



# ÅRHUS AMTSKOMMUNE

## Amtsvandvæsenet



BIRK SØ - JUL SØ - BORRE SØ - BRASSØ 1980

X

353 Årh

556.55

628.39

eks. 1

GRUNDMATERIALET ER GEODÆTISK INSTITUTS KORT.  
KORTET ER UDELUKKENDE TIL TJENSTLIG BRUG HOS  
OFFENTLIGE MYNDIGHEDER OG MÅ IKKE GØRES TIL  
GENSTAND FOR FORHANDLING ELLER DISTRIBUTION  
TIL ANDEN SIDE UDEN SÆRLIG TILLADELSE AF  
GEODÆTISK INSTITUT.

UDGIVET MED GEODÆTISK INSTITUTS TILLADELSE  
(A. 400/76). GI COPYRIGHT.

UNDERSØGELSE AF FORURENINGSTILSTANDEN I

HIMMELBJERGSØERNE I 1980

Rapport udarbejdet af Jens Møller Andersen

ÅRHUS AMTSKommUNE, AMTSVANDVÆSENET  
LYSENG ALLE 1, 8270 HØJBJERG

(06) 27 33 44

Århus 1982

MILJØSTYRELSENS  
FERSKVANDSLABORATORIUM  
Lysbrogade 52  
8600 Silkeborg  
Telefon 06 - 81 07 22

28/12 82



## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Sammenfatning .....	1
Undersøgelsens formål .....	3
Beskrivelse af vandsystemet .....	3
Søerne .....	3
Recipientkvalitetsmålsætninger .....	7
Spildevandstilførsel .....	7
Tidligere undersøgelse .....	7
Undersøgelsesmetodik .....	9
Undersøgelsesresultater .....	10
Vandkemi og fytoplankton .....	10
Sedimentkemi .....	21
Bundfauna .....	21
Stoftransport gennem Himmelbjergsøerne .....	23
Sammenligning med tidligere undersøgelser .....	32
Mulighed for ændring i forureningstilstand .....	33
Konklusioner .....	36
Referencer .....	37
Bilag 1: Dybdekort over Birk sø .....	39
Bilag 2: Dybdekort over Jul sø .....	41
Bilag 3: Dybdekort over Borre sø .....	43
Bilag 4: Dybdekort over Brassø .....	45
Bilag 5: Ordliste.....	47

### Arbejdsgrundlag for rapporten

Udtagning af vandprøver:	Erik Nygaard Pedersen
Kemiske analyser:	Miljø- og levnedsmiddellaboratoriet i Silkeborg
Vandføringsberegninger:	Det danske Hedeselskab
Fytoplankton:	Jens Møller Andersen
Bundfauna:	Jørn Jensen
Teknisk tegning:	Vibeke Windinge



## SAMMENFATNING

## Beskrivelse af søerne

Himmelbjergsøerne Birk sø, Jul sø, Borre sø og Brassø ligger i en dalsænkning mellem Ry og Silkeborg og gennemstrømmes af Gudenåen. Søerne er forholdsvis lavvandede, og vandets opholdstid i søerne er kort (ca. 1-35 døgn i den enkelte sø).

Søerne er fra naturens side produktive søer med betydelige algemængder i vandet og med forholdsvis uklart vand, fordi der med den store vandgennemstrømning naturligt tilføres store næringssaltmængder.

Næringssalttilførslen er forøget afgørende i dette århundrede.

Hovedparten af fosfortilførslen i 1980 stammede fra spildevandsudledninger enten direkte til søerne eller højere opstrøms i Gudenåens vandsystem.

I 1980 tilførtes søerne spildevand fra ca. 66.000 personer, heraf spildevand fra ca. 15.000 personer fra søernes nærmeste omgivelser.

Af den totale fosfortilførsel i 1980 på ca. 68 tons stammede ca. 43 tons fra spildevandsudledninger fra byer, ca. 4,6 tons fra dambrug og resten fra skov- og landbrugsområder.

Kvælstoftilførslen er øget gennem de seneste år især på grund af en større udvaskning af nitrat fra dyrkede arealer. Kvælstoftilførslen var i 1980 ca. 1800 tons N, heraf ca. 200 tons fra spildevand. I 1974 var de samlede tilførsler af fosfor og kvælstof 52 tons P og 805 tons N.

Disse forøgede næringssalttilførsler har gødet søerne, således at mængden af mikroskopiske alger i vandet er steget stærkt, og vandet er blevet mere uklart end tidligere. Undervandsplanterne i søerne er derfor forsvundet, idet der ikke mere trænger tilstrækkeligt lys til deres vækst ned til søbunden.

Selv om næringssaltkoncentrationerne er næsten ens i de fire søer, er der betydelige forskelle i algemængde og i øvrige økologiske forhold i søerne.

Dette skyldes først og fremmest forskelle i dybdeforhold.

Kun Jul sø er så dyb (max. ca. 17 m), at vandmasserne om sommeren er nogenlunde stabilt opdelt i et varmt overfladelag og koldere bundlag. Denne lagdeling vanskeliggør næringssalttilførsel fra sedimentet og bidrager derved til at holde algemængden på et lavere niveau i sommerperioden. Den betydelige dybde i Jul sø bidrager også til, at algemængden her er mindre end i de andre Himmelbjergsøer, fordi lysforholdene for algerne normalt bliver dårligere med stigende vanddybde. Af disse grunde er Jul sø den mest klarvandede af de fire søer.

Temperaturlagdeling bevirker, at der i lagdelingsperioden ikke transporteres ilt fra overfladevandet ned til bundvandet. Dette, sammen med den store omsætning af organisk stof i søen, bevirkede, at bundvandet i Jul sø i 1980 var iltfrit i en del af sommerperioden.

Algemængden og algeproduktionen var højest i Birk sø, der er meget lavvandet (ca. 2 m vanddybde) og derfor uden temperaturlagdeling om sommeren. Der findes derfor heller ikke vandlag i bunden af Birk sø med dårlige iltforhold.

I Borre sø og Brassø er der meget små områder, hvor vanddybden er over 10 m, og hvor der kan være temperaturlagdeling og dårlige iltforhold i bundvandet. Disse to søer ligner hinanden meget. Algemængden er større end i Jul sø, men mindre end i Birk sø.

#### MULIGHEDER FOR ÆNDRING AF FORURENINGSTILSTAND.

For at mindske algemængden i søerne i Gudenåsystemet har de tre involverede amtsråd bl.a. vedtaget, at der skal ske fjernelse af fosfor fra spildevand i byer med over 500 indbyggere senest i 1990 og i byer med over 2000 indbyggere senest i 1985. Denne fosforfjernelse vil mindske fosfortransporten gennem Himmelbjergsøerne med ca. 50% og dermed også mindske fosforindholdet i søvandet til ca. halvdelen af niveauet i 1980.

Reduktionen af fosforindholdet i vandet vurderes at medføre en reduktion i algemængden i søerne i sommerperioden på ca. 40% og en omtrent tilsvarende forøgelse af vandets gennemsigtighed. Den gennemsnitlige sigtdybde i perioden 1. maj - 1. oktober vurderes således at øges fra 0,7 m til ca. 1 m i Birk sø, fra 1,3 m til ca. 1,8 m i Jul sø og fra 1,1 - 1,2 m i Borre sø og Brassø til ca. 1,4 m.

Disse ændringer vil øge søernes rekreative værdi bl.a. til badning, sejlads og fiskeri, og der vil være mulighed for, at den tidligere udbredte vegetation af undervandsplanter i søerne delvis kommer igen.

Disse vurderinger af mulighederne for at mindske eutrofieringen af søerne er meget mere optimistiske end de vurderinger, der blev foretaget på baggrund af Gudenå-undersøgelsen i 1973-76.



## UNDERSØGELSENS FORMÅL

Formålet med denne undersøgelse er at beskrive forureningstilstanden i Birk sø, Jul sø, Borresø og Brassø i 1980, og at vurdere om recipientkvalitetsmålsætningen for søerne er opfyldt. Desuden er undersøgelsesresultaterne anvendt ved vurderinger af mulighederne for at ændre forureningstilstanden i søerne, f.eks. gennem bedre spildevandsrensning.

Undersøgelsen er et led i Århus amtsråds tilsyn med forureningstilstanden i søer og vandløb, jfr. miljøbeskyttelseslovens § 55.

## BESKRIVELSE AF VANDSYSTEMET

Himmelbjergsøerne ligger i det midtjyske Søhøjland i bunden af en dal mellem Silkeborg og Ry. Denne dal findes ikke blot i moræneaflejringerne fra istiden, men fandtes også i landskabet før istiden (Århus amtskommune 1981 a). I fig. 1 er vist et oversigtskort over området.

Under isens afsmeltning har smeltet vandet løbet gennem dalstrøget, der også omfatter områderne omkring Skanderborg sø, Mossø, Salten Langsø, Ravn sø og Knud sø, og der er aflejret store mængder smeltevandssand, bl.a. nord for Mossø og omkring Silkeborg.

Himmelbjergsøerne gennemstrømmes af Gudenåen. Vandet udskiftes derfor hurtigt, og næringssalttilførslen er samtidig stor.

I tabel 1 er anført morfometriske og Hydrauliske data for søerne. Der er desuden i det følgende givet en kort beskrivelse af den enkelte sø.

### SØERNE

#### Birk sø.

Birk sø er den mindste af Himmelbjergsøerne. Da søen samtidig er meget lavvandet, er vandets opholdstid kun ca.

et døgn. I modsætning til de andre søer er søbunden i Birk sø plan uden undersøiske bakker og dale. I bilag 1 er vist et dybdekort over søen.

Foruden gennem Gudenåen løber der vand til Birk sø fra Knud å's afstrømningsområde gennem Knud sø.

#### Guden sø (incl. Ry Møllersø).

Guden sø er en lavvandet sø med en maximumsdybde på 4,8 m. Der er ikke foretaget undersøgelser i søen i 1980, men de vandkemiske forhold må formodes at være omtrent som ved Ry Mølle, hvor der er taget vandprøver i 1980.

#### Jul sø.

Jul sø er den største og dybeste af Himmelbjergsøerne. Den er samtidig den eneste af søerne, hvor der sker en temperaturlagdeling af vandet om sommeren, således at større mængder bundvand er afskåret fra kontakt med atmosfæren gennem længere tid.

I fig. 2 er vist hypsografiske kurver for Jul sø. Af disse kurver kan aflæses, hvor store bundarealer og vandmængder, der er i hvert dybdeinterval.



Figur 1.

Øversigtst Kort over området omkring Himmelbjergsøerne.

I bilag 2 er et dybdekort over Jul sø. Det ses, at bundtopografien er overordentlig uregelmæssig. Vanddybden er størst, op til 17,5 m mellem Himmelbjerget og Møgelø.

#### Borre sø.

Den største vanddybde i Borre sø er ca. 15 m ud for Svejbæk (se kortet i bilag 3), men dybden er kun over 10 m i et meget lille område. Den vestlige del af søen omkring Paradisøerne er mere lavvandet med dybder på 3-6 m. Til denne del af søen løber Gravbæk bl.a. med spildevand fra Them og Virklund.

#### Brassø.

Dybdeforholdene i Brassø er omtrent som i Borre sø (se bilag 4) med en maksimumsdybde på 14 m og med dybder i det meste af søen på 4-10 m.

Der kan være temperaturlagdeling af vandet på de dybeste steder i Borre sø og Brassø midt på sommeren, men da denne lagdeling kun berører en meget lille del af søerne, er der ikke tegnet hypsografiske kurver, som for Jul sø (fig. 2).

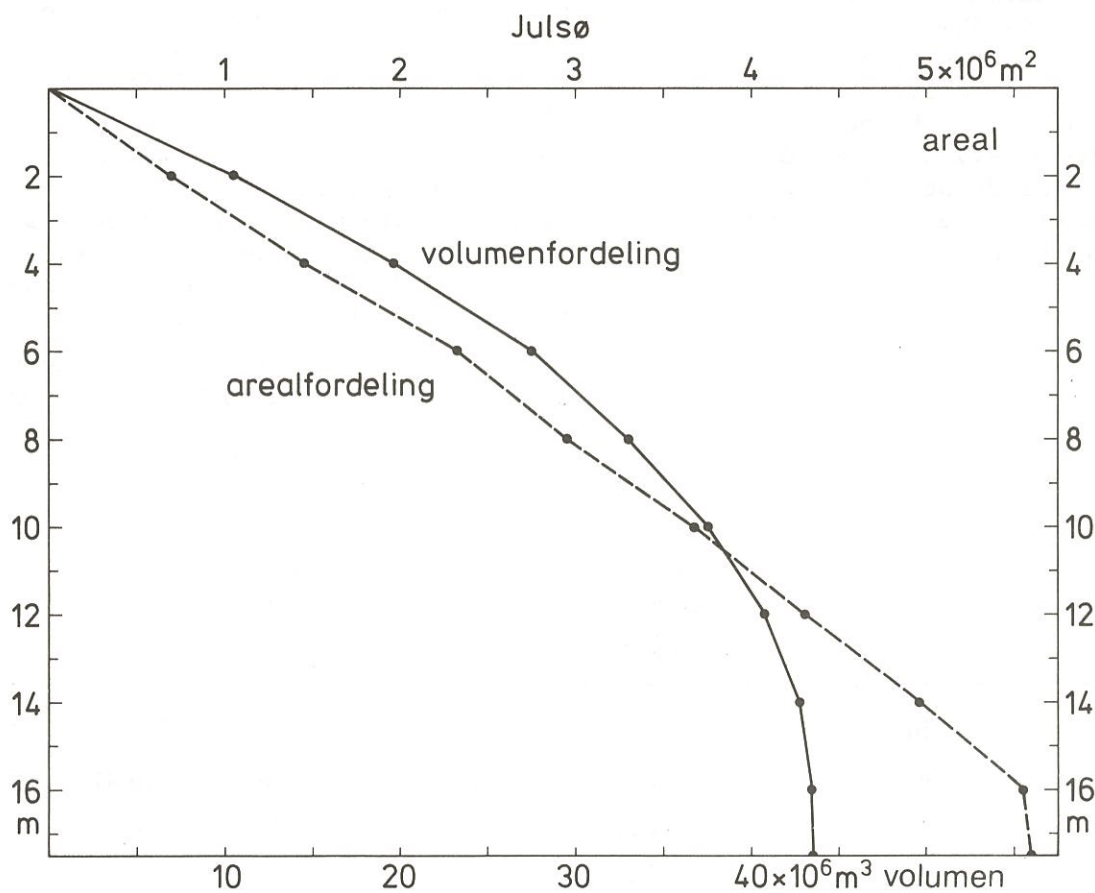
Vejlsø er en næsten helt afsnøret vig af Brassø. Det må dog formodes, at vandudskiftningen mellem Vejlsø og Brassø sker så hurtigt, at forholdene i de frie vandmasser er nogenlunde ens i de to søer.

Vand fra den klarvandede Almind sø løber til Vejlsø og videre herfra ud i Brassø.

		Guden sø/ Ry møllesø	Birk sø	Jul sø	Borre sø	Brassø
Areal	ha	177	67	565	195	114
Max. dybde	m	4,8	2,4	17,5	15,0	14,1
Gnsnt. dybde	m	2,2	1,8	7,8	4,9	4,6
Volumen	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	3,98	1,21	43,8	9,47	5,26
Vandspejlshøjde	m over DNN	22	21	21	21	21
Gnsnt. hydraulisk opholdstid 1980	døgn	3,5	1,0	34	7,1	3,8

Tabel 1.

Morfometriske data for Himmelbjergsøerne.



Figur 2.

Fordeling af volumen og areal som funktion af vanddybden i Jul sø. Volumen af vandet over en bestemt dybde aflæses på akse fornedet, og arealet af bunden over en bestemt dybde på akse foroven.

## RECIPIENTKVALITETSMÅLSÆTNINGER

Alle Himmelbjergsøerne, som gennemstrømmes af Gudenåens hovedløb, er målsat som fiskevand for ikke-laksefisk og som søer, der skal kunne bruges til badning. Søerne skal desuden kunne anvendes til naturvidenskabelige og undervisningsmæssige formål. (Århus amtskommune 1976).

For at målsætningen kan anses at være opfyldt, skal gennemsigtheden af vandet være mindst 1 m. Søerne er dog næppe velegnede til badning, med mindre gennemsigtheden er omkring eller over 2 m.

## SPILDEVANDSTILFØRSEL

Spildevandstilførsel til Himmelbjergsøerne sker dels ved direkte udledning til søerne og dels ved udledning til Gudenåsystemet opstrøms søerne, enten til vandløb eller til søer.

Den vigtigste forureningspåvirkning er eutrofiering, d.v.s. en forøgelse af algemængden, som følge af øgede tilførsler af fosfor. Udledninger af fosforholdigt spildevand vil virke eutrofierende på Himmelbjergsøerne, selv om udledningen sker så langt opstrøms som i Skanderborg eller nær Gudenåens udspring.

At så fjerntliggende udledninger kan forurene Himmelbjergsøerne, skyldes at fosfor kun i meget ringe grad tilbageholdes i vandløb. Ved gennemløb af dybe søer med lang hydraulisk opholdstid sker der ofte en betydelig tilbageholdelse af fosfor i søsedimentet.

Ved beregning af de enkelte spildevandsudløbs bidrag til fosfortilførslen er der derfor taget hensyn til den forskellige grad af tilbageholdelse af fosfor. Der er regnet med samme fosfortilbageholdelse, som fundet ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75 (Vandkvalitetsinstituttet 1976).

I tabel 2 er anført stofudledninger med spildevand til Gudenåsystemet opstrøms Himmelbjergsøerne i 1980. For Skanderborg er der regnet med udledningen før etablering af fosforfjernelse, fordi opholdstiderne i Skanderborg sø og Mossø er så lange (3-5 år), at virkningen af den forbedrede spildevandsrensning endnu ikke i 1980 kan have haft betydning for fosfortilførslen til Himmelbjergsøerne.

I tabel 2 er også angivet omtrentlige værdier for stofudledning fra opstrøms beliggende dambrug og for fosfortilførslen fra disse dambrug til Himmelbjergsøerne.

## TIDLIGERE UNDERSØGELSER

Ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75 blev der foretaget omfattende undersøgelser af stoftransporten gennem Gudenåsystemet, af de forskellige forureningskilders bidrag til forureningen og af forureningstilstanden i Himmelbjergsøerne, eksemplificeret ved undersøgelser og modelberegninger for Brassø (Vandkvalitetsinstituttet 1976 a, b, c).

Resultaterne af undersøgelserne i 1980 vil blive sammenlignet med disse tidligere undersøgelser, bl.a. med henblik på at vurdere om der er sket ændringer i tilstanden i søerne.

By	Antal personer	Vand $10^6 \text{ m}^3$ / år	BI <sub>5</sub> t/år	COD t/år	Total N t/år	Total P t/år	Total P korrigeret t/år
Byer over 2000 p.e. ved Gudenå opstrøms Mossø	16.000	1,17	-	-	(70)	6,3	5,7
Byer 500-2000 p.e. ved Gudenå opstrøms Mossø	9.080	2,37	-	-	(40)	5,1	4,6
Byer under 500 p.e.	5.190	0,38	-	-	23	6,6	5,9
Skanderborg indtil 1978	17.000	1,0	-	-	47	13	10
(Skanderborg 1980	17.000	3,1	9,4	89	70	5,0	5 )
Byer under 500 p.e. ved Skanderborg sø	2.110	0,15	-	-	9	3,1	2,2
Bryrup	1.250	0,30	6,7	21	4,0	1,39	0,7
Gjessø	320	0,04	0,5	1,9	1,2	0,49	0,2
INDIREKTE SPILDEVANDS- TILFØRSEL FRA BYER	50.950	9,11	-	-	194	36,0	29,3
Gl. Rye	900	0,10	3,0	7,2	1,7	0,73	0,73
Ry St.	4.800	0,42	9,2	20	10,3	4,1	4,1
Laven	ca. 890	0,08	1,0	3,0	1,2	0,24	0,24
Sejs	2.800	0,56	9,6	33	8,8	3,2	3,2
Virklund	2.500	0,30	4,0	17,9	6,8	2,7	2,7
Them	3.500	0,38	7,4	21	4,5	2,4	2,4
MERE DIREKTE SPILDE- VANDSTILFØRSEL FRA BYER	15.390	1,84	34,2	102	33,3	13,4	13,4
Spildevandstilførsel fra byer i alt	66.340	11,0	-	-	227	49,4	42,7
Fosfortilførsel med spildevand 1985-90						18,9	15,0
Fosfortilførsel med spildevand efter 1990						13,4	10,0
FOSFORTILFØRSEL FRA DAMBRUG I 1980						8,1	4,6

Tabel 2.

Spildevandstilførsel til Himmelbjergsøerne i 1980. Desuden er angivet fosfortilførslen i 1985-90 og efter 1990 ifølge den planlagte fosforfjernelse.

## UNDERSØGELSESMETODIK

### Vandkemi.

Der er taget prøver til vandkemiske analyser i søerne og i de vigtigste tilløb ca. 1 gang pr. måned i 1980. Nogle af tilløbene er dog kun undersøgt i 1979 (tilløbet til Birk sø fra Knud sø) eller i 1981 (tilløbet fra Almind sø og Slåen sø).

I tilløbene er der ikke blot taget prøver umiddelbart opstrøms Himmelbjergsøerne, men også længere opstrøms i Gudenåens vandsystem, f.eks. i Tåning å mellem Skanderborgsøerne og Mossø og i Gudenåen opstrøms Mossø og ved Emborg bro.

### Vandføring i vandløbene.

I Gudenåen ved Voervadsbro og Ry Mølle og i Tåning å sker der en kontinuert registrering af vandføringen. Vandføringen ved andre stationer ved Gudenåens hovedløb er beregnet ud fra disse stationer. Ved disse beregninger er der regnet med samme forhold mellem vandføring og areal af afstrømningsområde som ved en nærliggende station med kontinuert registrering af vandføringen.

I enkelte vandløb (Gravbæk og Hulbæk) er der kun målt vandføring med hydrometrisk vinge ca. 1 gang pr. måned i forbindelse med prøvetagning til kemiske analyser af vandet.

### Målinger i felten.

Samtidig med udtagning af vandprøver er der målt vandets temperatur og iltindhold med en YSI iltmåler. I søerne er målt den vertikale fordeling af ilt og temperatur. Samtidig er målt vandets gennemsigtighed med Secchi skive. Lysets nedtrængen i vandet målt med et LI-COR kvantemeter.

### Fytoplanktonundersøgelser.

På jodfikserede prøver af overfladevandet foretages en semikvantitativ bestemmelse af de vigtigste algeslægter.

Fytoplanktonets bruttoprimærproduktion målt i laboratoriet i lystermostat ved inkubering af prøver af overfladevandet fra Jul sø og Brassø med  $^{14}\text{C}$  i ca. 2 timer ved forskellige lysintensiteter ved aktuel søtemperatur.  $^{14}\text{C}$  optagelsen målt med Geiger-Müller tæller efter frafiltrering af algerne på membranfilter.

Ud fra  $^{14}\text{C}$  optagelse, lysforhold i søen, lysforhold i lystermostaten og den gennemsnitlige lysindstråling på den pågældende dato, udregnedes bruttoprimærproduktionen, dels som den maksimale fotosyntese  $\text{pr. m}^3$  og dels som produktionen  $\text{pr. m}^2$ . Desuden udregnedes ved trapezintegration den årlige primærproduktion  $\text{pr. m}^2$ .

### Sediment og bundfauna.

De øverste 5 cm af sedimentet udtooges med Kajak bundhenter til kemiske analyser. Prøver til undersøgelse af bundfaunaen udtooges med en Ekman bundhenter (15x15 cm). Bunddyrene sigtedes fra gennem en sigte med maskevidde på 0,5 mm.

Der er ikke tilstræbt en egentlig kortlægning af sedimentkemi og bundfauna i søerne. Der er kun udtaget prøver på enkelte karakteristiske steder i søerne, normalt 2 prøver ved hver station til sedimentkemi og 2 prøver til bundfauna.

## UNDERSØGELSESRESULTATER

## VANDKEMI OG FYTOPLANKTON

Da Gudenåen gennemstrømmer Himmelbjergsøerne, og da vandets opholdstid er kort (højst et par måneder, se tabel 1) er forholdene i de frie vandmasser omtrent ens i søerne.

Mellem de enkelte søer er der dog nogle forskelligheder, der først og fremmest skyldes forskelle i størrelse og dybdeforhold.

Vandkemi og fytoplankton i Birk sø, Jul sø, Borresø og Brassø er i det følgende opdelt efter den enkelte sø.

## BIRK SØ

Fordi vanddybden i Birk sø højst er 2,4 m, er der ingen væsentlige vertikale forskelle i de fysisk-kemiske biologiske forhold i vandet. Der er derfor kun foretaget undersøgelser af overfladevandet i søen. I vinterperioden er vandprøverne udtaget i afløbet fra søen.

## Vandkemi

Resultaterne af de kemiske analyser af vandet i Birk sø er vist i fig. 3.

Der er dog ikke i fig. 3 vist temperatur og iltindhold i vandet. Da der ikke er nogen vertikal lagdeling, og da der sker en meget hurtig vandudskiftning forekommer lave iltindhold i søvandet næppe.

De kemiske analyser viser, at algemængden i vandet er stor, med klorofylindhold på op til 110 mg/m<sup>3</sup> i august og med et mindre klorofylmaksimum i marts - april.

Indholdet af partikulært organisk stof, målt som COD, i vandet følger stort set algemængden, hvorimod der kun er små variationer i mængden af opløst organisk stof i vandet.

På grund af det store indhold af alger og detritus i vandet er gennemsigtigheden lille, i sommerperioden mellem 0,5 og 1 m. (Gennemsnit = 0,7 m). Gennemsigtigheden er mindre og algemængden større i Birk sø end i de øvrige Himmelbjergsøer. Dette skyldes den mindre vanddybde, der bevirker, at lysforholdene for algerne bliver bedre og algemængden dermed større end i de andre søer.

De målte pH værdier er mindre (måske op til 0,5 - 1 pH enhed) end de aktuelle værdier, idet pH målingen er foretaget dagen efter prøvetagningen.

Resultaterne af næringssaltanalyserne (N, P, Si) viser, at algemængden i Birk sø kun i ringe grad kan have været begrænset af næringssalte i 1980. Dog opbrugtes praktisk taget al fosfor i april, og indholdet af silikat og uorganisk kvælstof var lavt midt på sommeren.

På grund af det hurtige vandskifte i Birk sø er årstidsvariationerne i stofkoncentrationer i søen ikke blot et resultat af stofomsætningen i søen, men også i høj grad et udtryk for forskellene i stofindholdet i det vand, der løber til Birk sø.

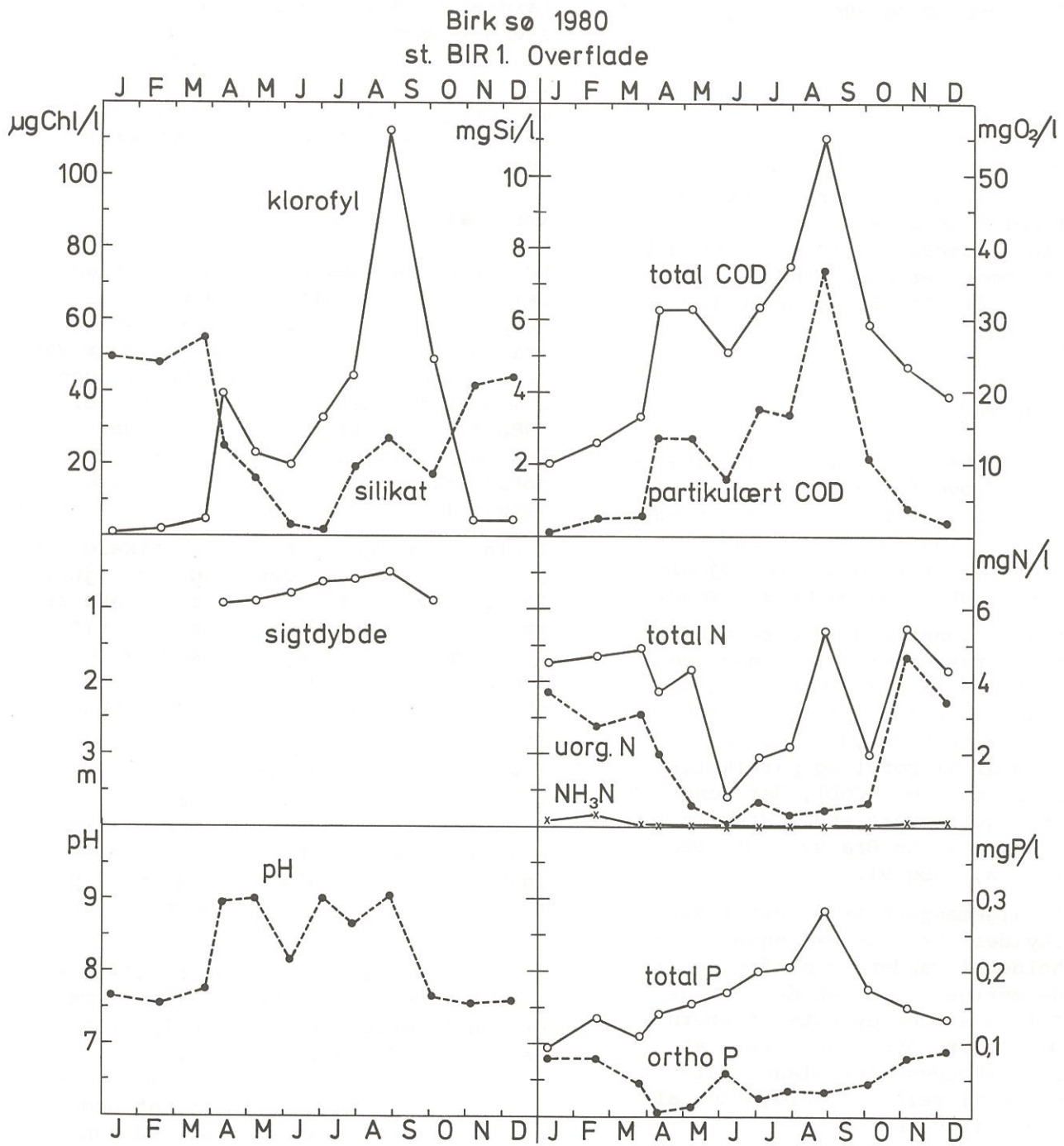
## Fytoplankton.

I forårsperioden dominerede centriske diatomeer i planktonprøverne fra Birk sø. Især var *Stephanodiscus hantzschii* i april meget talrig.

Først og midt på sommeren var centriske og pennate diatomeer stadig talrige (*Stephanodiscus*, *Melosira*, *Fragilaria*), og der fandtes en del flagellater (*Cryptomonas* og *Rhodomonas*) gennem hele sommeren.

Fytoplanktonmaksimet i august bestod dog først og fremmest af blågrønalgen *Aphanizomenon*.





Figur 3.

Resultater af kemiske analyser af overfladevandet i Birk sø i 1980.

Mest artsrigt var planktonet sidst i september, (ca. 25 arter) med *Stephanodiscus*, *Cryptomonas* og *Rhodomonas*, som de hyppigste slægter.

## JUL SØ

Jul sø er den største og dybeste af Himmelbjergsøerne (se tabel 1 og bilag 2) og den eneste af søerne, hvor der i en del af sommerperioden findes en nogenlunde stabil temperaturlagdeling.

### Vandkemi

Resultaterne af de kemiske analyser af overfladevandet i Jul sø i 1980 er vist i fig. 4. Det fremgår af figuren, at Jul sø er en stærkt eutrof sø med en høj algekoncentration og uklart vand.

Sammenlignet med de øvrige Himmelbjergsøer er Jul sø dog den mest klarvandede, med sigtddybder i sommeren 1980 på 1,05 - 1,6 m (gennemsnit = 1,3 m) og med indhold af klorofyl og partikulært organisk stof (COD), der generelt er noget lavere end i Birk sø og i Borre sø og Brassø (sml. med fig. 3, 7 og 9).

At algemængden er mindst i Jul sø skyldes ikke, at næringssaltindholdet i vandet er mindre end i de øvrige søer, men derimod at Jul sø er den dybeste af søerne. Den større dybde bevirker, at lysforholdene for planktonalgerne bliver dårligere, idet algerne i en betydelig del af tiden vil befinde sig under den dybde, hvortil lyset trænger ned, og hvor de derfor ikke kan vokse.

De målte indhold af kvælstof og fosfor er så høje, at algemængden i søen næppe har været begrænset af de tilgængelige mængder af kvælstof og fosfor i 1980.

Vandets pH værdier er højst i forårs- og sommerperioden, hvor algernes nettoproduktion er størst. De målte pH-værdier er dog ikke så høje, at fiskene i søen kan forventes at blive skadede. pH værdierne er målt inden for få timer efter prøvetagningen og må derfor antages i praksis at være de samme, som de aktuelle værdier i søen.

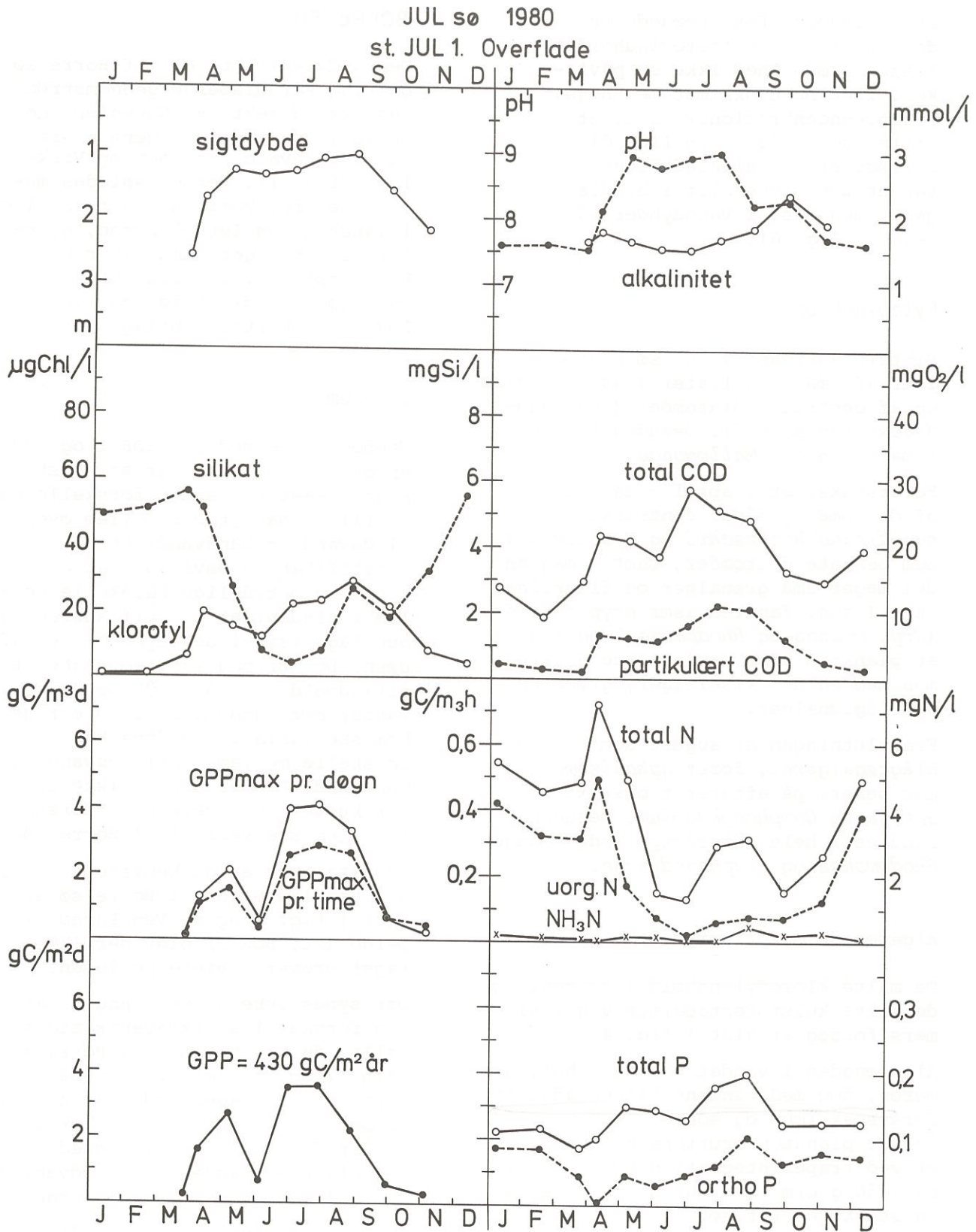
### Vertikal fordeling.

Der er kun konstateret temperaturlagdeling i juni, juli og august, og temperaturlagdelingen er ikke særlig stabil, idet bundvandets temperatur var så høj som 13-16°C. Stigningen i bundtemperaturen mellem d. 1. og 29. juli 1980 fra 13° til 16° viser, at der i den mellemliggende periode har været totalcirkulation af søens vandmasser (fig. 5).

I fig. 5 er også vist den vertikale fordeling af ilt i vandet i Jul sø i juli 1980. Selv om stratifikationen ikke er stabil, er vandet ved bunden iltfrit i de dybeste dele af søen som følge af den betydelige nedbrydning af organisk stof i overfladesedimentet og i bundvandet.

Ikke kun temperatur og ilt udviser vertikale forskelle midt på sommeren. Da der ikke sker produktion, men nedbrydning af organisk stof i bundvandet, er indholdet af fytoplankton og andet partikulært stof mindre i bundvandet end i overfladevandet.

I fig. 6 er illustreret vertikalfordelingen af nogle kemiske variable. Der er kun foretaget kemiske analyser af vand fra 3 dybder, hvorfor den vertikale fordeling ikke kan beskrives detaljeret. Af fig. 6 fremgår, at nedbrydningen af organisk stof ved bunden bevirker, at ammoniakindholdet her bliver højt. Indholdet af fosfor i bundvandet er også noget højere end i overfladevandet. Denne koncentrationsforøgelse må først og fremmest tilskrives frigørelse fra sedimentet som følge af de reducerende forhold i det øverste sedimentlag.



Figur 4.

Resultater af kemiske analyser af overfladevandet i Jul sø i 1980. Desuden er vist de målte primærproduktionshastigheder (GPP) dels som de maksimale produktioner pr. m<sup>3</sup> og dels som produktionerne pr. m<sup>2</sup>.

Den frigjorte fosformængde er dog så lille, at fosforindholdet i søen som helhed ikke er påvirket, idet bundvoksomet med høje fosforkoncentrationer er meget lille (sml. fig. 2 og fig. 6). Derimod er ammoniakindholdet i vandet øget ikke blot i bundlagene, men også i vanddybder på 7-10 m (fig. 6).

## Fytoplankton

Vinterplanktonet i Jul sø bestod især af små flagellater (*Rhodomonas*) og af centriske diatoméer (*Stephanodiscus hantzschii*). Desuden fandtes i marts en del *Mallomonas* (gulalge).

Forårsmaksimet i april - maj bestod af diatoméer, såvel centriske (*Stephanodiscus hantzschii* og *Cyclotella*), som pennate diatoméer, samt i maj en del meget små grønalger og flagellater. I juni fandtes især cryptophycéer (*Cryptomonas* og *Rhodomonas*) og i juli et plankton uden dominerende arter, men med en del kiselalger, grønalger og blågrønalger.

Fra slutningen af august dominerede blågrønalgerne, først *Aphanizomenon*, men senere på efteråret også *Microcystis* og *Gomphosphaerium*. Desuden fandtes i hele efterårsperioden mange *Rhodomonas* og *Stephanodiscus*.

## Algemængde og primærproduktion

De målte klorofylindhold i vandet, og de målte kulstofoptagelser ved 2 timers forsøg er vist i fig. 4.

Algemængden i vandet var stor hele sommeren, dog med tendens til et adskilt forårsmaksimum og sommermaksimum. Den årlige plankton bruttoprimærproduktion er ved trapezintegration udregnet til ca. 430 g C/m<sup>2</sup> år. Jul sø er således en stærkt eutrof sø.

Algemængde og algeproduktion synes i 1980 kun i ringe grad at være begrænset af næringssaltindholdet i vandet, idet der kun er fundet et lavt indhold af orthofosfat i april måned, mens der gennem hele sommeren tilsyneladende var tilstrækkeligt kvælstof til algernes vækst.

## BORRE SØ

Den sydvestligste del af Borre sø omkring Paradisøerne gennemstrømmes ikke direkte af Gudenåens hovedløb, men modtager gennem Gravbæk spildevand fra Them og Virklund (fig. 1). Der er således muligheder for horisontale forskelle i vandkemi og fytoplankton, hvorfor der er taget vandprøver både i Borre sø's hovedbassin (st. BOR 1) og i søens sydvestlige del (st. BOR 2, se kortet i bilag 3).

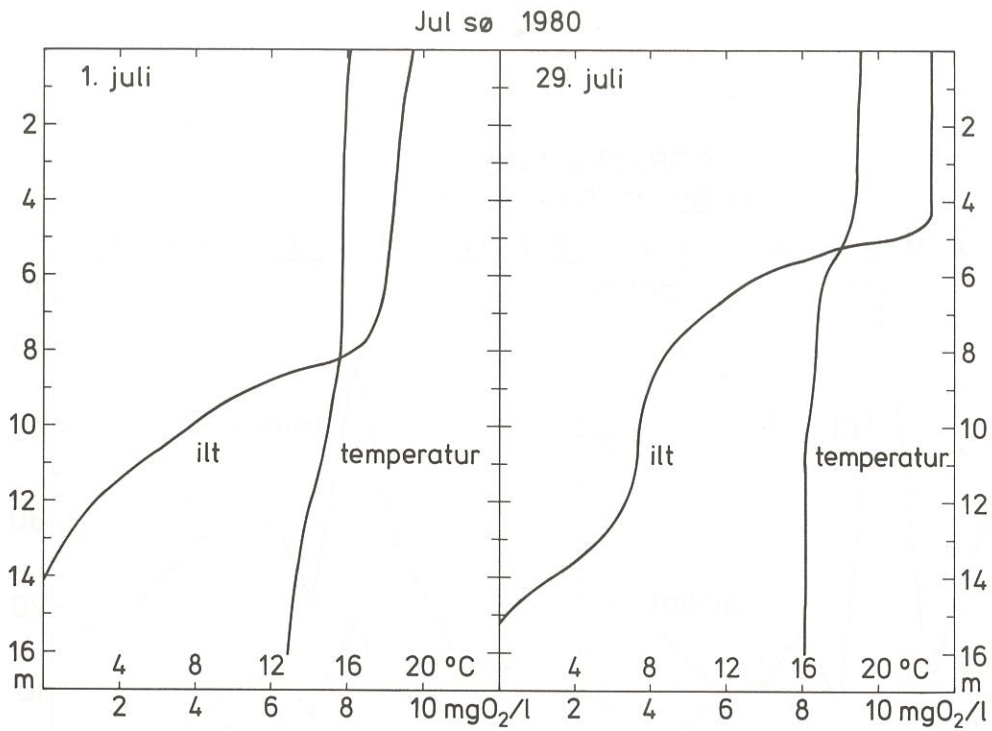
## Vandkemi

Vanddybderne ved st. BOR 1 og BOR 2 er ca. 9 m og 6 m. Der er højst konstateret temperaturforskelle på op til et par grader mellem overfladevand og bundvand. Denne svage stratifikation bevirker, at der kan være betydelige forskelle mellem iltindholdet i overfladelag og bundlag, især i den dybeste del af søen. Der er dog ikke konstateret iltindhold på under 50% mætning i vandet nær bunden, og i de øvrige kemiske variable fandtes kun små forskelle mellem overfladevand og bundvand. Der er derfor ikke tegnet kurver over vertikale forskelle i kemiske variable i Borre sø.

Resultaterne af de kemiske analyser af overfladevandet i Borre sø er vist i fig. 7 og 8. Ved Paradisøerne (st. BOR 2) blev der ikke taget prøver i vinterperioden.

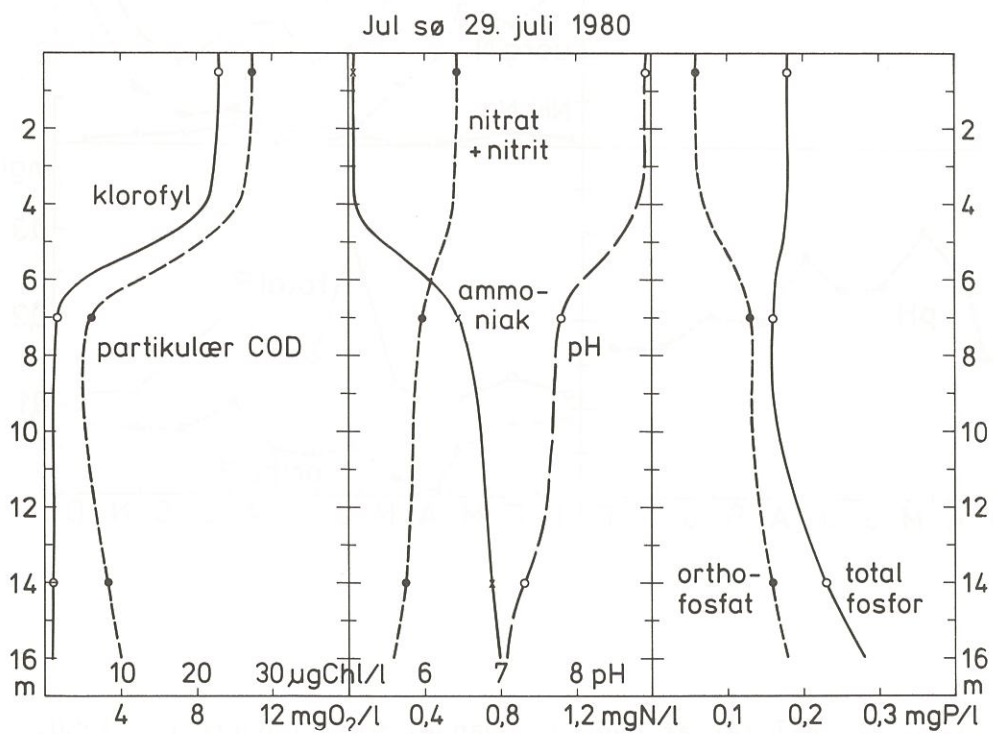
Der synes ikke at være nogen særlig forskel i stofkoncentrationer mellem de to stationer i Borre sø (fig. 7 og 8), selv om der på de enkelte prøvetagningsdatoer kan være betydelige forskelle, f.eks. i klorofyl og gennemsigtighed først i juni, hvor vandet var usædvanligt klart i bugten ved Paradisøerne.

Resultaterne af målingerne (fig. 7 og 8) viser, at Borre sø er en stærkt eutrof sø, med endnu større algemængde i vandet og mere uklart vand end Jul sø. Sommersigtedybden var mellem 0,6 og 1,4 m i hovedbassinet (gennemsnit ca. 1,1 m).



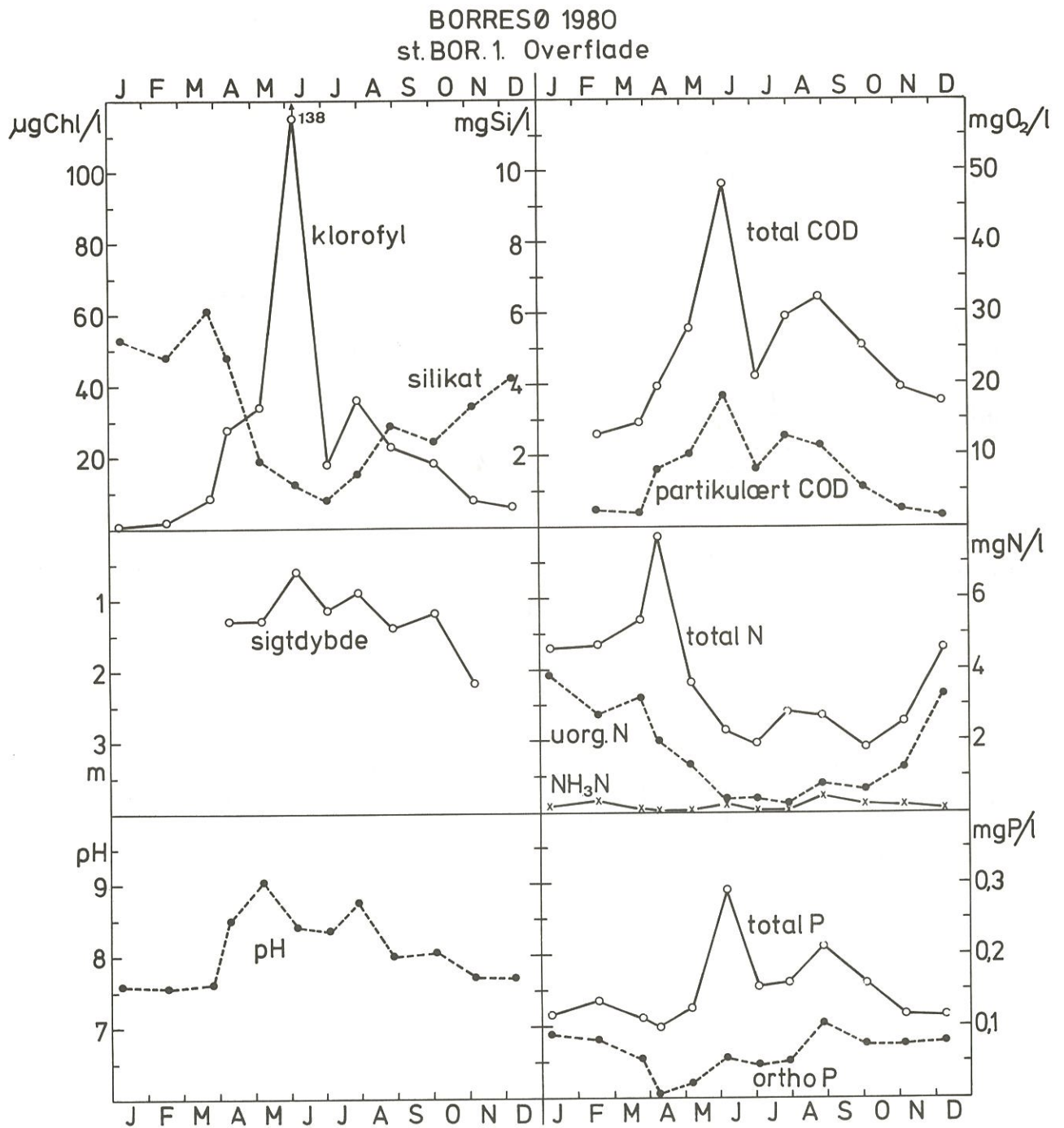
Figur 5.

Vertikal fordeling af ilt og temperatur i Jul sø i juli 1980.



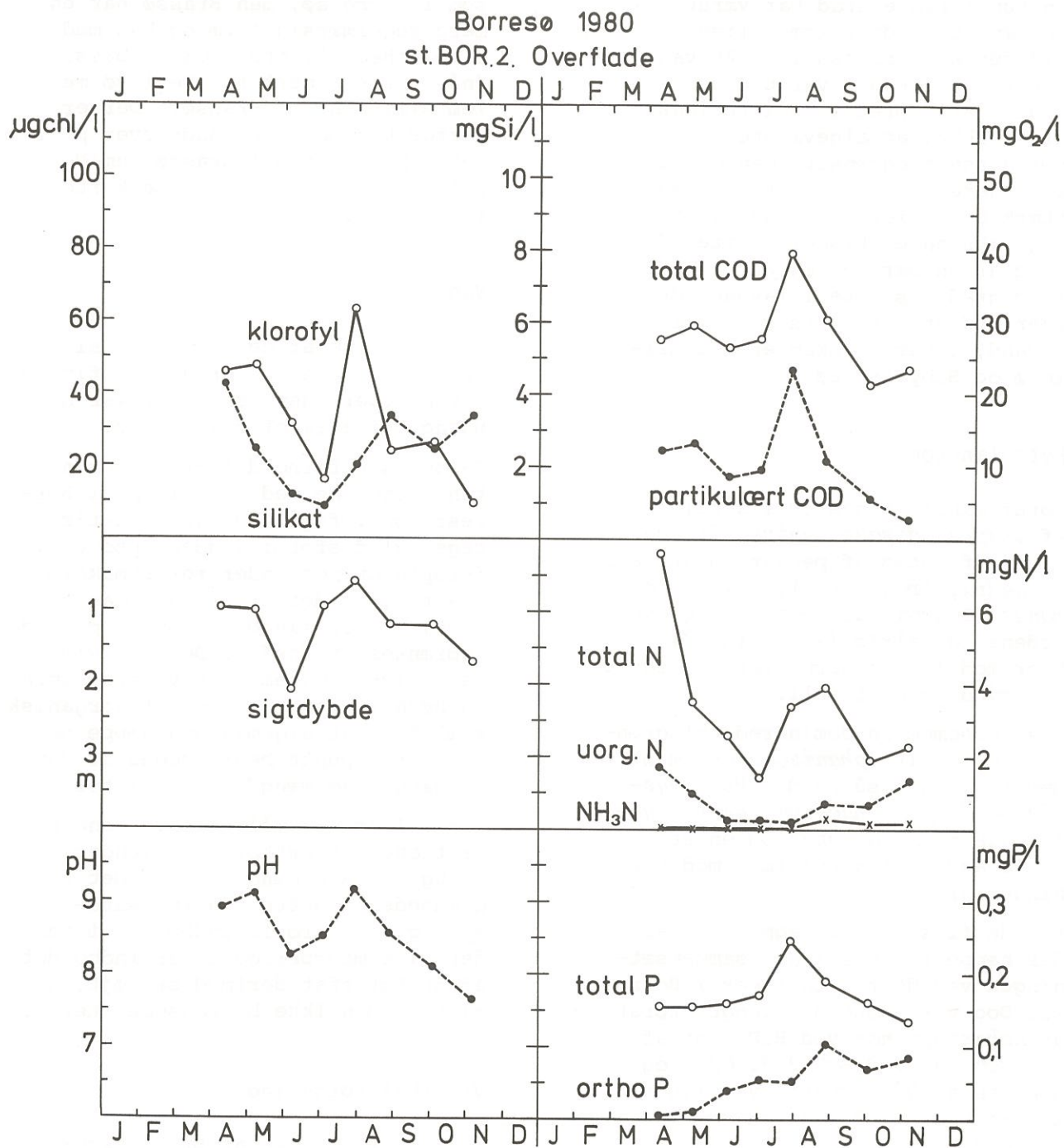
Figur 6.

Vertikal fordeling af nogle kemiske variable i Jul sø 29. juli 1980.



Figur 7.

Resultater af kemiske analyser af overfladevandet midt i Borresø i 1980.



Figur 8.

Resultater af kemiske analyser af overfladevandet i den vestlige del af Borresø ved Paradisøerne i 1980.

De målte indhold af næringssalte (kvælstof, fosfor, silikat) er så høje, at algemængden i søen kun i ringe grad har været begrænset af de tilgængelige mængder af næringssalte. At vandet ved st. BOR 2 var usædvanligt klart først i juni skyldes altså ikke, at algevæksten var næringssaltbegrænset, men er måske snarere et udtryk for en så stærk eutrofiering af søen, at algevæksten er hæmmet. Dette udslag af en særlig høj eutrofieringsgrad ses ofte i lavvandede søer med stor tilførsel af spildevand, f.eks. i Skanderborg Lillesø og Søbygård sø.

### Fytoplankton

Forårsmaksimet bestod i april især af *Stephanodiscus hantzschii*, der i maj afløstes af pennate diatoméer (*Synedra*, *Fragilaria*), samt *Rhodomonas*. I juni var *Cryptomonas* overordentlig talrig (sml. fig. 7), hvorimod kiselalgerne var talrigest i begyndelsen af juli.

I eftersommeren dominerede blågrønalgerne, især *Aphanizomenon*, men der fandtes også en del *Microcystis* og *Gomphosphaerium*, samt *Cryptomonas* og *Rhodomonas* og en stigende andel af kiselalger mod slutningen af året.

Ved de fleste prøvetagninger var der næppe forskel i algesammensætningen ved de to stationer i Borre sø. Dog var indholdet langt størst af *Aphanizomenon* ved BOR 1 og af *Cryptomonas* ved BOR 2 d. 6/10 og mængden af *Microcystis* var langt større ved BOR 2 end ved BOR 1 d. 30/7.

### BRASSØ

Dybdeforholdene i Brassø er næsten som i Borre sø, men Brassø har en mere regelmæssig form og kan med rimelighed opfattes som ét bassin (når der ses bort fra Vejl sø mellem Almind sø og Brassø). Der er derfor kun udtaget vandprøver på det dybeste sted i Brassø, umiddelbart øst for Avn sø (se kortet i bilag 4).

### Vandkemi

Resultaterne af de kemiske analyser af overfladevandet er vist i fig. 9. I vinterperioden er vandprøver dog udtaget i afløbet fra Brassø.

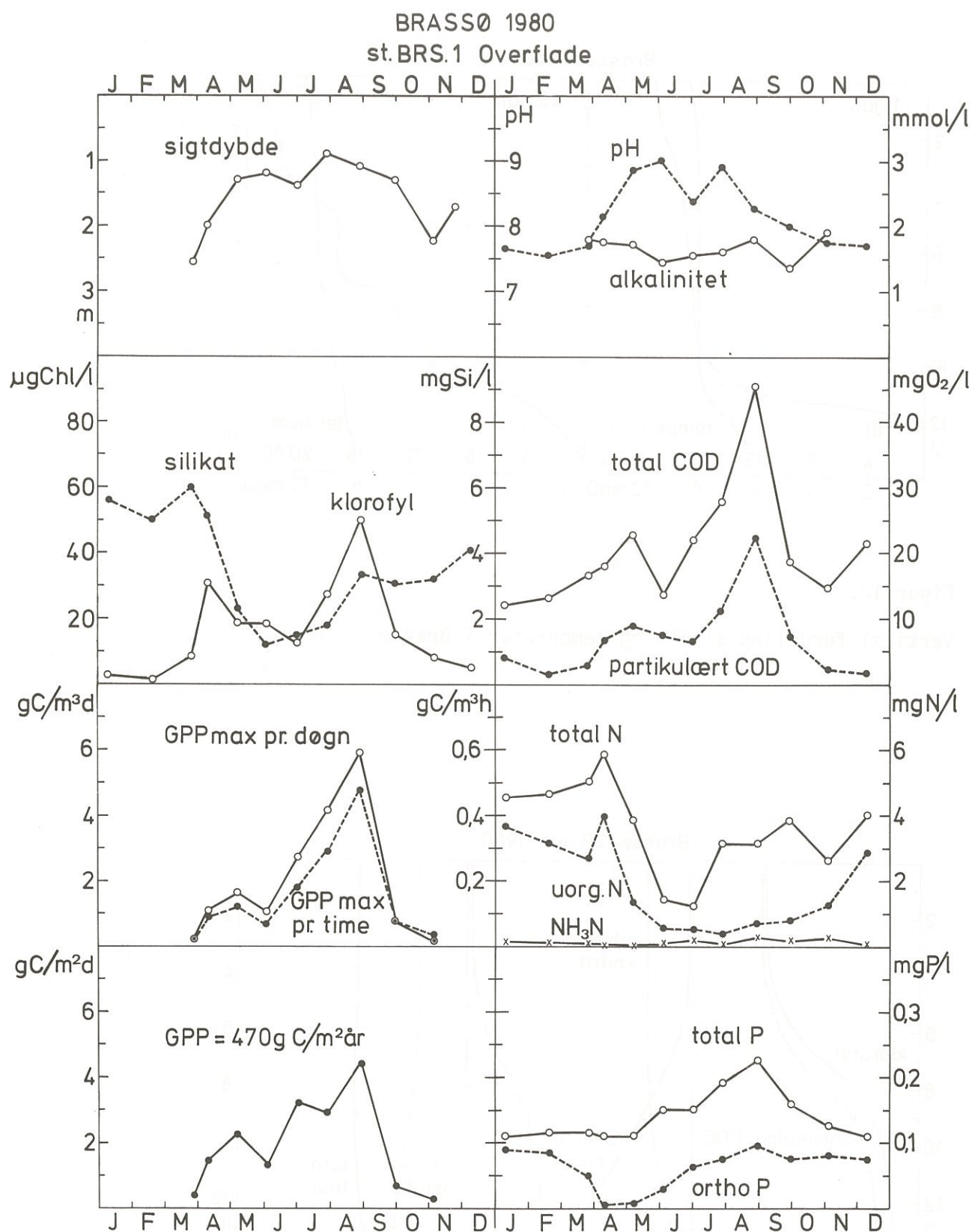
De kemiske forhold i Brassø er næsten identiske med forholdene i Borresø (sml. fig. 7 og 9). Praktisk taget al fosfor i vandet optoges i fytoplanktonet under forårsmaksimet i april, og det er således sandsynligt, at algemængden i denne periode begrænses af fosfor. Derimod var der i 1980 gennem hele vækstsæsonen så høje koncentrationer af uorganisk kvælstof, at algemængden næppe på noget tidspunkt begrænsedes af den tilgængelige mængde af kvælstof.

I april og maj målttes lave koncentrationer af orthofosfat (under 10 µg/l). Algemængden i vandet begrænsedes i dette tidsrum sandsynligvis af fosfatindholdet i vandet. I sommerperioden var indholdet af orthofosfat derimod så højt, at algemængden ikke begrænsedes heraf.

### Vertikal fordeling

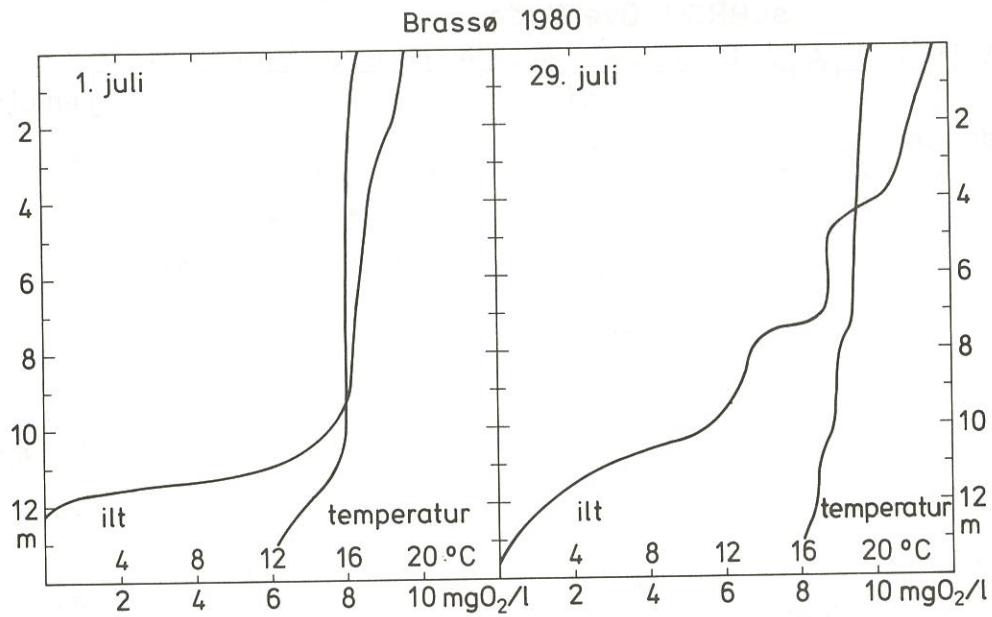
I de dybeste dele af Brassø sker der en ustabil lagdeling af vandmasserne i rolige og varme sommerperioder. I fig. 10 er vist eksempler på den vertikale fordeling af ilt og temperatur. Kun i den alledybeste del af Brassø blev der i juli 1980 konstateret dårlige iltforhold.





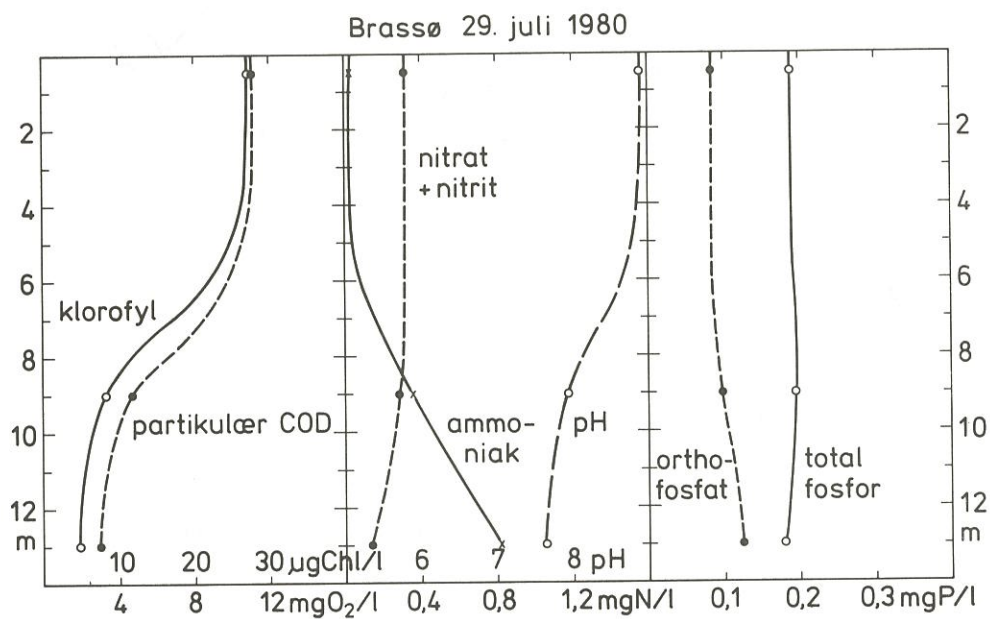
Figur 9.

Resultater af kemiske analyser af overfladevandet i Brassø i 1980. Desuden er vist de målte primærproduktionshastigheder (GPP), dels som de maksimale produktioner pr. m<sup>3</sup> og dels som produktionerne pr. m<sup>2</sup>.



Figur 10.

Vertikal fordeling af ilt og temperatur i Brassø i juli 1980.



Figur 11.

Vertikal fordeling af nogle kemiske variable i Brassø 29. juli 1980.

Temperaturlagdelingen bevirkede, at der også fandtes vertikale forskelle i andre variable. Eksempler herpå er vist i fig. 11. Tydeligst var den vertikale forskel i indholdet af klorofyl og partikulært organisk stof, som aftog stærkt med dybden, på grund af nedbrydning af algerne i bundvandet. Denne nedbrydning er også årsag til, at indholdet af ammoniak øges med dybden, og til at pH værdierne mindskes. Der blev kun målt små vertikale forskelle i fosforindholdet (fig. 11), hvilket tyder på, at der kun skete en beskedent fosforfrigørelse fra sedimentet under stratifikationen.

### Fytoplankton

Algemængden i Brassø er høj, og søen er stærkt eutrof. I 1980 var den mindst målte gennemsnitlighed af vandet 0,9 m, og den gennemsnitlige gennemsnitlighed i perioden 1. maj - 1. oktober var 1,2 m.

Forårsmaksimet i april bestod først og fremmest af kiselalgen *Stephanodiscus hantzschii*. Endnu tidligere på året fandtes især flagellater (*Rhodomonas* og *Mallomonas*).

I forsommeren fandtes stadig mange kiselalger (*Synedra*, *Fragilaria*, *Melosira*), men flagellater (*Cryptomonas* og *Rhodomonas*) var også meget talrige, især i juni.

Sommermaksimet bestod især af blågrønalger (*Aphanizomenon*, *Microcystis wesenbergii*, *Microcystis aeruginosa*), men gennem hele eftersommeren fandtes mange flagellater (*Cryptomonas* og *Rhodomonas*) og i efteråret desuden kiselalger, især *Asterionella*.

Algemængde og primærproduktion var størst under blågrøngemaksimet i august (se fig. 9). Den årlige primærproduktion er udregnet til ca. 470 g C/m<sup>2</sup> år, men er noget usikkert opgjort, idet antallet af målinger er lille.

### SEDIMENTKEMI

I søernes dybeste del er der udtaget 2 prøver af overfladesedimentet fra 0 til 5 cm's dybde ved hver station. Resultaterne af kemiske analyser af sedimentprøverne er angivet i tabel 3. Da prøverne er udtaget i søernes sedimentationsområder, må det antages, at analyseresultaterne afspejler den gennemsnitlige kemiske sammensætning af det materiale, der aflejres i søerne.

Analyseresultaterne i tabel 3 viser, at sedimentets kemiske sammensætning er meget ensartet i Himmelbjergsøerne.

Sedimentet er en gyttje, d.v.s. et finkornet sediment med et stort indhold af rester af organismer fra søen. Den kemiske sammensætning svarer til, hvad der ofte findes i danske søer.

Kalk og jern er væsentlige bestanddele af sedimentet, uden dog at indholdet af calcium og jern er særligt højt i forhold til indholdet i andre søer. Også indholdet af kvælstof og fosfor er på sædvanligt niveau for mange danske søer.

Tungmetalanalyserne viser, at indholdet af disse metaller i sedimentet er som men kan forvente i søer uden særlig tilførsel af tungmetaller. De fundne metalindhold må anses for omtrentligt at være det naturlige indhold i søerne. Søerne er således ikke forurenede med disse tungmetaller.

### BUNDFAUNA

Der er kun foretaget bundfaunaundersøgelser i søernes dybeste dele. Den fundne bundfauna siger derfor ikke noget om faunaen i de mere lavvandede områder, hvor der ofte er fastere bund og en vegetation af højere planter. Her findes der derfor ofte et betydeligt rigere dyreliv end på den bare mudderbund i søernes dybeste del.

SØ St. Dybde Dato 1980	Birk sø		Jul sø		Borre sø		Brassø		
	BIR 1		JUL 1		BOR 1		BOR 2		
			17 m		9 m		6 m		BRS 1
Tørstof (TS) %	8 ± 0,1		8,2 ± 0,1		7,1 ± 1,0		9,0 ± 0,1		8,7 ± 0,1
Glødetab (GT) % af TS	35,2 ± 1,1		34,1 ± 0,4		31 ± 2		25,6 ± 1,1		32,3 ± 0,3
Total kvælstof g/kg TS	15,5		14,2 ± 0,4		16,0 ± 0,7		12,5		14,8 ± 1,1
Total fosfor g/kg TS	1,5		2,8 ± 0,4		1,8 ± 0,4		2,5		4,0
Calcium g/kg TS	100 ± 6		86 ± 1		58 ± 4		42 ± 11		64 ± 4
Jern g/kg TS	35 ± 2		34 ± 0,1		38 ± 3		37 ± 3		36 ± 3
Kobber mg/kg TS	57 ± 5 (160)		39 (114)		30 ± 7 (100)		25 (100)		47 ± 4 (150)
Nikkel mg/kg TS	20 ± 6 (60)		14,8 ± 0,4 (43)		13 ± 2 (42)		8 (31)		16 ± 13 (50)
Krom mg/kg TS	13,5 (38)		12,5 (37)		12 ± 3 (39)		13 (51)		10 ± 2 (30)
Bly mg/kg TS	106 ± 18 (300)		87 ± 3 (260)		85 ± 7 (270)		75 ± 7 (290)		96 ± 1 (300)
Cadmium mg/kg TS	2 ± 0,7 (6)		2,1 ± 0,7 (6)		2,2 ± 0,1 (7)		2 ± 0,7 (8)		1,4 ± 0,8 (4)
Kviksølv mg/kg TS	0,3 (0,9)		0,15 ± 0,07 (0,4)		0,3 (1,0)		0,2 ± 0,1 (0,8)		0,2 (0,6)
Zink mg/kg TS	260 ± 14 (740)		165 ± 7 (480)		225 ± 35 (730)		245 ± 7 (960)		275 ± 64 (850)

Tabel 3.

Resultater af kemiske analyser af overfladesedimenterne (0-5 cm) i Himmelbjergsøerne i 1980. Gennemsnit af to prøver ± standardafvigelse er anført. I parentes er desuden anført indholdet af tungmetaller i mg pr. kg glødetab.

SØ St. Dybde Dato 1980	Birk sø BIR 1	Jul sø			Borre sø				Brassø	
		JUL 1 17 m	JUL 2 14 m	JUL 1 4/11	JUL 2 4/11	BOR 1 9 m	BOR 2 6 m	BOR 1 7/5	BOR 2 25/11	BRS 1 6/5
	7/5	6/5	4/11	4/11	7/5	25/11	7/5	25/11	6/5	25/11
Tubificidae	2940	1300	780	2320	3920	500	4040	1260	20	800
Chaoborus	-	40	-	-	-	-	-	-	-	60
Tanypodinae	-	-	60	40	-	-	-	-	-	340
Procladius	100	360	580	640	540	140	680	340	60	340
Chironomus plumosus	420	360	580	640	360	400	420	140	20	320
Ceratopogonidae	20	-	-	-	20	-	140	60	-	-
Polypedilum	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-
Antal dyr pr. m <sup>2</sup>	3480	2060	2020	3640	4840	1040	5280	1800	100	1860
Antal arter	4	4	5	4	4	3	4	4	3	5

Tabel 4.

Resultater af bundfaunaundersøgelser i Himmelbjergsøerne i 1980. Ved hver prøvetagning er der taget 2 Ekman prøver å 15x15 cm, som sigtedes gennem 0,5 mm sigte.

Resultaterne af bundfaunaundersøgelserne i maj og november 1980 er anført i tabel 4. Faunaen var forbavsende ensartet både fra sø til sø og fra forår til efterår. Af kvantitativt størst betydning var dansemyggelarverne *Chironomus plumosus* og *Procladius*, samt børsteorme (Tubificidae).

Børsteormene lever af det organiske stof i sedimentet, og *Chironomus plumosus* lever af organiske partikler, som filtreres fra vandet over sediment, mens *Procladius* er et rovdyr.

Forekomsten af disse dyr i Himmelbjergsøerne begunstiges af, at der er rigeligt med føde, og af, at iltforholdene i bundvandet er tilstrækkeligt gode, idet disse dyr kan tåle iltfrie perioder på op til flere måneder.

Der er således fundet en bundfauna, som man ville forvente i sådanne søer. Bundfaunaen i søernes dybeste dele er artsfattig, men mængden af bunddyr er stor, og bunddyrene må formodes at udgøre en væsentlig del af føden for fiskene i søerne.

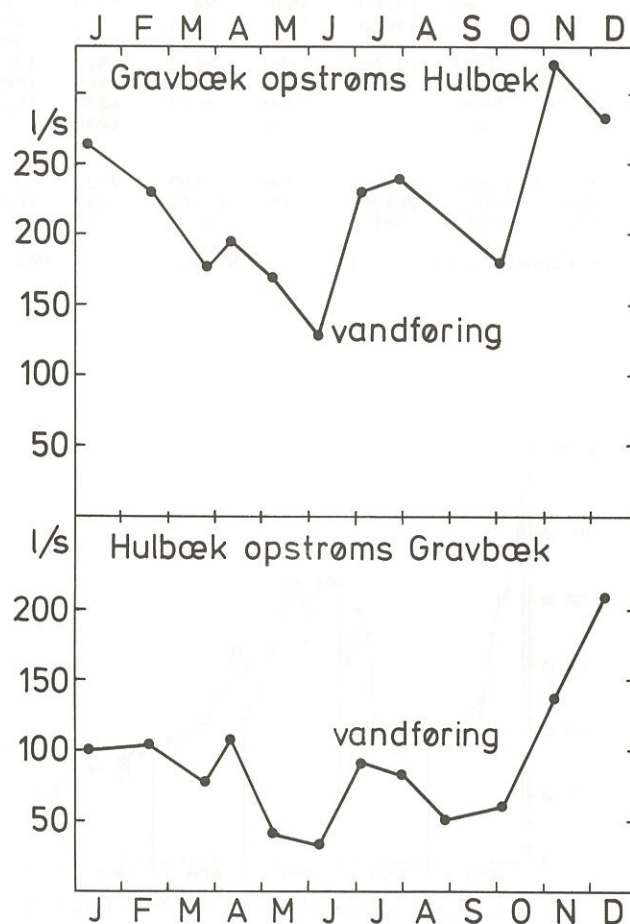
## STOFTRANSPORT GENNEM HIMMELBJERGSØERNE

### Vandføring

I oplandet til Himmelbjergsøerne foretages en kontinuert registrering af vandføringen bl.a. i Tåning å, Salten å og Knud å samt i Gudenåen ved Vorvadsbro og Ry mølle. Ud fra disse målestationer er gennemsnitsvandføringer beregnet for nærliggende stationer ved samme vandløb. Der er ved disse beregninger regnet med proportionalitet mellem vandføring og oplandsareal. Således er der f.eks. regnet med, at den gennemsnitlige vandføring i Gudenåen ved Emborg bro er 3% mindre end ved Ry mølle, fordi det topografiske opland er tilsvarende mindre.

I fig. 12 er vist årstidsvariation i vandføring ved Ry mølle. En detaljeret beskrivelse af vandføringsmålingerne og vandføringerne ved de øvrige målestationer findes i rapporten over afstrømningsmålinger 1980 (Århus amtskommune 1981 b).

I Gravbæk og Hulbæk er der kun foretaget måling af vandføring på de dage, der er udtaget prøver til kemiske analyser. De her målte vandføringer er vist i fig. 13.



Figur 12.

Målte vandføringer i Gravbæk og Hulbæk i 1980.

## 21. 50 GUDENÅ, RY MØLLE 1980

16. 06. 81 SB

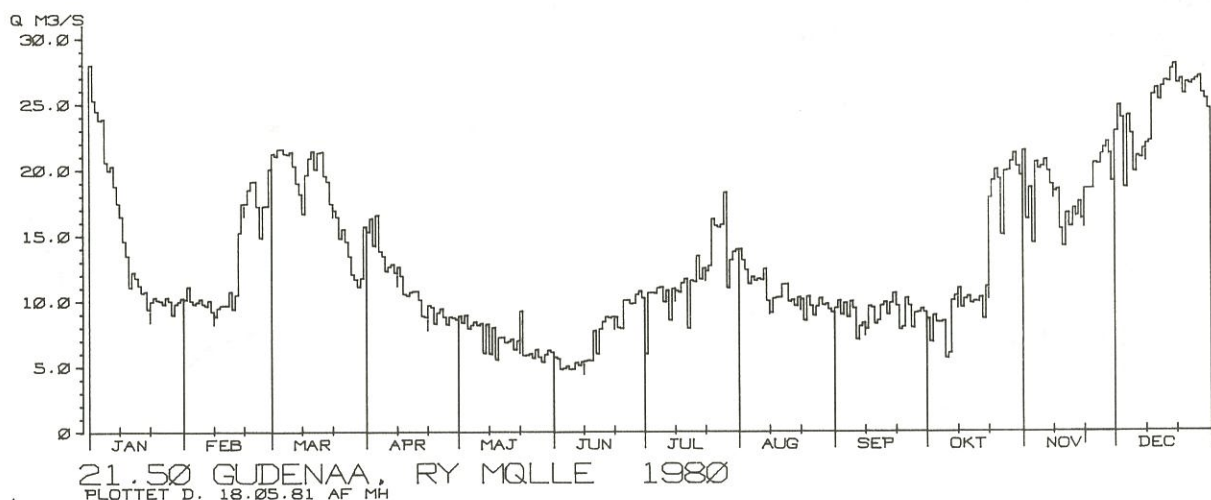
DAGLIG MIDDEL VANDFØRNING I L/SEK

OPLANDSAREAL 826 KM<sup>2</sup>

	JAN	FEB	MAR	APR	MAJ	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC
1	28000	10100	21300	15200	8860	5690	5940	13900	9420	8560	21400	22800
2	25300	11100	21000	16300	8330	5550	10600	13100	9990	6830	16200	24700
3	24400	10000	21600	14200	8920	4730	10600	12300	8890	8860	18600	23700
4	23800	9740	21600	16600	7880	4870	10600	11300	9840	8320	14300	18500
5	23900	9950	21200	13700	8190	5070	11000	11800	8700	8280	20500	24000
6	20600	10200	21100	13400	8420	4740	11100	11500	9950	8430	19900	22600
7	19900	9730	21400	12300	8150	4780	9860	11700	9380	5560	20200	19700
8	20300	9600	20200	12600	8290	5310	10800	11500	7000	6000	20700	21000
9	18800	10100	19000	12800	5980	5070	8480	12500	8070	10000	19800	20700
10	17400	9190	18200	12100	8240	5360	10900	9930	8310	10400	18700	21500
11	16400	8810	16600	12600	5940	5420	10800	9040	7830	10900	18200	21900
12	14600	9520	19600	11900	8020	5510	10600	10200	9580	9450	18500	22100
13	13500	9670	20900	10500	5510	5470	11400	10300	9420	10200	15400	25600
14	11100	9720	21500	10400	7280	7730	11700	10300	8170	10300	14100	26100
15	12300	9720	20000	10700	7280	5930	7910	11300	8510	9720	16600	25200
16	11800	10800	21300	10800	6790	7890	11600	11300	9620	9940	15500	26200
17	11200	9390	21400	10700	6930	8460	11400	9910	9880	9850	16900	26600
18	10600	10500	19500	10100	7140	8790	13400	10100	8860	10200	16400	26500
19	10800	15300	19100	8820	6270	8690	11700	9540	9810	8550	17400	27500
20	9380	17500	17400	8770	6990	8790	12500	10200	10600	11100	16100	27900
21	10000	17400	16900	9700	9230	8720	12200	10100	9570	17800	18300	26400
22	10300	18500	16400	9520	5800	7970	12700	8410	7780	19100	18300	26700
23	10100	19100	14800	8220	5890	7870	16200	10300	7970	19900	18300	25600
24	10000	19100	15500	9120	5990	10100	15700	9560	10200	19200	20400	26500
25	9780	17200	14500	9470	5600	10100	15600	8800	9570	14900	20300	26300
26	10300	14800	13400	8770	6320	9750	15800	9540	7900	19800	21000	26600
27	9970	17200	12000	8220	5670	9830	18200	10200	9080	19900	21500	26700
28	8970	17200	11700	8800	5330	10500	11000	9620	9110	20600	21900	26900
29	9840	20100	11100	8670	5960	10800	13100	9770	9350	21200	21000	25600
30	9990		11800	8540	6250	10200	13800	9330	9040	20100	18900	25200
31	10300		15700		6040		14000	9080		19400		24400
MIDDEL	14600	12800	18000	11100	7020	7320	12000	10500	9050	12700	18500	24600
MAX	28000	20100	21600	16600	9230	10800	18200	13900	10600	21200	21900	27900
MIN	8970	8810	11100	8220	5330	4730	5940	8410	7000	5560	14100	18500

PERIODEN 1. 01 TIL 31. 12. 80: MIDDEL: 13200 MAX: 28000 D. 01. 01. 80

MIN: 4730 D. 03. 06. 80



Figur 13.

Vandføring i Gudenaå ved Ry mølle i 1980.

## Vandkemi i vandløbene

Ca. 1 gang om måneden er der udtaget vandprøver i tilløbene til Himmelbjergsøerne. Vigtigst for tilstanden i søerne er kvaliteten af vandet ved Ry mølle. Desuden er der taget prøver i Gudenåsystemet opstrøms Himmelbjergsøerne ved Emborg bro, ved Klostermølle og i Tåning å opstrøms Mossø, samt i Gravbæk og Hulbæk, der løber til Borre sø og i afløbet fra Himmelbjergsøerne (Remstrup å).

Resultaterne af de kemiske analyser i Gudenåens hovedløb og i Gravbæk og Hulbæk er vist i fig. 14, 15 og 16.

Fig. 14 og 15 giver således sammen med resultaterne af de kemiske analyser fra søerne (fig. 3, 4, 7, 8 og 9) et indtryk af, hvorledes indholdet af organisk stof og næringssalte varierer ned gennem søerne.

Stofkoncentrationernes variation udglattes i nogen grad ved passage af søerne (f.eks. for kvælstof), men de påvirkes også af stofomsætningerne i søen, f.eks. opbygning af partikulært organisk stof, især i form af fytoplankton.

### Stoftransport gennem vandløb

Stoftransporten gennem vandløbene er udregnet ved multiplikation af sammenhørende værdier for vandføring og stofkoncentration. I perioden mellem to prøvetagningstidspunkter er der regnet med, at stofkoncentrationen har varieret lineært mellem de to målte værdier. Den årlige stoftransport for et bestemt stof er derefter fundet ved summation over året.

De således beregnede årlige stoftransporter er angivet i tabel 5.

Der er i tabel 5 regnet med, at stoftilførslen gennem Salten å (ved Rye bro) og fra Knud sø til Birk sø var den samme som målt i 1979 (Århus amtskommune 1980 a, b).

Stoftransporten gennem afløbet fra de enkelte søer er beregnet ud fra de målte stofkoncentrationer i overfladevandet i søen, idet det er regnet med, at stofkoncentrationen i afløbet har været den samme som på målestationen i søen.

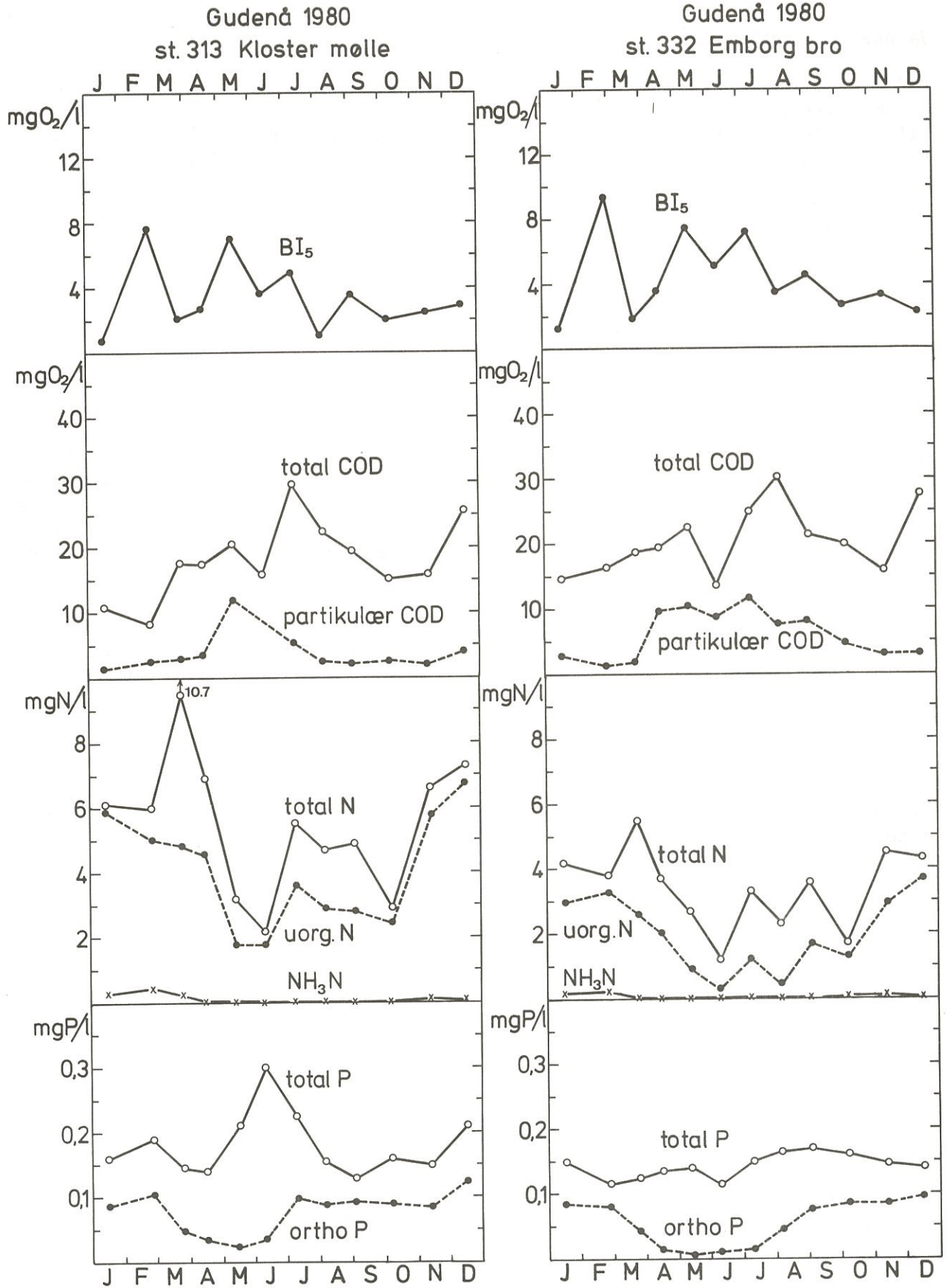
Af de beregnede stoftransporter bemærkes især, at fosfortransporten gennem afløbet fra Birk sø er noget højere end afløbet fra de omkringliggende søer. Dette kan skyldes usikkerhed, fordi der kun er taget prøver én gang pr. måned. Transporten ud af Birk sø kan dog være overestimeret, fordi de målte overfladekoncentrationer især i Birk sø kan være højere end gennemsnit for søvandet i de tidsrum, hvor blågrønalger samler sig i overfladevandet.

I tabel 6 er angivet de tilsvarende stoftransporter fundet ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75 (Vandkvalitetsinstituttet 1976 a), for at kunne sammenligne stoftransporterne i 1974 og i 1980.

Ved sammenligning mellem tabel 5 og 6 ses, at især kvælstoftransporten er øget stærkt i perioden 1974-80, hvilket bl.a. må tilskrives den store nedbørsmængde i 1980. Målinger af kvælstoftransporten i vandløb i Århus amtskommune viser dog, at nitratindholdet i vandløbene generelt er steget gennem de seneste 10 år, og at der således er sket en stigning i transporten af total kvælstof gennem vandløbene, selv ved uændret afstrømning (sml. Vandkvalitetsinstituttet 1976 a og Århus amtskommune 1980 c).

### Massebalance for Himmelbjergsøerne

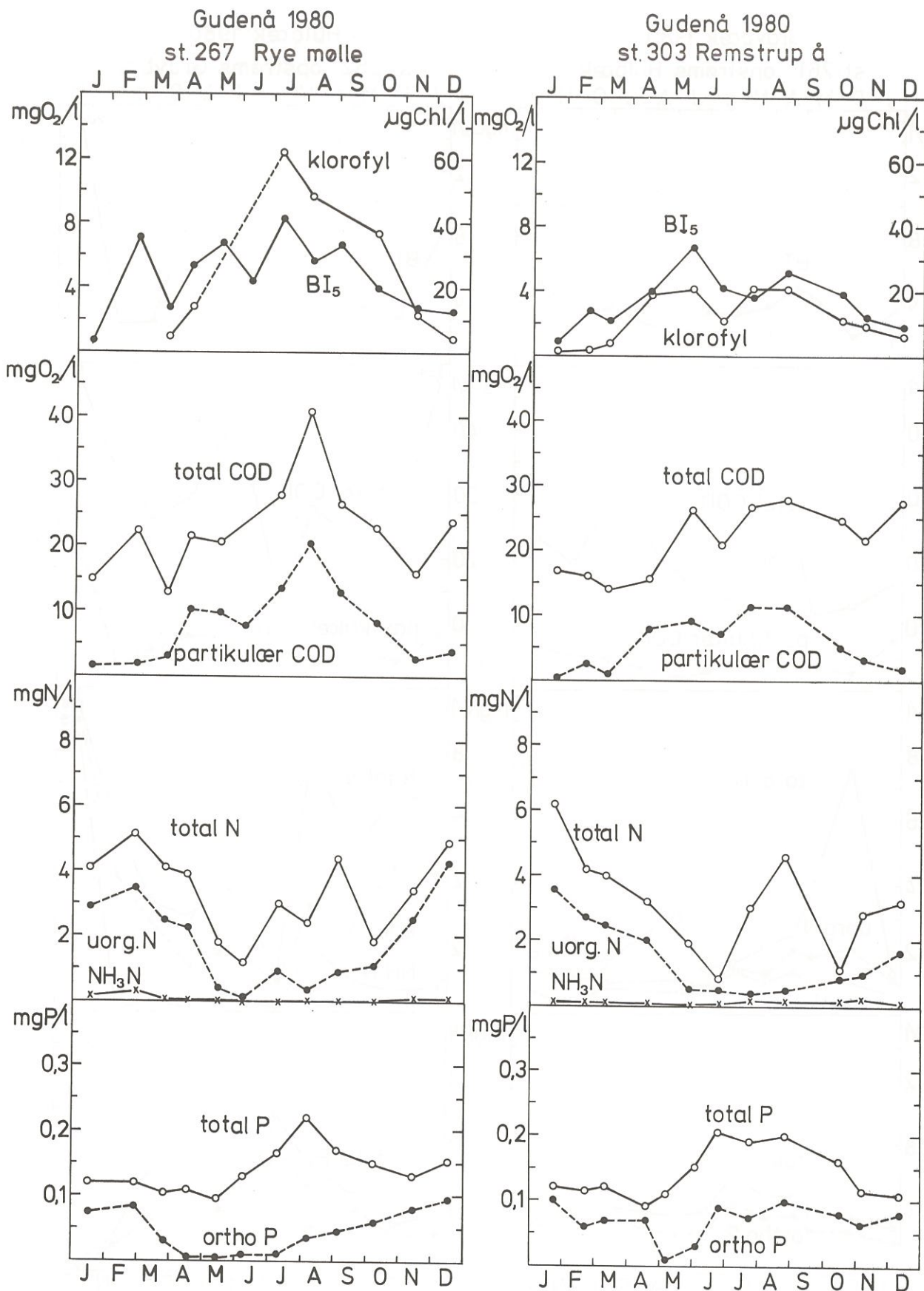
Ud fra transportmålingerne er der i tabel 7 opstillet en massebalance for kvælstof og fosfor for Himmelbjergsøerne i 1980. Tilførslerne fra Slåen sø og Almind sø er udregnet ud fra undersøgelser i 1981 (Århus amtskommune 1982), mens



Figur 14.

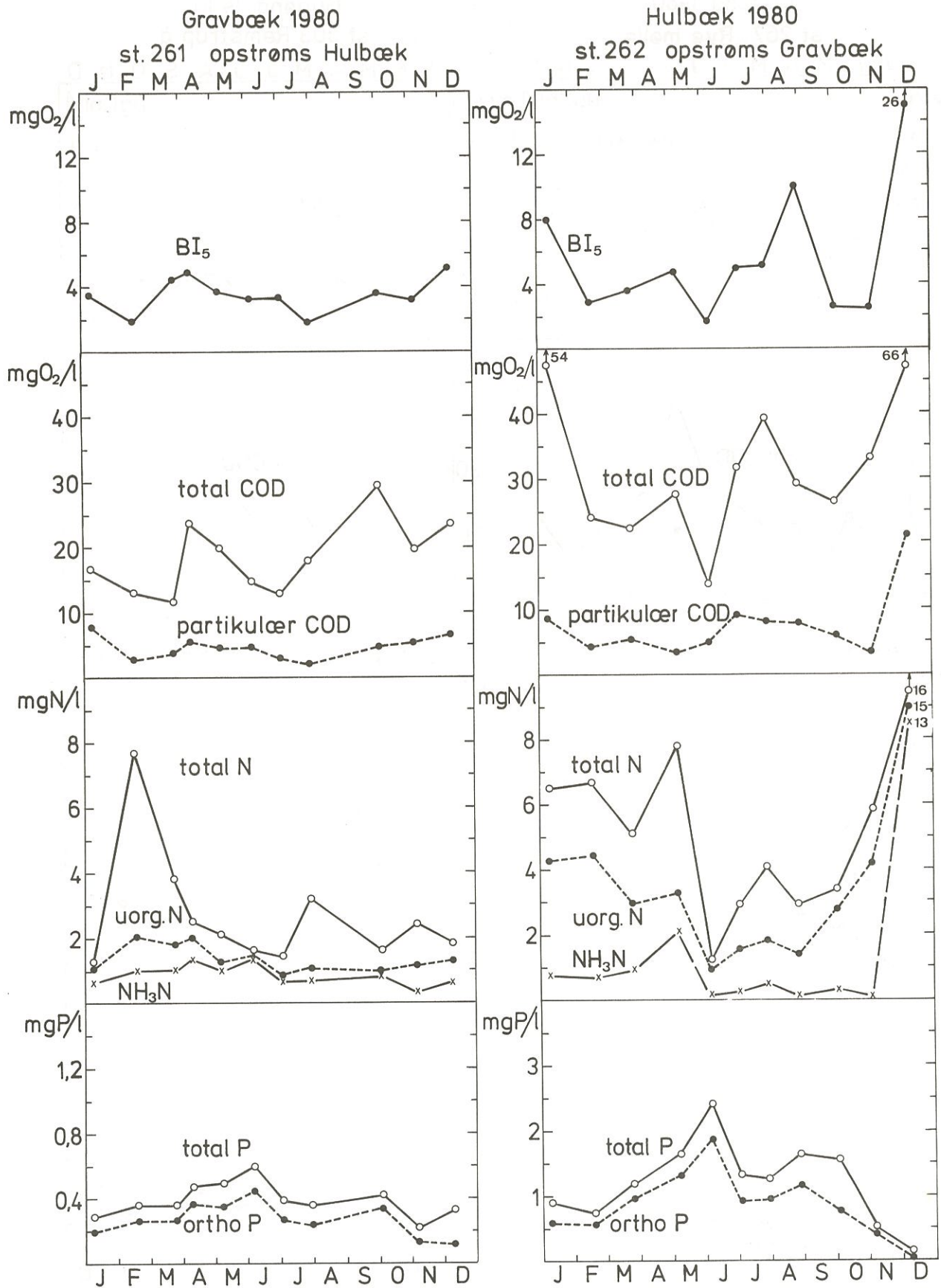
Resultater af kemiske analyser af vandprøver fra Gudenaåen ved Kloster Mølle og Emborg bro i 1980.





Figur 15.

Resultater af kemiske analyser af vandprøver af Gudenåen ved Rye Mølle og ved Silkeborg i 1980.



Figur 16.

Resultater af kemiske analyser af vandprøver fra Hulbæk og Gravbæk (tilløb til Borresø) i 1980.

Lokalitet	Vand $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	BI <sub>5</sub> t/år	Total COD t/år	Total kvælstof t/år	Total fosfor t/år
Tåning å, Fuldbro ml.	30,0	308	1960	239	17,2
Kloster mølle	220	606	3910	1250	38,3
Salten å Rye bro 1979	65	-	-	108	5,1
Emborg bro	403	1660	7960	1440	58,2
Ry mølle	416	1780	8780	1330	58,1
Afløb fra Knud sø 1979	19	-	280	63	0,7
Afløb fra Birk sø	456	-	11400	1841	72,7
Afløb fra Jul sø	473	-	8660	1858	61,4
Hulbæk	4,4	14	94	14	3,0
Gravbæk	6,6	20	118	19	2,3
Afløb fra Borresø	486	-	9670	1794	68,5
Afløb fra Brassø	500	-	9710	1850	68,3
Remstrup å	501	1502	10630	1746	68,1

Tabel 5.

Årlig stoftransport i Gudenåsystemet omkring Himmelbjergsøerne i 1980.

227 tilføjet for  
byerne

477 tilføjet for byerne

Lokalitet	Topografisk opland $\text{km}^2$	Vand $10^6 \text{ m}^3/\text{år}$	Total kvælstof t/år	Total fosfor t/år
Tåning å, Fuldbro ml.	124	30,5	102	7,4
Kloster mølle	407	153	618	24,7
Salten å, Rye bro	170	64,5	54	5,6
Emborg bro	800	(283)	760	37,6
Ry mølle	826	292	754	38,0
Afløb fra Knud sø	75	(17,2)	ca. 30	ca. 1,4
Afløb fra Birk sø	905	(320)		
Afløb fra Jul sø	940	(332)	777	46,2
Hulbæk	7,8			
Gravbæk	10,5			
Afløb fra Borresø	965	(370)	785	51,4
Afløb fra Brassø	992	(381)	789	50,8
Remstrup å	995	382		

Tabel 6.

Årlig stoftransport i Gudenåsystemet omkring Himmelbjergsøerne i 1974. Vandføringen er dog gennemsnit af perioden 1/9 1973 - 1/9 1975.

kvælstof og fosfortilførslen med nedbør er antaget at være 1120 kg N/km<sup>2</sup>år og 33 kg P/km<sup>2</sup>år (Århus kommune og Århus amtskommune 1980). Den diffuse tilførsel og tilførslen med små vandløb er beregnet, idet der er regnet med gennemsnitskoncentrationer i dette vand på 2 mg N/l og 0,05 mg P/l. Disse værdier er næsten dobbelt så store som fundet i kildetilløbene til Almind sø og Slåen sø (Århus amtskommune 1982).

Massebalancen for kvælstof og fosfor i tabel 7 tyder ikke på, at der sker nogen tilbageholdelse af N og P i Himmelbjergsøerne. Dette er dog ikke generelt tilfældet, idet en sø ikke i længden kan fungere som næringssaltkilde. Den høje

og stigende vandtransport gennem 1980 har påvirket de hydrauliske forhold, således at der ikke sker nogen næringssalttilbageholdelse, men tværtimod en udskylning af næringssalte fra søerne.

I 1974 blev ca. 17% af den tilførte kvælstofmængde tilbageholdt i Himmelbjergsøerne (Vandkvalitetsinstituttet 1976 a). Disse værdier må anses for at være typiske for Himmelbjergsøerne, i modsætning til den fundne nettoafgivelse af næringssalte i 1980.

	Vand 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /år	Total kvælstof t/år	Total fosfor t/år
Gudenå Ry mølle	416	1330	58,1
Spildevandstilførsel fra Ry, Laven og Sejs	1	9	3,2
Tilførsel fra Knud sø og med Gravbæk og Hulbæk	30	96	3,0
Tilførsel fra Slåen sø og Almind sø	4	2,8	0,06
Små vandløb og diffus tilførsel	50	100	0,25
Nedbør (9,41 km <sup>2</sup> )	-	11	0,3
Tilførsel i alt	501	1549	64,9
Afløb (Remstrup å)	501	1746	68,1

Tabel 7.

Massebalance for kvælstof og fosfor for Himmelbjergsøerne i 1980.

## Spildevandsbidrag til stoftransport

Indholdet af organisk stof og næringssalte i spildevandsudledningerne i Gudenåsystemet opstrøms Himmelbjergsøerne er angivet i tabel 2.

For de større byer er udledningen målt ved mængdeproportionale vandprøver i udledningerne, men for de fleste små byer er den udledte stofmængde beregnet ud fra antallet af tilsluttede personer. For disse udledninger kan den angivne stofudledning være for stor, idet spildevandet fra nogle af bysamfundene måske ikke altid når frem til vandløbene, men siver i jorden.

I Skanderborg etableredes fosforfjernelse i 1978. Der er dog i stoftransportopgørelserne regnet med udledningen fra Skanderborg fra før 1978 (Århus amtskommune 1979), fordi virkningen af den forbedrede rensning endnu ikke kan være nået frem til Himmelbjergsøerne på grund af den betydelige opholdstid i Skanderborg søerne og Mossø (3-5 år).

En del af fosforudledningerne tilbageholdes i søer og vandløb og når således ikke frem til Himmelbjergsøerne. Der er derfor i tabel 2 ikke blot anført de udledte fosformængder, men også angivet, hvor meget af den udledte fosfor, som påregnes at nå frem til søerne (total P, korrigeret). Denne korrektion er foretaget i overensstemmelse med de fundne tilbageholdelser ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75 og ved amtsvandvæsenets undersøgelser i Skanderborg sø og Salten Langsø.

Ligeledes er fosfortilførslen fra dambrug opgjort, og det er beregnet, hvor stor en del, der når frem til Himmelbjergsøerne (se tabel 8).

	Fosforudledning	heraf tilføres
	1980	Himmelbjergsøerne
	t P/år	t P/år
Dambrug ved Gudenå opstrøms Mossø	1,22	1,1
Dambrug ved tilløb til Skanderborg sø	0,11	0,07
Dambrug ved Salten å	6,8	3,4
I alt	8,1	4,6

Tabel 8.

Omtrentlig fosforudledning fra dambrug opstrøms Himmelbjergsøerne i 1980.

Der er ikke gjort forsøg på at opgøre bidraget til fosfortilførslen med spildevand fra enkeltliggende huse og landbrugs-ejendomme. En sådan opgørelse vanskeliggøres af, at der vanskeligt kan regnes med standardbidrag fra landbrugsejendomme med forskellige størrelse og driftsform, og af at en del af spildevandet fra enkeltliggende ejendomme siver i jorden og ikke når frem til vandløbene.

I tabel 9 er vist en oversigt over bidragene til fosfortilførsel fra forskellige størrelsesgrupper af byer i oplandet. Den foretagne opdeling er begrundet i de tidsterminer, der er stillet for fosforfjernelse i de enkelte bysamfund. På rensningsanlæg med over 2000 personer tilsluttet skal der ske fosforfjernelse senest i 1985 og på anlæg med over 500 personer senest i 1990.

## SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØGELSER

I dette afsnit er der især draget sammenligninger mellem målingerne i 1980 og målinger foretaget som led i Gudenåundersøgelsen 1973-75 (se referenceliste).

### Stoftransport

I tabel 5 og 6 er anført stoftransporter til Himmelbjergsøerne i 1980 og i 1974. Der er sket en betydelig forøgelse af såvel vandafstrømmingen som transporten af næringssalte gennem vandløbene. For at lette sammenligningen mellem undersøgelserne er der i bilag 5 kopieret stoftransportopgørelsen fra undersøgelserne i 1974.

Forøgelsen i kvælstoftransporten skyldes især en øget udvaskning af jorden, men fosfortransporten er øget først og fremmest på grund af øgede udledninger af spildevand. Den større

mængde nedbør i 1980 har dog også medført en forøget erosion af ikke-plantedækket jord, hvorved fosfor kan skyldes ud i vandløbene, ligesom udledning af møddingsvand erfaringsmæssigt er størst i perioder med store nedbørsmængder.

### Vandkemi

Målte vandkemiske data fra 1974 er angivet i bilag 6, dels i form af tabel over målte stofkoncentrationer i Gudenåen ved Emborg bro og dels i form af kurver over stofkoncentrationer i Brassø. Tabeller og kurver er kopierede fra rapporter vedrørende stoftransport og søundersøgelser (Vandkvalitetsinstituttet 1976 a, b).

Kvælstof og fosforindholdet i vandet var generelt lavere i 1974, dog var othofosfatindholdet om sommeren i Brassø højest i 1974. Dette må tilskrives en højere fosforfrigørelse fra sedimentet i Himmelbjergsøerne i 1974 end i 1980 i sommerperioden.

### Fytoplankton i Brassø

I 1974 måltet i forhold til 1980 en mindre gennemsigtighed af vand og et højere klorofylindhold, men en mindre primærproduktion. Metodiske forskelligheder og problemer taget i betragtning kan der ud fra disse målinger og ud fra de øvrige målinger ikke påvises nogen ændring i algemængden i søerne fra 1974 til 1980.

Især siden 1960 er algemængden i søerne dog forøget, hvilket bl.a. har medført, at den tidligere udbredte submerse vegetation er forsvundet fra søerne (Mathiesen 1981).

## MULIGHED FOR ÆNDRING I FORURENINGSTILSTAND

Forureningsproblemet i Himmelbjergsøerne er eutrofiering. De høje indhold af næringssalte i vandet giver mulighed for en stor mængde af alger i vandet. Følgen heraf er uklart vand, ingen muligheder for undervandsvegetation og dårligere iltforhold i bundvandet i nogle af søerne.

Kvælstoftilførslen til søerne kan ikke mindskes væsentligt ved kvælstoffjernelse fra spildevand (sml. tabel 2 og 5), idet kvælstof fra spildevand kun udgør ca. 10% af den samlede tilførsel.

### Reduktion af fosfortilførsel

Fosfortilførsel til søerne fra spildevand udgjorde derimod i 1980 ca. 70% af den samlede fosfortilførsel til Himmelbjergsøerne (tabel 9). Ved fosforfjernelse fra spildevand er der således gode muligheder for at mindske fosfortilførslen væsentligt.

I tabel 9 er der angivet fosfortilførsel til Himmelbjergsøerne under forudsætning af, at de vedtagne planer for fosforfjernelse fra spildevand gennemføres, og at afstrømningsforholdene er som i 1980. Desuden er angivet de resulterende gennemsnitskoncentrationer af total fosfor i søerne.

Forudsætningerne for beregningerne er iøvrigt, at 90% af fosforudledningen tilbageholdes i rensningsanlæg med, dog at der kun udledes 1 t P/år fra centralrensningsanlægget i Skanderborg. Desuden er der regnet med, at fosforudledningen fra dambrug ved Salten å reduceres til 3 t P/år.

Af tabel 9 ses, at de vedtagne (og evt. allerede iværksatte) fosforreduktioner vil medføre, at fosfortilførslen og dermed også fosforkoncentrationen i Himmelbjergsøerne omtrent halveres. Der skulle således efter 1990 kunne opnås en reduktion i det gennemsnitlige indhold af total fosfor til ca. 70 µg P/l.

### Algemængde

En reduktion af fosforindholdet i vandet fra en gennemsnitskoncentration på 140 µg/l i 1980 vil betyde, at algemængden i Himmelbjergsøerne mindskes. Fosforindholdet var dog i 1980 så højt, at algerne i vandet kun om foråret udnyttede praktisk taget al fosfat i vandet. Der kan derfor ikke generelt forventes en reduktion i algemængden, som er proportional med reduktionen i fosformængden.

Den fremtidige algemængde i søvandet vil især afhænge af det fremtidige mønster for fosfatudveksling mellem vand og sediment, af i hvor høj grad, der etableres en undervandsvegetation i søerne og endelig af de fremtidige forhold mellem fytoplankton, zooplankton og fisk i søerne.

Disse forhold kan vanskeligt forudsiges, og en forudsigelse af den fremtidige tilstand får derfor i høj grad karakter af et skøn. Der kan ganske vist opstilles erfaringssammenhænge mellem fosforindhold i søvandet og f.eks. klorofylkoncentration eller vandets gennemsigthed (f.eks. Brøgger & Heintzelmann 1977, Dillon & Rigter 1974, Lee et.al. 1978).

Hvis disse generelle sammenhænge regnes at gælde i Himmelbjergsøerne, vil reduktionen i gennemsnitlig fosforkoncentration være fra 140 til 70 µg/l, vil der ske en reduktion i algemængden på ca. 40%, og tilsvarende vil gennemsigtheden af vandet øges med ca. 30%. Hver enkelt sø vil dog reagere på en fosforreduktion ud fra søens hydrauliske, morfometriske, kemiske og biologiske forudsætninger.

På denne baggrund vurderes det, at algemængden i søerne efter 1990 reduceres til ca. 60% af det nuværende niveau. De forventede ændringer i den gennemsnitlige sommersigt dybde fremgår af tabel 10.

	Transport		Gennemsnits- koncentration total P µg P/l
	t P/år	%	
Fosfortransport gennem Himmelbjergsøerne 1980	68,3	(100)	140
Fosfortilførsel fra byer over 2000 p.e.	28,3	(41)	
Fosfortilførsel fra byer 500-2000 p.e.	6,2	(9)	
Fosfortilførsel fra byer under 500 p.e.	8,7	(13)	
Fosfortilførsel fra dambrug	4,6	(7)	
Tilførsel fra større forureningskilder	47,8	(70)	
Diffus tilførsel + spredte forureningskilder	20,5	(30)	54
Transport 1985-90	41,9	(61)	84
Transport efter 1990	36,9	(54)	73
* Transport 1985-90 v. reduktion af tilførsel fra dambrug	40,0	(59)	80
* Transport efter 1990 v. reduktion af tilførsel fra dambrug	35,0	(51)	70

Tabel 9.

Fosforkilder til Himmelbjergsøerne i 1980, samt fremtidig tilførsel og gennemsnitskoncentrationer i vandet efter gennemførelse af planlagte rensningsforanstaltninger. Tallene i parentes angiver fosfortransporten eller bidraget til fosfortransporten i % af den totale fosfortransport gennem Himmelbjergsøerne i 1980.

\* Der er regnet med, at fosforudledningen fra dambrugene ved Salten å reduceres til 3 t P/år.



De skønnede fremtidige sigtgybder synes måske ikke afgørende ændret i forhold til målingerne i 1980, men sigtgybderne har tilsyneladende i 1980 været lidt større end normalt, i hvert fald større end fundet ved Gudenåundersøgelsen i 1973-75. Den skønnede forbedring i vandkvalitet vil derfor synes større, hvis man vælger 1974 som udgangspunkt i stedet for 1980.

På baggrund af undersøgelserne i 1980 er virkningen af fosforfjernelse fra spildevandet i oplandet vurderet at være betydeligt større end forudsagt gennem modelberegninger på baggrund af undersøgelserne i 1973-75. Ifølge disse modelberegninger ville der næppe ske målelige ændringer i de økologiske forhold i søerne uanset, hvilke ændringer i stoftilførsel, der blev foretaget (Vandkvalitetsinstituttet 1976 c).

## Virkninger af en mindsket algemængde

Den direkte virkning af en mindsket algemængde i søerne er, at vandet bliver klarere og omfanget af blågrønalgemaxima ("vandblomst") mindre. Herved øges søernes rekreative værdi; det må således forventes, at der kan opnås en tilfredsstillende vandkvalitet til badning, i hvert fald i Jul sø.

Mere indirekte virkninger af den mindskede algemængde vil være, at udbredelsen af undervandsplanter efterhånden øges, dog næppe i Birk sø, og at rovfisk, der jager ved synet (gedde, evt. ørred) favoriseres, mens fisk, som sandart, skalle og brasen måske vil gå tilbage. Disse indirekte virkninger kan medføre, at algemængden mindskes mere end svarende til reduktionen i fosfortilførsel, dels fordi undervandsvegetationen kan optage en del af den plantetilgængelige fosformængde, og dels fordi en reduktion i mængden af f.eks. skalle kan betvirke, at prædationen på zooplanktonet mindskes, således at zooplanktonets græsning til tider kan holde algemængden på et lavere niveau.

Gennemsnitlig sigtgybde i perioden 1. maj - 1. okt.	Birk sø	Jul sø	Borre sø	Brassø
Målt i 1980 (ca. 140 µg P/l)	0,7	1,3	1,1	1,2
Skønnet efter 1990 (ca. 70 µg P/l)	1,0	1,8	1,4	1,4

Tabel 10.

Vurdering af virkning af en reduktion i den gennemsnitlige fosforkoncentration i søvandet fra ca. 140 µg/l til 70 µg/l for den gennemsnitlige sigtgybde i søerne i perioden 1. maj - 1. oktober.

Restmængde af P

1978	112
1979	156
1980	142
1981	124

## KONKLUSIONER

Himmelbjergsøerne er ret lavvandede søer med en stor vandgennemstrømning (Gudenå). Fra naturens side er Himmelbjergsøerne derfor eutrofe søer med forholdsvis store algemængder og med ret uklart vand.

Algemængden i søerne er dog øget stærkt, på grund af menneskeskabt forøgelse af fosfortilførslen, således at fosforkoncentrationen i søvandet er øget fra det oprindelige niveau på under 50 µg P/l til ca. 140 µg/l som årsgennemsnit, især som følge af spildevandsudledninger.

Virkningen af den øgede fosfortilførsel til søerne har dels været, at algemængden generelt er mere end fordoblet, og at undervandsvegetationen praktisk taget er forsvundet fra søerne. Disse ændringer har medført ændringer i de øvrige økologiske forhold i søerne, herunder i fiskebestanden.

Som følge af disse betydelige ændringer i tilstanden i søerne, især på grund af spildevandstilførsel, er målsætning for søerne ikke opfyldt, selv om kravet, om at vandets gennemsigtighed skal være mindst 1 m, er opfyldt i 1980 i Jul sø, Borre sø og Brassø.

Det vurderes, at den planlagte fosforfjernelse fra spildevand frem til 1990 vil medføre, at algemængden i sommerperioden mindskes med ca. 40% i forhold til det nuværende niveau, og at gennemsigtigheden af vandet øges med ca. 30%.

For kort at karakterisere forholdene i søerne er der i tabel 11 sammenstillet data, der belyser forholdene i de frie vandmasser i 1980.

Himmelbjergsøerne 1980		Birk sø	Jul sø	Borresø		Brassø	
				st. 1	st. 2	1980	1974
Gnsnt. klorofyl i overflade 1/5 - 1/10	µg/l	47	21	44	35	24	80
Max. klorofyl i overflade	µg/l	112	29	138	63	50	204
Gnsnt. gennemsigtighed 1/5 - 1/10	m	0,7	1,3	1,1	1,2	1,2	1,0
Min. gennemsigtighed	m	0,5	1,0	0,6	0,6	0,9	0,6
Gnsnt. total kvælstof 1/12 - 1/4	mg/l	4,6	4,9	4,7	-	4,5	3,1
Gnsnt. uorg. kvælstof 1/12 - 1/4	mg/l	3,2	3,6	3,4	-	3,0	2,5
Gnsnt. uorg. kvælstof 1/5 - 1/10	mg/l	0,5	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6
Gnsnt. total fosfor 1/12 - 1/4	µg P/l	120	110	115	-	115	91
Gnsnt. orthofosfat 1/12 - 1/4	µg P/l	75	75	80	-	75	24
Gnsnt. orthofosfat 1/5 - 1/10	µg P/l	35	50	60	55	58	108
Arlig primærproduktion	g C/m <sup>2</sup> år		430			470	240
Maksimal døgnproduktion	g C/m <sup>3</sup> d		4,07			5,9	6,06

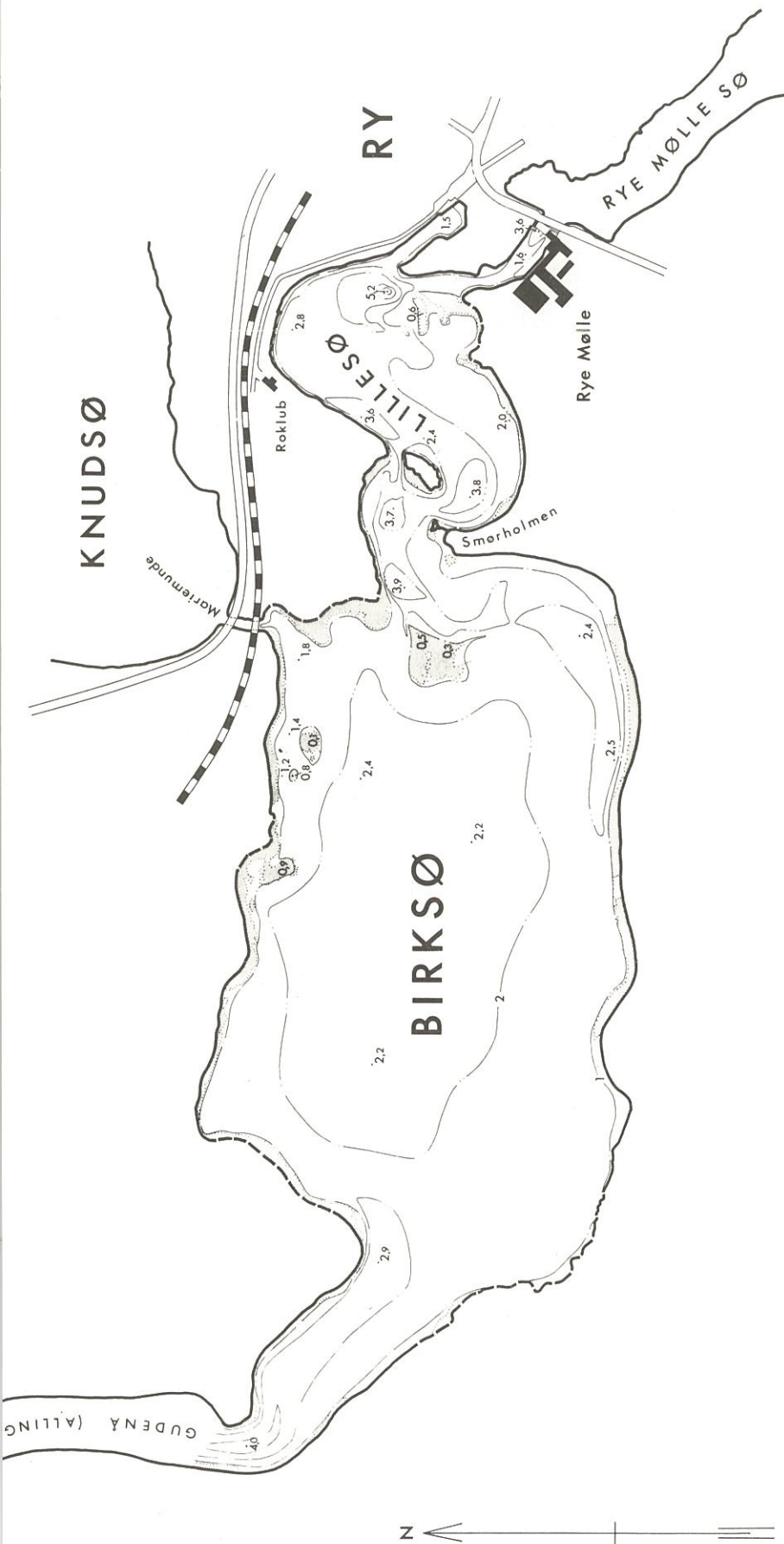
Tabel 11.

Sammenstilling af vandkvalitetsdata fra Himmelbjergsøerne i 1980. Desuden er vist data fra Brassø i 1974.

## REFERENCER

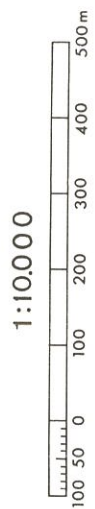
- BRØGGER, J. & HEINTZELMANN, F. (1979): Sørestauration. Simple stofbalance- og eutrofieringsmodellens anvendelse i recipientplanlægning. Miljøprojekter nr. 16. Miljøstyrelsen. København 209 pp.
- DILLON, P.J. & RIGLER, F.H. (1974): A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. - J. Fish. Res. Bd. Can. 31, 1771-8.
- MATHIESEN, H. (1981): Gudenåsystemets søer - søkarakteristik. Gudenåundersøgelsen 1973-75, rapport nr. 25, Århus 235 pp.
- VANDKVALITETSINSTITUTTET (1976 a): Gudenåundersøgelsen 1973-75. Stoftransport. 92 pp.
- VANDKVALITETSINSTITUTTET (1976 b): Gudenåundersøgelsen 1973-75. Søundersøgelser.
- VANDKVALITETSINSTITUTTET (1976 c): Gudenåundersøgelsen 1973-75. Sømødeller. 8 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1976): Foreløbig recipientkvalitetsplan. - Århus 23 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1979): Undersøgelse af forureningstilstanden i Skanderborg søerne og i vandløbene i søernes opland 1978. - Århus 47 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1980 a): Undersøgelse af forureningstilstanden i Salten å og Salten Langsø 1978-79. - Århus 65 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1980 b): Undersøgelse af forureningstilstanden i Knud sø i 1979. - Århus 35 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1980 c): Stoftransport i vandløb 1978-79. Århus 45 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1981 a): Det midtjyske Søhøjland. Registrering. Århus 121 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1981 b): Afstrømningsmålinger i Århus amtskommune 1980. - Århus 63 pp.
- ÅRHUS AMTSKommUNE (1982): Almind sø og Slåen sø 1981. Undersøgelser af vandkemi, fytoplankton, sediment og bundfauna. - Århus 35 pp.
- ÅRHUS KommUNE & ÅRHUS AMTSKommUNE (1980): Århus Bugt - Kalø Vig 1978-79. Rapport nr. 1: Tilførsel af organisk stof og næringssalte med nedbør, spildevand og vandløb. - Århus 75 pp.





# BIRKSØ - LILLESØ

RY KOMMUNE, ÅRHUS AMT



Ekkolodning foretaget maj 1975  
 Vandspejl 21,0m over DNN (GM)  
 Rørsump

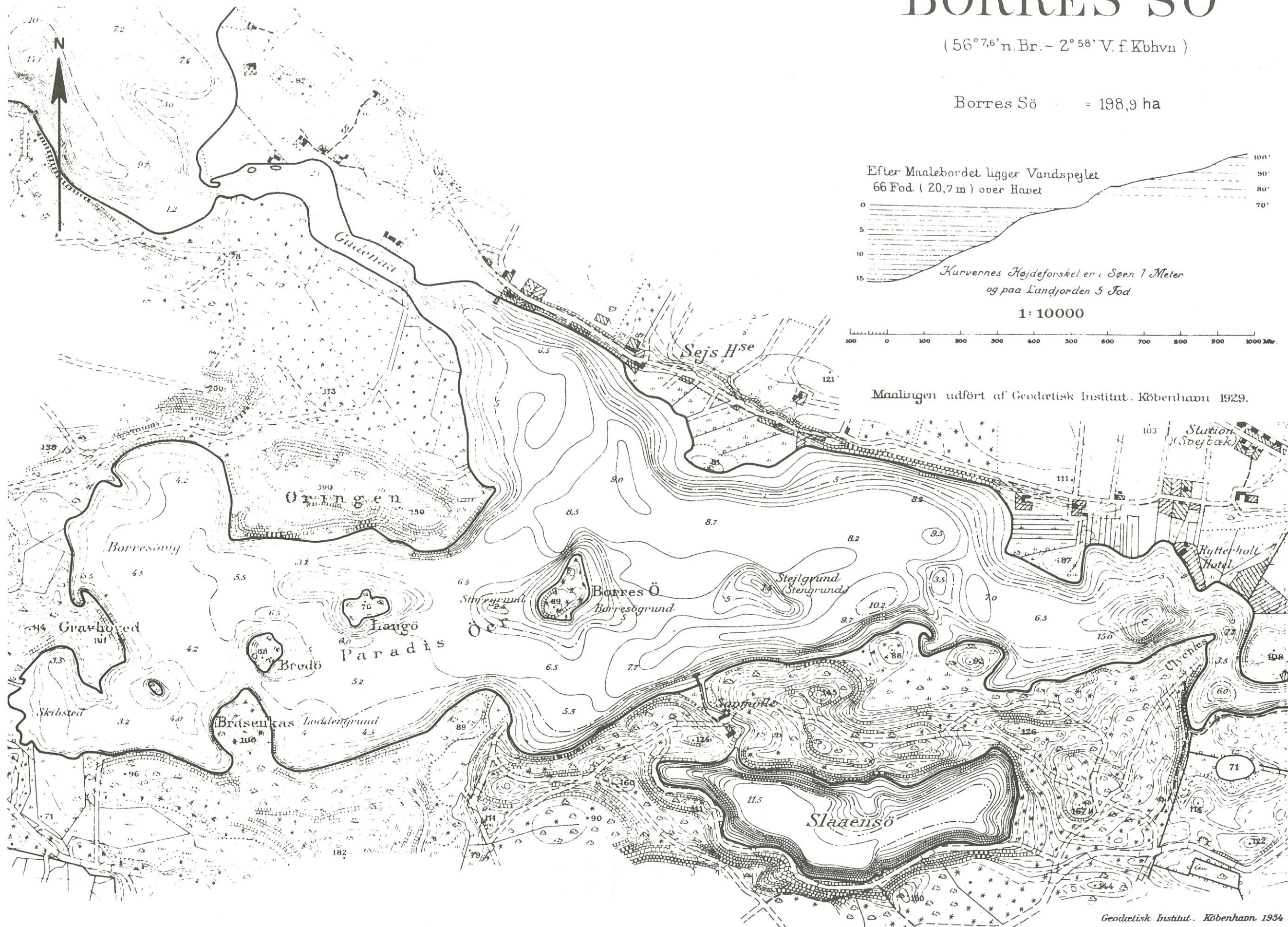
© ÅRHUS AMTSRÅD OG THORKILD HØY



# BORRES SÖ

( 56° 7,6' n. Br. - 2° 58' V. f. Kbhvn )

Borres Sö = 198,9 ha







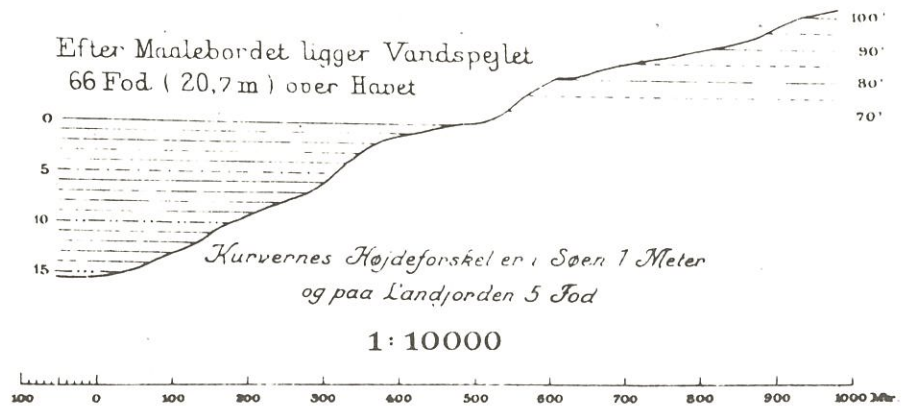


# BRASSÖ

(56° 6,7' n Br - 3° 00' V. f. Kbhvn)

Brassö Areal = 114,4 ha

Efter Maalebordet ligger Vandspejlet  
66 Fod. (20,7 m) over Havet



1:10000

Maalingen udført af Geodætisk Institut. København 1929.



## ORDLISTE

- AEROB : Indeholdende ilt. Iltforbrugende. Iltkævende.
- ALGE : En- eller flercellet, primitiv sporeplante. Fytoplankton = planteplankton = planktonalger er mikroskopiske alger, der driver omkring i vandmasserne.
- ALKALINITET : Mål for syreforbrug ved titrering af vand, således at bikarbonat og karbonat omdannes til fri kuldioxid.
- ALKALISK : Basisk. pH over 7. I modsætning til sur.
- ALLOCHTONT : Udefra tilført, i modsætning til autochtont.
- ANAEROB : Ikke indeholdende ilt. Ikke iltforbrugende.
- AUTOCHTONT : Dannet i det betragtede system, i modsætning til allochtont.
- BI<sub>5</sub> : 5 døgns biokemisk iltforbrug. Mikroorganismers iltforbrug ved nedbrydning af organisk stof i en vandprøve i løbet af 5 døgn.
- BLÅGRØNALGER : Gruppe af alger, der ofte indeholder små luftrum. Algerne kan derfor stige til overfladen og her ligne lag af grøn maling (Vandblomst).
- <sup>14</sup>C : Radioaktiv kulstofisotop med atomvægten 14, i modsætning til almindeligt kulstof med atomvægten 12.
- COD : Chemical oxygen demand. Den iltmængde, som kræves for at ilte (forbrænde) organisk stof i en prøve. Som iltningmiddel anvendes kaliumdikromat.
- DENITRIFIKATION : Bakteriell omdannelse af nitrat til frit kvælstof eller kvælstofoxider, idet nitrat anvendes som iltningmiddel.
- DETRITUS : Betegner normalt dødt, partikulært organisk stof, undertiden dog såvel opløst som partikulært, dødt organisk stof.
- DIFFUSE KILDER : Spredte kilder, for eksempel til forurening. Anvendes om stofkilder, som ikke umiddelbart kan præcist stedfæstes, for eksempel afstrømning fra skove og marker samt nedbør.
- DNN : Dansk Normal Nul d.v.s. havoverfladens gennemsnitlige niveau.
- DY : Sedimenttype med stort humusindhold.
- DYSTROF : Brunvandet sø med et stort indhold af humusstoffer i vandet.
- EPILIMNION : Dybere søers vandmasser er ofte om sommeren opdelt i et varmt øvre lag, epilimnion og i et koldere bundlag, hypolimnion. Det mellem liggende lag kaldes (temperatur) springlaget eller metalimnion.
- EROSION : Nedbrydning og bortfjernelse af jordoverfladen ved naturlige processer, for eksempel ved jordfygning og jordbortskylning.
- EUTROF : Velnæret. Anvendes især om søer med en naturlig høj plante-produktion.
- EUTROFIERING : Afledt af ordet eutrof. Anvendes hovedsagelig om menneskeskabt forøgelse af plante- og dyreliv, oftest forårsaget af tilledning af plantenæringsstoffer.
- FORSURING : Forøgelse af surhedsgrad (d.v.s. lavere pH værdi) i søer som følge af tilførsel af nedbør med et stort indhold af syre.
- FORURENINGS-GRAD : Ved angivelse af i hvor høj grad et vandløb er forurenet med biologisk nedbrydeligt organisk stof, anvendes en skala I - IV, hvor I betyder praktisk taget uforurenet, II betyder ret svagt forurenet, III betyder ret kraftigt forurenet, og IV betyder overordentligt kraftigt forurenet.

- FOTISK LAG : De øvre vandlag, for eksempel i en sø, hvor lysmængden er tilstrækkelig til, at fotosyntese kan finde sted. Tykkelsen af det fotiske lag afhænger først og fremmest af vandets klarhed.
- FOTOSYNTSE : Dannelse af organisk stof, hovedsagelig ud fra kuldioxid og vand, med lys som energikilde.
- FYTO-PLANKTON : Mikroskopiske alger, der driver omkring i vandmasserne.
- FÆOPIGMENTER : Farvede forbindelser, som dannes ved nedbrydning af klorofyl.
- GENNEMSIGTIGHED : (= sigtdybde). Angiver den maximale dybde, hvor en hvid cirkulær skive med en diameter på ca. 25 cm (Secchi skive) netop kan skimtes.
- GYTJE : Aflejring af finkornet materiale, hovedsagelig bestående af resterne af planter og dyr.
- HYDRAULISK OPHOLDSTID : Søens rumfang divideret med den vandmængde, som tilføres pr. tidsenhed.
- HYDROMETRISK VINGE : Propel med omdrejningstæller til bestemmelse af strømhastigheder i vandløb.
- HYPOLIMNION : Betegnelse for det kolde bundvand, som ofte findes i dybere søer om sommeren.
- INKUBATOR : Her anvendt om apparat til bestemmelse af planktonalgernes primærproduktion. Apparatet består af et termostatvandbad og en veldefineret lyskilde.
- INVERTEBRATER : Hvirvelløse dyr.
- KLOROFYL : Bladgrønt. Planternes grønne farvestof, som er det virksomme stof i fytosyntesens lysprocesser.
- KVALITATIV : I modsætning til kvantitativ. Ved kvalitative biologiske undersøgelser opgøres, hvilke organismer, der findes, men der foretages ingen vejning, måling eller optælling af organismer.
- KVANTITATIV : I modsætning til kvalitativ. Ved kvantitative biologiske undersøgelser foretages en vejning, måling eller optælling af organismer.
- LITTORAL : Betegnelse for lavvandede dele af en sø. Hvis vandet er klart findes oftest rodfæstede planter udbredt i littoralzonen. I modsætning til profundal.
- LOBELIA SØ : Klarvandet, næringsfattig søtype med et lille indhold af bikarbonat i vandet og med en karakteristisk vegetation af grundskudsplanter, bl.a. *Lobelia dortmanna* (tvepibet lobelia).
- MESOTROF : ("Mellemnæret") sø med middelstor planteproduktion. Mellemting mellem eutrof og oligotrof.
- MORFOMETRI : (Formmåling). Anvendes her om søers fysiske udformning, for eksempel areal, maximumsdybde og omkreds.
- MORÆNE : Usorteret blanding af sten, grus, sand og ler afsat af gletschere eller indlandsis.
- N : Kemisk betegnelse for kvælstof.
- NITRIFIKATION : Bakteriell omdannelse af ammoniak til nitrat.
- OLIGOTROF : ("Svagt næret"). Anvendes om søer med en lille planteproduktion.
- P : Kemisk betegnelse for fosfor.

pH	:	(Surhedsgrad, reaktionstal). pH defineres som minus logaritmen til brintionaktiviteten. pH er under 7 i sur væske og over 7 i basisk væske.
PLANKTON	:	Fællesbetegnelse for de organismer, der svæver eller driver frit omkring i vandet, og hvis egenbevægelse oftest er ringe i forhold til vandbevægelserne.
PRIMÆRPRODUKTION	:	Planternes produktion af organisk stof ud fra uorganiske stoffer med lys som energikilde.
PROFUNDAL	:	(Dyb). Den dybeste liggende del af søbunden. Her er der normalt intet lys og derfor ingen planter. Der foregår ofte en sedimentation af finkornet materiale, hvorfor bunden normalt er en mudderbund.
RECIPIENTKVALITETSPLAN	:	Målsætning for de enkelte vandområders økologiske tilstand og for anvendelsen af disse.
REDOXPOTENTIALER	:	Mål for ilttingsgraden i et system. Redoxpotentialer er højt i stærkt iltende opløsninger og lavt, eventuelt negativt i reducerende opløsninger.
RESPIRATION	:	Levende organismers iltforbrug.
RØRSUMP	:	Plantebælte i søer på ca. 0 - 2 m's vanddybde. Planterne vokser normalt op over vandoverfladen.
SECCHI SKIVE	:	Hvid eller eventuelt tofarvet skive med en diameter på ca. 25 cm.
SEDIMENT	:	Her anvendt generelt om bundmaterialet i søer og vandløb.
SEDIMENTATION	:	Bundfældning af stof.
SESTON	:	Samlebetegnelse for alt partikulært stof i de frie vandmasser.
SIGTDYBDE	:	(= gennemsigtighed). Angiver den maksimale dybde, hvor en hvid cirkulær skive (Secchi skive) netop kan skimtes.
SPRINGLAG	:	Vandlaget mellem det varme overfladevand (epilimnion) og det kolde bundvand (hypolimnion) kaldes et springlag eller et temperaturspringlag.
STAGNATION	:	At en søs vandmasser er stabilt opdelt i epilimnion og hypolimnion kaldes stagnation.
STRATIFIKATION	:	(Lagdeling). Anvendes synonymt med ordet stagnation.
SUBMERS	:	(Undersøisk). Den submerse vegetation er de planter, som vokser på søbunden, men som normalt ikke rager op over vandoverfladen.
TOPOGRAFI	:	Beskrivelse af et områdes terræn-, dyrknings- og bebyggelsesforhold.
TOTALCIRKULATION	:	Opblanding af en søs vandmasser, således at der ikke er forskel på overfladevandet og bundvandet.
TRAPEZINTEGRATION	:	Metode til opsummering af måleværdier, for eksempel af vandføringsmålinger over året, under antagelse af, at vandføringen mellem to måletidspunkter kan beskrives med en ret linie, som forbinder de to punkter.
VERTIKAL	:	Lodret.
VOLUMEN	:	Rumfang.
ØKOLOGI	:	Læren om sammenhæng i naturen, det vil sige mellem omgivelserne og de levende organismer samt mellem disse indbyrdes. Til de levende organismer hører også mennesket.

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

... the ... of ...  
... the ... of ...

...  
...

...

...

...



280949

eks. 1

Årh-lokalitet  
Birk Sø, Jul Sø, Borre Sø,  
Brassø : undersøgelse af for-  
ureningstilstanden i Himmel-  
bjergsøerne i 1980 / Jens  
Møller Andersen. 1982