets innhold av organisk seston kraftig, kan nevnes celluloseindustrien (fiber). Grubedriften er et eksempel på en forurensningskilde som kan bidra til å øke vannets uorganiske partikkelinnhold.

Kvalitet og kvantitet av organiske og uorganiske partikler er således avhengig av type vannforekomst, f.eks. prøver fra elv eller innsjø, fra kloakk- eller industriutslipp, ved flom eller normal vannstand osv.

Ved å bestemme vannets tørrstoffinnhold og gløderest, kan man således få god informasjon om den partikkelbelastning som foreligger, og i hvilken grad denne kan settes i forbindelse med de naturlige forhold eller med forurensningspåvirkninger. Ved belastnings- og transportberegninger for prognosering er tørrstoff- og gløderestbestemmelsene viktige, og da spesielt ved studier av forurensningspåvirkninger. Parameteren kan også med fordel anvendes for å spore omfanget av en eventuell påvirkning i vassdrag, innsjøer og fjorder.

## 5. RESULTATER

### 5.1 Siktedyp og innsjøens farge

Variasjonene i innsjøens siktedyp (m) ved de forskjellige prøvetakinger går fram av tabell 2 og figur 10. Variasjonsbredde for de målte verdier er 0,5-3,0 meter.

Tabell 2. Kolbotnvatn. Siktedyp (m) på observasjonsdagene i perioden 8.11.72-19.5.77.

Stasjon	1972	1973					1974				1975				1976		1977
	8.11.	20.3.	22.5.	3.7.	20.8.	11.10.	20.5.	2.7.	8.8.	28.10.	20.5.	10.7.	28.8.	6.11.	10.6.	9.8.	19.5.
I															2,8		
II	0,8	2,9	1,6	1,2		2,3	0,7	1,6	1,6	2,2	1,2	1,8	3,00	1,8	2,9	0,5	1,0
III									1,0								
IV								1,9	1,3	2,2	1,0	1,9	3,00	1,9			
V									1,2								

En sammenligning mellom siktedyp og planktontetthet (f.eks. uttrykt som klorofyll) eller tørrvekt og organisk materiale av sestonet i vannmassene viser god korrelasjon (fig. 10).

En innsjøes farge bestemmes av det lys som kommer ut fra innsjøens overflate, og som subjektivt oppfattes ved å se mot Secchi-skiven i halve siktedypet.

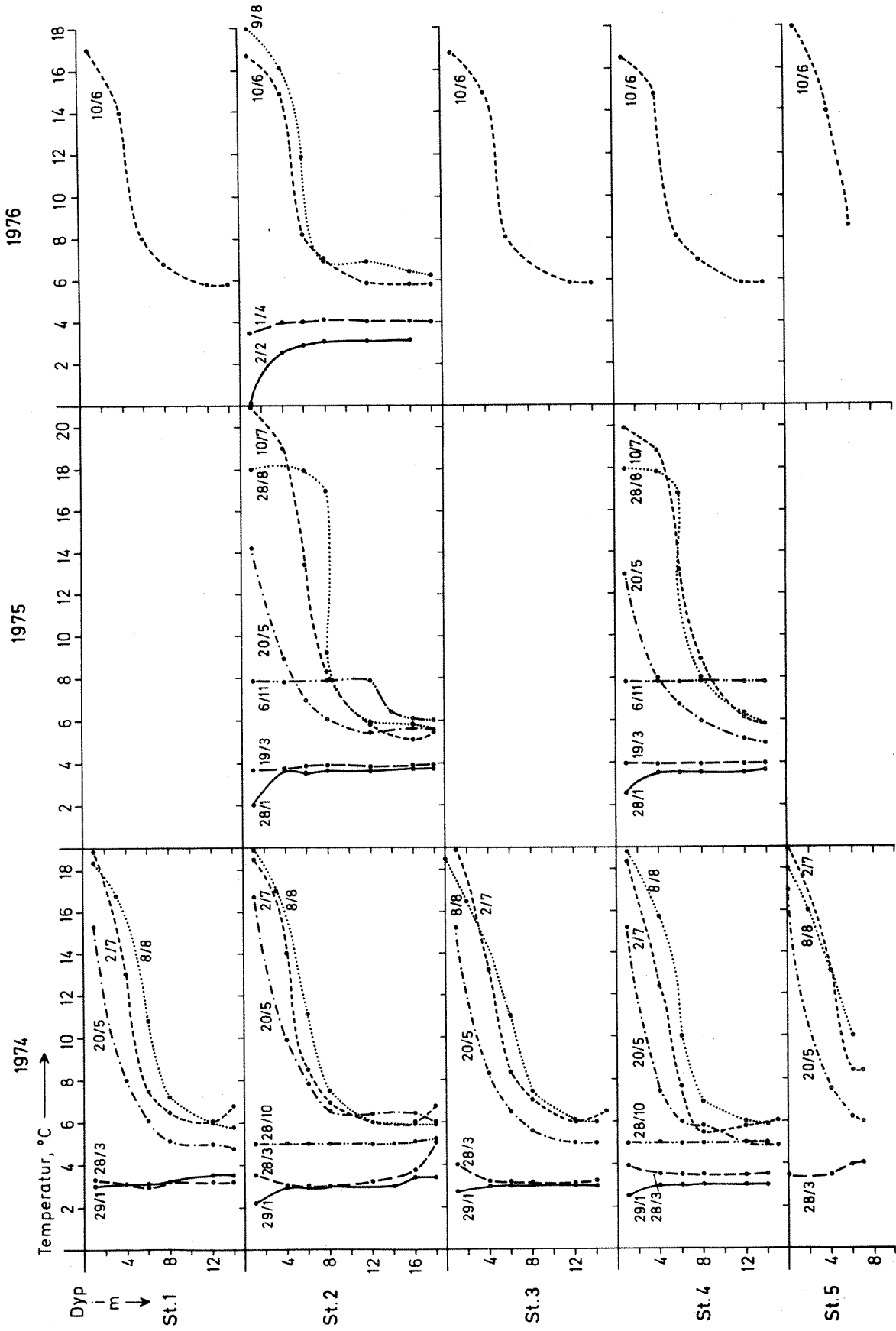
Innsjøens farge ved de forskjellige prøvetakinger har gult eller grønt som hovedkomponent (f.eks. gul, gullig grønt, grønnlig gul, brunlig gul).

Dette er karakteristisk for eutrofe innsjøer som har store konsentrasjoner av løst og suspendert organisk materiale og stor planktontetthet.

### 5.2 Temperaturforhold

Variasjonene i vannets temperatur på observasjonsdagene er framstilt i tabell 3 a, b og i figur 2. Middelerverdier for alle serier for hver stasjon går fram av tabell 3 a, b. Variasjonsbredde for hele materialet er 0,09 - 22,4°C og middelerverdi 7,42°C. I likhet med resultatene fra undersøkelses-

Fig. 2 Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Temperatur, °C, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974 - 9/8 1976



perioden 1967-1968 understreker også dette materialet at Kolbotnvatn har korte sirkulasjonsperioder, særlig om våren. Innsjøen går praktisk talt direkte over fra vintersituasjon til sommersituasjon uten at vannmassene i mellomtiden blir vesentlig omblandet. Om sommeren ligger sprangsjiktet i 6-8 meters dyp. I dyplagene på stasjon 2 og i nærheten av denne (st. 3) er temperaturen da ca.  $5-7^{\circ}\text{C}$  (i undersøkelsesperioden 1967-1968:  $4-5^{\circ}\text{C}$ ). Forskjellen kan ha sammenheng med bevegelser i vannmassene på grunn av effekten av luftningstiltaket (Limnoxen). I overflatelagene kan temperaturen om sommeren bli betydelig over  $20^{\circ}\text{C}$ . Når innsjøen er islagt (fra ca. slutten av november til månedsskiftet april-mai) ligger dypvannstemperaturen i området  $3-4^{\circ}\text{C}$ . Vannets temperatur øker mot bunnen utover vinteren. Dette er et naturlig fenomen som til dels har sammenheng med avgivelse av akkumulert sommervarme i bunnsedimentene samt visse kjemiske reaksjoner. Selv om temperaturforholdene på de forskjellige stasjoner viser et relativt ensartet variasjonsmønster, er det enkelte markerte forskjeller som sannsynligvis har sammenheng med de meteorologiske og innsjøhydrologiske forhold.

### 5.3 Oksygenforhold

Variasjonene i vannets oksygeninnhold og prosent metning er framstilt i tabellene 4, 5 a,b og figur 3 og 4. Middelerverdier for alle serier for hver stasjon går fram av de samme tabeller. Variasjonbredde for hele materialet er henholdsvis  $0,2-23,8 \text{ mg O}_2/\text{l}$  og  $1,5-252,4\%$  metning. Middelerverdier er  $6,52 \text{ mg O}_2/\text{l}$  og  $58,9\%$  metning.

Våren 1973 ble det satt i gang luftningsforsøk med en såkalt "Limnox" i Kolbotnvatn. Resultatene som er kommet fram etter at lufteren ble satt i drift viser tydelig dens betydning for oksygenfordelingen i vannmassene. På alle stasjoner, bortsett fra st. 5 (fig. 1), har det under stagnasjonsperiodene vært påvist det samme variasjonsmønsteret. Innholdet av oksygen er høyt nær overflaten (overmetning i sommermånedene mai-august), men avtar henimot sprangsjiktet og har de lavest målte verdier i sprangsjiktområdet. Videre nedigjennom vannmassene øker oksygeninnholdet, men avtar igjen i de bunnære vannmasser. Hydrogensulfid er imidlertid bare påvist ved 3 anledninger, nemlig 20.3., 20.8. og 28.8. 1973 (oppstilt nedenfor). Det høye oksygeninnholdet i overflatelagene i sommermånedene har sammenheng med algeblomst, mens de lave oksygenverdiene i sprangsjiktområdet må

Fig.3 Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Oksygen, mg O<sub>2</sub>/l, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974 - 9/8 1976

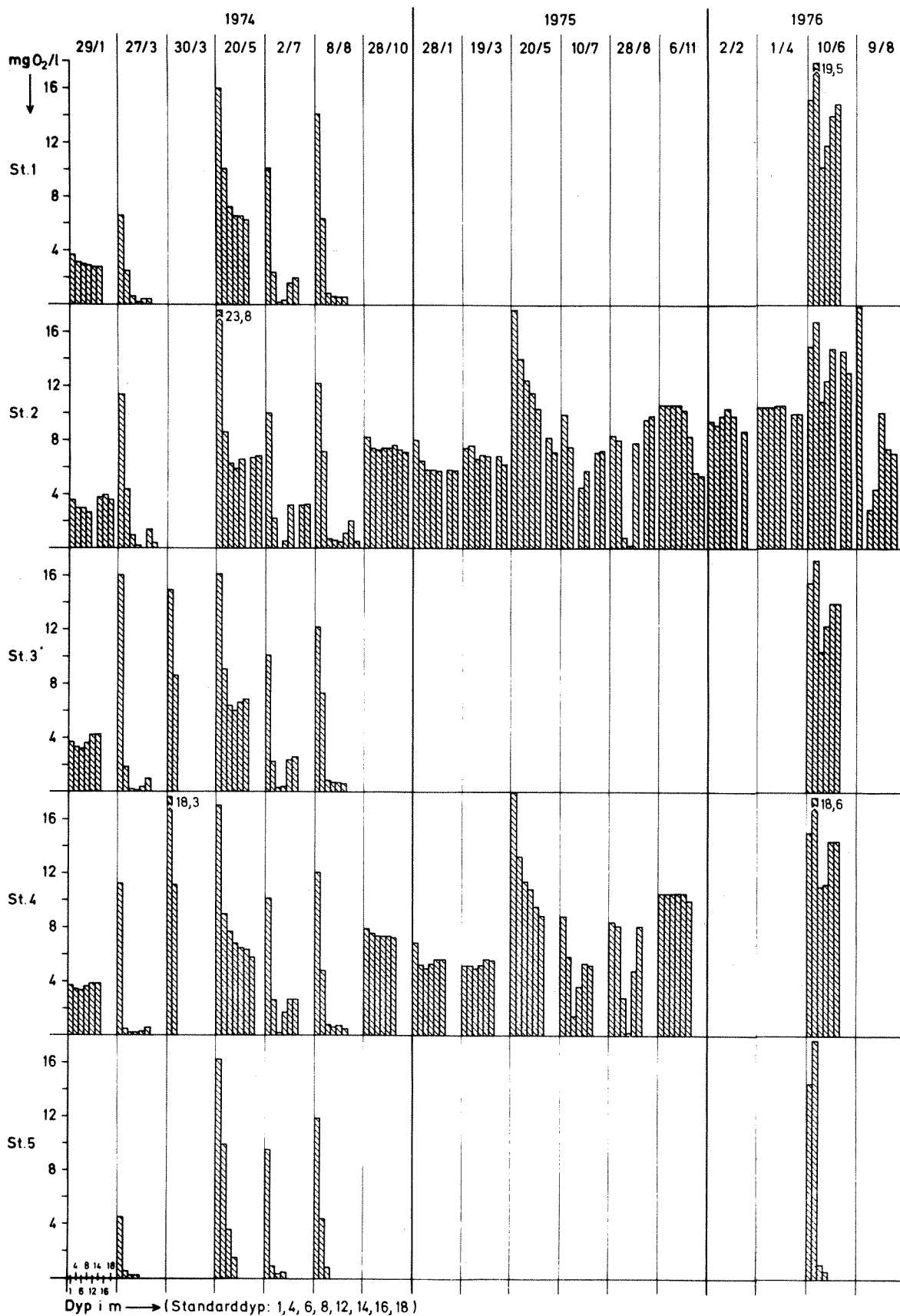
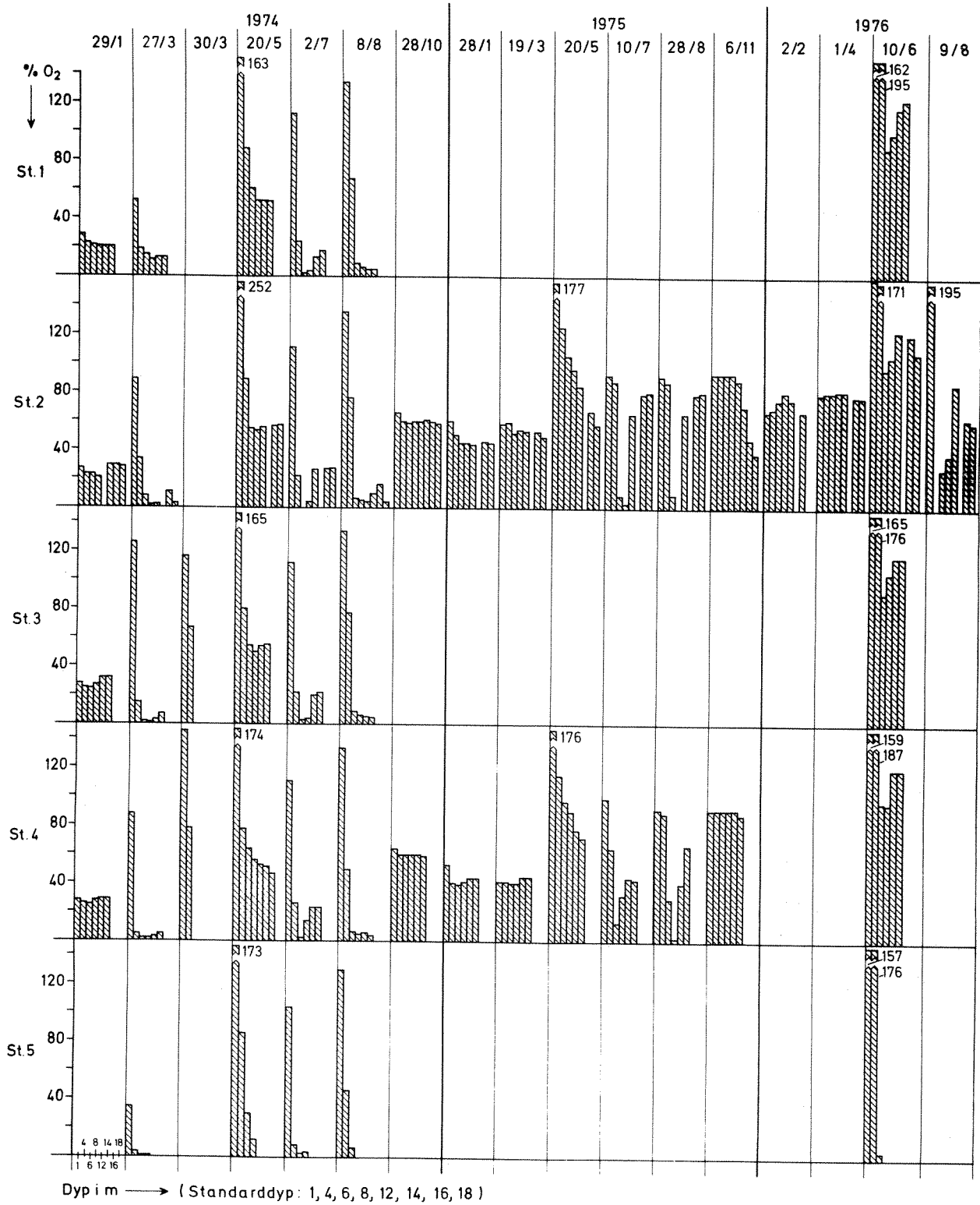




Fig. 4 Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. Oksygen, prosent metning, på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974 - 9/8 1976



skyldes sterk nedbrytning av organisk materiale umiddelbart under det tette sjiktet av plankton i epilimnion. Økningen av oksygen nedover gjen-speiler "Limnoxen's" effekt. De meget høye oksygenverdier målt i overflatelagene om vinteren må ha sammenheng med planteproduksjon under isen. Høstsirkulasjonen foregår i oktober/november, og oksygenet er da stort sett jevnt fordelt i alle dyp. I de perioder hvor lufteren har vært ute av drift (f.eks. den 8. august 1974) har oksygeninnholdet vært høyt i overflatelagene og lavt (praktisk talt null) i dypet. Etter at "Limnoxen" ble installert har det også til tider vært svært lavt oksygeninnhold under sprangsjiktet og i dypvannsmassene, men det har, som nevnt, bare vært observert oksygenfrie forhold 3 ganger. (Antakelig har "Limnoxen" vært ute av drift i nevnte periode.) På stasjon 5 (fig. 1), hvor lufteren har dårligst virkning, er oksygenfordelingen omtrent slik den var tidligere, men det har på observasjonsdagene ikke vært påvist hydrogensulfid.

Hydrogensulfid, mg H<sub>2</sub>S/l i Kolbotnvatn.

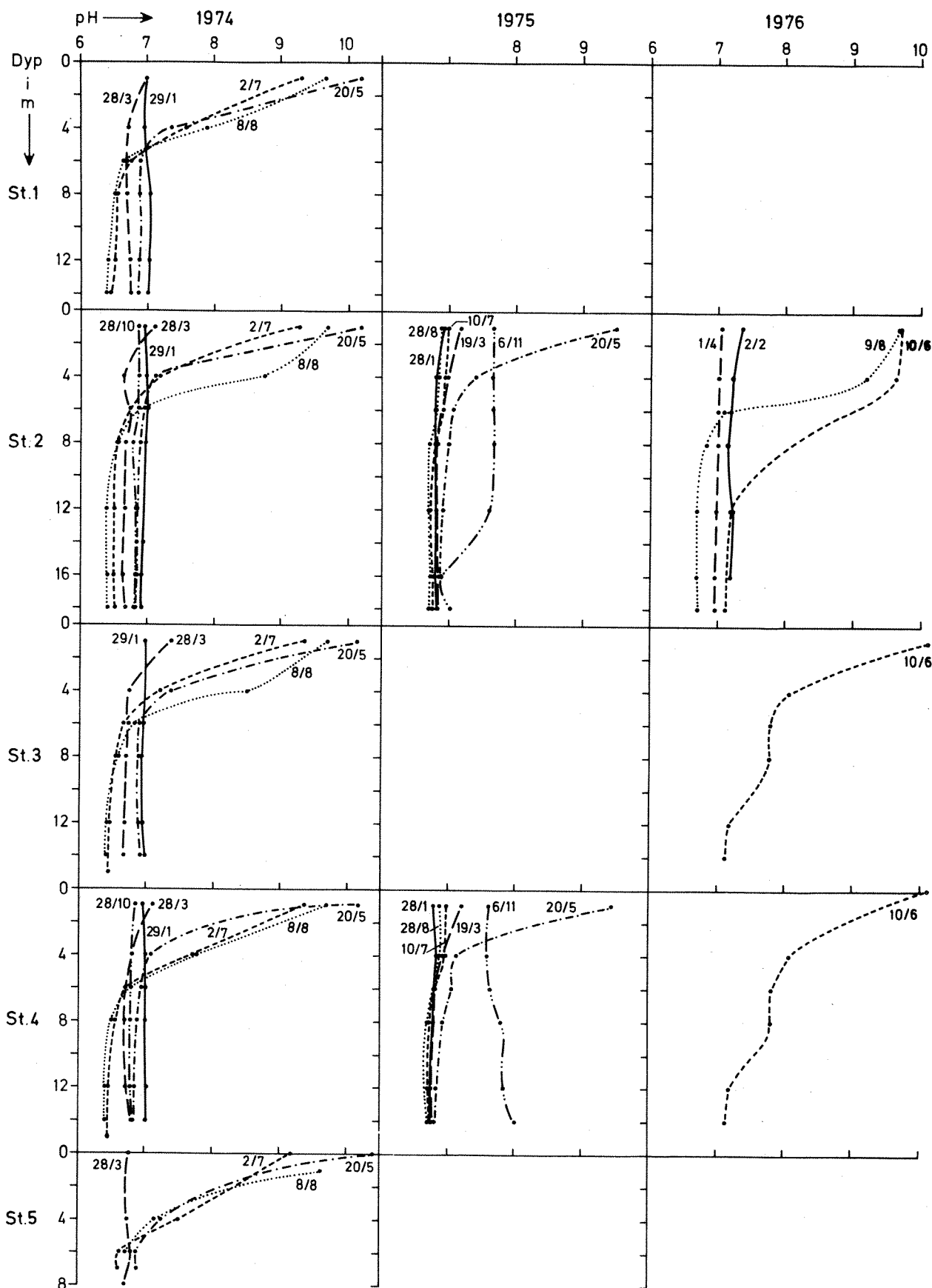
m dyp → Dato	10 m	12 m	18 m
1973			
20.3.			0,90
20.8.	0,30		0,50
28.8.	0,30	0,18	0,50

#### 5.4 pH (surhetsgrad)

Variasjonene i vannets pH (surhetsgrad) på observasjonsdagene er framstilt i tabell 6 a, b og i figur 5. Middelerdier for alle serier for hver stasjon går fram av nevnte tabell. Variasjonsbredde for hele materialet er 6,33-10,9 og middelerdi 7,23.

Analyseresultatene viser at pH-verdiene i Kolbotnvatn normalt ligger i området pH = 7,0. I stagnasjonsperiodene om sommeren er det imidlertid

Fig.5 Kolbotnvatn, stasjonene 1-5. pH-verdier på observasjonsdagene i perioden 29/1 1974 - 9/8 1976



målt pH-verdier i overflatelagene på hele 10,9. Dette indikerer en intens planteproduksjon. pH-verdiene avtar mot dypet - et resultat av dekomponeringsprosesser og produksjon av karbondioksyd (kullsyre). Det er liten forskjell i vannets pH fra stasjon til stasjon.

## 5.5 Konduktivitet

Variasjonene i vannets elektrolyttinnhold på observasjonsdagene er framstilt i tabell 7 a, b. Variasjonsbredde for hele materialet er 143-275  $\mu\text{S/cm}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  og middelerdi 191  $\mu\text{S/cm}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$ .

Som tabellen viser, er det en tendens mot økende verdier mot dypet på alle stasjoner, men det er ingen systematiske variasjoner.

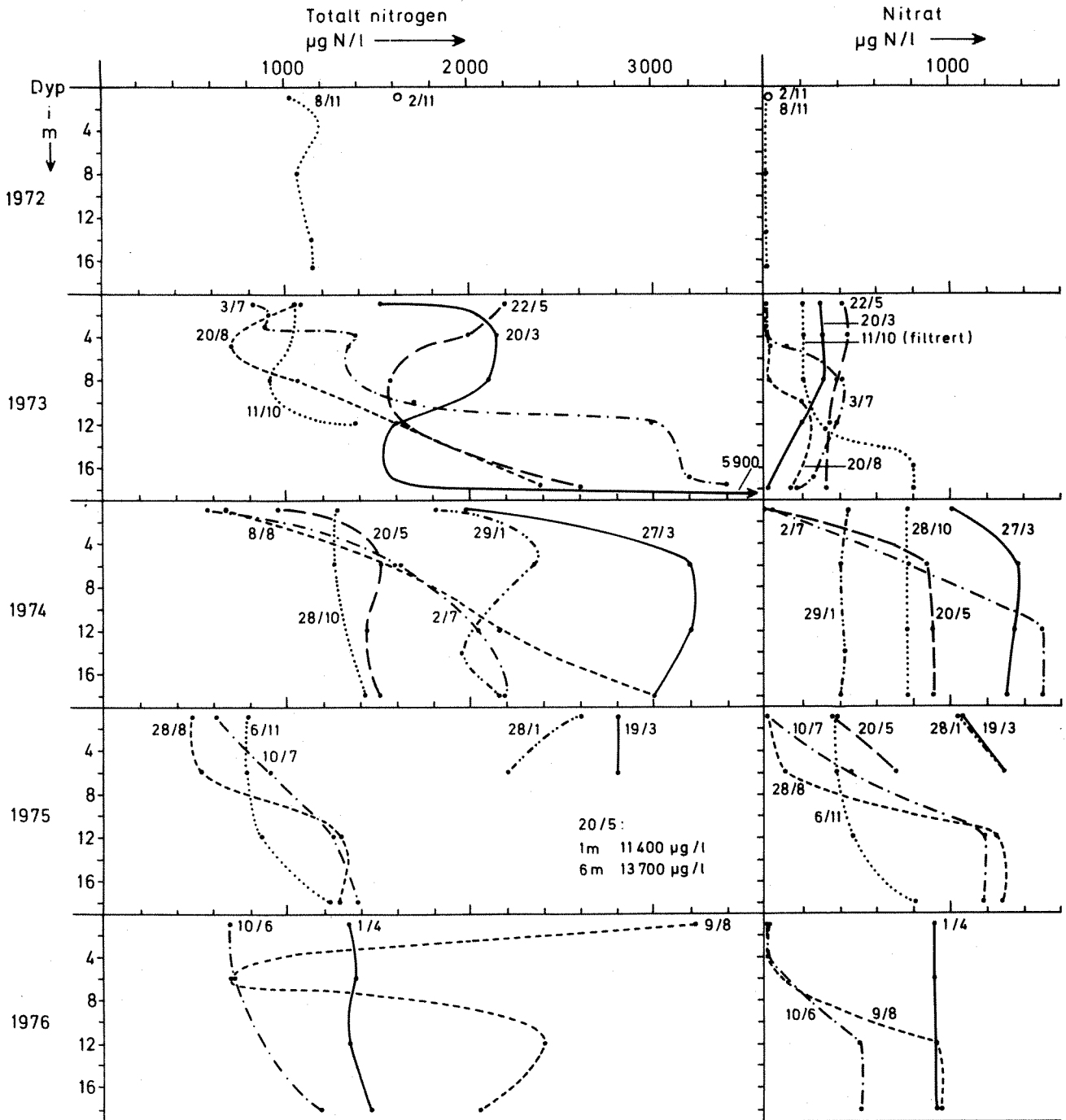
## 5.6 Plantenæringsstoffer

### 5.6.1 Nitrogenforbindelser

Variasjonene i vannets innhold av nitrogenforbindelser (totalt nitrogen og nitrat) på observasjonsdagene er framstilt i tabellene 8, 9 og figur 6. Middelerdier for hver serie går fram av tabellene 8, 9 og figur 9. Variasjonsbredde for hele materialet (tot.nitrogen og nitrat) er henholdsvis 480-13700 og 10-1600  $\mu\text{g N/l}$ , og middelerdier henholdsvis 2170 og 600  $\mu\text{g N/l}$ .

Under sirkulasjonsperiodene er totalt nitrogen og nitrat jevnt fordelt i vannmassene. Etter høstfullsirkulasjonen 1972 økte vannets innhold av totalt nitrogen og nitrat i alle dyp, men ved inngangen til vinterstagnasjonen var nitratinholdet lavt i de dypere liggende vannmasser og avtok videre gradvis utover vinteren, mens totalt nitrogen økte. Det var da en markert økning av  $\text{NH}_4$ -konsentrasjoner mot bunnen, noe som skyldtes reduksjon av  $\text{NO}_3$ -forbindelser. Under vårfullsirkulasjonen ble forholdene ned gjennom vannmassene i noen grad utjevnet, men situasjonen ble gradvis igjen forandret utover sommeren. Vannets innhold av totalt nitrogen og nitrat avtok kraftig, særlig i overflatevannmassene (nitratinhold på 10  $\mu\text{g N/l}$  fra 0-4 m både den 3.7. og 20.8.), mens de mellomliggende vannmasser hadde et nitratinhold på fra 200-400  $\mu\text{g N/l}$  og dypvannsmassene et noe lavere innhold av nitrat. I oktober sirkulerte vannmassene, og fra dette tidspunkt økte igjen vannets innhold av nitrogenforbindelser i overflatelagene.

Fig. 6 Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt nitrogen og nitrat,  $\mu\text{g N/l}$ , på observasjonsdagene i perioden 2/11 1972 - 9/8 1976



Variasjonsmønsteret for årene 1974-1976 var noe annerledes. I stagnasjonsperiodene var det også i dette tidsrommet lavest innhold av nitrogenforbindelser i overflatelagene, mens innholdet av totalt nitrogen og nitrat økte nedover i vannmassene. Vi finner ikke igjen det lave nitratinnholdet i dyplagene (10 µg N/l) som ble målt i 1973 og ved tidligere undersøkelser (1967-1970). Dette må ha sammenheng med lufteren som motvirker reduksjonsprosessen. Observasjonsverdiene viste at relativt tidlig på sommeren (juni) var vannets nitratinnhold i overflatelagene totalt forbrukt i produksjonssammenheng. De høyeste verdier ble målt om vinteren, under isen. Det er også da primærproduksjonen og dermed forbruket av nitrat i produksjonsøyemed er minst.

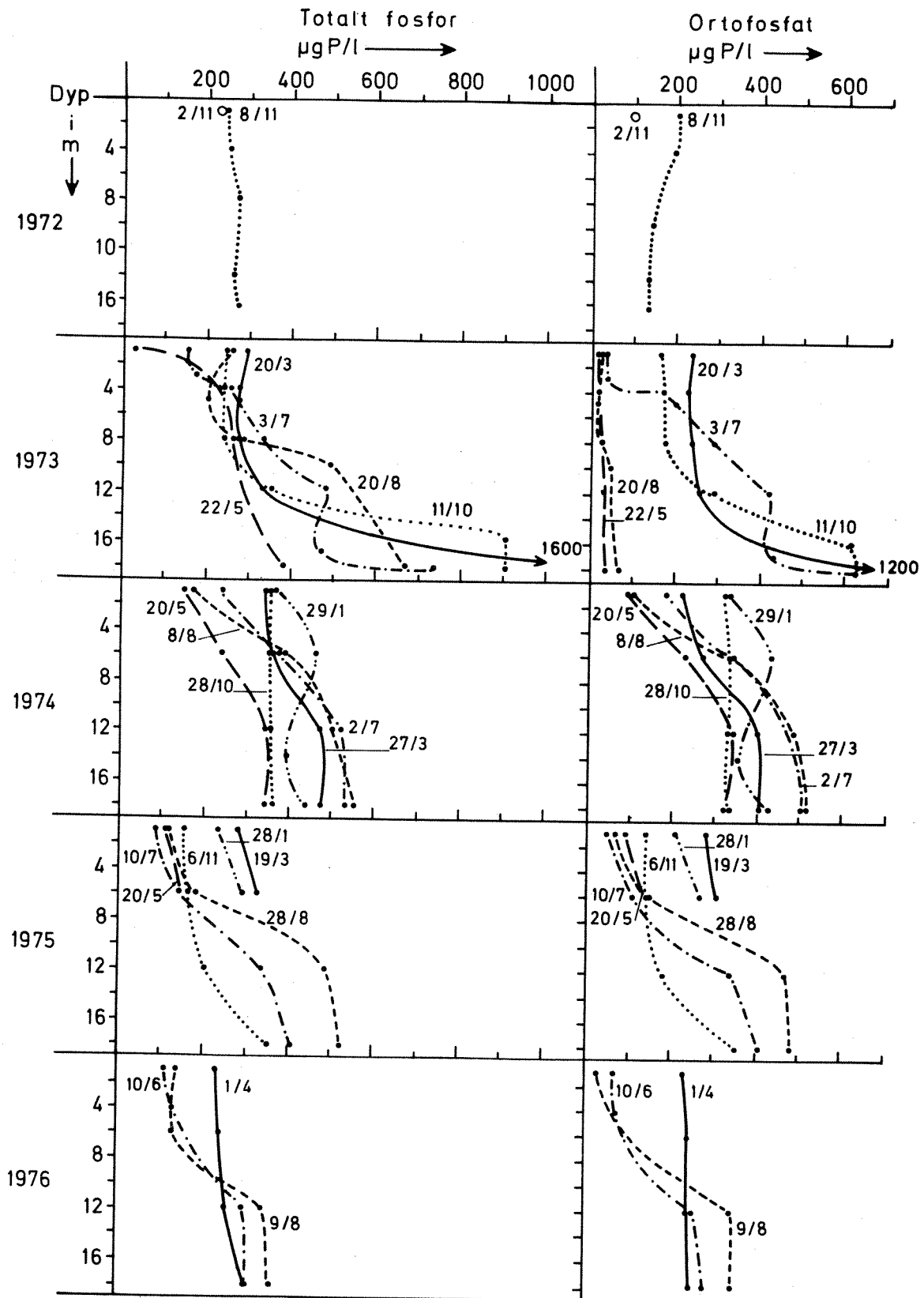
Totalt sett avtar vannet innhold av nitrogenforbindelser utover sommeren, men konsentrasjonene er meget høye, høyere enn i undersøkelsesperioden 1967-1970, noe som kan ha sammenheng med fortsatt betydelige tilførsler av avløpsvann til innsjøen, men visse blågrønnalgearter har også evne til å ta til seg nitrogen fra luften og dermed øke nitrogeninnholdet.

#### 5.6.2 Fosforforbindelser

Variasjonene i vannets innhold av fosforforbindelser (totalt fosfor og ortofosfat) på observasjonsdagene er framstilt i tabellene 10, 11 og figur 7. Middelerverdier for hver serie går fram av tabellene 10, 11 og figur 9. Variasjonsbredde for hele materialet er henholdsvis 25-1600 µg totalt fosfor/l og 15-1200 µg ortofosfat/l. Middelerverdier er henholdsvis 313 µg P/l og 240 µg P/l.

Under sirkulasjonsperiodene, særlig om høsten, var vannets innhold av fosforforbindelser (totalt fosfor og ortofosfat) omtrent det samme i alle dyp. I mars 1973 økte innholdet av ortofosfat mot bunnen (1,2 mg P/l den 20.3.73). Dette er den høyest målte verdien fra observasjonsseriene 1972-1976. (I løpet av undersøkelsen 1968-1970 ble det ved slutten av vinterstagnasjonen målt verdier på mer enn 2 mg P/l.) I de overliggende vannmasser økte også fosforinnholdet noe fram til vårfullsirkulasjonen, da vannets fosforinnhold i noen grad ble utjevnet, men innholdet av totalt fosfor i dyplagene var fremdeles relativt høyt ved inngangen til sommerstagnasjonen.

Fig. 7 Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt fosfor og ortofosfat,  $\mu\text{gP/l}$ , på observasjonsdagene i perioden 2/11 1972- 9/8 1976



Innholdet av ortofosfat i overflatevannmassene avtok hurtig etter at sommerstagnasjonen var etablert og var lavt fram til innsjøen begynte å sirkulere om høsten. På samme tid økte vannets fosforinnhold under sprangsjiktet, og var ved inngangen til høstfullsirkulasjonen 0,9 mg P/l i de dypestliggende vannmasser. Under sirkulasjonsperioden ble, som nevnt, forholdene utjevnet.

På observasjonsdagene i perioden januar 1974 - august 1976 viser analyse-resultatene det samme variasjonsmønsteret i løpet av en årssyklus, men de målte verdier i overflatelagene under sommerstagnasjonen er høyere, mens verdiene målt i dyplagene er vesentlig lavere enn 1973-resultatene og tidligere målte resultater. Dette har antakelig sammenheng med "Limnoxen's" virkning i dyplagene og tilførsel av avløpsvann i overflatelagene.

Variasjonsmønsteret for vannets innhold av fosforforbindelser må som for nitrogenforbindelsene, ses i sammenheng med produksjonsforholdene og nedbrytning av organisk materiale. De lave verdier av ortofosfat i overflatelagene målt under sommerstagnasjonen må bety at det tilgjengelige fosfor da ble brukt ved primærproduksjon (planteplankton). At totalt fosfor på samme tid økte mot bunnen skyldes antakelig i første rekke frigjort fosfor fra sedimentene. Økningen av ortofosfat mot bunnen om vinteren har sannsynligvis en nær sammenheng med det lave oksygeninnhold i dyplagene på denne tiden samt reduksjon av jern og mangan (i sedimentene).

Som for vannets innhold av nitrogenforbindelser, viser analyseresultatene for fosfor at det fortsatt må være en betydelig tilførsel av avløpsvann til Kolbotnvatn. Konsentrasjonene av ortofosfat avtar totalt sett utover sommeren, verdiene er imidlertid markert høyere enn i undersøkelsesperioden 1967-1970.

Ved en enkelt anledning, 9. august 1976, ble det hentet og analysert prøver fra 2 tilløpsbekker. Resultatene går fram av oversikten nedenfor og av figur 9, og viser et høyt innhold av plantenæringsstoffer (kloakk); særlig er verdiene fra "Bekk ved Losjen" høye og understreker det som er nevnt ovenfor at det fremdeles tilføres avløpsvann i betydelige mengder til innsjøen.



Fig.8 Kolbotnvatn, stasjon 2. Tørrstoff og partikulært organisk materiale, mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20/3 1973 - 9/8 1976

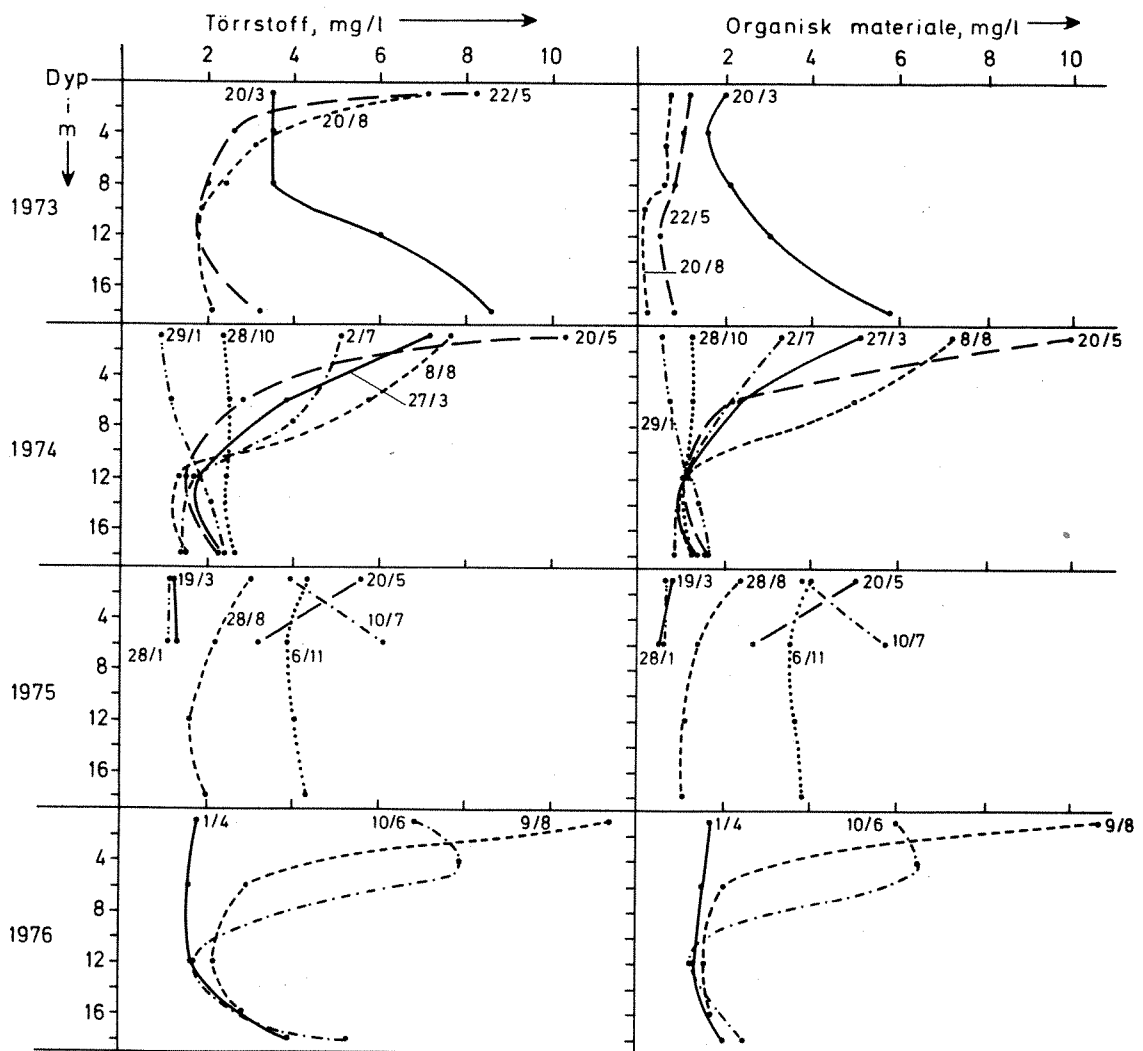
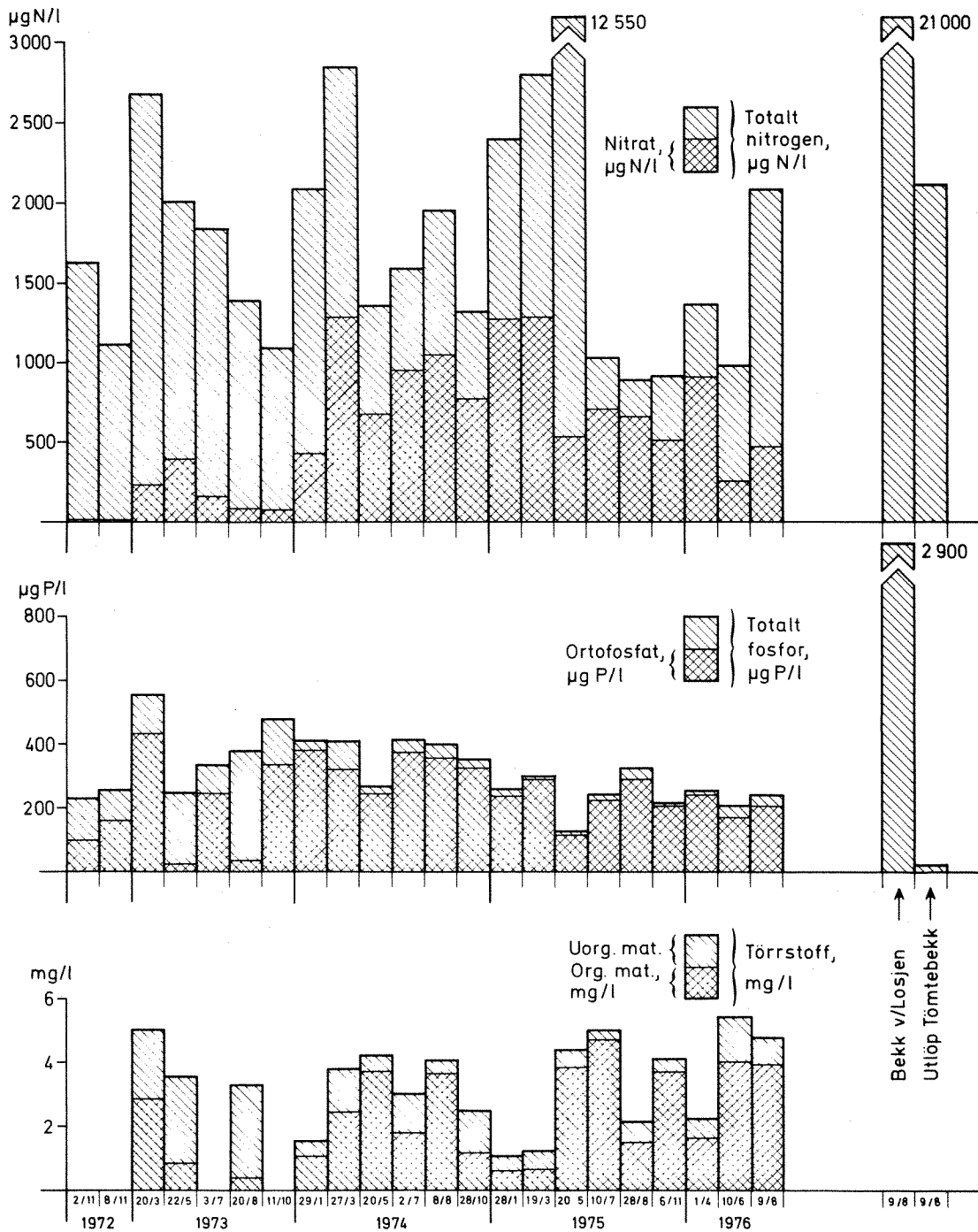


Fig.9 Kolbotnvatn, stasjon 2. Totalt nitrogen, nitrat, totalt fosfor, ortofosfat, tørrstoff og organisk materiale. Middelerdier 2/11 1972 - 9/8 1976



Analyseresultater fra prøver tatt den 9. august 1976.

Stasjon	Totalt nitrogen µg N/l	Totalt fosfor µg P/l
Bekk ved Losjen	21000	2900
Utløp Tømtebekk	2120	23

5.7 Tørrstoff, gløderest (uorganisk materiale) og glødetap (organisk materiale), mg/l

Variasjonene i vannets innhold av tørrstoff/gløderest/glødetap er framstilt i tabellene 12, 13 og 14, og tørrstoff/organisk materiale i figur 8 og 10. Middelerdier for hver serie går fram av tabellene 12, 13 og 14 og figur 9. Middelerdi for hele materialet er 3,43 mg tørrstoff/l, hvorav ca. 70% består av organisk og ca. 30% av uorganisk materiale.

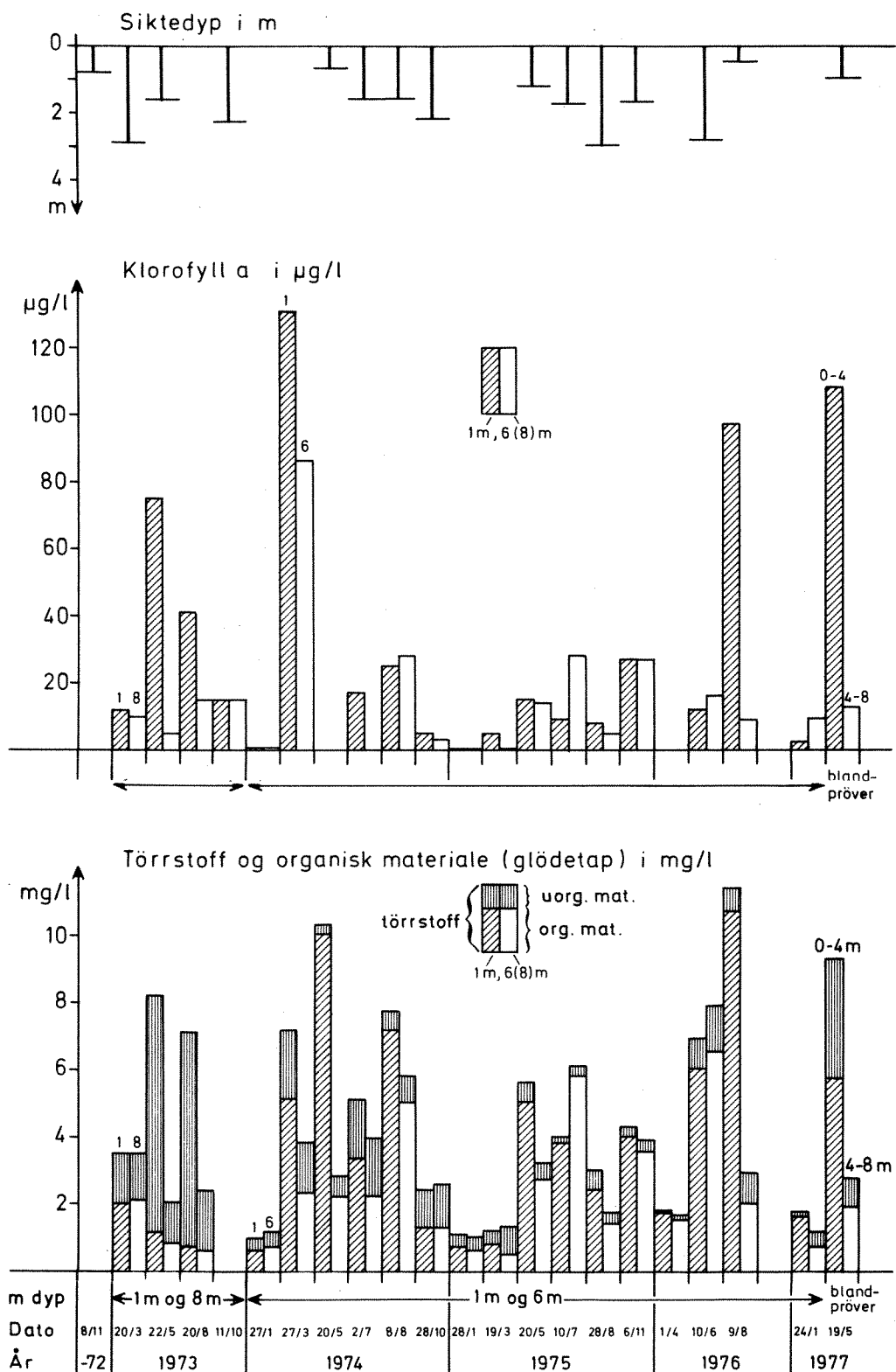
Tørrstoffinnholdet fordeler seg over året jevnt i vannmassene, bortsett fra ekstremt høye verdier i overflatelagene under produksjonsperioden om sommeren, og består da i vesentlig grad av partikulært organisk materiale. Dette viser at algeoppblomstringen er meget stor, men antakelig er det også stor tilførsel av organisk forurensningsmateriale til innsjøen.

5.8 Klorofyll

0,5-2,0 l vann ble filtrert på et Whatman GF/C filter. Filteret med alger ble så ekstrahert i 90% aceton og homogenisert (Tissue Grinder). Etter sentrifugering ble prøvene avlest på spektrofotometer og klorofyll a konsentrasjonen utregnet etter Strickland og Parsons (1968). Prøvene for 1977 er avlest på fluorimeter etter metode beskrevet i D2-25. Klorofyll-analyse ved NIVA (Krogh 1976).

Klorofyll a er det viktigste pigment i algene som omdanner lysenergi til kjemisk energi under fotosyntesen. Klorofyllinnholdet i planteplanktonet influeres av lys, næringstilgang og artssammensetning. Klorofyll a-innholdet er således avhengig av innsjøens sjiktning. Figur 10 viser variasjonene i klorofyll a-konsentrasjonene på observasjonsdagene 20.3.1973 til

Fig. 10 Kolbotnvatn, stasjon 2. Siktedyp i meter, klorofyll a ( $\mu\text{g/l}$ ) og tørrstoff/organisk materiale ( $\text{mg/l}$ ) på observasjonsdagene i perioden 8/11 1972 - 19/5 1977



19.5.1977. Denne figur viser også sammenhengen mellom siktedypet, tørrstoff/organisk materiale og klorofyll a i undersøkelsesperioden. De store klorofyll a-konsentrasjonene sammen med det høye innholdet av organisk materiale og nedsatt siktbarhet i vannet til visse tider, viser klart innsjøens eutrofe karakter.

Resultatene viser at det til sine tider kan forekomme verdier på over 100 µg/l. Til sammenligning kan nevnes at de høyeste verdier som er målt i Mjøsa (Furnesfjorden) er på ca. 10 µg/l. Det er grunn til å merke seg de høye verdier i overflatelagene om vinteren - noe som viser at det også da er en viss algeproduksjon - alger som hoper seg opp like under isen (jevnfør også de høye oksygenkonsentrasjoner på samme tid).

### 5.9 Planteplankton

Analyseresultatene som foreligger av planteplanktonet på prøver samlet i Kolbotnvatn, er framstilt i tabell 16 og figur 11 og 12. Materialet er til dels meget heterogent, idet det foreligger fire 1 m prøver fra ulike årstider fra 1973, en enkelt prøve fra 4 m dyp i juni 1976, prøver fra forskjellige dyp fra 24. januar og fire prøver fra ulike dyp på en enkelt prøvedato i mai 1977. Materialet gir imidlertid et klart bilde av situasjonen i denne innsjøen med hensyn til algebiomassen.

Som det går fram av figuren var det i alle de analyserte prøvene en algebiomasse på  $2000 \cdot 10^6 \mu^3/l = 2 \text{ mm}^3/l$  eller mer, med maksimumsverdier på nærmere  $20000 \cdot 10^6 \mu^3/l = 20 \text{ mm}^3/l$ . Dette er meget høye verdier, og indikerer i seg selv en sterkt eutrof lokalitet. Maksimumsverdiene er blant de høyeste som er registrert i norske ferskvannslokaliteter. Et sikkert tegn på at en lokalitet er blitt sterkt eutrof på grunn av økt forurensningsbelastning har en også gjennom at slike lokaliteter får et lite antall planktonalgearter i vannmassene. Av disse artene vil det gjerne være en eller et par arter som dominerer planteplanktonet med et meget høyt individantall.

Hvilke arter som dominerer til enhver tid vil variere, også med årstidene, men artene hører som regel til gruppene Cryptophyceae, Bacillariophyceae (kiselalger), Chlorophyceae (grønnalger) eller Cyanophyceae (blågrønnalger).

Av disse har kiselalgearter sterk dominans om våren i slike forurensede lokaliteter. I Kolbotnvatn ser en at slik eksplosjonsartet vekst av kiselalgen Stephanodiscus hantzschii må ha inntruffet i mai 1977. Om sommeren er det gjerne arter av grønnalger og cryptophyceer som dominerer, slik tilfellet var i 1973 og spesielt i juni 1976 med masseforekomst av grønnalgen Oocystis submarina v. variabilis, mens blågrønnalgene gjerne dominerer på sensommeren og høsten, i det minste i overflatelaget. I enkelte sterkt eutrofe lokaliteter vil imidlertid arter av blågrønnalger være en mer eller mindre dominerende gruppe det meste av året, også i vinterhalvåret, slik tilfellet har vært og vel til dels ennå er i Gjersjøen, og som nå også ser ut til å være tilfelle i Kolbotnvatn, der den trådformete blågrønnalgen Oscillatoria agardhii forekommer i stort individantall det meste av året.

I figur 12 er vist algemengden av blågrønnalgen Oscillatoria agardhii fra ulike dyp 24. januar 1977, og det går her klart fram at algeindividene på dette tidspunkt så og si fullstendig var samlet i overflaten. Dette skyldes antagelig lystilgangen som på dette tidspunkt må være minimal på grunn av isen og snøen. En får på denne måten en sterk konsentrering av algen i overflaten, noe som selvsagt sterkt medvirker til å gi innsjøen et ennå mindre tiltalende utseende enn om algene var fordelt noe nedover i vannmassene. Slik konsentrering av blågrønnalgene i overflaten er et vanlig fenomen blant flere arter også i sommerhalvåret, og går under betegnelsen "vannblomst".

Som konklusjon må en si at det analyserte planktonalgematerialet både med hensyn til algebiomasse og sammensetning viser at Kolbotnvatn i dag er en innsjølokalitet som er sterkt eutrof, og hvor den eutrofierende utvikling har gått meget raskt, noe som må skyldes tilførsler til vannet hovedsakelig av kloakkvann.

Fig.11 Planteplanktonvolum og sammensetning i prøver fra Kolbotnvatn på observasjonsdagene i perioden 20/3 1973 - 19/5 1977  
( $1000 \cdot 10^6 \mu^3/l = 1 \text{ mm}^3/l$  algevolum =  $1 \text{ mg}/l$  friskvekt alger)

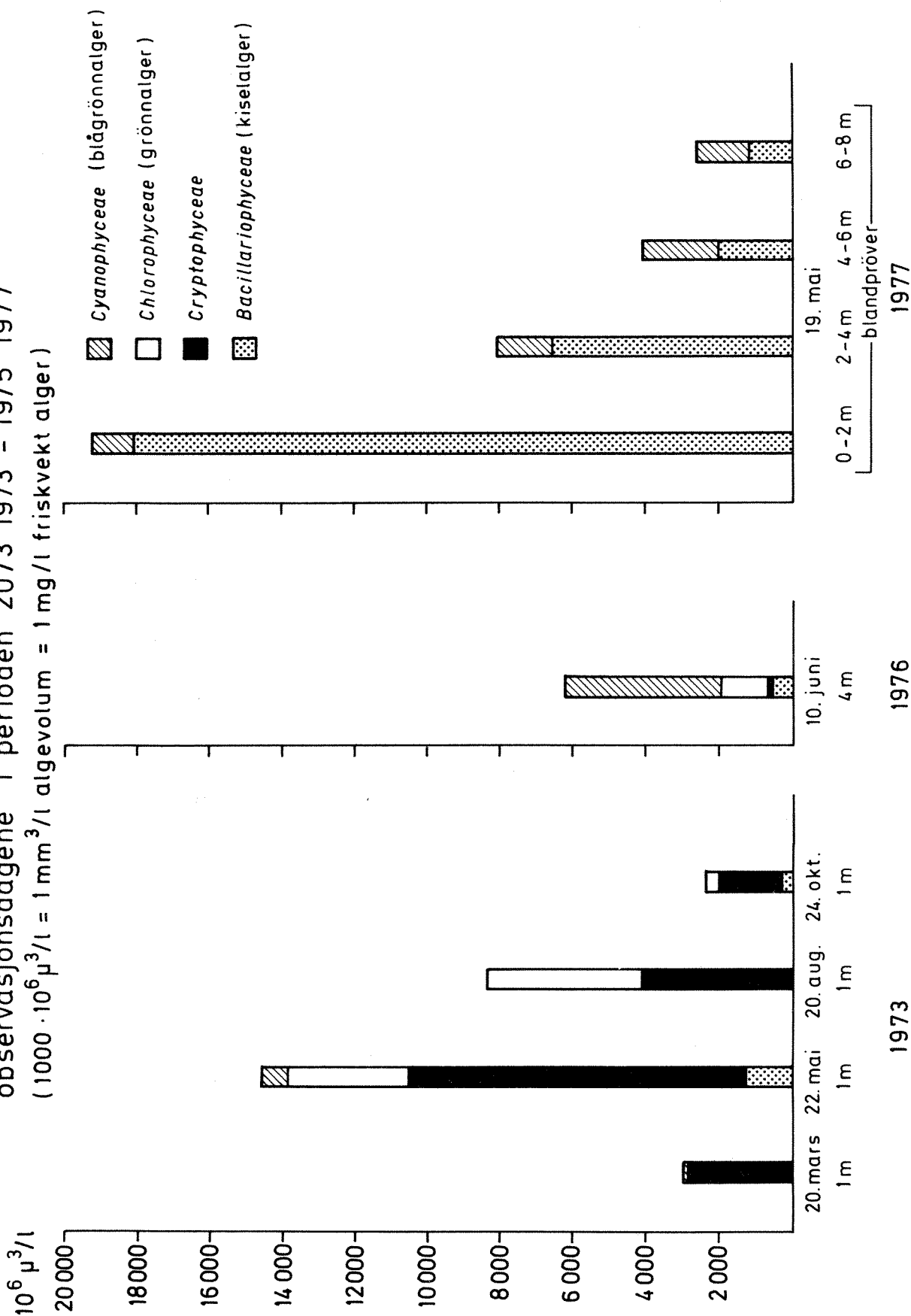
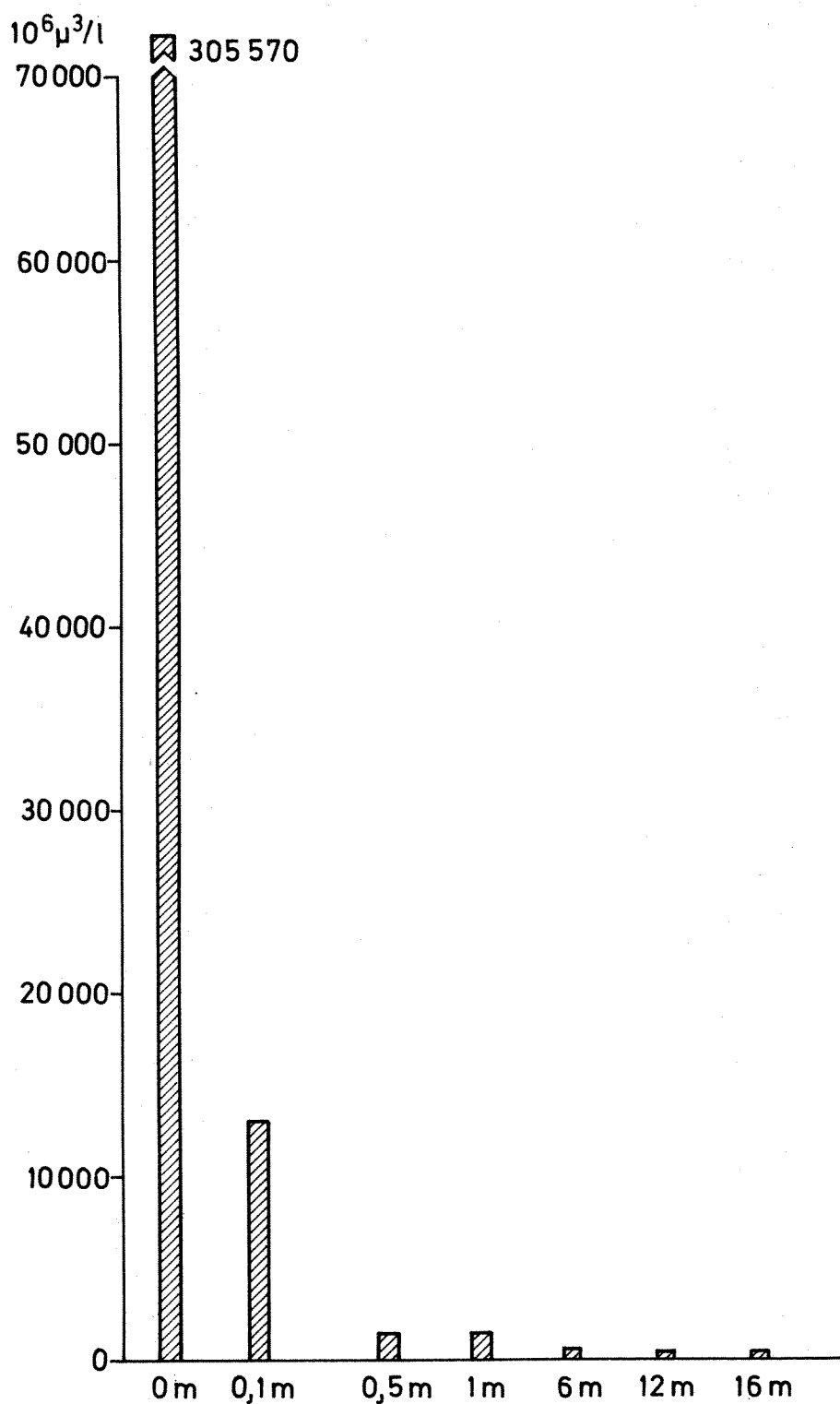


Fig.12 Fordelingen i vannmassene av blågrønnalgen *Oscillatoria agardhii* i prøver fra Kolbotnvatn 24/1 1977





## 6. KONKLUSJON

Kolbotnvatn er en høyeutrof innsjø med uvanlige høye konsentrasjoner av næringssalter, spesielt fosfor, med verdier som til sine tider overskrider 300 µg P/l (totalt fosfor). Forholdet mellom tot P og tot N varierer normalt mellom 1:4 og 1:7. Generelt sett inneholder algebiomassen fosfor og nitrogen i forholdet 1:7. Dette synes å tyde på at i Kolbotnvatn er det, i motsetning til i de fleste eutrofe innsjøer her i landet, nitrogen som er den begrensende faktor for algevekst. Visse arter blågrønnalger er imidlertid i stand til å fiksure (ta til seg) nitrogen fra luften. Et forhold mellom P og N slik det normalt er i Kolbotnvatn, kan derfor tenkes å begunstige vekst av blågrønnalger på bekostning av andre mindre ugunstige algearter som ikke har evne til å fiksure nitrogen. Det finnes flere eksempler fra utlandet på at en reduksjon av tilløpsvannets nitrogeninnhold har virket mot sin hensikt ved at blågrønnalger (som kan fiksure N fra luften) har fått gunstige vekstvilkår i forhold til andre algearter. Videre kan nevnes at forholdet mellom P og N i kloakkvann er som 1:5, dvs. omtrent det samme forhold som man finner i Kolbotnvatn.

Både klorofyllverdiene som er et mål for algebiomassen, samt resultatene av algetellingene, viser at algebiomassen i Kolbotnvatn er av en størrelse som man sjelden finner i selv sterkt belastede innsjøer i Norge. Klorofyllverdiene overstiger f.eks. 100 µg/l. Til sammenligning kan nevnes at klorofyllverdiene i Mjøsa sjelden når 10 µg/l (middel 4 µg/l).

Lufteren (Limnoxen) som er montert i Kolbotnvatn, har hatt stor betydning idet den har tilført vannmassene tilstrekkelig oksygen til i en viss grad å opprettholde livsmulighetene for fisk og autotrofe organismer. Det er derfor av stor betydning at lufteren holdes i drift. Forholdene synes å tyde på at det fortsatt er tilførsel av næringssalter fra nedbørfeltet. Lufterens betydning med hensyn til å redusere næringssalttilførselen fra sedimentene er derfor under slike forhold av mindre betydning. Det er imidlertid klart at lufteren ikke makter å hindre tilførsel av fosfor fra sedimentene til vannmassene, idet forholdene både i sedimentene og i de bunnære vannmasser er reduktive (omtrent 0 oksygen) mesteparten av året.

Det er nå i utlandet - bl.a. i Sverige - utviklet flere forskjelligartede metoder som tar sikte på å forbedre eller restaurere sterkt forurensede innsjøsystemer. Med den beskjedne kjennskap vi foreløpig har til Kolbotnvatn - bl.a. mengde næringssalter og organisk stoff i sedimentene - er det for øyeblikket vanskelig å foreslå noen bestemt metode. Vi vil også gjerne diskutere problemet med utenlandske eksperter. I alle fall synes det å være lite regningssvarende å sette i gang restaureringstiltak før forurensningstilførslene er ytterligere redusert.

7. RAPPORTER BRUKT UNDER FRAMSTILLINGEN

Norsk institutt for vannforskning  
0-5/70. Kolbotnvatn. En limnologisk undersøkelse 1967-1970.  
Blindern, juni 1971.

Norsk institutt for vannforskning  
0-5/70. Undersøkelser av Kolbotnvatn.  
Notat av 19. november 1973.

Norsk institutt for vannforskning  
0-5/70. Undersøkelser av Kolbotnvatn i forbindelse med luftningsforsøk.  
Notat (nr. 2) av 21. august 1974.

Norsk institutt for vannforskning  
A 2-05. Små eutrofe innsjøer i tettbygde strøk  
Østensjøvatn, Oslo. Årungen, Ås. Kolbotnvatn, Oppegård.  
Langevatn, Lørenskog.  
Blindern, 10. april 1975.

TABELL 3a TEMPERATUR, °C, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2. NOVEMBER 1972 - 9. AUGUST 1976  
KJØLBOTNVANN STASJON II.

\* TEMP.\*  
\* GR.\*C.\*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731111.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
10.	22.40
20.	21.65
30.	20.50
40.	18.30
50.	13.50
60.	16.20
80.	15.30
100.	14.90
120.	10.70
130.	8.60
140.	7.20
150.	7.30
160.	7.40
170.	7.30
180.	7.30
MIDDEL:	7.09
DYP DM	730520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.
10.	2.20
20.	10.902
30.	20.500
40.	18.300
50.	9.537
60.	14.850
80.	7.806
100.	6.546
120.	9.300
130.	5.616
140.	7.200
150.	5.522
160.	7.400
170.	5.227
180.	5.410
MIDDEL:	7.025
DYP DM	760202.760401.760610.760809.
10.	12.300
20.	10.902
30.	20.500
40.	18.300
50.	9.537
60.	14.850
80.	7.806
100.	6.546
120.	9.300
130.	5.616
140.	7.200
150.	5.522
160.	7.400
170.	5.227
180.	5.410
MIDDEL:	7.025

\* TEMP.\*  
\* GR.\*C.\*

DYP DM	730520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
10.	2.20	12.300
20.	10.902	10.902
30.	20.500	20.500
40.	18.300	18.300
50.	9.537	9.537
60.	14.850	14.850
80.	7.806	7.806
100.	6.546	6.546
120.	9.300	9.300
130.	5.616	5.616
140.	7.200	7.200
150.	5.522	5.522
160.	7.400	7.400
170.	5.227	5.227
180.	5.410	5.410
MIDDEL:	7.025	7.025
DYP DM	760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
10.	2.20	12.300
20.	10.902	10.902
30.	20.500	20.500
40.	18.300	18.300
50.	9.537	9.537
60.	14.850	14.850
80.	7.806	7.806
100.	6.546	6.546
120.	9.300	9.300
130.	5.616	5.616
140.	7.200	7.200
150.	5.522	5.522
160.	7.400	7.400
170.	5.227	5.227
180.	5.410	5.410
MIDDEL:	7.025	7.025

TABELL 3b TEMPERATUR, °C, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 29.JANUAR 1974-10.JUNI 1976

KOLBOTNVANN STASJON I.

\* TEMP.\*  
\* GR.C.\*

DYP DM	740129.	740327.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	3.00	3.30	15.30	18.90	18.40	17.00
40.	3.10	3.10	8.00	13.00	16.70	14.00
60.	3.10	3.00	6.10	7.50	10.80	8.00
80.	3.20	3.20	5.10	6.50	7.20	6.80
120.	3.50	3.20	4.95	6.00	6.00	5.80
140.	3.50	3.20	4.80	6.80	5.80	5.80
MIDDEL:	3.23	3.17	7.38	9.78	10.82	9.57

KOLBOTNVANN STASJON III

\* TEMP.\*  
\* GR.C.\*

DYP DM	740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	2.70	4.00	3.90	15.20	18.90	18.50	16.80
20.			3.50				
40.	3.00	3.20		8.30	13.20	16.50	14.90
60.	3.00	3.20		6.50	8.30	11.00	8.30
80.	3.00	3.10		5.60	7.00	7.40	6.90
90.				5.00			
120.	3.00	3.10		5.00	6.00	6.10	5.80
140.	3.00	3.20		5.00	6.00	6.00	5.80
150.					6.50		
MIDDEL:	2.95	3.30	3.70	7.23	9.98	10.92	9.70

KOLBOTNVANN STASJON IV

\* TEMP.\*  
\* GR.C.\*

DYP DM	740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.	741028.	750128.	750319.	750520.	750710.	750828.	751106.	760610.
10.	2.50	3.90	3.80	15.20	18.30	18.80	5.00	2.60	4.00	13.00	20.00	18.00	7.90	16.50
20.			3.60											
40.	3.00	3.50		7.40	13.40	15.70	5.00	3.60	4.00	8.00	18.90	17.90	7.90	14.80
60.	3.00	3.50		6.00	7.70	10.00	5.00	3.60	4.00	6.80	13.20	16.90	7.90	8.00
80.	3.10	3.50		5.80	5.50	6.90	5.00	3.60	4.00	6.00	8.90	10.05	7.90	6.90
120.	3.00	3.50		5.00	5.80	6.00	5.00	3.60	4.00	5.20	6.20	6.40	7.90	5.80
140.	3.00	3.50		4.90		5.90	5.00	3.70	4.00	5.00	5.90	5.90	7.90	5.80
150.				4.90	6.10									
MIDDEL:	2.93	3.57	3.70	7.03	9.47	10.55	5.00	3.45	4.00	7.33	12.18	12.53	7.90	9.63

KOLBOTNVANN STASJON V

\* TEMP.\*  
\* GR.C.\*

DYP DM	740327.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	3.50	17.00	19.10	18.00	18.00
40.	3.50	7.50	13.10	16.00	14.00
50.					
60.	4.00	6.20	8.40	10.00	8.50
70.	4.10	6.00	8.40		
MIDDEL:	3.78	9.18	12.25	14.67	13.50

TABELL 4a OKSYGEN, mg O<sub>2</sub>/l, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 8. NOVEMBER 1972 - 9. AUGUST 1976  
KULBOTNVANN STASJON II.

	* O <sub>2</sub> *														
	* MG/L *														
DYP DM	721102.721109.730320.730522.730703.730820.730828.731111.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.														
0.				10.8											
10.	1.3	2.3	15.0	9.5	12.6	12.6	4.8	3.6	11.4	23.8	10.0	12.2	8.2	8.0	7.4
20.				10.2											
30.				8.4											
40.	1.7	1.3	11.3	0.6	6.7	4.6	4.6	3.0	4.4	8.6	2.2	7.1	7.4	6.5	7.6
50.				0.5	6.0										
60.															
80.	1.5	1.3	9.0	3.2	3.5	5.4	4.6	2.7	0.2	6.3	0.4	0.7	7.3	5.8	6.6
100.															
120.	0.5	8.0	5.0				2.2		0.3	6.6	3.2	0.5	7.4	5.7	6.8
130.						0.4									
140.	1.3					1.4									
150.						1.4							1.1	7.6	
160.						0.6	1.4	3.9	1.4	6.7	3.2	2.0	7.3	5.9	6.8
165.	1.3														
170.															
180.				5.8											
MIDDEL:	1.42	1.35	10.28	5.57	7.37	3.69	2.98	3.37	2.73	9.24	3.24	3.09	7.46	6.21	6.90

KOLBOTNVANN STASJON II.

	* O <sub>2</sub> *												
	* MG/L *												
DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.												
0.													
10.	17.6	8.9	8.4	10.6	11.6	15.0	17.9						
20.					10.5								
30.													
40.	14.0	7.5	8.0	10.6	10.5	16.8							
50.													
60.	12.4	2.1	0.8	10.6	9.7	10.9	2.9						
80.	11.5	4.5	0.2	10.6	10.3	12.4	4.4						
100.													
120.	10.3	5.7	7.8	10.2	9.7	10.6	14.8	10.1					
130.													
140.						8.3							
150.													
160.	8.2	7.1	9.5	5.6	8.7	10.0	14.6	7.4					
165.													
170.													
180.	7.1	7.2	9.8	4.4	10.0	13.0	7.1						
MIDDEL:	11.59	6.14	6.36	8.86	9.48	10.54	13.93	8.30					

TABELL 4b OKSYGEN, mg O<sub>2</sub>/l, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 29. JANUAR 1974 - 10. JUNI 1976

KOLBOTNVANN STASJON I.

\* O<sub>2</sub> \*  
\* MG/L \*

DYP DM	740129.	740327.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	3.7	6.6	15.9	10.1	12.1	15.2
40.	3.2	2.5	10.1	2.4	6.4	19.5
60.	3.0	0.6	7.3	0.2	0.9	10.2
80.	2.9	0.2	6.5	0.3	0.7	11.8
120.	2.8	0.4	6.5	1.6	0.6	14.0
140.	2.8	0.4	6.3	2.0	0.6	14.9
MIDDEL:	3.07	1.78	8.77	2.77	3.55	14.27

KOLBOTNVANN STASJON III

\* O<sub>2</sub> \*  
\* MG/L \*

DYP DM	740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	3.7	16.0	14.9	16.1	10.1	12.2	15.5
20.			8.6				
40.	3.3	1.9		9.1	2.3	7.3	17.2
60.	3.2	0.2		6.4	0.3	0.9	10.4
80.	3.6	0.1		6.0	0.4	0.7	12.3
90.				6.6			
120.	4.2	0.3			2.4	0.7	14.0
140.	4.2	1.0		6.8		0.6	14.0
150.					2.6		
MIDDEL:	3.70	3.25	11.75	8.50	3.02	3.73	13.90

KOLBOTNVANN STASJON IV

\* O<sub>2</sub> \*  
\* MG/L \*

DYP DM	740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.	741028.	750128.	750319.	750520.	750710.	750828.	751106.	760610.
10.	3.7	11.2	18.6	17.0	10.1	12.1	7.9	6.9	5.2	18.0	8.8	8.4	10.5	15.0
20.			10.1											
40.	3.4	0.5		9.0	2.6	4.8	7.6	5.2	5.2	13.2	5.8	8.1	10.5	18.3
60.	3.3	0.2		7.7	0.2	0.8	7.4	5.0	5.0	11.4	7.4	2.8	10.5	11.0
80.	3.6	0.2		6.8	1.7	0.6	7.4	5.3	5.2	10.8	3.6	0.2	10.5	11.2
120.	3.8	0.3		6.5	2.7	0.7	7.4	5.6	5.7	9.5	5.3	4.8	10.5	14.4
140.	3.8	0.6		6.4		0.5	7.3	5.6	5.6	8.9	5.2	8.1	10.0	14.4
150.				5.8	2.7									
MIDDEL:	3.60	2.17	14.35	8.46	3.33	3.25	7.50	5.60	5.32	11.97	5.02	5.40	10.42	14.05

KOLBOTNVANN STASJON V

\* O<sub>2</sub> \*  
\* MG/L \*

DYP DM	740327.	740520.	740702.	740808.	760610.
10.	4.5	16.2	9.5	11.9	14.4
40.	0.5	9.9	0.9	4.4	17.6
50.					1.0
60.	0.2	3.6	0.3	0.6	0.5
70.	0.2	1.5	0.4		
MIDDEL:	1.35	7.80	2.78	5.70	8.38

TABELL 5a OKSYGEN, % METNING, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 8. NOVEMBER 1972-9. AUGUST 1976  
KOLBOTNVANN STASJON II.

\* X 02 \*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731011.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
0.	127.5
10.	10.6 18.0 142.2 110.7 136.7 132.6 43.7 27.0 88.6 252.4 109.9 135.7 66.3 59.7 57.9
20.	116.4
30.	92.0
40.	6.1
50.	5.0 63.0
60.	77.8 28.2
80.	35.8 41.7 20.7 22.9 7.7 54.7 3.5 6.6 59.0 45.2 52.0
100.	19.4 2.3 55.3 26.5 4.1 59.8 44.5 53.4
120.	3.4
140.	12.0 29.1
150.	12.0
160.	5.1 11.9 30.2 10.9 56.1 26.5 16.5 59.2 46.2 53.5
180.	10.3
MIDDEL:	11.60 10.65 91.85 59.16 99.84 37.50 26.86 25.82 21.14 86.13 31.41 32.14 60.38 48.14 54.20

KOLBOTNVANN STASJON II.

\* X 02 \*

DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
0.	87.0	107.265
10.	177.2 102.5 91.5 92.4 66.6 79.4 159.1 195.0	102.416
20.		116.438
30.		92.004
40.	125.1 83.2 87.1 92.4 69.0 80.5 171.8	64.698
50.		33.990
60.	105.4 20.8 8.5 92.4 74.2 80.5 95.5 27.8	47.783
80.	95.6 39.6 1.8 92.3 79.2 81.5 105.4 37.3	46.147
100.		
120.	84.3 47.1 64.7 88.7 74.6 81.2 122.1 85.7	54.078
130.		3.419
140.	69.7	31.994
150.		12.027
160.	67.5 57.7 78.6 46.7 66.9 76.6 120.5 62.0	49.596
165.		10.615
170.		29.645
180.	58.4 59.1 80.2 36.6	46.258
MIDDEL:	101.93 58.59 58.92 76.39 71.74 80.42 125.95 77.81	



TABELL 5B OKSYGEN, % METNING, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 29.JANUAR 1974 - 10.JUNI 1976

KOLBOTNVANN STASJON I.

\* % O<sub>2</sub> \*

\*                   \*

---

DYP DM    740129.740327.740520.740702.740808.760610.

---

10.	28.4	51.0	163.9	111.8	132.7	162.2
40.	24.6	19.2	88.1	23.5	67.9	195.4
60.	23.1	4.6	60.7	1.7	8.4	88.9
80.	22.3	1.5	52.7	2.5	6.0	99.8
120.	21.8	3.1	52.5	13.3	5.0	115.5
140.	21.8	3.1	50.6	16.9	5.0	122.9
MIDDEL:	23.64	13.75	78.07	28.30	37.47	130.80

KOLBOTNVANN STASJON III

\* % O<sub>2</sub> \*

\*                   \*

---

DYP DM    740129.740327.740330.740520.740702.740808.760610.

---

10.	28.1	126.0	117.0	165.6	111.8	134.1	164.7
20.			66.8				
40.	25.3	14.6		80.0	22.7	77.2	175.9
60.	24.5	1.5		53.7	2.6	8.4	90.7
80.	27.6	0.8		49.3	3.4	6.0	104.3
90.				53.4			
120.	32.2	2.3			19.9	5.8	115.5
140.	32.2	7.7		55.0		5.0	115.5
150.					21.8		
MIDDEL:	28.32	25.49	91.89	76.15	30.38	39.41	127.77

KOLBOTNVANN STASJON IV

\* % O<sub>2</sub> \*

\*                   \*

---

DYP DM    740129.740327.740330.740520.740702.740808.741028.750128.750319.750520.750710.750828.751106.760610.

---

10.	28.0	87.9	145.7	174.9	110.6	133.8	63.9	52.3	40.9	176.5	99.5	91.5	91.3	158.6
20.			78.7											
40.	26.1	3.9		77.3	25.7	49.9	61.4	40.5	40.9	115.1	64.2	88.0	91.3	186.5
60.	25.3	1.6		63.8	1.7	7.3	59.8	38.9	39.4	96.4	13.8	29.8	91.3	95.9
80.	27.7	1.6		56.1	13.9	5.1	59.8	41.3	40.9	89.6	32.1	1.8	91.3	95.0
120.	29.1	2.3		52.5	22.3	5.8	59.8	43.6	44.9	77.2	44.2	40.2	91.3	118.8
140.	29.1	4.7		51.6		4.1	59.0	43.7	44.1	71.9	43.0	67.0	87.0	118.8
150.				46.7	22.4									
MIDDEL:	27.54	16.98	112.16	74.72	32.78	34.35	60.63	43.39	41.86	104.45	49.47	53.07	90.58	128.94

KOLBOTNVANN STASJON V

\* % O<sub>2</sub> \*

\*                   \*

---

DYP DM    740327.740520.740702.740808.760610.

---

10.	35.0	172.9	105.7	129.6	156.9
40.	3.9	85.3	8.8	46.0	176.4
50.					
60.	1.6	30.0	2.6	7.3	4.4
70.	1.6	12.4	3.5		
MIDDEL:	10.50	75.15	30.17	60.99	112.54

TABELL 6a PH PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2.NOVEMBER 1972 - 9. AUGUST 1976  
KOLBOTNVANN STASJON II.

DYP DM	721102	721108	730320	730522	730703	730828	731011	740129	740327	740520	740702	740808	741028	750128	750319
3.					9.70										
10.	6.97	6.90	9.30	8.80	9.81	7.61	6.95	7.10	10.68	9.30	9.70	6.85	6.96	6.96	7.20
20.					9.72										
30.					9.58										
40.		6.90	7.92		7.61	7.76	6.98	6.61	7.10	7.15	8.75	6.85	6.82	6.82	7.00
50.					7.19										
60.					7.25										
80.		6.90	7.75	7.39	6.82	7.62	6.96	6.69	6.89	6.55	6.85	6.85	6.80	6.80	6.90
100.					6.57										
120.		6.90	7.38	7.23		7.43		6.66	6.85	6.50	6.40	6.85	6.79	6.80	6.80
130.															
140.							6.95								
150.															
160.						7.11	6.91	6.62	6.85	6.50	6.40	6.85	6.78	6.80	6.80
165.															
170.		6.78	7.35	7.12	6.33	7.19	6.94	6.69	6.85	6.55	6.40	6.80	6.78	6.80	6.80
180.															
MIDDEL:	6.97	6.88	7.94	8.26	7.15	7.45	6.96	6.73	7.45	7.04	7.29	6.84	6.82	6.82	6.90

KOLBOTNVANN STASJON II.

DYP DM	750520	750710	750828	751106	760202	760401	760610	760809	MIDDEL:
3.									
10.	9.50	6.98	6.86	7.65	7.35	7.05	9.73	9.73	8.375
20.									8.135
30.									9.720
40.		6.98	6.84	7.65	7.20	7.00	9.63	9.19	9.580
50.									7.467
60.									7.220
80.	7.05	6.82	6.77	7.65	7.18	7.00		7.02	6.955
100.	7.00	6.76	6.69	7.65	7.13	7.00		6.82	6.980
120.		6.90	6.74	6.68	7.60	7.23	6.98	7.17	6.570
130.									6.937
140.									6.900
150.		6.85	6.72	6.67	6.85	7.18	6.98	6.70	6.798
165.									
170.		6.80	6.72	6.67	7.00	6.98	7.11	6.71	7.250
180.									6.829
MIDDEL:	7.36	6.82	6.74	7.44	7.21	7.01	8.41	7.55	

TABELL 6b pH PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 29. JANUAR 1974 - 10. JUNI 1976

KOLBOTNVANN STASJON I.

		* PH *				
		*	*	*	*	*
DYP DM		740129.	740327.	740520.	740702.	740808.760610.
10.		7.00	7.00	10.69	9.30	9.65
40.		6.95	6.71	7.35	7.55	7.90
60.		7.00	6.70	6.91	6.75	6.65
80.		7.03	6.70	6.88	6.55	6.55
120.		7.00	6.69	6.86	6.50	6.40
140.		7.00	6.71	6.85	6.45	6.40
MIDDEL:		7.00	6.75	7.59	7.18	7.26

KOLBOTNVANN STASJON III

		* PH *					
		*	*	*	*	*	*
DYP DM		740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.760610.
10.		7.00	7.38		10.68	9.35	9.70 10.10
20.							
40.		6.98	6.72		7.35	7.20	8.50 8.05
60.		6.93	6.72		6.91	6.65	6.80 7.80
80.		6.93	6.71		6.88	6.55	6.55 7.80
90.							
120.		6.95	6.69		6.88	6.45	6.45 7.16
140.		6.98	6.65		6.90		6.40 7.13
150.						6.45	
MIDDEL:		6.96	6.81		7.60	7.11	7.40 8.01

KOLBOTNVANN STASJON IV

\* PH \*

\* \*

		* PH *												
		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
DYP DM		740129.	740327.	740330.	740520.	740702.	740808.	741028.	750128.	750319.	750520.	750710.	750828.	751106.760610.
10.		6.95	7.10		10.67	9.35	9.70	6.85	6.78	7.20	9.45	6.98	6.86	7.60 10.10
20.														
40.		7.00	6.80		7.05	7.70	7.75	6.80	6.82	6.90	7.10	6.96	6.85	7.60 8.05
60.		7.00	6.69		6.99	6.70	6.80	6.80	6.76	6.80	7.05	6.76	6.76	7.65 7.80
80.		7.00	6.69		6.89	6.55	6.50	6.80	6.78	6.80	6.90	6.74	6.69	7.80 7.80
120.		7.00	6.70		6.83	6.45	6.40	6.75	6.74	6.80	6.85	6.72	6.68	7.85 7.16
140.		7.00	6.82		6.83		6.40	6.80	6.74	6.80	6.80	6.72	6.67	8.00 7.13
150.						6.45								
MIDDEL:		6.99	6.80		7.54	7.20	7.26	6.80	6.77	6.88	7.36	6.81	6.75	7.75 8.01

KOLBOTNVANN STASJON V

\* PH \*

\* \*

		* PH *			
		*	*	*	*
DYP DM		740327.	740520.	740702.	740808.760610.
10.		6.75	10.90	9.20	9.60
40.		6.75	7.25	7.50	7.15
50.					
60.		6.77	6.89	6.65	6.65
70.		6.70	6.90	6.60	
MIDDEL:		6.74	7.99	7.49	7.80

TABELL 7a KONDUKTIVITET,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,  $20^\circ\text{C}$ , PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2.NOVEMBER 1972 - 9.AUGUST 1976  
KOLBOTNVANN STASJON II.

\*LED.E.\*  
\*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731011.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
0.	
10.	175.0 183.0 186.0 176.0 190.0 193.0 185.0 195.0 180.0 179.0 192.0 172.0 143.0
20.	
30.	
40.	189.0 191.0 200.0 200.0 197.0 187.0 182.0 179.0 191.0 187.0 155.0
50.	
60.	197.0 186.0 203.0 203.0 185.0 181.0 188.0 191.0 189.0 157.0
80.	186.0 210.0 205.0 205.0 187.0 181.0 189.0 192.0 189.0 185.0
100.	
120.	191.0 194.0 220.0 215.0 187.0 185.0 189.0 192.0 189.0 190.0
130.	
140.	207.0 193.0
150.	
160.	215.0 207.0 209.0 190.0 188.0 195.0 193.0 188.0 189.0
165.	
170.	
180.	239.0 196.0 193.0 215.0 210.0 210.0 192.0 195.0 199.0 191.0 188.0 192.0
MIDDEL:	175.00 197.80 190.60 180.40 208.33 203.57 203.43 189.00 184.57 188.29 191.88 186.00 173.00

\*LED.E.\*  
\*

DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.
0.	
10.	135.0 181.1 200.0 186.2 204.0 195.1 190.0 203.0 164.200 185.400
20.	
30.	
40.	195.0 183.3 200.0 186.2 206.0 191.6 192.0 196.0 189.900 172.000
50.	
60.	195.0 186.6 203.0 186.2 203.0 191.6 197.0 190.627 192.663
80.	195.0 188.0 202.0 186.7 204.0 190.9 203.0 186.000 194.856
100.	
120.	192.0 181.1 201.0 186.7 204.0 191.6 198.0 201.0 200.000
130.	
140.	
150.	195.0 183.3 200.0 197.3 202.0 191.6 202.0 196.606
160.	
165.	
170.	197.0 175.6 204.0 197.8 191.6 198.0 205.0 199.421
180.	
MIDDEL:	193.43 182.79 201.43 189.59 203.83 188.53 194.50 201.00

TABELL 7b KONDUKTIVITET,  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,  $20^\circ\text{C}$ , PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 29. JANUAR 1974 - 10. JUNI 1976

KOLBOTNVANN STASJON I.

\*LED.E.\*  
\* \* \*

DYP DM 740129.740327.740520.740702.740808.760610.

10.	199.0	194.0	199.0	183.0	185.0	159.6
40.	203.0	201.0	184.0	183.0	182.0	170.3
60.	207.0	204.0	185.0	182.0	186.0	171.2
80.	207.0	205.0	187.0	181.0	187.0	173.3
120.	207.0	210.0	193.0	180.0	189.0	173.0
140.	210.0	214.0	195.0	185.0	195.0	173.0

MIDDEL: 205.50 204.67 190.50 182.33 187.33 170.07

KOLBOTNVANN STASJON III

\*LED.E.\*  
\* \* \*

DYP DM 740129.740327.740330.740520.740702.740808.760610.

10.	171.0	187.0	206.0	189.0	180.0	159.9
20.						
40.	199.0	197.0	187.0	182.0	180.0	173.4
60.	201.0	200.0	187.0	179.0	187.0	175.3
80.	204.0	206.0	187.0	178.0	188.0	
90.						
120.	206.0	207.0	189.0	180.0	189.0	
140.	206.0	203.0	205.0		198.0	
150.				195.0		

MIDDEL: 197.83 200.00 193.50 183.83 187.00 169.53

KOLBOTNVANN STASJON IV

\*LED.E.\*  
\* \* \*

DYP DM 740129.740327.740330.740520.740702.740808.741028.750128.750319.750520.750710.750828.751106.760610.

10.	192.0	179.0	194.0	197.0	179.0	194.0	186.0	182.0	190.0	180.0	200.0	186.7	171.3
20.													
40.	199.0	199.0	186.0	168.0	179.0	190.0	188.0	185.0	195.0	183.4	201.0	166.7	164.8
60.	200.0	199.0	185.0	170.0	189.0	193.0	189.0	185.0	194.0	185.8	203.0	186.7	169.9
80.	206.0	204.0	186.0	190.0	189.0	181.0	189.0	185.0	190.0	185.0	205.0	186.7	172.8
120.	199.0	204.0	190.0	190.0	189.0	180.0	191.0	185.0	190.0	186.6	200.0	186.7	173.0
140.	212.0	160.0	198.0		195.0	186.0	190.0	185.0	194.0	175.3	200.0	188.1	173.0
150.				195.0									

MIDDEL: 201.33 190.83 189.83 185.00 186.67 187.33 188.83 184.50 192.17 182.68 201.50 186.93 170.80

KOLBOTNVANN STASJON V

\*LED.E.\*  
\* \* \*

DYP DM 740327.740520.740702.740808.760610.

10.	194.0	212.0	195.0	181.0	169.5
40.	200.0	190.0	188.0	185.0	166.9
50.					
60.	270.0	192.0	200.0	229.0	198.2
70.	275.0	200.0	190.0		

MIDDEL: 234.75 198.50 193.25 198.33 178.20

TABELL 8 TOTALT NITROGEN, µg N/l, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2. NOVEMBER 1972 - 9. AUGUST 1976  
KOLBOTTENVANN STASJON II.

DYP DM	721102	721108	730320	730522	730703	730820	730828	731011	740129	740327	740520	740702	740808	741028	750128	750319
0.					665.											
10.	1628.	1028.	1620.	2200.	828.	1084.		1038.	1908.	1980.	944.	570.	670.	1280.	2600.	2800.
20.					908.											
30.					888.											
40.	1168.	2160.	2000.	2000.	1388.		1028.									
50.					1348.	704.										
60.	1068.	2120.	1584.	1608.	1064.		938.		2348.	3200.	1524.	1620.	1600.	1260.	2200.	2800.
80.					1704.											
100.			1600.	1656.	3000.		1380.		3200.	1444.	2040.	2160.	1320.			
120.																
130.																
140.	1148.						1948.									
150.																
160.	1148.				3200.											
165.			5900.	2600.	3400.	2394.			2188.	3000.	1504.	2160.	3000.	1420.		
170.																
180.																
MIDDEL:	1628.00	1116.00	2268.00	2020.80	001743.60	1388.00		1096.00	2098.00	2845.00	1354.00	1597.50	1857.50	1320.00	202400.00	2800.00

KOLBOTTENVANN STASJON II.

DYP DM	750520	750710	750828	751106	760202	760401	760610	760809	MIDDEL:
0.									868.000
10.	11400.	610.	480.	790.	1330.	690.	3220.		1851.273
20.									908.000
30.									888.000
40.						705.			1411.500
50.									1026.000
60.	13700.	900.	530.	780.	1370.		690.		2465.858
80.									1392.000
100.									1704.000
120.			1250.	1290.	860.				1752.667
130.						1350.	1340.	2400.	
140.									1548.000
150.									
160.									1148.000
165.									3200.000
170.			1380.	1280.	1230.	1450.	1180.	2040.	2257.250
180.									
MIDDEL:	12550.00	1035.00	895.00	915.00	1375.00	978.75	2087.50		



TABELL 10 TOTALT FOSFOR, PG P/1, PA OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2. NOVEMBER 1972 - 9. AUGUST 1976

KOLBOTNVANN STASJON II.

\* TOT-P\*  
\*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731011.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
0.	
10.	230. 240. 190. 25. 260. 250. 360. 340. 150. 240. 170. 350. 230. 280.
20.	150. 150.
30.	170.
40.	250. 230. 240.
50.	170. 200.
60.	460. 360. 240. 370. 380. 350. 290. 320.
80.	270. 280. 260. 330. 280. 240.
100.	490. 350. 470. 340. 520. 500. 350.
120.	
130.	480. 390.
140.	260. 900.
150.	
160.	270. 1600. 380. 670. 900. 440. 470. 340. 530. 550. 360.
165.	
170.	
180.	
MIDDEL:	230.00 258.00 556.00 247.00 315.00 380.00 480.00 412.50 410.00 267.50 415.00 400.00 352.50 260.00 300.00

KOLBOTNVANN STASJON II.

\* TOT-P\*  
\*

DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
0.		150.000
10.	110. 84. 110. 150. 230. 110. 140.	204.500
20.		150.000
30.		170.000
40.	130.	230.000
50.		235.000
60.	140. 140. 180. 160. 240. 130.	268.571
80.		276.667
100.		490.000
120.	335. 490. 200.	372.667
130.		325.000
140.		900.000
150.		270.000
160.		470.000
165.		541.471
170.	405. 520. 350. 300. 300. 360.	
180.		
MIDDEL:	125.00 241.00 325.00 215.00 255.00 208.75 242.50	



TABELL 11 ORTOFOSFAT, Hg P/L, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 2.NOVEMBER 1972 - 9.AUGUST 1976

KOLBOTNVANN STASJON II.

\*ORTO-P\*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731011.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
3.	
10.	99. 200. 240. 15. 31. 24. 160. 330. 220. 90. 180. 100. 320. 210. 280.
20.	
30.	
40.	190. 230. 19. 170. 170.
50.	
60.	
80.	140. 240. 23. 290. 27. 170. 430. 270. 230. 340. 330. 270. 300.
100.	
120.	
130.	250. 31. 420. 290. 480. 330.
140.	130. 350.
150.	
160.	
165.	130. 610.
170.	
180.	1200. 34. 620. 67. 620. 420. 400. 320. 500. 510. 330.
MIDDEL:	99.00 158.00 432.00 24.40 226.00 35.80 336.67 382.50 322.50 245.00 375.00 355.00 327.50 240.00 290.00

KOLBOTNVANN STASJON II.

\*ORTO-P\*

DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
3.		31.000.
10.	92. 46. 63. 140. 230. 65. 30.	143.909
20.		32.000
30.		35.000
40.		142.167
50.		108.000
60.	140. 110. 150. 140. 240. 100.	241.429
80.		148.333
100.		45.000
120.		323.067
130.	335. 470. 180. 240. 260. 340.	240.000
140.		610.000
150.		130.000
160.		430.000
165.		419.471
170.	405. 480. 350. 250. 280. 345.	
180.		
MIDDEL:	116.00 224.00 290.75 202.50 240.00 169.75 203.75	

TABELL 12 TØRRSTOFF, mg/l, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 20. MARS 1973 - 9. AUGUST 1976  
KOLBOTNVANN STASJON II.

*TØRRS.*												
*												
DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731111.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.											
0.		3.50	8.20	7.10	0.94	7.19	10.33	5.10	7.67	2.35	1.10	1.21
20.												
30.		3.50	2.60	3.10								
40.												
50.					1.15	3.81	2.77	3.94	5.77	2.55	1.10	1.30
60.		3.50	2.00	2.40								
80.				1.80								
100.		6.00	1.80		1.80	1.50	1.60	1.36	2.45			
120.												
130.					2.10							
140.												
150.												
160.												
165.												
170.		2.60	3.20	2.10	2.40	2.40	2.32	1.40	1.48	2.60		
180.												
MIDDEL:		5.02	3.56	3.30	1.65	3.80	4.23	3.01	4.07	2.49	1.10	1.26

1  
5  
8  
1

KOLBOTNVANN STASJON II.

*TØRRS.*												
*												
DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760309.											
0.												
10.		5.58	3.96	3.00	4.30	1.75	6.85	11.35		5.082		
20.												
30.												
40.							7.90					
50.												
60.		3.24	6.12	2.20	3.86	1.62		2.90		4.667		
80.										3.100		
100.										3.024		
120.										2.633		
130.										1.800		
140.										2.312		
150.										2.100		
160.										2.800		
165.												
170.												
180.												
MIDDEL:		4.41	5.04	2.20	4.15	2.24	5.41	4.80		3.220		

TABELL 13 UORGANISK MATERIALE (GLØDEREST), mg/l, PÅ OBSERVASJONSDAGENE I PERIODEN 20. MARS 1973 - 9. AUGUST 1976  
KOLBOTNVANN STASJON II.

\*GLØDE.\*  
\*

DYP DM	721102.721108.730320.730522.730703.730820.730828.731011.740129.740327.740520.740702.740808.741028.750128.750319.
0.	
10.	1.50 7.10 6.40 0.37 2.09 0.33 1.80 0.46 1.10 0.45 0.39
20.	
30.	
40.	1.90 1.60 2.50
50.	
60.	1.40 1.20 1.80
80.	1.70
100.	3.00 1.30
120.	
130.	0.70
140.	
150.	
160.	
165.	
170.	
180.	
MIDDEL:	2.80 2.40 1.90 0.80 1.00 0.71 0.55 0.15 1.40 2.12 2.72 2.86 0.57 1.32 0.52 1.16 0.40 1.29 0.48 0.60

KOLBOTNVANN STASJON II.

\*GLØDE.\*  
\*

DYP DM	750520.750710.750828.751106.760202.760401.760610.760809.	MIDDEL:
0.		
10.	0.54 0.16 0.60 0.30 0.05 0.85 0.70 1.399	
20.		
30.		
40.	1.42	
50.		
60.	0.59 0.37 0.80 0.35 0.10 0.90	
80.		
100.	0.50 0.57 0.35 0.40 0.60	
120.		
130.		
140.		
150.		
160.		
165.		
170.	0.90 0.50 1.85 2.75	
180.		
MIDDEL:	0.57 0.27 0.70 0.43 0.59 1.36 0.81	1.05 1.050 1.362

Tabell 14. Organisk materiale (tørrvekt ÷ gløderest), mg/l, på observasjonsdagene i perioden 20. mars 1973 - 9. august 1976. Kolbotnvatn, stasjon II.

Dyp	730320	730522	730820	740129	740327	740520	740702	740808	741028	750128	750319	750520	750710	750828	751106	760401	760610	760809	Middel
DM																			
10	2,00	1,10	0,70	0,57	5,10	10,00	3,30	7,21	1,25	0,65	0,82	5,04	3,80	2,40	4,00	1,70	6,00	10,65	3,68
40	1,60	1,00															6,48		3,02
50			0,60																0,60
60																			2,25
80	2,10	0,80	0,60	0,73	2,31	2,19	2,15	5,00	1,25	0,60	0,50	2,65	5,75	1,40	3,51	1,52		2,00	1,16
100			0,10																0,10
120	3,00	0,50																	1,49
140				1,40															1,40
160																			1,75
180	5,80	0,80	0,20	1,60	1,40	1,61	0,85	1,33	1,20					1,05	3,80	2,01	2,50	1,75	1,85
Middel	2,90	0,84	0,44	1,07	2,47	3,71	1,85	3,67	1,20	0,62	0,66	3,84	4,77	1,50	3,72	1,64	4,05	3,98	

Tabell 15. Kolbotnvaatn. Fysisk-kjemiske analyseresultater fra 29.1. og 19.5. 1977.

St. m dyp	Temp. °C	Oksygen		pH	Kond. µS/cm 20°C	Farge mg Pt/l	Turb. J.T.U.	Totalt nitrogen µg N/l	Nitrat µg N/l	Totalt fosfor µg P/l	Orto- fosfat µg P/l	Tørr- stoff mg/l	Uorganisk materiale mg/l	Organisk materiale mg/l	Olje mg/l
		mg O <sub>2</sub> /l	% O <sub>2</sub>												
1	3,2	7,5	57,78	6,9	212	53	1,10					1,66	0,05	1,61	
6	3,7	13,87	108,3	7,1	214	48	0,68					1,10	0,40	0,70	
12	3,7	8,26	64,5	7,0	215	30	0,95					1,28	0,51	0,77	
16	3,65	8,10	63,2	7,1	215	33	0,89					1,00	0,30	0,70	
19.5.77															
1	12,5	17,77		9,54	201			1760	370	130	19	Blandprøve 1 - 4 m 9,28			
4	8,2	9,52	83,4	7,31	190			1840	1120	160	140	Blandprøve 4 - 8 m 2,80		3,63	0,41
8	7,5	9,52	82,0	7,12	207			1800	1140	160	140			0,95	
12		7,58													
16	5,0	7,17	58,0	6,86	201			1800	1270	200	200				
18	4,8	7,27	58,4	6,85	202			1920	1270	200	200				

Tabell 16. Analyseresultater av plankton fra Kolbotnvatn.

NB: I prøvene fra 1976 og 1977 er ikke chrysoomonader  
og  $\mu$ -alger tatt med, da disse var vanskelig å skille  
ut på grunn av de store mengdene av andre alger.  
Disse to gruppene hadde imidlertid helt ubetydelige  
mengder sammenlignet med andre algegrupper.

\*) Antall kolonier

\*\*\*) Antall trichomlengder  $\pm 100 \mu$

\*\*\*\*) Omfatter tidligere Rh.minuta og  
Rh.min. v. nanoplantica

ALGEGRUPPE/ART	1973				1976				1977									
	20. mars		22. mai		20. august		24. oktober		10. juni		19. mai							
	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum	Antall	Volum				
CYANOPHYCEAE (blågrønnalger)																		
*) Gomposphaeria lacustris Chod.																		
***) Oscillatoria agardhii Gom.	80	144	430	774					11	16,5								
CHLOROPHYCEAE (grønnalger)																		
Chlamydomonas sp. (liten)	20	0,5							2320	4176								
Closterium sp.					10	13,5												
*) Coelastrum microporum Naeg.					1225	3675	35	105										
Cosmarium sp.					20	50												
*) Eudorina elegans Ehr.					130	390												
Gloeocystis sp.					170	85												
*) Microcystium pusillum Fred.					10	1												
Nonoraphidium griffithii (Berkeley) Kom.-Legn.					10	1												
Nonoraphidium setiforme (Nyg.) Kom.-Legn.					10	3,5												
Oocystis lacustris Chod.					10	3,5			142	5,7	145	5,8	780	31,2				
Oocystis submarina v. variabilis Skuja					10	5			43556	1307								
Scenedesmus quadricauda Turp.					10	5												
Scenedesmus sp.					120	60												
Schroederia setigera (Schroeder) Kom.-Legn.					15	1,5												
Sphaerellopsis gloeocystiformis (Dill) Gerl.					1470	2940												
*) Sphaerocystis schroeteri Chod.					95	85,5												
Staurastrum gracile, Ralfs					10	200												
Tetraedron minimum (A.Br.) Haneg.					245	49												
CHRYSOPHYCEAE (gulaalger)																		
Chrysoomonader	215	53,8			10	2,5	375	93,8										
CHRYSOPHYCEAE																		
Cryptaulax vulgaris Skuja					1110	111												
Cryptomonas spp.	1050	2625	3820	9550	1610	4025	545	1363	25	62,5			87	8,7				
Katoblepharis ovalis Skuja	55	5,5	20	2			245	24,5	247	24,7	189	18,9	69	6,9				
*** Rhodomonas lacustris Pasch. & Ruttner	855	128,3					1620	243	588	88,2	214	32,1						
BACILLARIOPHYCEAE (kiselalger)																		
Asterionella formosa Hass.																		
Fragilaria crotonensis Kitt																		
Nitzschia cf. gracilis Hantzsch					1210	303												
Nitzschia sp.					290	72,5												
Stephanodiscus hantzschii, Grün.	10	3,8	370	141			60	22,8										
Synedra acus v. radians (Kütz.) Hust.	5	4,5	10	9					551	496								
Synedra spp. små																		
DINOPHYCEAE (fureflagellater)																		
Gymnodinium sp.							35	14										
CRASPEDOPHYCEAE																		
Craspedomonader							90	5,9										
ANDRE GRUPPER																		
$\mu$ -alger	2535	25	31680	317	1800	18	3120	31										
TOTALVOLUM		2990,4		14674		8367		2308		6170,9		19197,6		8049,3		4015,9		2624,4