



# ÅRHUS AMTSKOMMUNE

## Amtsvandvæsenet



BRYRUP SØERNE 1978

353 Årh

556.55

628.39

eks. 2

## UNDERSØGELSE AF FORURENINGSTILSTANDEN I

BRYRUP SØERNE

1978

Rapport udarbejdet af:

Jens Møller Andersen, Jørn Jensen, Aage Kristensen og Kaj Kristensen.

ÅRHUS AMTSKOMMUNE, AMTSVANDVÆSENET

LYSENG ALLE 1, 8270 HØJBJERG

(06) 27 33 44

Århus 1979.

MILJØSTYRELSENS  
FERSKVANDSLABORATORIUM

Lysbrogade 52  
8600 Silkeborg  
Telefon 06 - 81 07 22

2/11 79.

## FORURENINGSTILSTAND I BRYRUP SØERNE

## SAMMENFATNING

## Beskrivelse af søerne.

Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø ligger i de dybeste dele af en tunneldal i det midtjyske søhøjland syd for Silkeborg. Søerne gennemstrømmes af Bryrup å - Lystrup å, der løber til Salten å. Vandskiftet i søerne er hurtigt, og alle søerne er lavvandede. Dybest er Bryrup Langsø med en max. dybde på ca. 9 m.

## Forureningsproblemer.

Det væsentligste forureningsproblem i Bryrup søerne er overgødsning af søerne med næringssalte, først og fremmest fosfat. I forhold til søernes naturlige tilstand sker der herved en øget vækst af alger i søvandet, og vandet bliver uklart, og dermed mindre egnet f.eks. til badning og fiskeri. De større algemængder medfører øgede slamaflejringer på bunden af søerne, ligesom risikoen øges for lugtgener fra alger skyllet ind på bredderne, og for dårlige iltforhold i søvandet, især tæt ved bunden.

## Forureningskilder.

Den væsentligste forureningskilde i området er Bryrup, hvorfra der udledes biologisk rensset spildevand fra 1300 personer til Bryrup å, der løber til Kvind sø og Kul sø. Efter Them kommunes spildevandsplan skal der foretages kemisk rensning i Bryrup fra 1981.

I øvrigt udledes der mekanisk rensset spildevand fra Vinding (160 personer). Dette løber om vinteren til Kringelbæk og Karl sø, men siver resten af året i jorden. Til Lystrup å udledes mekanisk rensset spildevand fra Lystrup Have (120 personer).

I Vejle amt udledes der mekanisk rensset spildevand fra Slagballe, Davding og Grædstrup (90, 120 og 245 personer).

Efter Brædstrup kommunes spildevandsplan skal spildevandet fra disse byer føres til renseanlægget i Brædstrup.

Beskrivelse af den nuværende forureningstilstand og mulighederne for at ændre denne.

#### Vandløbene.

De fleste af vandløbene, som gennemstrømmer de fire søer, er svagt forurenede (forureningsgrad II). I Bryrup å nedstrøms Bryrup er forureningsgraden øget til II-III på grund af spildevandsudledningen fra Bryrup. Også i afløbene fra Kvind sø og Kul sø (Lystrup å) er forureningsgraden II-III. Disse vandløb er noget påvirkede af de store mængder organisk stof, især i form af alger, som skylles ud fra søerne.

Med en afskæring af spildevandet fra Davding, Slagballe og Grædstrup vil Nimdrup bæk ikke længere være spildevandsbelastet, og forureningsgraden ved Grædstrup vil mindskes, sandsynligvis til forureningsgrad II. Dette vil dog ikke medføre, at målsætningen for Nimdrup bæks øvre regulerede del vil blive opfyldt. På grund af tidligere regulering og den måde vandløbsvedligeholdelsen udføres på efter gældende regulativer, er vandløbet ensformigt og monotont, så at der er meget dårlige muligheder for f.eks. opvækst af fisk og for tilstedeværelse af en varieret fauna. Gennemførelse af kemisk rensning i Bryrup vil sandsynligvis bevirke, at forureningsgraden falder til grad II både i Bryrup å nedstrøms renseanlægget og i Lystrup å nedstrøms Kvind sø og Kul sø.

Kringelbæk er om sommeren tilsyneladende ikke påvirket af det tilløb af spildevand fra Vinding, som finder sted i vinterperioden.

#### Søerne.

Næringssalttilførslen til Karl sø er betydeligt mindre end tilførslen til de øvrige søer. Karl sø er derfor den klareste af søerne, har det mest afvekslende dyre- og planteliv, og er den mest attraktive badesø. Karl sø kan sikres mod eutrofiering ved eliminering af ulovlige udledninger fra landbrug og afskæring af spildevandet fra Vinding og/eller forlægning af Kringelbæks nederste løb til afløbet fra Karl sø.

Bryrup Langsø er mere næringssaltbelastet end Karl sø, og algemængden i søvandet er derfor større. Sigtdybden i sommerperioden var i 1978 ca. 1,2 m. På basis af undersøgelsen vurderes det, at afskæring af spildevandet fra Davding, Slagballe og Grædstrup vil mindske algemængden i søen, således at sigtdybden øges til 1,5 - 1,6 m i sommerperioden.

Kvind sø og Kul sø er stærkt overgødede (eutrofierede), især på grund af spildevandstilførsel fra Bryrup. Algemængden og algeproduktionen i søerne er meget høj, og sommersigtdybden var i 1978 ca. 0,8 - 0,9 m i gennemsnit. En 90% reduktion af fosfattilførslen fra Bryrup vurderes at ville medføre en nedgang i algemængden i de to søer, således at sigtdybden øges til 1,2 - 1,4 m i sommerperioden.

#### Foreløbig recipientkvalitetsplan.

Efter den foreløbige recipientkvalitetsplan er alle fire søer målsat som fiskevand for ikke-laksefisk. Bryrup Langsø og Karl sø er desuden målsat som badesøer. Til badning bør vandet være klart, svarende til en sigtdybde på over 2 m. Dette er ikke opfyldt i Bryrup Langsø. Målsætningen for tilstanden i Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø er desuden, at sommersigt- dybden skal være mindst 1-3 m. Denne målsætning er ikke opfyldt i Kvind sø og Kul sø, men vil kunne opfyldes ved fosfatfjernelse i Bryrup. Karl sø er herudover målsat som en ren sø med en sommersigtdybde på over 3 m. Denne målsætning er næppe opfyldt, men Karl sø er dog kun svagt kulturpå- virket, og der findes et meget afvekslende dyre- og planteliv.

## INDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
Resumé .....	1
Undersøgelsens formål .....	2
Beskrivelse af søerne og oplandet .....	2
Undersøgelsesmetodik .....	5
Undersøgelsesresultater .....	5
Fytoplankton: Karl sø .....	10
Bryrup Langsø .....	10
Kvind sø .....	10
Kul sø .....	10
Vandkemi: Karl sø .....	11
Bryrup Langsø .....	11
Kvind sø .....	11
Kul sø .....	11
Sedimentkemi .....	12
Bundfauna .....	13
Fauna i vandløb .....	14
Belastningsundersøgelser .....	16
Vurdering af mulighederne for ændring i forureningstilstand .....	23
Karl sø .....	23
Bryrup Langsø .....	23
Kvind sø .....	25
Kul sø .....	26
Konklusioner .....	27
Referencer .....	28
Bilag 1: Faunaskemaer i vandløb .....	31
Bilag 2: Ordliste .....	37

## ARBEJDSGRUNDLAG FOR RAPPORTEN

Udtagning af vandprøver samt vandføringsmålinger:	Erik Nygård Pedersen, Jens Møller Andersen, Kaj Kristensen, Aage Kristensen, Jørn Jensen.
Kemiske analyser:	Levnedsmiddelkontrollenheden i Silkeborg.
Vandføringsberegninger:	Det Danske Hedeselskab.
Fytoplankton og primærproduktionsberegninger:	Jens Møller Andersen.
Bundfaunaundersøgelser:	Jørn Jensen.
Bedømmelse af forureningsgrad i vandløb:	Jørn Jensen.
Oplysninger vedrørende Nimdrup bæk og tillædningsanlæg til Nimdrup bæk i Vejle amt:	Ole Have Jørgensen, Vejle Amtskommune.
Teknisk tegning:	Hanne L. Schmidt.
Maskinskrivning:	Kirsten Andersen.





## RESUMÉ

Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø er lavvandede, eutrofe, alkaliske søer uden sommerstratifikation og med en lille hydraulisk opholdstid.

Karl sø er den mindst eutrofierede af søerne, mens Kvind sø og Kul sø er kraftigst eutrofierede, hovedsagelig på grund af spildevandstilførsel fra Bryrup.

## Karl sø.

I Karl sø begrænsedes algemængden bl.a. af fosfatmængden i vandet. Den maksimale klorofylmængde var ca. 40  $\mu\text{g}/\text{l}$  i april. Også i eftersommeren konstateredes et algemaximum, mens algemængden i sommerperioden var meget lav (fig. 2). Fytoplanktonsammensætningen karakteriseres ved dominans af *Cryptomonas* i april og i efteråret. Især i juni-juli var gulalgen *Dinobryon* talrig. Brutto primærproduktionen var ca. 210 g C/m<sup>2</sup> år.

Bundfaunaen i Karl sø er meget varieret, bl.a. fordi vegetation (f.eks. kransnålalgen, *Nitella*), kan findes på næsten hele søbunden. Der findes såvel profundalzonedyr som dyr, der nærmere hører hjemme i søernes littoralzone. Bredvegetation er noget præget af eutrofiering, dog findes spredte bevoksninger af strandbo (*Littorella*).

Eutrofieringen af Karl sø skyldes især fosfattilførslen fra Kringelbæk, der om vinteren modtager spildevand og møddingsvand fra Vinding. Eutrofieringen kan forhindres ved at forlægge den allernederste del af Kringelbæk, så den løber til afløbet fra Karl sø.

## Bryrup Langsø.

Algemængden i Bryrup Langsø begrænsedes sandsynligvis af fosfatmængden i vandet (fig. 3). Den gennemsnitlige sommersigt dybde var ca. 1,2 m, og den årlige brutto primærproduktion var ca. 570 g C/m<sup>2</sup> år. Algesammensætningen var typisk for en eutrofieret sø med

et sensommermaximum af blågrønalger. Bundfaunaen i Bryrup Langsø var også typisk for en eutrofieret sø med dominans af tubificider og *Chironomus plumosus* (Tabel 4).

Beregninger viser, at en fosfatfjernelse fra eller en afskæring af spildevand i oplandet til Bryrup Langsø (Slagballe, Davding og Grødstrup) vil medføre en nedgang i algemængden i søen, således at sommersigt dybden øges til ca. 1,6 m. Dette vil altså næppe opfylde badevandsmålsætningen, hvorefter sigt dybden bør være over 2 m, men det vil alligevel medføre en væsentlig forbedring såvel af de bademæssige som af de økologiske forhold i søen.

## Kvind sø og Kul sø.

De økologiske forhold i Kvind sø og Kul sø ligner hinanden meget. Begge søer er meget stærkt eutrofierede, hovedsagelig på grund af spildevandstilførsel fra Bryrup. Kvælstof begrænser sandsynligvis algemængden i sommerperioden, hvor der sker en frigørelse af fosfat fra sedimentet. Algesammensætningen er karakteristisk for meget kraftigt eutrofierede søer med dominans af grønalger (især *Coccolobastrum*) først på sommeren og blågrøn alger (*Microcystis*) i sensommeren. Brutto primærproduktionen var ca. 620 g C/m<sup>2</sup> år i Kvind sø og 460 g C/m<sup>2</sup> år i Kul sø. Bundfaunaen bestod hovedsagelig af tubificider og chironomider, typiske for eutrofierede søer. At faunaen kan klare sig på søbunden hænger bl.a. sammen med søernes ringe dybde, hvorfor der ikke er iltfrit ved bunden gennem længere perioder.

Beregninger tyder på, at algemængden i søerne kan reduceres meget væsentligt ved fosfatfjernelse fra spildevandet i Bryrup. Betydningen af den fremtidige fosfatudveksling mellem vand og sediment er dog usikker. Det vurderes, at sommersigt dybden i Kvind sø og Kul sø vil øges fra 0,8 - 0,9 m i 1978 til 1,2 - 1,4 m efter fosfatfjernelse i Bryrup. Den foreløbige

recipientkvalitetsmålsætning for søerne vil hermed være opfyldt med hensyn til søernes økologiske tilstand.

#### Vandløb.

Det østlige tilløb til Karl sø, Kringelbæk og Lystrup å er målsat som na-

turvidenskabelige referenceområder. Førstnævnte er fundet uforurenet, mens forureningsgraden i Kringelbæk er I-II. I Lystrup å er forureningsgraden II-III, men der findes en meget artsrig fauna.

Den nederste del af Nimdrup bæk er ret svagt forurenet (forureningsgrad II), men den er et meget smukt eksempel på en ureguleret bæk.

## UNDERSØGELSENS FORMÅL

Formålet med denne undersøgelse er at beskrive forureningstilstanden i Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø, samt i vandløbene, som gennemstrømmer disse søer. Formålet er desuden at vurdere om den foreløbige recipientkvalitetsmålsætning er opfyldt, samt at vurdere effekten på søerne og vandløbene af ændringer i forure-

ningsbelastningen, f.eks. ved bedre spildevandsrensning.

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

## BESKRIVELSE AF SØERNE OG OPLANDET

#### Opland.

Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø er de dybeste partier af en tunneldal dannet i sidste istid. Søerne gennemstrømmes af (Kringelbæk) Nimdrup bæk - Bryrup å - Lystrup å, som løber til Salten å.

Jordbunden i oplandet til søerne består hovedsagelig af sand- og lermø-ræne.

#### Søerne.

De fire søer er alle lavvandede, således at der ikke findes en stabil sommerstratifikation i nogen af søerne, selv om der i Bryrup Langsø i kortere perioder kan være betydelig forskel mellem temperaturen i overfladen og ved bunden.

Dybdekort for søerne er vist på fig. 1, og morfometriske data er anført i tabel 1.

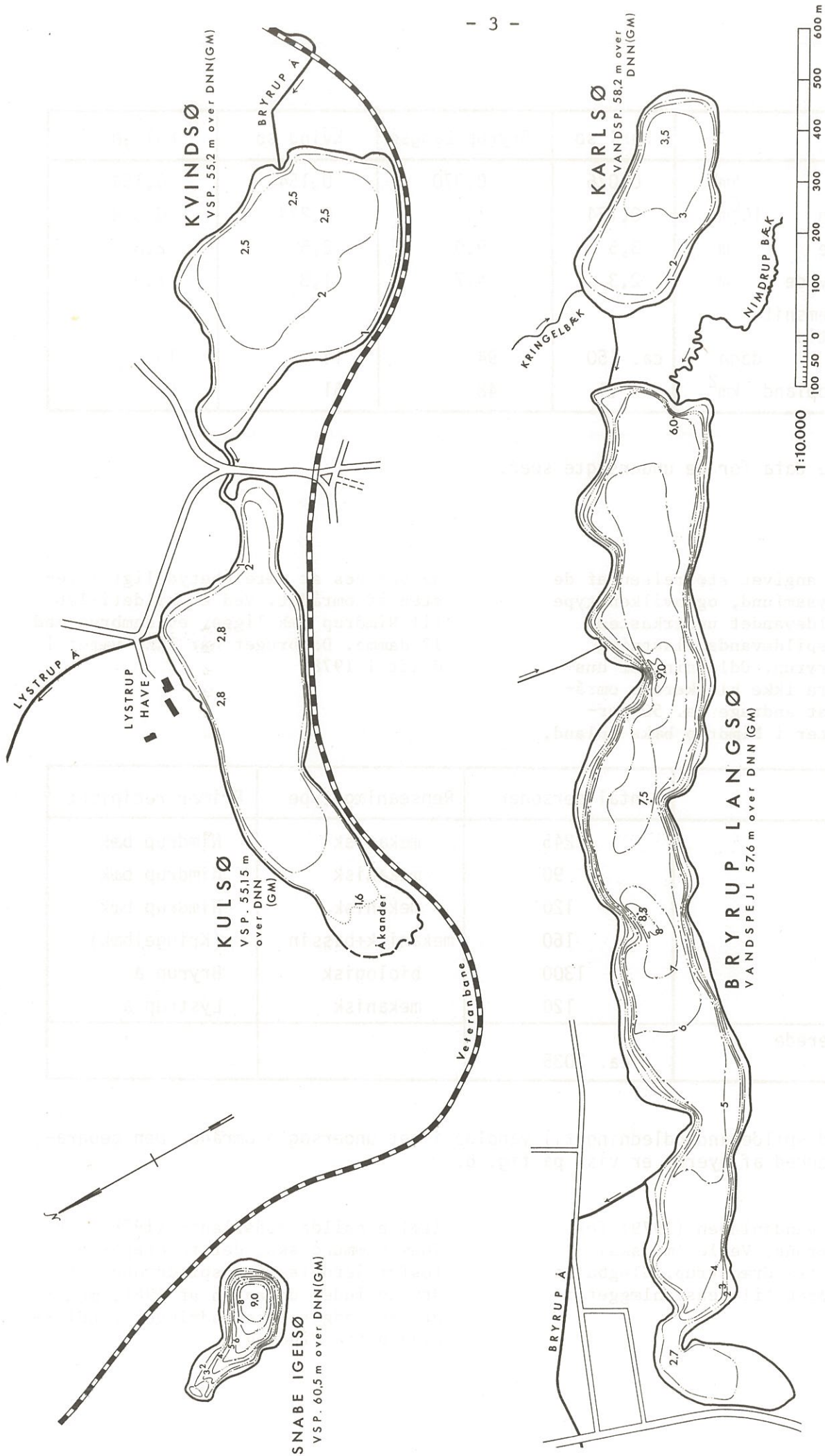


Fig 1.  
Dybdekort for Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø. Opmålingen er foretaget af Thorkild Høi, juli 1972.

	Karl sø	Bryrup Langsø	Kvind sø	Kul sø
Søens areal km <sup>2</sup>	0,076	0,370	0,154	0,164
Søens volumen 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	0,174	1,73	0,274	0,308
Største dybde m	3,5	9,0	2,5	2,8
Gennemsnitsdybde m	2,3	4,7	1,8	1,9
Vandets gennemsnitlige opholdstid (1978) døgn	ca. 150	94	14	13
Topografisk opland km <sup>2</sup>	11	48	51	54

Tabel 1.

Morfometriske data for de undersøgte søer.

### Spildevand.

I tabel 2 er angivet størrelsen af de kloakerede bysamfund, og hvilken type rensning spildevandet underkastes. Den største spildevandsbelastning kommer fra Bryrup. Udledning af hus-spildevand fra ikke kloakerede områder antages at andrage ca. 50 personækvivalenter i Nimdrup bæks opland,

og skønnes at være ubetydeligt i resten af området. Ved et kildetilløb til Nimdrup bæk ligger et dambrug med 17 damme. Dambruget har ikke været i drift i 1978.

By	Antal personer	Renseanlægstype	Primær recipient
Grødstrup	245	mekanisk	Nimdrup bæk
Slagballe	90	mekanisk	Nimdrup bæk
Davding	120	mekanisk	Nimdrup bæk
Vinding	160	mekanisk+bassin	(Kringelbæk)
Bryrup	1300	biologisk	Bryrup å
Lystrup Have	120	mekanisk	Lystrup å
Ialt i kloakerede områder	ca. 2035		

Tabel 2.

Bysamfund med spildevandsudledning til vandløb i det undersøgte område. Den geografiske beliggenhed af byerne er vist på fig. 6.

Ifølge spildevandsplanen (1979) for Brødstrup kommune, Vejle Amt skal spildevandet fra Grødstrup, Slagballe og Davding føres til renseanlægget i Brødstrup.

Ifølge spildevandsplanen (1978) for Them kommune skal der foretages en fosfatfjernelse fra spildevandet fra Bryrup inden udgangen af 1981, men i planen indgår ikke ændringer i udledningen fra Vinding.

## UNDERSØGELSESMETODIK

### Belastningsundersøgelser.

Forureningsbelastningen (især med hensyn til næringssalte) er målt i alle betydende tilløb til søerne, herunder belastningsbidraget fra Bryrup renseanlæg.

Stoftransporten i vandløbene er beregnet ud fra sammenhørende målinger af vandføring og stofkoncentrationer i vandet ca. én gang pr. måned. Vandføringen er udregnet på basis af strømhastigheder i vandløbet målt med hydrometrisk vinge. De kemiske analyser er foretaget på Levnedsmiddellaboratoriet i Silkeborg.

Forureningsgraden i vandløbene er bedømt ved en kvalitativ/semikvantitativ feltundersøgelse af makroinvertebrater i sommeren 1978.

### Undersøgelser i søerne.

Feltmålinger og udtagning af overfladevandprøver er foretaget ca. én gang pr. måned midt i hver sø. Sigtdybde målt med hvid Secchii skive, den vertikale fordeling af ilt og temperatur med YSI oxygenmeter og af lysintensiteten med LICOR quantum photometer.

I april og november udtoges bundprøver i profundalzonen til en kvantitativ bestemmelse af bundfaunaen. Prøverne sigtedes gennem 1 mm sigte og bunddyrene udsorteredes og optaltes.

### Fytoplankton og primærproduktion

På jodfikserede vandprøver fra overfladen blev foretaget en kvalitativ bestemmelse af de dominerende algeslægter. Fotosyntesen af algerne i overfladevandet bestemtes ved  $^{14}\text{C}$ -metoden som funktion af lysintensiteten ved 2 timers forsøg i inkubator.  $^{14}\text{C}$ -optagelse blev målt med Geiger-Müller-tæller. Ud fra  $^{14}\text{C}$ -optagelse, lysforholdene i inkubator, lysforholdene i søen og de gennemsnitlige lysforhold på den pågældende dato i perioden 1973-77 udregnedes den daglige bruttoprimærproduktion, dels som bruttoprimærproduktionen (GPP max) i den dybde, hvor algernes fotosyntese er størst, og dels bruttoprimærproduktionen pr.  $\text{m}^2$  (GPP) ved trapezintegration over det fotiske lag.

Der er ikke foretaget vegetationsundersøgelser i 1978. Wium-Andersen & Schierup (1975) undersøgte bredvegetationen i 1973.

## RESULTATER

### FYTOPLANKTON OG KEMI I SØERNE.

Resultaterne af de kemiske målinger på overfladevandet fra Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø er vist på fig. 2, 3, 4 og 5. I forbindelse med prøvetagningerne er der kun konstateret små temperatur- og iltforskelle mellem overflade- og bundvand i de fire søer.

Alle fire søer er fladvandede, alkaliske, eutrofe søer med et hurtigt

vandskifte. Eutrofieringstilstanden afhænger især af fosfatbelastning, den hydrauliske opholdstid og dybdeforholdene. I overensstemmelse hermed er Karl sø den mindst eutrofierede, mens Kul sø og især Kvind sø er kraftigt eutrofieret af spildevand fra Bryrup.

Andersen (1974) undersøgte i 1971-73 variationerne i næringssaltkoncentra-

Karl sø 1978

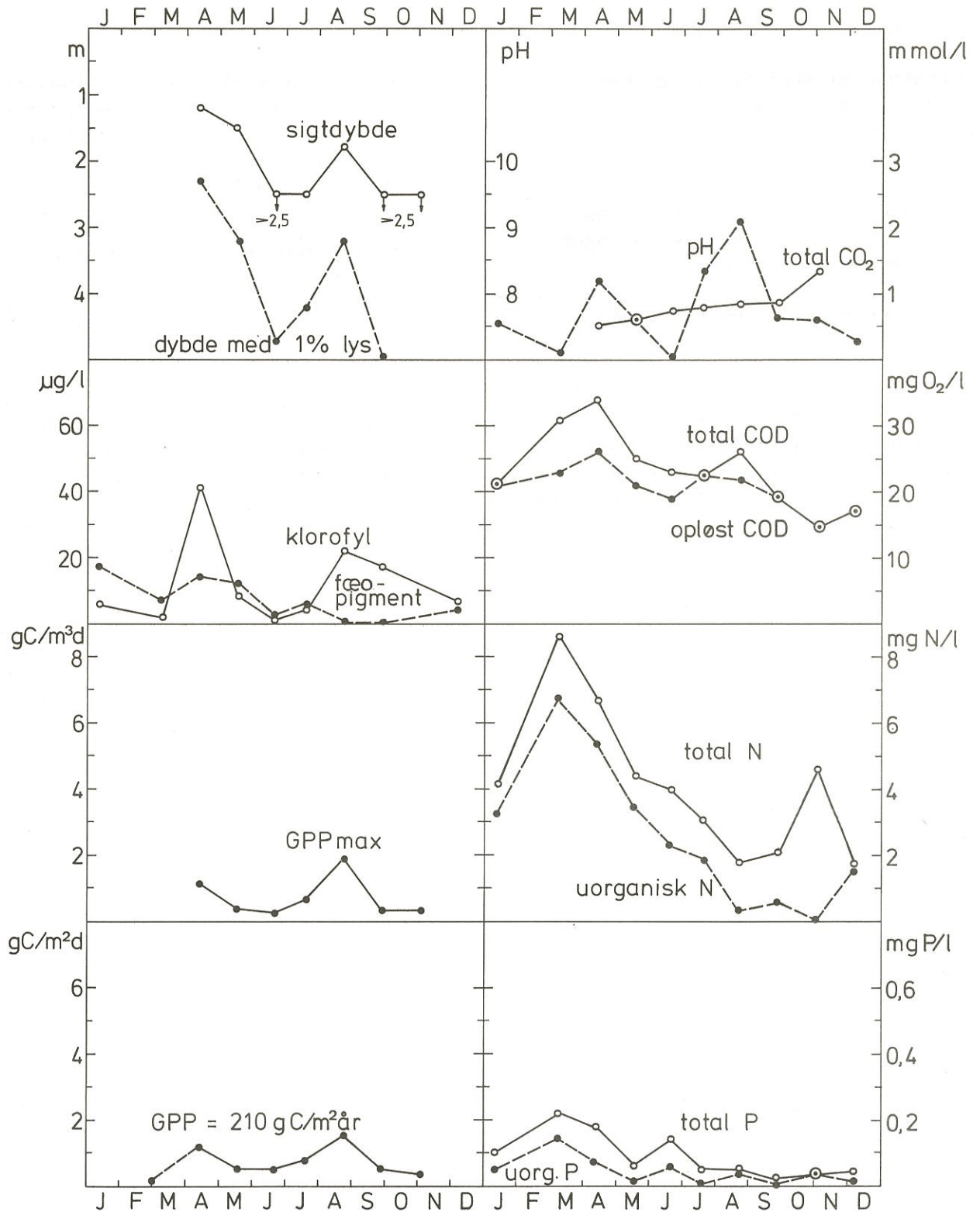


Fig. 2.

Karl sø 1978. Årstidsvariationer i overfladevandets indhold af klorofyl, organisk stof (COD), kvælstof og fosfor, samt målinger af sigtdybde, pH og uorganisk kulstof og bruttoprimærproduktion, dels produktionen under optimale lysforhold (GPP max) udregnet pr. m<sup>2</sup> søoverflade (GPP).

### Bryrup langsø 1978

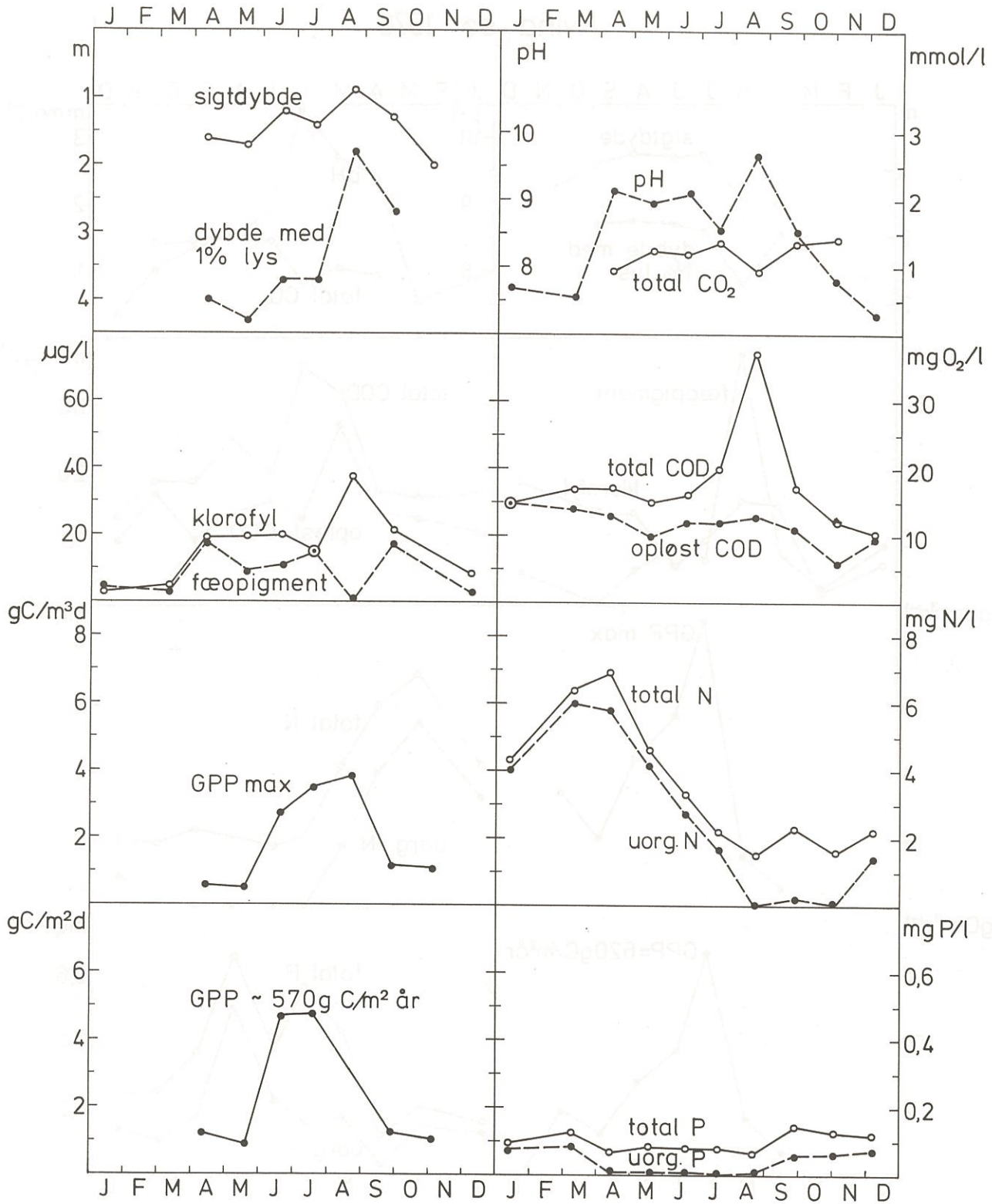


Fig. 3.

Bryrup Langsø 1978. Arstidsvariationer i overfladevandets indhold af klorofyl, organisk stof (COD), kvælstof og fosfor, samt målinger af sigtdybde, pH og uorganisk kulstof og bruttoprimærproduktion, dels produktionen under optimale lysforhold (GPP max) udregnet pr. m<sup>2</sup> søoverflade (GPP).

### Kvind sø 1978

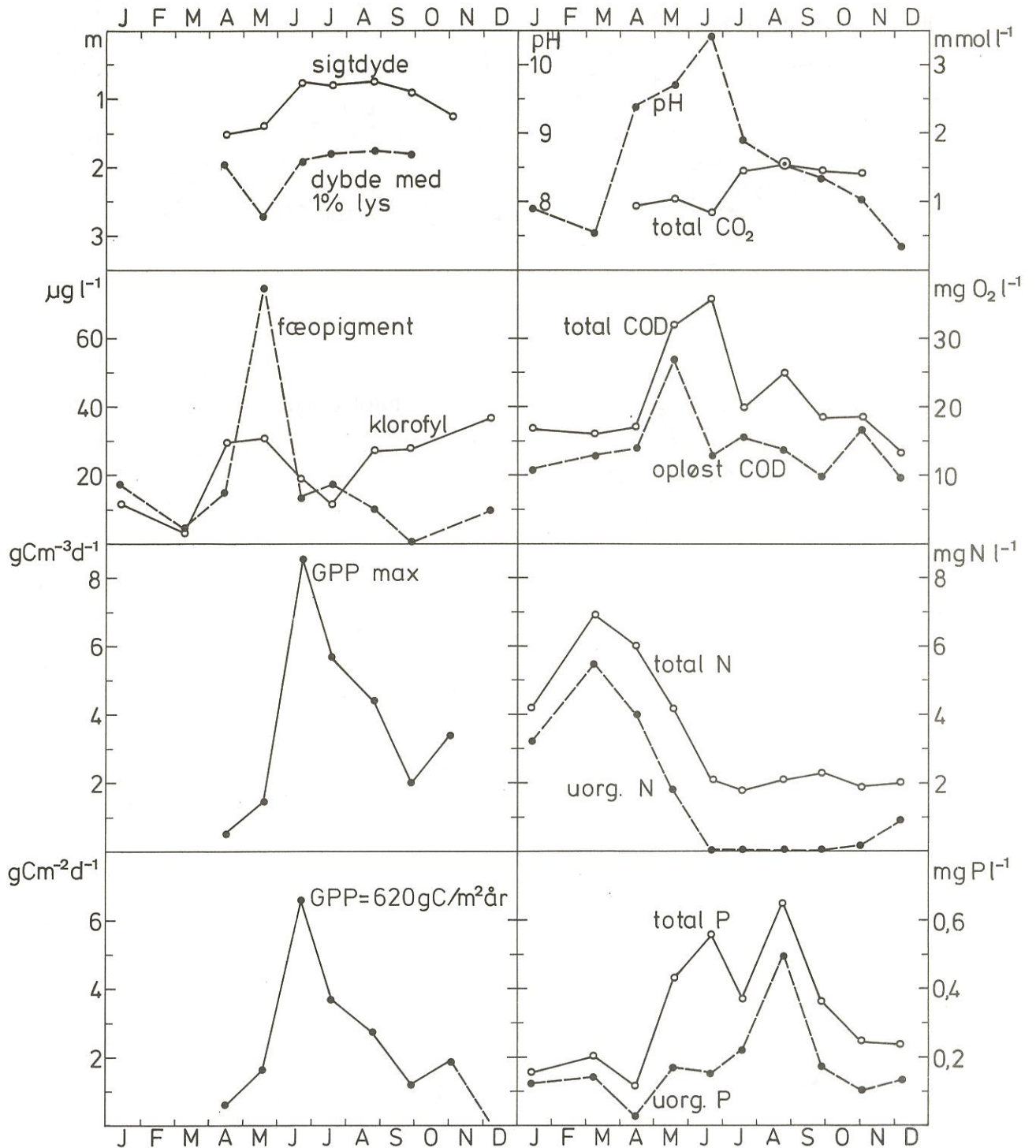


Fig. 4.

Kvind sø 1978. Årstidsvariationer i overfladevandets indhold af klorofyl, organisk stof (COD), kvælstof og fosfor, samt målinger af sigtdyde, pH og uorganisk kulstof og bruttoprimærproduktion, dels produktionen under optimale lysforhold (GPP max) udregnet pr. m<sup>2</sup> søoverflade (GPP).



### Kul sø 1978

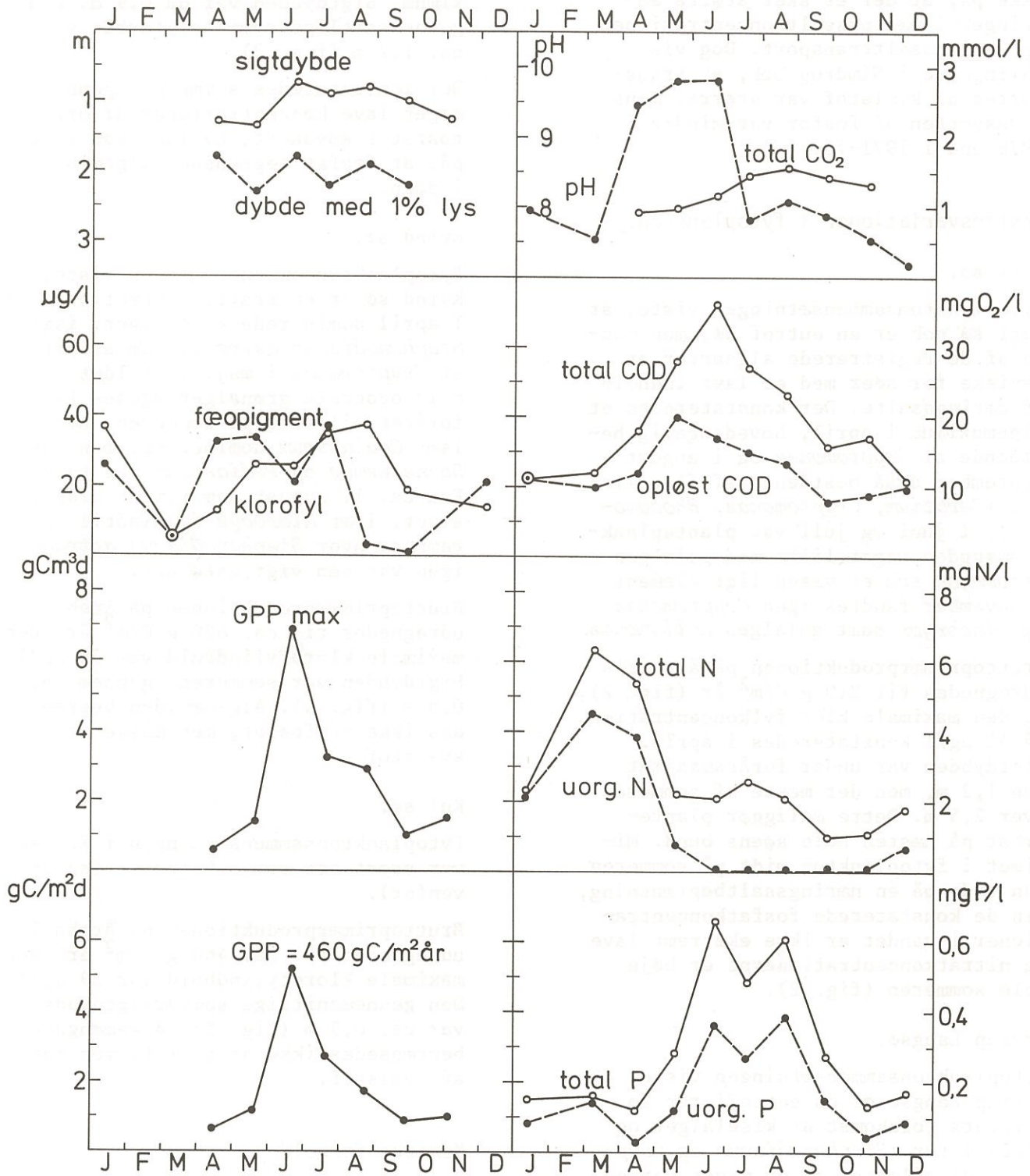


Fig. 5.

Kul sø 1978. Årstidsvariationer i overfladevandets indhold af klorofyl, organisk stof (COD), kvælstof og fosfor, samt målinger af sigtdybde, pH og uorganisk kulstof og bruttoprimærproduktion, dels produktionen under optimale lysforhold (GPP max) udregnet pr. m<sup>2</sup> søoverflade (GPP).

tioner i Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø. En sammenligning hermed tyder ikke på, at der er sket større ændringer i næringssaltkoncentrationer og næringssalttransport. Dog viste målingerne i Nimdrup bæk, at transporten af kvælstof var større, mens transporten af fosfor var mindre i 1978 end i 1971-73.

### Årstidsvariationer i fytoplankton.

#### Karl sø.

Fytoplanktonsammensætningen viste, at Karl sø nok er en eutrof sø, men mange af de registrerede algearter er typiske for søer med et lavt indhold af næringssalte. Der konstateredes et algemaximum i april, hovedsagelig bestående af *Cryptomonas* og i august - september også bestående af flagellater (*Ceratium*, *Cryptomonas*, *Rhodomonas*). I juni og juli var planteplanktonmængden meget lille med gulalgen *Dinobryon* som et væsentligt element. I november fandtes igen *Cryptomonas* og *Dinobryon* samt gulalgen *Mallomonas*.

Bruttoprimærproduktionen på årsbasis udregnedes til 210 g C/m<sup>2</sup> år (fig. 2), og den maksimale klorofylkoncentration på 41 µg/l konstateredes i april. Sigtdybden var under forårsmaximet kun 1,2 m, men det meste af sommeren over 2,5 m. Dette muliggør plantevækst på næsten hele søens bund. Månet i fytoplankton midt på sommeren kan tyde på en næringssaltbegrænsning, men de konstaterede fosfatkoncentrationer i vandet er ikke ekstremt lave og nitratkoncentrationerne er høje hele sommeren (fig. 2).

#### Bryrup Langsø.

Fytoplanktonsammensætningen viste, at Bryrup Langsø er en eutrofieret sø. Forårets forekomst af kiselalger og flagellater (*Stephanodiscus* og *Cryptomonas*) afløstes af et meget varieret fytoplankton (kiselalger, chlorococcale grønalger og flagellater). I sensommeren dominerede blågrønalger (*Microcystis* og *Aphanizomenon*), der igen i november afløstes af kiselalger (*Stephanodiscus*).

Bruttoprimærproduktionen på årsbasis udregnedes til ca. 570 g C/m<sup>2</sup> år. Det

maximale klorofylindhold, 37 µg/l, fandtes i august under blågrønalgemaximum. Sigtdybden var da 0,9 m. Den gennemsnitlige sommersigtdybde var ca. 1,2 m (fig. 3).

Der konstateredes sommeren igennem meget lave koncentrationer af orthofosfat i søvandet, hvilket kan tyde på, at fosfat begrænsede algemængden i søen.

#### Kvind sø.

Fytoplanktonsammensætningen viste, at Kvind sø er en kraftig eutrofieret sø. I april dominerede kiselalger, især *Stephanodiscus astraea*, som afløstes af *Cryptomonas* i maj. Indholdet af chlorococcale grønalger øgedes fra foråret til midt på sommeren, hvor især *Coelastrum* dominerede, men også *Scenedesmus* og *Pediastrum* var talrige. Fra ca. 1. august dominerede blågrønalger, især *Microcystis*, indtil november, hvor *Stephanodiscus astraea* igen var den vigtigste art.

Bruttoprimærproduktionen på årsbasis udregnedes til ca. 620 g C/m<sup>2</sup> år. Det maksimale klorofylindhold var 38 µg/l. Sigtdybden var sommeren igennem ca. 0,8 m (fig. 4). Algemængden begrænsedes ikke af fosfat, men måske af kvælstof.

#### Kul sø.

Fytoplanktonsammensætningen i Kul sø var stort set som i Kvind sø (se ovenfor).

Bruttoprimærproduktionen på årsbasis udregnedes til ca. 460 g C/m<sup>2</sup> år. Det maksimale klorofylindhold var 39 µg/l. Den gennemsnitlige sommersigtdybde var ca. 0,9 m (fig. 5). Algemængden begrænsedes ikke af fosfat, men måske af kvælstof.

### Kemiske forhold.

De kemiske forhold i de fire søer er præget af, at der ikke findes stabile springlag, af den korte opholdstid og af spildevandstilførslen, især til Kvind sø og Kul sø.

## Karl sø.

Karl sø er den mindst alkaliske af de fire søer (alkalinitet 0,5-1,3 mækv/l,  $7 < \text{pH} < 9$ ). Indholdet af opløst organisk stof var større end i de øvrige søer, hvilket tyder på en tilførsel af humusstoffer (fig. 2). Kvælstofindholdet var især højt i vintermånederne, hvor nitratudvaskningen fra jorden er størst, men også sommeren igennem var indholdet af uorganisk kvælstof så højt, at væksten af fytoplankton ikke begrænsedes af kvælstof. Vandets indhold af uorganisk fosfat var derimod ret lavt gennem hele sommeren, og det må antages, at algemængden i søen begrænsedes bl.a. af fosfatmængden i vandet (fig. 2). Fysisk-kemiske målinger i Karl sø og i tilløbene er i sommeren 1976 foretaget af Østergaard & Mathiesen (1976), med stort set samme resultater som denne undersøgelse.

## Bryrup Langsø.

Næringssaltforholdene i Bryrup Langsø afspejlede den store nitrattilførsel fra Nimdrup bæk samt sedimentets betydelige fosfatbindingsevne (Jacobsen 1977). Koncentrationen af uorganisk fosfor var hele sommeren lav ( $< 10 \mu\text{g P/l}$ ). Det er overvejende sandsynligt, at fosfat begrænsede algemængden i Bryrup Langsø i 1978.

Denitrifikationen i Bryrup Langsø beregnet ud fra massebalancen over søen (tabel 8) var  $43 \text{ g N/m}^2 \text{ år}$ . Denitrifikationen opgjordes i 1972-73 til  $40 \text{ g N/m}^2 \text{ år}$  (Andersen 1974). Ved denne denitrifikation iltes der organisk stof i sedimentet af bakterier, idet nitrat anvendes som iltningmiddel i stedet for ilt. Nitrat omdannes herved til frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ). For omsætningen af organisk stof i Bryrup Langsø er nitrat således et vigtigt iltningmiddel, idet nitratforbruget på  $43 \text{ g N/m}^2 \text{ år}$  svarer til  $123 \text{ g O}_2/\text{m}^2 \text{ år} = 0,34 \text{ g O}_2/\text{m}^2 \text{ d}$ . Dette er mindre end den mængde opløst ilt, som bruges til nedbrydning af organisk stof i sedimentet, men nitrat spiller dog en væsentlig rolle for nedbrydning af organisk stof i overfladesedimentet i Bryrup Langsø (Andersen 1977a, 1977b).

## Kvind sø.

Nitratkoncentrationen i Kvind sø bestemmes væsentligst af koncentrationen i afløbet fra Bryrup Langsø, mens fosfatkoncentrationen i 1978 især bestemtes af tilførslen fra Bryrup renseanlæg og af udvekslingen mellem vand og sediment i Kvind sø.

Nitratkoncentrationen i vandet (fig. 4) var sommeren igennem lav ( $< 10 \mu\text{g N/l}$ ), hvorfor kvælstof muligvis begrænsede algemængden.

Koncentrationen af fri ammoniak plus ammoniumioner var i sommerperioden omkring  $20 \mu\text{g N/l}$ , og nåede dermed ikke op på toksiske værdier, men de meget høje pH-værdier i vandet (max.  $\text{pH} = 10,4$  målt den 21. juni) ligger over toxicitetsgrænsen for mange organismer.

Fosfatkoncentrationen var meget høj i sommerperioden (fig. 4). Dette skyldes dels, at spildevandet fra Bryrup bliver fortyndet mindre om sommeren og dels fosfatfrigørelse fra sedimentet. En sådan fosfatfrigørelse kan skyldes de høje pH-værdier i vandet (Andersen 1975), men mere sandsynligt er det, at fosfatfrigørelsen hænger sammen med redoxforholdene i overfladesedimentet. På grund af nedbrydning i overfladesedimentet af de store mængder organisk stof, som produceres i søen eller tilføres, forbruges ilt, så at overfladesedimentet bliver anaerobt. Da der heller ikke er nitrat, som også kan fungere som iltkilde i vandet, falder redoxpotentiallet, så at det jernbundne fosfat kan frigøres til søvandet. Betydningen af nitrat i denne sammenhæng er beskrevet af Ripl og Lindmark (1978). Ved nedbrydningen af fosfatholdigt organisk stof, som er sedimenteret i søen, tilføres også fosfat, og bidraget er størst i sensommeren, hvor temperaturen er højest.

## Kul sø.

De kemiske forhold i de frie vandmasser i Kul sø var omtrent de samme som i Kvind sø (fig. 4 og fig. 5). Søvandets pH var dog ikke så høj i Kul sø i forsommeren, og fra juli var pH relativt lav. Kul sø kan i perioden juli-december 1978 karakteriseres som et heterotroft system, d.v.s. at nedbryd-

ningen af organisk stof var større end produktionen. Den samme tendens gjorde sig gældende for Kvind sø, men mindre udpræget.

### Sedimentkemi.

Den vertikale fordeling af tørstof, glødetab og næringssalte er målt i

1972-73 i Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø (Andersen 1974). Der er ikke foretaget sedimentanalyser fra disse søer i 1978, men der er foretaget analyser af 3 sedimentprøver (0-20 cm) fra Karl sø. Jacobsen (1977) har i 1975-76 foretaget kemiske analyser af de øverste 5 cm sediment fra Bryrup Langsø og Kvind sø. Resultaterne af disse sedimentanalyser er angivet i tabel 3.

Sedimentkemi		Karl sø	Bryrup Langsø		Kvind sø		Kul sø
		1)	2)	3)	2)	3)	2)
Tørstof (TS)	g/kg våd vægt	95	60	76	70	93	60
Glødetab	g/kg TS	304	350	318	350	275	370
Kjeldahl N	g/kg TS	14,3	21		22		23
Total P	g/kg TS	1,6	6	2,7	3,5	1,4	2,2
Mg	g/kg TS	-	-	1,1	-	2,0	-
Ca	g/kg TS	16,0	5-20	9	5-20	14	5-20
Fe	g/kg TS	19,5	-	47	35	32	-
Cu	mg/kg TS	24					
Ni	mg/kg TS	27					
Cr	mg/kg TS	20					
Zn	mg/kg TS	240					
Pb	mg/kg TS	81					
Cd	mg/kg TS	2,0					
Hg	mg/kg TS	0,03-0,5					

Tabel 3.

Kemiske undersøgelser af sedimentet i de fire søer.

- 1) Denne undersøgelse. Blandingsprøver 0-20 cm.
- 2) Andersen (1974). Gennemsnit af vertikalfordeling 0-20 cm.
- 3) Jacobsen (1977). Blandingsprøver 0-5 cm.

Sedimenterne i de fire søer består af gytje, i Karl sø dog noget præget af humus. Tungmetalindholdet i sedimentet fra Karl sø er lavt, og søen må karakteriseres som næsten ubelastet med disse metaller.

Fosfatindholdet i sedimentet i Kvind sø og Kul sø er lavt på trods af den kraftige belastning af disse søer med fosfor. At sedimentet ikke kan binde større fosformængder, skyldes sand-

synligvis nedbrydningen af organisk stof i sedimentet med heraf følgende lave redoxpotential. I denne sammenhæng kan det spille en rolle, at nitratindholdet i Kvind og Kul sø er lavt om sommeren, og derfor ikke kan virke som iltningsmiddel (Ripl & Lindmark 1978). Den mineralske sammensætning af sedimentet er dog også vigtig. Jacobsen (1977) undersøgte fosfatbindingsevnen af sediment fra

bl.a. Bryrup Langsø og Kvind sø. Under aerobe forhold var fosfatbindingsevnen stor i Bryrup Langsø og noget mindre i Kvind sø. Under anaerobe forhold skete der i begge søer en mindre fosfatbinding ved høje fosfatkoncentrationer, men ingen binding ved normale koncentrationer. Dette viser, at fosfatbindingsevnen er afhængig af både sedimentsammensætningen og redoxforholdene.

## BUNDFAUNA.

Formålet med undersøgelsen er at se, hvorledes faunaen er udviklet i den dybeste del af søen (profundalzonen), idet denne del er den mest følsomme overfor f.eks. eutrofieringspåvirkninger.

Resultaterne fremgår af tabel 4.

Station	Karl sø		Bryrup Langsø		Kvind sø		Kul sø	
	12/4-78	1/11-78	12/4-78	1/11-78	14/4-78	2/11-78	14/4-78	2/11-78
Dato								
Dybde i m	2,5	2,5	5,5	5,5	2	25	2,5	2,5
Tubificidae	340	580	120	2040	3220	1000	2420	2093
Chaoborus (Corethra)	80	360	400	40	20	67		347
Helcidae (Cecidomyiidae)	1160	1080	180	180	160	13	920	
Procladius	100		20	40	320	1227	1360	253
Tanytarsinii	100		20					
Polypedilum	320	420		20			40	120
Chironomus plumosus	420		120	880	700	133	780	1000
Glyptotendipes		80			300	1040		20
Orthocladiinae		20						
Indet. Chir.		20						
Pisidium	340	40						
Valvata piscinalis		40						
Andre arter:								
Caenis heraria	20							
Nemoura cinerea	20							
Cryptochironomus (defectus- gruppe)	60							
Sialis Lutaria		20						
Helobdella stagnalis		40						
Ephydatia	++							
Individer pr. m <sup>2</sup>	2960	2700	860	3200	4720	3480	5520	3833
Antal arter	11	11	6	6	6	6	5	6

Tabel 4.

Bundfauna i de dybeste dele af Karl sø, Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø i 1978.

## Karl sø.

Karl sø er en lavvandet sø, med en sigtddybde, der er tilstrækkelig stor til, at en makrofytvegetation (bl.a. kransnålalgen *Nitella*) kan trives på næsten hele bunden. Dette sætter også sit præg på bundfaunaen, idet der foruden en barbundsfauna, f.eks. *Chironomus plumosus*, tubificider, *Pisidium*, også findes en fauna, der nærmere er knyttet til vegetationen og til bredzonen (littoralzonen) f.eks. *Caenis*, *Nemura*, *Helobdella* m.v. Bemærkelsesværdigt er det også, at der på store dele af bunden findes ferskvandssvampen *Ephydatia* med zoochlorel-ler (encellede grønalger, der lever i symbiose med svampen).

Ud fra faunaen kan siges, at Karl sø er den mindst eutrofierede af de fire søer, med en rig og varieret fauna, bl.a. fordi der er vegetation på næsten hele søbunden.

## Bryrup Langsø, Kvind sø og Kul sø.

Alle 3 søer er kraftigt eutrofierede med en fauna domineret af *Chironomus plumosus* og tubificider.

Af disse søer er Kvind sø, nok den kraftigst påvirkede, idet den direkte modtager biologisk rensset spildevand fra Bryrup. Sedimentet synes her mere løst og slammert end i f.eks. Kul sø, og der er en tendens til øgning af antallet af andre chironomider som *Procladius* og *Glyptotendipes* i modsætning til Bryrup Langsø, hvor disse er ret fåtallige (tabel 4).

Sammenfattende kan siges, at Kvind sø synes at være den kraftigst påvirkede, hvorefter følger Kul sø og Bryrup Langsø.

## FAUNAUNDERSØGELSE I TIL- OG AFLØB FRA KARL SØ, BRYRUP LANGSØ, KVIND SØ OG KUL SØ.

Forureningsgraderne i vandløbene fremgår af fig. 6, og bilag 1 indeholder lister over, hvilke dyr, der er fundet ved de enkelte stationer.

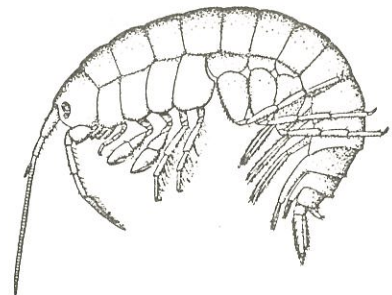
Nimdrup bæk modtager mekanisk ren-

set spildevand fra Grødstrup, Vejle Amtskommune. Nedenfor anlægget er forureningsgraden IV. Længere nedstrøms øges vandføringen kraftigt, og ved amtsgrænsen har bækken forureningsgrad II. Den nedre del fra omkring Kæmpesmølle, er fysisk meget varieret med naturligt slyngende meandre, der gør det særdeles velegnet som ørredfiskevand. Bækken er et meget smukt eksempel på et ureguleret vandløb. Faunaen i Nimdrup bæk synes noget medtaget, formentlig på grund af spildevandet, og en biologisk rensning/afskæring af spildevandet vil hjælpe betydeligt på tilstanden.

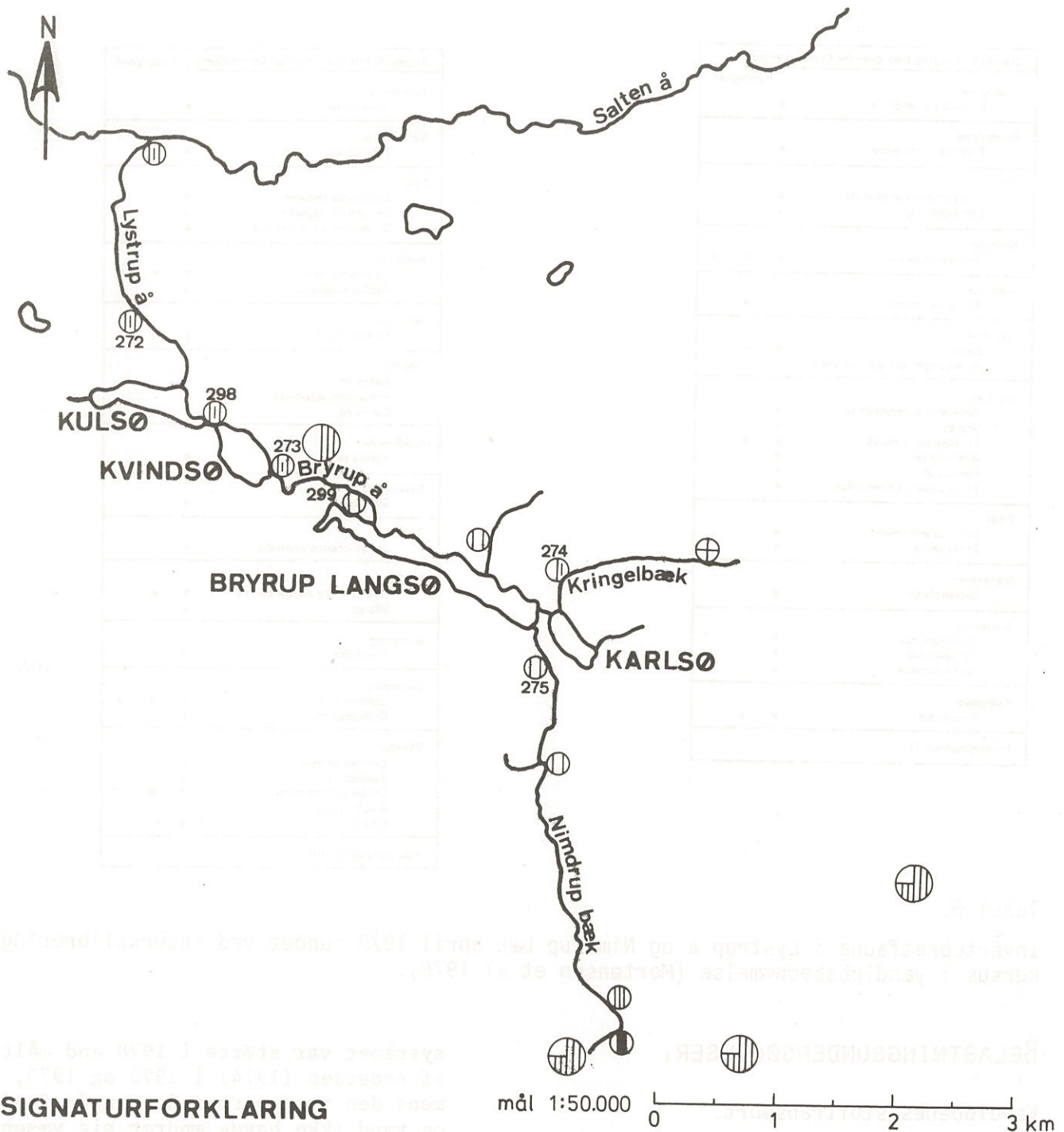
Kringelbæk og det østlige tilløb til Karl sø er målsat som naturvidenskabelige referenceområder. Sidstnævnte er fundet uforurenede (faunaliste er ikke udarbejdet), mens Kringelbæk er fundet i grad I-II. Undersøgelsen er foretaget om sommeren på et tidspunkt, hvor det øvre løb var udtørret. Spildevandet fra bassinanlægget i Vinding har således ikke påvirket den nedre station i sommerperioden.

Bryrup å er påvirket af søen, og umiddelbart før Kvind sø modtager åen spildevand fra Bryrup, således at forureningsgraden her er II-III.

Lystrup å er påvirket af planktonet fra Kul sø, således at forureningsgraden er II-III. Alligevel findes her en meget artsrig fauna med flere sjældne faunaelementer, jfr. også tabel 5, hvorfor målsætningen er AldI. Målsætningen må anses for opfyldt, men en nedsættelse af planktonmængden vil nedsætte forureningsgraden.



*Gammarus pulex* (ferskvandstangloppe).



### SIGNATURFORKLARING

#### Forureningsgrader:

- I Praktisk talt uforurenet
- ◐ I-II Overgangsform
- ◑ II Ret svagt forurenet
- ◒ II-III Overgangsform
- ◓ III Ret stærkt forurenet
- ◔ III-IV Overgangsform
- ◕ IV Overordentlig stærkt forurenet
- ⊕ Kan ikke bedømmes efter saprobiesystemet

#### Forureningskilder:

- ◐ Spildevandsanlæg uden rensning
- ◑ Spildevandsanlæg med mekanisk rensning/bassinanlæg
- ◒ Spildevandsanlæg med biologisk rensning
- ◓ Spildevandsanlæg med mekanisk + anden videregående rensning
- ◔ Spildevandsanlæg med biologisk + anden videregående rensning

Fig. 6.

Forureningstilstand i 1978 i vandløbene som gennemstrømmer Bryrup søerne, samt placering af rensningsanlæg.

Station 5. Nimdrup bæk oven for Bryrup Langsø		Hyppighed
Fimreorme:		
Dugesia gonocephala	•	
Børsteorme:		
Eisennielle tetraedra	•	
Igler:		
Glossiphonia complanata	•	
Erpobdella sp.	•	
Krebsdyr:		
Gammarus pulex	• • •	
Slørvinger:		
Nemoura cinerea	•	
Døgnfluer:		
Bættis sp.	• •	
Paraleptophlebia submarginata	•	
Vårfluer:		
Sericostoma personatum	•	
Silo sp.	•	
Limnephilus lunatus	• •	
Anabolia sp.	•	
Halesus sp.	•	
Eccolisopteryx dalecarlica	•	
Biller:		
Limnius volckmari	•	
Elmis aenea	•	
Stankelben:		
Dicranota sp.	•	
Dansemyg:		
Chironominae	•	
Tanypodinae	•	
Orthocladiinae	•	
Kvægmyg:		
Simuliidae	• •	
Foureningsgrad: II		

Station 4. Lystrup å ned for Kannikebjerg.		Hyppighed
Fimreorme:		
Polycelis sp.	•	
Børsteorme:		
Tubificidae	•	
Igler:		
Erpobdella testacea	•	
Helopdella stagnalis	•	
Glossiphonia complanata	•	
Krebsdyr:		
Gammarus pulex	• • •	
Asellus aquaticus	•	
Slørvinger:		
Nemoura cinerea	• •	
Døgnfluer:		
Bættis sp.	•	
Heptagenia sulphurea	•	
Caenis sp.	•	
Guldsmede:		
Agriion sp.	•	
Netvinger:		
Sialis sp.	•	
Tæger:		
Aphelocheirus aestivalis	•	
Vårfluer:		
Hydropsyche angustipennis	• •	
Silo sp.	•	
Kvægmyg:		
Simuliidae	•	
Dansemyg:		
Chironominae	• • •	
Orthocladiinae	•	
Bløddyr:		
Lymnea pereger	•	
Pisidium sp.	•	
Sphaerium corneum	• •	
Anodonta sp.	•	
Unio sp.	•	
Foureningsgrad: II-III		

Tabel 5.

Invertebratfauna i Lystrup å og Nimdrup bæk april 1978 fundet ved interkalibreringskursus i vandløbsbedømmelse (Mortensen et al 1978).

## BELASTNINGSUNDERSØGELSER.

### Vandløbenes stoftransport.

Årstidsvariationerne i koncentrationerne af  $BI_5$ , kvælstof og fosfor i Kringelbæk, Nimdrup bæk, Bryrup å og Lystrup å er vist i fig. 7, 8 og 9 sammen med vandløbenes vandføring og transporten af total-N og P gennem vandløbene. Koncentrationerne af N og P i afløbene fra Kul og Kvind sø er ikke vist på fig. 9, da de praktisk taget var identiske med koncentrationerne i søerne (fig. 4 og 5).

Transporten af organisk stof ( $BI_5$  og COD), kvælstof og fosfor ned gennem vandløbssystemet fremgår af tabel 6. Kvælstoftransporten gennem vandløbs-

systemet var større i 1978 end målt af Andersen (1974) i 1972 og 1973, mens den transporterede mængde fosfor og vand ikke havde ændret sig væsentligt.

### Næringssaltkilder.

Spildevandet fra Vinding (160 p.e.) siver om sommeren i jorden, inden det når Kringelbæk. I vinter- og forårsperioden er det konstateret, at spildevandet sammen med afløbet fra Vinding sømose, der er forurenet af landbrugsudledninger, når Kringelbæk, og dermed føres til Karl sø. Også de høje fosfatkoncentrationer (ca. 0,3 mg P/l) i Kringelbæk i vinterperioden tyder på, at der sker en vis tilførsel af forurenet vand. Mængden af fosfat, som således tilføres Karl sø fra Vinding, kan ikke beregnes ud fra



Årlig stoftransport	Q 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	BI <sub>5</sub> t	COD t	Total-N t	Total-P t
Kringelbæk	0,26	0,56	8,4	2,6	0,071
Østlige tilløb Karl sø	ca.0,10	-	-	0,8	0,004
Tilløb Nimdrup bæk	ca.0,60	ca.1,3	ca.5,0	ca.4,0	ca.0,059
Nimdrup bæk	4,22	10,4	80	37,7	0,87
Afløb Bryrup Langsø	6,31	17,3	91	30,8	0,66
Tilløb Kvind sø	6,68	26,3	115	40,9	1,84
Skåning bro	7,10	28,9	148	31,4	1,71
Lystrup Have	8,50	31,8	140	30,4	1,80

Tabel 6.

Stoftransport i 1978 i vandløbssystemet som gennemstrømmer Bryrup-søerne.

denne undersøgelse. Et groft skøn tyder på, at det i 1978 drejede sig om ca. 20 kg P.

Spildevandsbelastningen fra bysamfundene i Nimdrup bæks opland fremgår af tabel 2 og tabel 8. Kvalstofbelastningen fra disse bysamfund var ubetydelig, mens fosfatbelastningen udgjorde ca. 35% af den samlede fosfatbelastning af Bryrup Langsø. Resten af fosfattilførslen må tilskrives den naturlige transport i vandløbene samt bidrag fra landbrugsvirksomhed.

Langt den største del (63%) af fosfatbelastningen af Kvind sø og Kul sø skyldes udledning af spildevand fra Bryrup (tabel 9).

#### Årstidsvariation.

Der er store årstidsvariationer i transporten af kvalstof gennem vandløbssystemet. Dette skyldes, at langt det største bidrag består af nitrat, som udvaskes af jorden, hovedsagelig i perioder med et stort nedbørsoverskud og uden plantevækst, der kan optage nitrat.

Årstidsvariationerne i transporten af fosfat er generelt mindre, idet en væsentlig del af fosfatbelastningen stammer fra spildevand, der ikke udviser samme årstidsvariationer som nitratudvaskningen.

#### Øvrig N- og P-belastning.

Næringssaltbelastningen fra nedbør, som falder direkte på søerne er beregnet ud fra følgende litteraturværdier: N-belastning = 12,3 kg N/ha år (Jørgensen 1972). P-belastning = 0,1 kg P/ha år (Tamm 1958). Størrelsen af fosfatbelastningen er dog meget usikker.

Næringssaltbidraget fra den del af søernes topografiske opland, som ikke er omfattet af de undersøgte vandløb, er beregnet ud fra N- og P-indholdet i uforurenede tilløb af skov- og kildebække omkring søerne. Den gennemsnitlige koncentration af total-N og total-P i disse bække er fundet at være ca. 5 mg N/l og ca. 0,05 mg P/l. Vandmængden fra disse små tilløb og diffus tilstrømning er udregnet som den samlede vandmængde, der løber fra en sø minus summen af de undersøgte tilløb. Det er således antaget, at fordampning fra og nedbør på selve søoverfladen er lige store på årsbasis.

#### Massebalance

På grundlag af sammenhørende målinger af koncentrationer og vandføringer i vandløbene er transporten af N og P samt COD i vandløbene udregnet (fig. 6 og tabel 6). Ved trapezintegration

st.275 Nimdrup bæk 1978 st.274 Kringel bæk

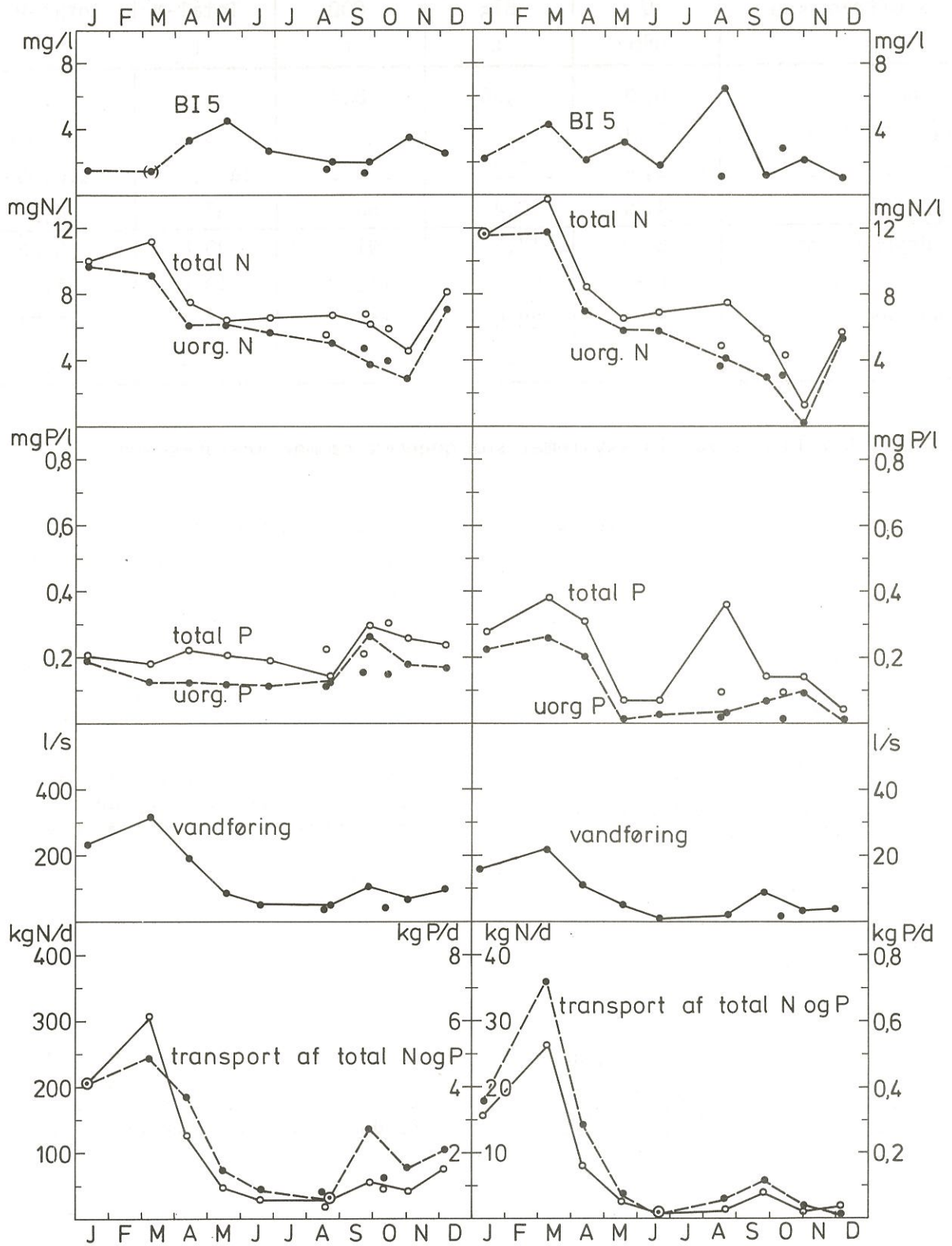


Fig. 7.

Kringel bæk og Nimdrup bæk 1978. Årstidsvariationer i biokemisk iltforbrug, kvælstof og fosfor, samt stoftransport. Angivne punkter, hvor igennem kurverne ikke er trukket, repræsenterer værdier fra 1977.

over året udregnes de årlige transporter i de enkelte tilløb og i afløbet. De resulterende massebalancer

for vand, kvælstof og fosfor er anført dels i tabel 6 og dels i tabel 7, 8, 9 og 10 for de enkelte søer.

Karl sø 1978	Vand $10^6\text{m}^3$	Total-N		Total-P	
		t	%	t	%
Kringelbæk	0,26	2,6	(74)	0,071	(93)
Østlige tilløb	ca.0,10	ca.0,8	(23)	ca.0,004	(5)
Nedbør	-	ca.0,1	(3)	ca.0,001	(1)
<b>TILLØB I ALT</b>	ca.0,36	ca.3,5	(100)	ca.0,076	(100)
Afløb	ca.0,4	ca.1,6	(46)	ca.0,04	(5)
Sedimentation	-	ca.0,3	(ca. 10)	ca.0,036	(47)
Denitrifikation	-	ca.1,6	(ca. 45)	-	-
<b>BELASTNING</b>	ca.5 $\text{m}^3/\text{m}^2$	46 g $\text{N}/\text{m}^2$ år		1,0 g $\text{P}/\text{m}^2$ år	

Tabel 7.

Vand- og næringssaltbalance for Karl sø 1978.

Bryrup Langsø 1978	Vand $10^6\text{m}^3$	Total-N		Total-P	
		t	%	t	%
Nimdrup bæk	4,22	37,7	(78)	0,87	(83)
Afløb Karl sø	ca.0,6	ca.2,5	(5)	ca.0,07	(7)
Små tilløb og kilder	ca.1,5	ca.7,5	(16)	ca.0,11	(10)
Nedbør	-	ca.0,4	(1)	ca.0,004	(0)
<b>TILFØRSEL I ALT</b>	6,3	48,1	(100)	1,05	(100)
Afløb Bryrup Langsø	6,31	30,8	(64)	0,66	(63)
Netto sedimentation	-	1,4	(3)	0,39	(37)
Netto denitrifikation	-	15,9	(33)	-	-
Spildevandstilførsel til Nimdrup bæk	-	1,8	(4)	0,37	(35)
<b>BELASTNING</b>	17 $\text{m}^3/\text{m}^2$ år	130 g $\text{N}/\text{m}^2$ år		2,83 g $\text{P}/\text{m}^2$ år	

Tabel 8.

Vand- og næringssaltbalance for Bryrup Langsø 1978.

Spildevandsbelastningen er inkluderet i transporten i vandløbene.

## Bryrup å 1978

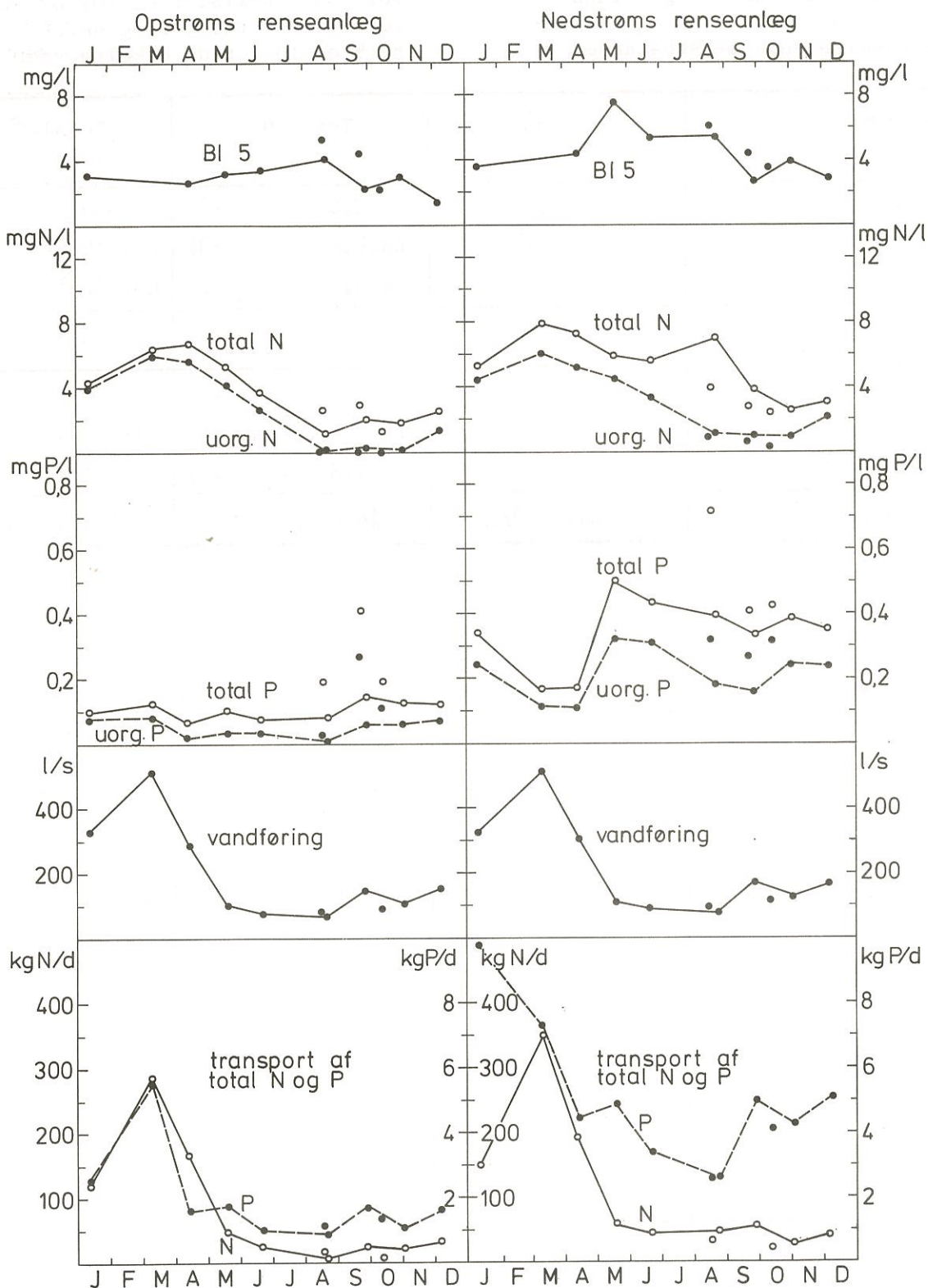


Fig. 8.

Bryrup å opstrøms og nedstrøms Bryrup renseanlæg 1978. Årstidsvariationer i bio-kemisk iltforbrug, kvælstof og fosfor, samt stoftransport. Angivne punkter, hvor- igennem kurverne ikke er trukket, repræsenterer værdier fra 1977.

Kvind sø 1978	Vand $10^6 m^3$	Total-N		Total-P	
		t	%	t	%
Bryrup å nedstrøms renseanlæg	6,68	40,9	(95)	1,84	(98)
Diffus tilstrømning	ca.0,42	ca.2,1	(5)	ca.0,03	(2)
Nedbør	-	ca.0,19	(0)	ca.0,002	(0)
<b>TILFØRSEL I ALT</b>	<b>7,1</b>	<b>43,2</b>	<b>(100)</b>	<b>1,87</b>	<b>(100)</b>
Afløb Kvind sø	7,10	31,4	(73)	1,71	(91)
Netto sedimentation	-	0,9	(2)	0,16	(9)
Netto denitrifikation	-	10,9	(25)	-	-
Spildevandstilførsel fra Bryrup	-	10,1	(23)	1,18	(63)
<b>BELASTNING</b>	<b>46 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> år</b>	<b>281 g N/m<sup>2</sup> år</b>		<b>12,1 g P/m<sup>2</sup> år</b>	

Tabel 9.

Vand- og næringssaltbalance for Kvind sø 1978.

Spildevandsbelastningen bl.a. fra Bryrup er inkluderet i transporten i vandløbene.

Kul sø 1978	Vand $10^6 m^3$	Total-N		Total-P	
		t	%	t	%
Afløb Kvind sø	7,10	31,4	(78)	1,71	(93)
Diffus tilstrømning	ca.1,4	ca.7,0	(17)	ca.0,10	(5)
Nedbør	-	ca.2,0	(5)	ca.0,02	(1)
<b>TILFØRSEL I ALT</b>	<b>8,5</b>	<b>40,4</b>	<b>(100)</b>	<b>1,83</b>	<b>(100)</b>
Afløb Kul sø	8,50	30,4	(75)	1,80	(98)
Netto sedimentation	-	ca.0,3	(1)	ca.0,03	(2)
Netto denitrifikation	-	9,7	(24)	-	-
<b>SAMLET BELASTNING</b>	<b>52 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> år</b>	<b>246 g N/m<sup>2</sup> år</b>		<b>11,2 g P/m<sup>2</sup> år</b>	

Tabel 10.

Vand- og næringssaltbalance for Kul sø 1978.

Spildevandsbidraget er inkluderet i transporten i vandløbene.

#### Spildevandsbelastning.

Belastningen med husspildevand fra renselanlæggene i Grødstrup, Slagballe og Davding (tabel 2) er udregnet, idet 1 personækvivalent antages at bidrage med 10 g N/d og 2 g P/d. Desu-

den er antaget, at husspildevandstilførslen til Nimdrup bæk fra ikke-kloakerede områder svarer til 50 personækvivalenter.

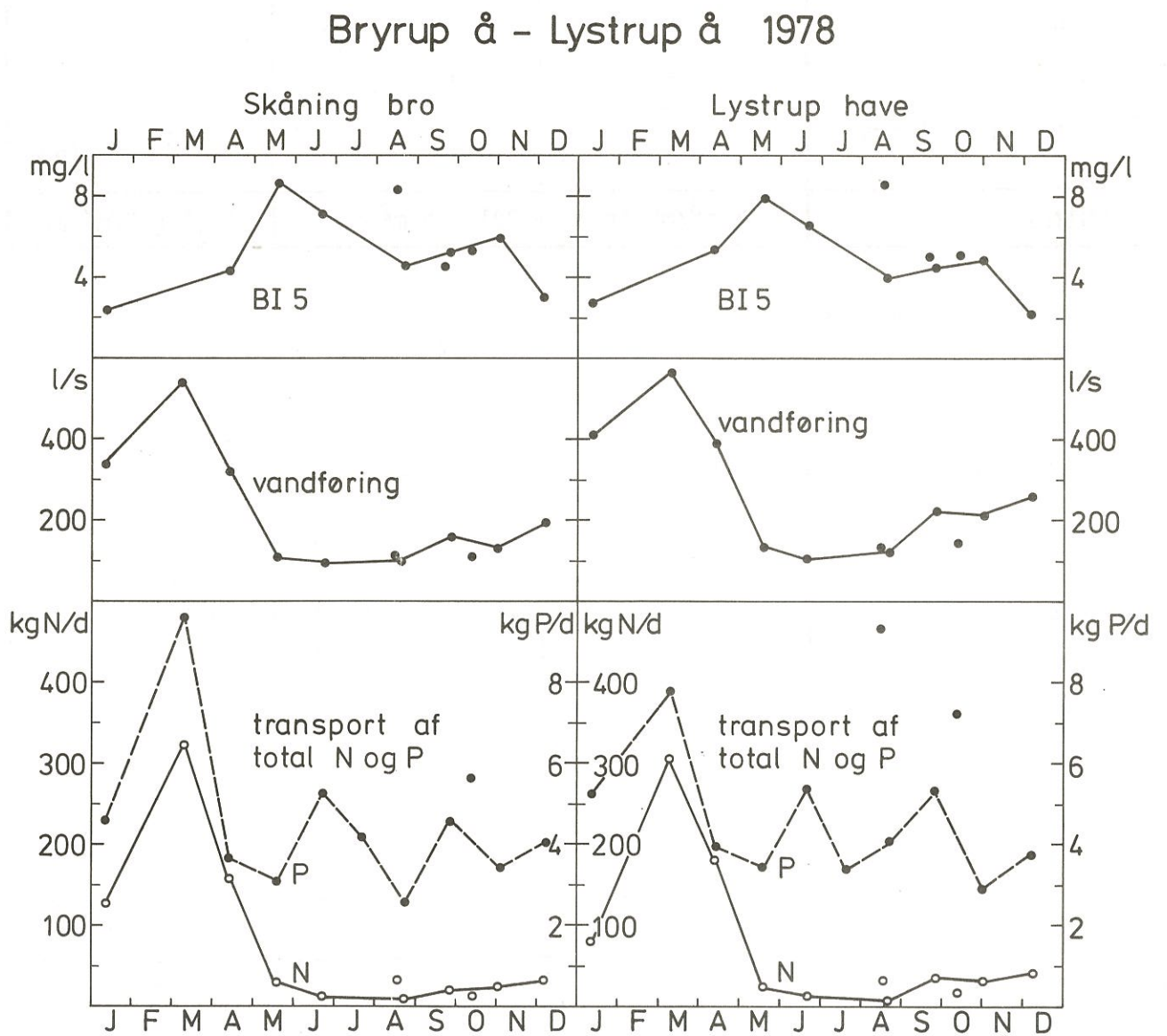


Fig. 9.

Afløb fra Kvind sø og Kul sø 1978. Årstidsvariationer i biokemisk iltforbrug og vandføring, samt transport af kvælstof og fosfor. Nærings盐koncentrationerne fremgår af fig. 4 og 5.

## VURDERING AF MULIGHEDERNE FOR ÆNDRINGER I FORURENINGSTILSTAND

### KARL SØ OG KRINGELBÆK.

Karl sø er den mindst eutrofierede af de fire søer med så klart vand, at der næsten overalt på søbunden kan vokse planter. Ud fra næringssaltkoncentrationerne i søen i 1978 må det antages, at algemængden reguleredes bl.a. af fosfattilførslen.

Det er dog yderst vanskeligt at vurdere mulighederne for ændring i søens forureningstilstand, idet det ikke vides, hvor stor en del af spildevandet fra Vinding og andre forureningskilder, der når frem til Kringelbæk og Karl sø.

Da algemængden i søen hovedsageligt reguleres af fosfattilførslen, vil en ændring i fosfatbelastningen efter alt at dømmes medføre en tilsvarende ændring i algemængden i søen, d.v.s. at en eliminering af spildevandstilførslen fra Vinding vil medføre, at algemængden i søen nedbringes, mens en forøgelse af den spildevandsmængde, som finder vej til Kringelbæk, vil medføre en forøgelse af algemængden i Karl sø.

I denne forbindelse må det dog nævnes, at ændringer i fosfattilførsel ikke alene vil påvirke fytoplankton, men også de højere planter, f.eks. vil en øget fosfattilførsel kunne bevirke, at bevoksningerne af kransnålalger (*Nitella*) på søbunden og af strandbo (*Littorella*) på lavere vand vil indskrænkes eller elimineres.

For at forhindre forurening af såvel Kringelbæk (målsat som naturvidenskabeligt referenceområde) som Karl sø må det sikres, at spildevandet fra Vinding ikke når frem til Kringelbæk. En effektiv sikring af Karl sø mod eutrofiering vil kunne ske ved en forlægning af den allernederste del af Kringelbæk, så at denne ikke løber til Karl sø, men til afløbet fra Karl sø.

Effekten af en sådan afskæring vil nedsætte fosfatbelastningen af Karl sø fra ca. 76 kg P/år til ca. 5 kg

P/år. Denne meget betydelige reduktion vil helt sikkert reducere algemængden i søen væsentligt og øge sigtddybden samt give bedre betingelser for udbredelsen af den submerse vegetation.

### BRYRUP LANGSØ.

Vurderet på baggrund af koncentrationerne af kvælstof og fosfor må det anses for sandsynligt, at algemængden i Bryrup Langsø er begrænset af fosfatmængden i vandet.

En reduktion af algemængden i forhold til det nuværende niveau kan i praksis kun ske ved en reduktion af fosfattilførslen til søen.

I det følgende er foretaget en beregning af effekten af eliminering af 90% af P-belastningen fra husspildvand i Nimdrup bæks opland.

Beregning af fremtidig total-P-koncentration.

Med størst sikkerhed kan den fremtidige koncentration af total fosfat i søens vandmasser beregnes, idet total-P bestemmes efter en Dillon model (Dillon & Rigler 1974):

$$P = \frac{L(1 - R) T}{z} \quad (1)$$

P = total-P-konc. i søvand (g/m<sup>3</sup>)

L = total-P-belastning (g P/m<sup>2</sup> år)

R = fraktion af P-belastning tilbageholdt i søen

z = gennemsnitsdybde (m)

T = Vandets opholdstid (år)

Samtlige parametre i ligning (1)'s højre side er målt og total-P-koncentrationen kan beregnes for forskellige værdier af P-belastningen (1). Den væsentligste forudsætning, som gøres ved disse beregninger er, at den

brøkdelen af fosfatbelastningen, som tilbageholdes i søen, er uafhængig af belastningens størrelse.

Dette er sandsynligvis tilfældet, og det må desuden fremhæves, at R i 1978 er bestemt ved målinger på tilløb og afløb og ikke blot bestemt ud fra hydrauliske forhold.

Efter ligning 1 beregnes den nuværende gennemsnitskoncentration af total-P og den fremtidige ved den foranstående nævnte 90% P-fjernelse. Beregningsresultatet bliver:

*Nuværende koncentration:*

$$\text{Total-P} = 0,104 \text{ g/m}^3$$

*90% rensning:*

$$\text{Total-P} = 0,067 \text{ g/m}^3$$

Den beregnede gennemsnitskoncentration svarer nøje til den målte i 1978 (fig. 3).

En afskæring af Kringelbæk til afløbet fra Karl sø (omtalt under Karl sø) vil øge fosfatbelastningen af Bryrup Langsø med ca. 35 kg P/år svarende til en forøgelse af totalbelastningen med 3-4%. Effekten heraf vil være ringe i Bryrup Langsø.

Beregninger af fremtidig klorofylkoncentration og sigtddybde i sommerperioden.

Beregning af fremtidige årstidsvariationer i klorofyl og gennemsigtighed er næppe mulig ud fra de foretagne målinger. Generelt vil sådanne beregninger være meget usikre, blandt andet på grund af klimatiske forskelle fra år til år. Der er derfor i det følgende ikke forsøgt at beregne fremtidige årstidsvariationer i de økologiske forhold til Bryrup Langsø, men derimod foretaget beregninger af den gennemsnitlige fremtidige tilstand ved forskellige indgreb over for fosfattilførslen.

Der er for søer, hvor fosfat begrænser algemængden, i de senere år publiceret flere undersøgelser af sammenhængen mellem fosfat, klorofyl og sigtddybde.

Sammenhængen mellem total fosfatindholdet (P) og den gennemsnitlige kon-

centration af klorofyl i sommerperioden (Chl) er ved disse undersøgelser fundet at være:

$$\text{Chl} = 0,073 P^{1,45} \text{ (Dillon \& Rigler 1974)}$$

$$\text{Chl} = 0,367 P^{0,91} \text{ (Vollenweider 1976)}$$

$$\text{Chl} = 0,55 P^{0,76} \text{ (Lee et al 1978)}$$

Indsættes den nuværende ( $0,104 \text{ g P/m}^3$ ) og den beregnede fremtidige total-P-koncentration ( $0,067 \text{ g P/m}^3$ ) i de tre ligninger, bliver den beregnede fremtidige klorofylkoncentration henholdsvis 53%, 68% og 68% af den nuværende, altså en klorofylniveau på ca. 2/3 af det nuværende.

Sammenhæng mellem klorofylindhold og sigtddybde (V) i lavvandede, eutrofe søer er angivet af Heintzelmann (1977):

$$1/V = 0,013 \text{ Chl} + 0,107.$$

En 33% reduktion i sommerklorofylmængden på ca.  $30 \text{ mg/m}^3$  vil ifølge denne ligning resultere i, at sigtddybden øges med ca. 30%, altså en forøgelse fra den nuværende gennemsnitlige sommersigtddybde fra ca. 1,2 m til 1,5 - 1,6 m.

Kommentarer til beregningerne.

Da der ikke dannes et stabilt temperaturspringlag i Bryrup Langsø vil fosfat, der frigøres fra sedimentet, umiddelbart være tilgængeligt for algenes vækst. Dette kan mindske effekten af fosfatfjernelse/spildevandsafskæring i oplandet til Bryrup Langsø, hvis den formindskede fosfatkoncentration i Bryrup Langsø resulterer i en øget fosfatfrigørelse fra sedimentet (Kamp-Nielsen 1974).

Der er ikke i sommeren 1978 konstateret en sådan fosfatfrigørelse, selv om orthofosfatkoncentrationen i søvandet har været meget lav. Jacobsens (1977) eksperimenter med sediment tyder ikke på, at en fosfatfrigørelse vil finde sted under aerobe forhold, men en frigørelse fra sedimentet er konstateret i 1971 (Andersen 1974). En fosfatfjernelse/spildevandsafskæring vil formentlig bevirke, at nitratindholdet i søvandet øges, idet planktonalgerne vil optage mindre kvælstof. Dette kan øge sedimentets fosfatbindingsevne (Ripl & Lindmark 1978).



Sammenfattende er der således næppe grund til at frygte en øget fosfatfrigørelse fra sedimentet.

## KVIND SØ.

Vurderet på baggrund af de målte koncentrationer af kvælstof og fosfor i Kvind sø synes kvælstof at begrænse algemængden i søen, mens fosfatkoncentrationen gennem hele 1978 var så høj, at det ikke virkede begrænsende.

## Kvælstoffjernelse.

Det kan således synes mest hensigtsmæssigt at søge algemængden begrænset gennem en reduktion af tilførslen af kvælstof fra Bryrup renseanlæg. Effekten af en sådan kvælstoffjernelse vil dog næppe kunne registreres i søen. Dels udgør kvælstofbelastningen fra spildevand kun ca. 23% af totaltilførslen (tabel 9), dels vil en reduktion af nitrattilførslen resultere i en mindre kvælstoffjernelse ved denitrifikation på sedimentoverfladen i søen (Andersen 1977a), og endelig vil en eventuel formindskelse i plante-tilgængeligt kvælstof kunne resultere i, at visse blågrønner i højere grad end hidtil vil udnytte kvælstof fra atmosfæren ( $N_2$ -fixering).

## Fosfatfjernelse.

I modsætning til kvælstof stammer størstedelen af fosfatbelastningen af Kvind sø fra spildevandsudledning i Bryrup (63%, tabel 9), og spildevandsafskæring eller fosfatfjernelse i oplandet til Bryrup Langsø vil også nedsætte fosfatmængden, som tilføres Kvind sø fra Bryrup Langsø.

Da fosfat i 1978 ikke var begrænsende for algemængden i Kvind sø, og da store fosfatmængder blev frigjort fra sedimentet i Kvind sø i sommerperioden (fig. 4), vil en forudsigelse af effekten af en fosfatfjernelse i Bryrup renseanlæg være noget usikker.

## Beregning af fremtidig total-P-koncentration.

Beregnes den nuværende og fremtidige gennemsnitlige total-P-koncentration i Kvind sø ved hjælp af ligning 1 (side 23) fås henholdsvis  $0,235 \text{ g P/m}^3$  og  $0,068 \text{ g P/m}^3$ . Ved beregning af den fremtidige tilstand er der regnet med en 90% reduktion af den udledte fosfatmængde fra Bryrup renseanlæg (til  $0,12 \text{ t P/år}$ ) og en gennemsnitlig total-P-koncentration i afløbet fra Bryrup Langsø på  $0,067 \text{ g/m}^3$ . (se side 24). Der er altså også forudsat indgreb mod fosfattilførsel med spildevand til Nimdrup bæk.

## Usikkerhed ved beregningen.

Den største usikkerhed ved beregning af effekten af fosfatfjernelse fra spildevand skyldes usikkerhed med hensyn til binding til og frigørelse af fosfat fra sedimentet. I 1972 og 1973 (Andersen 1974) og i 1978 er der sket en betydelig nettobinding af fosfat til sedimentet i vinterperioden og en omtrent lige så stor fosfatfrigørelse fra sedimentet i perioden juni - september (se fig. 4). Andersen (1976) og Jacobsen (1977) har undersøgt fosfatfrigørelsens afhængighed af pH og af iltforhold og fosfatkoncentration i det ovenliggende vand. Disse undersøgelser viste, at sedimentets fosfatbindingsevne var forholdsvis lille. En del af fosfatfrigørelsen i sommerperioden kan skyldes de ekstremt høje pH-værdier i søen, men hovedårsagen til fosfatfrigørelsen er sandsynligvis nedbrydning af organisk stof i sedimentet med heraf følgende anaerobe forhold.

Dersom det nuværende mønster i fosfatfrigørelsen fra sedimentet om sommeren fortsætter uændret vil effekten af fosfatfjernelse blive betydeligt mindre end ovenfor beregnet. Det er dog sandsynligt, at mønstret vil ændre sig, idet:

- 1) Der vil bindes langt mindre fosfatmængder i sedimentet i vinterperioden.
- 2) Sedimentets iltforbrug vil mindskes, og fosfatbindingsevnen vil øges, idet mængden af organisk stof, som nedbrydes i sedimentet

mindskes, dels som følge af mindre algeproduktion, og dels som følge af tilledning af mindre mængder organisk stof fra Bryrup.

- 3) Sedimentets fosfatbindingsevne formodes også at øges, fordi nitratkoncentrationen i søvandet vil øges.
- 4) På grund af forventet nedgang i primærproduktionen vil pH-værdierne i søvandet ikke så hyppigt komme op på det nuværende niveau.

Det må således antages, at fosfatfrigørelsen fra sedimentet i sommerperioden bliver meget mindre end den nuværende, så at total-P-indholdet i søvandet vil blive drastisk reduceret også i sommerperioden. Den fremtidige total-P-koncentration forventes at blive omkring, eller måske lidt højere end  $0,068 \text{ g/m}^3$  som beregnet ovenfor.

Beregning af fremtidig klorofylkoncentration og sigtdybde.

Ifølge ovenstående beregninger vil den gennemsnitlige total-P-koncentration ved fosfatfjernelse fra spildevand blive ca. den samme som i Bryrup Langsø, d.v.s. en klorofylkoncentration på ca.  $20 \text{ mg/m}^3$  og en gennemsnitlig sommersigtdybde på ca. 1,6 m. I betragtning af usikkerheden på den fremtidige fosfatkoncentration, herunder de større muligheder for fosfatfrigørelse fra sedimentet i Kvind sø, må det dog forventes, at algemængden bliver noget større i Kvind sø end i Bryrup Langsø.

Sammenfattende må konkluderes, at fosfatfjernelse eller afskæring af spildevand i oplandet vil medføre en meget betydelig reduktion i algemængden i Kvind sø om sommeren.

En mere præcis, talmæssig vurdering af denne reduktion i algemængden er ikke mulig, men på basis af ovenstående beregninger vurderes den gennemsnitlige sommerklorofylkoncentration at blive ca.  $20\text{--}25 \text{ mg/m}^3$  og sommersigtdybden ca. 1,2 - 1,4 m.

## KUL SØ.

Den økologiske tilstand i Kul sø ligner meget tilstanden i Kvind sø. Efter fosfatfjernelse fra spildevand i oplandet vil de to søer efter alt at dømme stadig ligne hinanden meget. Der er derfor ikke foretaget specielle overvejelser og beregninger af den fremtidige tilstand i Kul sø, men der henvises til det foregående afsnit vedrørende Kvind sø.

## FREMTIDIG TILSTAND I SØERNE UDEN RENSNINGSINDGREB.

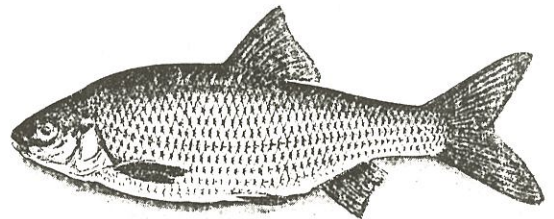
Undersøgelserne i 1978 viser, at den økologiske tilstand næppe vil ændre sig i Bryrup Langsø, med mindre der foretages fosfatfjernelse eller afskæring af det tilførte spildevand.

Karl sø vil derimod være meget følsom overfor ændringer i fosfattilførsel fra Vinding, og en yderligere eutrofiering må derfor frygtes, så længe det ikke effektivt er sikret, at spildevandet ikke løber gennem Kringlebæk til Karl sø.

Årstidsvariationerne i algemængde og -produktion og i kemiske parametre i Kvind sø og Kul sø tyder på, at de to søer er så eutrofierede, at der muligvis i sommerperioder kan forekomme anaerobe forhold i søernes vandmasser på grund af nedbrydning af det i søen producerede organiske stof.



*Chironomus plumosus* (dansemyggetarve).



*Rutilus rutilus* (skalle).

## KONKLUSIONER

### RECIPIENTKVALITETSMÅLSÆTNINGER.

I den foreløbige recipientkvalitetsmålsætning (Århus Amtskommune 1976) er der anvendt følgende betegnelser for den ønskede anvendelse af og tilstand i søer og vandløb.

- A1: *Naturvidenskabeligt referenceområde.*  
 A2: *Område egnet til naturvidenskabelige studier, undervisningsformål og/eller rekreative formål.*  
 C: *Badevand (sigtdybde bør være over 2 m).*  
 D1: *Fiskevand for laksefisk.*  
 D2: *Fiskevand for ikke-laksefisk.*  
 A: *Sigtdybde i søen over 3 m.*  
 B: *Sigtdybde i søen 1-3 m.*

### VANDLØB.

Nimdrup bæk (A2, D1) er især værdifuld ved, at den nederste del af bækken er ureguleret. Denne del er især velegnet til botanisk og hydrogeologisk undervisning, og målsætningen anses for opfyldt.

Lystrup å (A1, D1) indeholder nedstrøms Kul sø en meget arts- og individrig fauna, typisk for et afløb fra en eutrof sø. Den høje målsætning er dog næppe opfyldt, bl.a. på grund af et for højt eutrofieringsniveau i Kul sø.

Kringelbæk og Kildebæk ved østenden af Karl sø (A1, D1) er uforurenede tilløb til Karl sø. Til Kringelbæk ledes dog i vinterperioden spildevand fra Vinding, men dette har tilsyneladende ikke haft større indflydelse på faunasammensætningen om sommeren.

### SØER.

Karl sø (A2, C, D2, A).

Karl sø er en lettere kulturpåvirket sø. Hovedsagelig på grund af fosfattilførslen fra Kringelbæk opfylder søen næppe målsætningen for tilstan-

den (A), hvorefter sigtdybden i søen skal være over 3 m. Af hensyn til Karl sø bør det overvejes at forlægge den allernederste del af Kringelbæk, så den løber til afløbet fra Karl sø.

Bryrup Langsø (A2, C, D2, B).

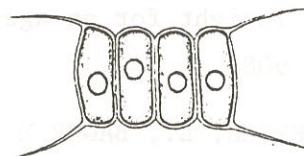
Bryrup Langsø er eutrofieret af naturlige og kulturbetingede fosfattilførsler, hovedsagelig gennem Nimdrup bæk. Badevandsmålsætningen for Bryrup Langsø er ikke opfyldt, hvad angår sigtdybden, idet denne bør være over 2 m i badesæsonen, men den var kun ca. 1,2 m i 1978.

Fosfatfjernelse fra spildevand eller afskæring af spildevand i oplandet til Bryrup Langsø beregnes at ville øge den gennemsnitlige sommersigtdybde til 1,5 - 1,6 m.

Kvind sø og Kul sø (A2, D2, B).

Efter målsætningen for tilstanden i Kvind sø og Kul sø (B) skal sommersigtdybden være 1-3 m. Især spildevandstilførslen fra Bryrup eutrofierer de to søer, så at sommersigtdybden kun er 0,8 - 0,9 m.

Fosfatfjernelse fra spildevandet i Bryrup vurderes på baggrund af beregninger af den ændrede fosfatbelastning at medføre et fald i algemængden, således at sommersigtdybden bliver 1,2 - 1,4 m, d.v.s. at recipientkvalitetsmålsætningen vil blive opfyldt.



*Scenedesmus quadricauda* (grønalg).

## REFERENCER

- ANDERSEN, J. M. (1974): Nitrogen and phosphorus budgets and the role of sediments in six shallow Danish lakes. - Arch. Hydrobiol. 74, 528-50.
- ANDERSEN, J. M. (1975): Influence of pH on the release of phosphorus from lake sediments. - Arch. Hydrobiol. 76, 411-19.
- ANDERSEN, J. M. (1977a): Rates of denitrification of undisturbed sediment from six lakes as a function of nitrate concentration, oxygen and temperature. - Arch. Hydrobiol. 80, 147-59.
- ANDERSEN, J. M. (1977b): Importance of the denitrification process for the rate of degradation of organic matter in lake sediments. - Proc. Internat. symp. Amsterdam, 1976: Interactions between sediments and fresh water. The Hague 1977, 357-62.
- DILLON, P. J. & F. H. RIGLER (1974): A test of a simple nutrient budget model predicting the phosphorus concentration in lake water. - J. Fish. Res. Bd. Can. 31, 1771-8.
- GUDENÅUNDERSØGELSE 1973-75: Rapporter udgivet af Gudenåudvalget.
- HEINTZELMANN, F. (1978): Eutrofiering og simple stofbalance-eutrofieringsmodeller. Specialerapport. Københavns Universitet, Ferskvandsbiologisk Laboratorium.
- JACOBSEN, O. S. (1977): Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.
- JØRGENSEN, V. (1972): Nedbørens indhold af plantenæringsstoffer. - Statens forsøgsvirksomhed i plantekultur.
- KAMP-NIELSEN, L. (1974): Mud-water exchange of phosphate and other ions in undisturbed sediment cores and factors affecting the exchange rates. - Arch. Hydrobiol. 73, 218-37.
- LEE, G. F., W. RAST, R. A. JONES (1978): Eutrophication of water bodies: Insight for an age-old problem. - Environ. Sci. Technol. 12, 900-908.
- MORTENSEN, E., BAGER M., JENSEN, J. (1978): Kursusrapport: Biologisk vandløbsbedømmelse. Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.

- OMERNIK, J. M. (1977): Nonpoint source - stream nutrient level relationships: a nationwide study. - U. S. Environmental Protection Agency. EPA-600/3-77-105.
- RIPL, W. & LINDMARK, G. (1978): Ecosystem control by nitrogen metabolism in sediment.- *Vatten* 34, 135-44.
- TAMM, C. O. (1958): The atmosphere. In W. Ruhland: Encyclopedia of plant physiology, vol. 4. Berlin.
- VOLLENWEIDER, R. A. (1976): Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. - *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 33, 53-83.
- WIUM-ANDERSEN, S. & SCHIERUP, H. H. (1975): Kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenå-systemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.
- ØSTERGAARD, H. & MARTHIESEN, E. (1976): Rapport over undersøgelse af Karl sø. Eksamensprojekt ved Ingeniørskolen i Horsens.
- ÅRHUS AMTSKOMMUNE (1976): Foreløbig recipientkvalitetsplan.



## FAUNAUNDERSØGELSE I VANDLØB

Symbolforklaring til faunaskemaer.

Faunabedømmelse er baseret på undersøgelser i felten og omfatter:

- 1) en artsopgørelse
- 2) mængdeangivelse af de fundne arter, således at sammenligninger med f.eks. tidligere år er mulig.

Ad 1: der er kun medtaget arter, der er genkendelige i felten.

Ad 2: ved mængdeangivelsen er anvendt følgende symboler:

Værdi	Omtrentligt antal dyr
(+)	1
+	5
+	10
++	50
+++)	75
+++	100
+++ - 00	250
00	500
00 00	1000

Forureningsgrad efter Saprobiesystemet er angivet som:

- ⊙ Grad I : Praktisk talt uforurenat
- ⊕ Grad I-II : Overgangsform
- ⊖ Grad II : Ret svagt forurenat
- ⊗ Grad II-III : Overgangsform
- ⊘ Grad III : Ret stærkt forurenat
- ⊙ Grad III-IV : Overgangsform
- ⊚ Grad IV : Overordentlig stærkt forurenat
- ⊕ : Kan ikke bedømmes efter Saprobiesystemet

		Lystrup å		Bryrup å		
		Lystrup å v. Rødebro 272	Lystrup å før Salten å 299	Bryrup å i Bryrup 273	Bryrup å efter ren- seanlæg 298	Bryrup å v. Skåning bro 298
Stations- nummer						
Dato		14/7-78	12/7-78	13/7-78	13/7-78	13/7-78
Stationens karakter:	grøft bæk å sø	x	x	x	x	x
Dimensioner	bredde i m dybde i m	3-4 0,2-0,3	2,5-3 0,1-0,3	3-4 0,2-0,3	2-3 0,2-0,3	4-5 0,1-0,2
Vandløbets bund	stenet gruset sandet	x x	x (x) (x)	(x) x	x x	x x x
	tørveagtig blød dækket af sort slam sort slam langs bred- der					
Strøm	stillestående ringe jævn god frisk	x x	x x	x	x	x
FAUNA						
Lammehaler						
	Polycelis nigra Dugesia lugubris Dugesia gonocephala Dendrocoelum lacteum		+			
	Stylaria lacustris Tubificidae Eiseniella tetraedra	+		(+)		
	Piscicola geometra Glossiphonia complanata Helobdella stagnalis Erpobdella octoculata	(+) (+) (+)	(+) (+)	(+)	(+) + (+)	(+) + (+)
	Asellus aquaticus Gammarus pulex	(+) +	(+)	+++	(+) ++	(+) +
	Nemura sp. Leuctra sp.					
	Ephemera danica Ephemerella ignita Heptagenia sp. Cloeon dipterum Baetis sp.	++	+	++)	++	+
	Calopteryx sp. Agrion sp. Aeschna sp.			+	+	



	Stations- nummer	Lystrup å v. Rødebro 272	Lystrup å før Salten å	Bryrup å i Bryrup 299	Bryrup å efter ren- seanlæg 273	Bryrup å v. Skåning bro 298	
<i>Sialis lutaria</i>		(+)			(+)	+	
<i>Notonecta glauca</i>							
<i>Corixa</i> sp.						(+)	
<i>Rhyacophila</i> sp.			+				
Polycentropidae		(+)					
<i>Hydropsyche</i> sp.		+		++)	+	+	
<i>Anabolia nervosa</i>				++)	+		
Limnophilidae			+	+	+	+	
<i>Goera pilosa</i>				(+)			
Vandkalve							
<i>Platambus</i> sp.							
<i>Deronectes</i> sp.							
<i>Haliphus rufficollis</i>							
<i>Helmis maugei</i>							
Ptychoptera							
Psychoda							
<i>Ceratopogon</i>							
<i>Culex</i>							
<i>Simulium</i>		+	8		+		
<i>Macropelopia</i>							
<i>Psectrotanypus</i>		(+)		(+)		+	
Tanytarsini				(+)		(+)	
<i>Chironomus thummi</i>							
<i>Glyptotendipes</i>		+					
Orthocladinae			+		+		
<i>Prodiamesa</i>					+		
Tipulidae							
Dicranota			(+)	(+)	(+)	(+)	
<i>Eristalis</i>							
<i>Unio pictorum</i>							
<i>Anodonta cygnea</i>							
<i>Pisidium</i> sp.		+			+	+	
<i>Sphaerium corneum</i>		+	+	+		(+)	
<i>Theodoxus fluviatilis</i>							
<i>Valvata piscinalis</i>							
<i>Bithynia tentaculata</i>							
<i>Physa fontinalis</i>							
<i>Lymnæa pereger</i>				(+)			
<i>Lymnæa stagnalis</i>							
<i>Planorbarius corneus</i>							
<i>Planorbis planorbis</i>		(+)			(+)		
<i>Anisus vortex</i>							
<i>Ancylus fluviatilis</i>							
Andre arter: <i>Nepa Cinerea</i>				(+)	(+)	(+)	
Leptoceridae		(+)		(+)	(+)	(+)	
<i>Molanna Angustata</i>						(+)	
<i>Polypedilum</i>		+					
<i>Protoclepsis tessellata</i>				(+)			
FORURENINGSGRAD		II-III	II-III	II	II-III	II-III	

		Nimdrup bæk					Kringelbæk	
		Nimdrup bæk ved dambrug	Nimdrup bæk ved søen 275	Kringelbæk N. for Lykensrogård	Kringelbæk før Karl 274 sø	Tilløb til Bryrup Langsø fra Kaldal		
Stationsnummer	Dato	17/7-78	17/7-78	13/7-78	13/7-78	13/7-78		
Stationens karakter:	grøft bæk å sø	x	x	x	x	x		
Dimensioner	bredde i m dybde i m	3 0,1-0,2	2-3 0,2	0	0,5 0,1	0,5 0,05		
Vandløbets bund	stenet gruset sandet tørveagtig blød dækket af sort slam sort slam langs bredder	x	x x x		x x x	x		
Strøm	stillestående ringe jævn god frisk	x	x		x x	x		
FAUNA								
Lammehaler								
Polycelis nigra Dugesia lugubris Dugesia gonocephala Dendrocoelum lacteum								
Stylaria lacustris Tubificidae Eiseniella tetraedra								
Piscicola geometra Glossiphonia complanata Helobdella stagnalis Erpobdella octoculata								
Asellus aquaticus Gammarus pulex								
Nemura sp. Leuctra sp.								
Ephemera danica Ephemerella ignita Heptagenia sp.								
Cloeon dipterum Baetis sp.								
Calopteryx sp. Agrion sp. Aeschna sp.								

	Stations- nummer	Nimdrup bæk ved dambrug	Nimdrup bæk ved søen 275	Kringelbæk N. for lyk- kensrogård	Kringelbæk før Karl 274 sø	Tilløb til Bryrup Langsø fra Kaldal	
<i>Sialis lutaria</i>						(+)	
<i>Notonecta glauca</i> <i>Corixa sp.</i>							
<i>Rhyacophila sp.</i> Polycentropidae <i>Hydropsyche sp.</i>			+		+) )	+) )	
<i>Anabolia nervosa</i> Limnophilidae <i>Goera pilosa</i>		+ +)	+) +) +		+) +)	+ +)	
Vandkalve <i>Platambus sp.</i> <i>Deronectes sp.</i>			(+)			(+)	
<i>Haliphus rufficollis</i> <i>Helmis maugéi</i>							
Ptychoptera Psychoda Ceratopogon							
<i>Culex</i> <i>Simulium</i> <i>Macropelopia</i>			+		+	+) )	
<i>Psectrotanypus</i> Tanytarsini <i>Chironomus thummi</i>			+) +++		+	+) )	
<i>Glyptotendipes</i> Orthocladinae Prodiamesa		+) +)	+		+)	+) )	
Tipulidae Dicranota <i>Eristalis</i>		+)	+)		(+)		
<i>Unio pictorum</i> <i>Anodonta cygnea</i> <i>Pisidium sp.</i> <i>Sphaerium corneum</i>							
<i>Theodoxus fluviatilis</i> <i>Valvata piscinalis</i> <i>Bithynia tentaculata</i>							
<i>Physa fontinalis</i> <i>Lymnæa pereger</i> <i>Lymnæa stagnalis</i>							
<i>Planorbarius corneus</i> <i>Planorbis planorbis</i> <i>Anisus vortex</i> <i>Ancylus fluviatilis</i>							
Andre arter: Andre chironomider <i>Amphinemura sp.</i> <i>Agapetus sp.</i> <i>Dixa</i>		+)	+)		+) +) +)	+) )	
FORURENINGSGRAD		II	II	tørlagt	I-II	II	



## 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 døgn's biokemisk iltforbrug. Mikroorganismers iltforbrug ved nedbrydning af organisk stof i en vandprøve i løbet af 5 døgn.
- <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 iltningsmiddel anvendes kaliumdikromat.
- DENITRIFIKATION:** Bakteriel omdannelse af nitrat til frit kvælstof eller kvælstofoxider, idet nitrat anvendes som iltningsmiddel.
- DIFFUSE KILDER:** Spredte kilder, f.eks. til forurening. Anvendes om stoffkilder, som ikke umiddelbart kan præcist stadfæstes, f.eks. afstrømning fra skove og marker samt nedbør.
- DY:** Sedimenttype med stort humusindhold.
- EPILIMNION:** Dybere søers vandmasser er ofte om sommeren opdelt i et varmt øvre lag, epilimnion og i et koldere bundlag, hypolimnion. Det mellemlemliggende lag kaldes (temperatur)springlaget eller metalimnion.
- EROSION:** Nedbrydning og bortfjernelse af jordoverfladen ved naturlige processer, f.eks. ved jordfygning og jordbortskylning.
- EUTROF:** Velnæret. Anvendes især om søer med en naturlig høj planteproduktion.
- EUTROFIERING:** Afledt af ordet eutrof. Anvendes hovedsagelig om menneskeskabt forøgelse af planteproduktionen, oftest forårsaget af tilledning af plantenæringsstoffer.

**FORURENINGSGRAD:** 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, f.eks. 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.

**FYTOPLANKTON:** 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 (Secchii 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 planktonalgers primærproduktion. Apparatet består af et termostatvandbad og en veldefineret lyskilde.

**INVERTEBRATER:** Hvirvelløse dyr, d.v.s. alle dyr som ikke er hvirveldyr.

**KLOROFYL:** Bladgrønt. Planternes grønne farvestof, som er det virksomme stof i fotosyntesens 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.
- MORFOMETRI:** (Formmåling). Anvendes her om søers fysiske udformning, f.eks. areal, maximumsdybde, omkreds.
- MORÆNE:** Usorteret blanding af sten, grus, sand og ler afsat af gletschere eller indlandsis.
- N:** Kemisk betegnelse for kvælstof.
- 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 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.
- REDOXPOTENTIAL:** Mål for iltningsgraden i et system. Redoxpotential er højt i stærkt iltende opløsninger og lavt, evt. negativt i reducerende opløsninger.
- RØRSUMP:** Plantebælte i søer på ca. 0-2 m's vanddybde. Planterne vokser normalt op over vandoverfladen.
- SECCHII SKIVE:** Hvid eller evt. tofarvet skive med en diameter på ca. 25 cm.
- SEDIMENT:** Her anvendt generelt om bundmaterialet i søer og vandløb.
- SEDIMENTATION:** Bundfældning af stof.
- SIGTDYBDE:** (= gennemsigtighed). Angiver den maksimale dybde, hvor en hvid, cirkulær skive (Secchii 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, f.eks. 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 sammenhænge i naturen, d.v.s. mellem omgivelserne og de levende organismer samt mellem disse indbyrdes. Til de levende organismer hører også mennesket.