

TEKNISK RAPPORT

BRYRUP LANGSØ 1999

MAJ 2000

ÅRHUS AMT
NATUR OG MILJØ



UDGIVER: Århus Amt, Natur- og Miljø, Lyseng Allé 1, 8270 Højbjerg.

TITTEL: Bryrup Langsø 1999.

FORFATTER: Torben Bramming Jørgensen.

EMNEORD: Søer, eutrofiering, fytoplankton, zooplankton, undervandsplanter.

FORMAT: A4.

SIDETAL: 39 + bilag.

OPLAG 40.

ISBN: 87-7906-106-0.

TRYK: Århus Amts Trykkeri, juni 2000.

TEKNISK RAPPORT

BRYRUP LANGSØ 1999

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	3
Indledning	7
Historiske forhold	7
Badevandskvalitet.....	8
Klima	9
Vand- og stoftransport	11
Vandbalance.....	11
Stofbalance	12
Kildeopsplitning.....	13
Vandkvalitetsplan	14
Vandkemi	15
sigtdybde og klorofyl.....	15
kvælstof og fosfor	15
øvrige parametre.....	18
Udviklingen i Bryrup Langsø.....	18
Profilmålinger	21
Intern stofbalance.....	23
Vandkemiske sammenhænge	25
Fyto- og zooplankton	27
Fytoplankton	27
årstidsvariation	27
udvikling.....	27
fytoplankton og vandkemi.....	28
Zooplankton	29
zooplankton i 1999.....	29
udvikling.....	30
græsning.....	30
predation.....	32
Fiskeyngel	33
Tilstand og målsætning	35
Referencer	37
Bilagsoversigt	39

Sammenfatning

Denne rapport indholder en kortfattet beskrivelse af tilstanden i Bryrup Langsø i 1999 samt den udvikling, som har været i søen i de seneste ti år.

Bryrup Langsø er som et led i Vandmiljøplanens overvågningsprogram udvalgt som en af de søer, der skal overvåges årligt. Århus Amt har derfor siden 1989 foretaget intensive undersøgelser i søen efter overvågningsprogrammets retningslinier.

Bryrup Langsø

Søen er 48 ha stor, har et volumen på 1,7 mio. m³ og en gennemsnitsdybde på 4,6 meter. Maksimumdybden er 9 meter. På grund af søens øst-vest orientering dannes der kun i perioder med stille og varmt vejr et egentligt springlag, som adskiller varmt og iltrigt overfladevand fra koldere og mere iltfattigt bundvand.

Langt den største del af den tilførte vandmængde kommer via Nimdrup Bæk, som udspringer i Ring Sø ved Brædstrup.

Klimatiske forhold

1999 var en smule varmere end normalen og specielt var september varmere med en gennemsnitstemperatur på 4 °C over et normalår. Generelt influerede temperaturforholdene ikke på tilstanden i Bryrup Langsø i 1999 i højere grad end i andre år.

Variationer i nedbøren direkte på søens overflade fra år til år har ingen væsentlig indflydelse på forholdene i Bryrup Langsø. Det kan dog bemærkes, at der var en noget større nedbør i 1999 omkring Bryrup end normalen for Århus Amt (843 mm mod en normal på 648 for Århus Amt).

Vand- og næringsstofbalance

Der blev tilført 8,8 mio. m³ vand til Bryrup Langsø i 1999. Opholdstiden kan dermed beregnes til ca. 2,3 måneder i gennemsnit. Den største del af vandtilstrømningen skete som normalt i vinterhalvåret. Derfor er gennemstrømningen i søen også væsentlig hurtigere om vinteren end om sommeren.

Kvælstoftilførslen var ca. 75 ton eller 8,45 mg N/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration.

Kvælstofkoncentrationen i indløbsvandet varierer i øvrigt kun i mindre grad hen over året.

Der blev tilbageholdt ca. 33 ton kvælstof eller 45 % af den samlede tilførsel. Den arealrelaterede kvælstoftilbageholdelse var med 248 mg N/m²/d forholdsvis stor sammenlignet med andre danske søer.

Der blev tilført 855 kg fosfor i 1999 hvilket svarer til 97 µg P/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration.

Fosfortilbageholdelsen var i 1999 27 % af tilførslerne eller 235 kg.

Fosfortilbageholdelsen var dermed mindre end i de foregående 3-4 år men dog større end niveauet i starten af 1990'erne.

Langt den største del af den tilførte kvælstof stammer fra de dyrkede jorde. I 1999 udgjorde dyrkningsbidraget 77 % af den samlede tilførsel.

De dyrkede jorde bidrager også med en stor del af den samlede fosfortilførsler til Bryrup Langsø. I 1999 er det beregnet, at dyrkningsbidraget udgjorde 38 % af tilførslen. Andre betydende fosforkilder var det naturlige baggrundsbidrag (31 %), den spredte bebyggelse (19 %) og et dambrug (8 %).

Fysiske og kemiske forhold

Der var - som i andre år - kun en svag temperaturlagdeling i Bryrup Langsø i 1999 og mest udpræget omkring 1. august. I størstedelen af året var iltkoncentrationen derfor forholdsvis høj i bundvandet. I sommermånederne var der dog perioder, hvor iltindholdet i bundvandet var mindre end 2 mg/l - i juni efter sedimentation og nedbrydning af forårets algeopblomstring og igen omkring 1. august. Den sidste periode i august med lave iltkoncentrationer i bundvandet skyldtes dels en traditionelt forhøjet omsætning midt på sommeren men også, at nye ilttilførsler fra overfladevandet var forhindret på grund af lagdelingen af søens vand.

Fosorniveauet er faldet i løbet af de sidste ti år. I 1989 var den gennemsnitlige sommerkoncentration 95 µg P/l, i 1999 var gennemsnitskoncentrationen reduceret til 62 µg P/l. Sigtdybden er imidlertid ikke steget tilsvarende og generelt er de biologiske forhold i søen ikke ændret i væsentlig grad i de foregående ti år. I de senere år har sigtdybden i forårsmånederne dog været større end tidligere på grund af en mindre algemængde.

Der har været enkelte år, hvor tilstanden i Bryrup Langsø har været væsentlig bedre end gennemsnitligt. I 1995 var fosforkoncentrationen således bare 28 µg P/l som et sommergennemsnit og tilsvarende var den gennemsnitlige sigtddybde 2,8 meter eller næsten en meter mere end gennemsnittet i 1999.

Forholdene i Bryrup Langsø i 1995 viser, at det er muligt at ændre tilstanden i søen men også, at en væsentlig ændring kræver en reduktion af fosforniveauet til et niveau omkring eller mindre end 30 µg P/l om sommeren.

Kvælstofkoncentrationen varierer kun i mindre grad fra år til år og ligger generelt på et niveau mellem 2 og 4 mg N/l om sommeren. Kvælstof begrænser dermed ikke vækst og produktion i søen.

Alger

Tidligere dominerede kiselalgerne i Bryrup Langsø om foråret og efter en reduktion i algerne biomasse i juni opstod der typisk endnu et algemaksimum i sensommeren bestående af blågrønalger.

I de senere år er dette billede ændret, idet kiselalgerne forårsopblomstring er reduceret markant. I stedet er blågrønalgerne maksimum i sensommeren blevet væsentlig større, end det tidligere er set.

Resultatet er, at vandet i søen i årets første halvdel er blevet klarere - sigtddybden er steget - fordi der ikke er så mange kiselalger længere. I løbet af juli falder sigtddybden voldsomt og når i august ned omkring 0,5 meter. Årsagen er altså en kraftig opvækst af blågrønalger. Blågrønalgemaksimummet i sensommeren har i de senere år fortrinsvis bestået af forskellige Anabaena-arter, hvorimod blågrønalgerne i sensommeren tidligere primært blev udgjort af Microcystis-arter.

Dyreplankton

Zooplanktonet domineres i den største del af året af dafnier (Daphnia-arter). I det tidlige forår er der dog flest vandlopper (cyclopoide copepoder) i søen, men i løbet af maj stiger mængden af dafnier voldsomt. Dafnierne udnytter den forårsopvækst af kiselalger, som er i søen. Denne opvækst har som nævnt været beskeden i de senere år, men dog tilstrækkelig stor til at "føde" dafnieopvæksten. Henover sommeren spiser specielt fiskeyngelen en stor del af dyreplanktonet og dyreplanktonbiomassen reduceres derfor igen i forhold til maj-juni niveauet.

Der er en tendens til stigende dyreplanktonmængder i Bryrup Langsø og særligt er der blevet flere dafnier i

Sommergennemsnit		
Klorofyl	µg/l	31
Sigtddybde	meter	2,0
Total kvælstof	mg N/l	2,99
Nitrat	mg N/l	1,91
Total fosfor	µg P/l	62

Tabel 1

Udvalgte data fra Bryrup Langsø i 1999

søen. En større mængde dyreplankton vil i højere grad være i stand til at regulere mængden af alger og dermed forbedre sigtddybden i søen.

Årsagen til de flere dafnier er sandsynligvis, at predationen fra fisk og fiskeyngel er blevet mindre i de senere år.

Fiskeyngel

Fiskeyngelundersøgelser er medtaget i overvågningsprogrammet i 1998. 1999-undersøgelsen er altså den anden i rækken. Formålet med disse undersøgelser er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens strukturerende rolle for zoo- og fytoplanktonsammensætningen og dermed for miljøkvaliteten.

Generelt må det forventes, at der er mest fiskeyngel langs med bredden - i littoralen - fremfor på åbent vand - i pelagiet - fordi der ikke er nogen undervandsvegetation i søen.

Endnu er materialet så beskedent at der ikke kan drages klare konklusioner. Der er dog fanget mest yngel i littoralzonen som forventet og kun meget lidt i pelagiet. Det skal endvidere bemærkes, at der har været meget store forskelle i fangsterne i 1998 og 1999, som sandsynligvis skal tilskrives metodiske vanskeligheder.

Tilstand og målsætning

Bryrup Langsø kan fortsat karakteriseres som en næringssaltforurenede sø. Selvom fosforkoncentrationen igennem de sidste ti år er blevet mindre, er tilstanden i søen, hvad sigtddybde og biologiske forhold i øvrigt angår, ikke ændret markant.

Tilstanden i søen om foråret er dog bedre i dag end for 5 - 10 år siden, men til gengæld har der i de senere år været en større opvækst af blågrønalger i sensommeren.

Bryrup Langsø er B-målsat. Målsætningen betyder, at den gennemsnitlige indløbskoncentration ikke må over-

stige 100 µg P/l. I 1999 var indløbskoncentrationen 97 µg P/l.

Den samlede fosfortilførsel er opgjort til 855 kg og var dermed ca. 100 kg større end de 750 kg, som er angivet i Vandkvalitetsplanen som en maksimal årlig tilførsel. Forklaringen på at der er tilført mere fosfor end anført i Vandkvalitetsplanen, selvom den gennemsnitlige indløbskoncentration var mindre end 100 µg P/l, er, at vandtilførslen til søen i 1999 var større end normalt.

Den totale fosfortilførsel er endvidere opgjort på enkeltkilder. Fosforbidraget fra den spredte bebyggelse og dambruget overholdt ikke målsætningens krav om en maksimal årlig udledning på 50 kg fra hver af kilderne, idet udledningen i 1999 er beregnet til henholdsvis 165 kg og 62 kg.

Alt i alt var Bryrup Langsø's målsætning dermed ikke opfyldt i 1999.

Fosfortilførslen til Bryrup Langsø har været nogenlunde stabil i de senere år på 8 - 900 kg årligt. I følge Vandkvalitetsplanen skal den årlige fosfortilførsel reduceres til maksimalt 750 kg om året

Forudsætningerne for en bedre tilstand vil med en sådan reduktion blive bedre. En markant ændring af forholdene i søen og en mulighed for en større indvandring af undervandsvegetation kræver imidlertid en yderligere reduktion i fosfortilførslerne til et niveau omkring 600 kg om året.

Indledning

Bryrup Langsø er beliggende i Them kommune i det Midtjyske Søhøjland umiddelbart sydøst for Bryrup i Salten å's og dermed i Gudenåens vandsystem. Det er en langstrakt sø, som ligger i en øst/vest-vendt tunneldal dannet under den sidste istid.

Hovedtilløbet til søen er Nimdrup bæk, som udspringer i Ring sø ved Brædstrup. Her er vandføringen forholdsvis lille og det er først på den nedre del af Nimdrup bæk opstrøms Bryrup Langsø, at der sker en større vandtilførsel. Kringelbækken, som løber til søen fra nordøst, (se figur 2), er det andet større vandløb, som fører vand til søen.

Afløbet fra søen er Bryrup Å, som løber igennem Bryrup og videre ud i Kvind sø.

Jordbunden i søens opland er hovedsagligt lerede og sandede moræneaflejringer og størstedelen af oplandet er opdyrket. Umiddelbart rundt om søen findes dog en del uopdyrkede områder, som består af plantage og hede.

På grund af beliggenheden som en øst/vest-vendt sø er søen temmelig vindeksponeret. Da den største del af søen endvidere kun har en forholdsvis ringe dybde, opbygges der aldrig en stabil lagdeling i søen. Dog vil der i perioder med varmt og roligt vejr midt på sommeren kunne etableres en lagdeling i de dybere områder af søen.

Hypsograf og morfometriske data fremgår af figur 1 og 2 og tabel 2.

Øvrige generelle baggrundsplysninger kan ligesom data fra tidligere års undersøgelser findes i de af Miljøkontoret tidligere publicerede rapporter om Bryrup Langsø (jvf. referenceliste).

Historiske forhold

Bryrup Langsø er en naturlig eutrof sø, som uden påvirkning ville have en stor sigtddybde året rundt og en udbredt undervandsvegetation.

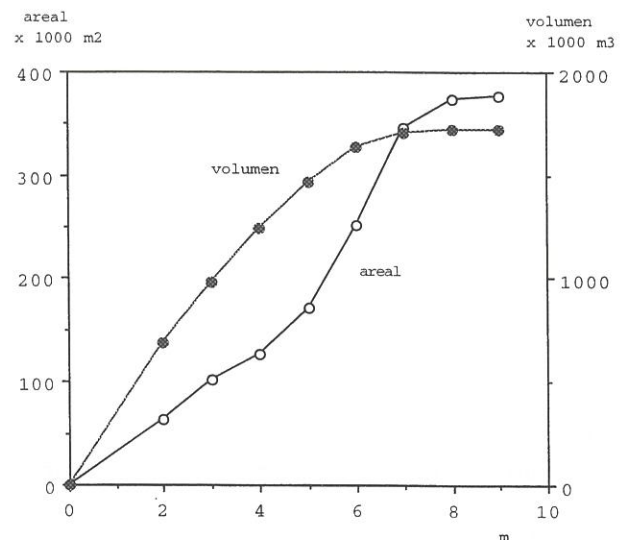
Endnu i starten af dette århundrede dækkede undervandsplanterne søbunden på lavere vand. Vegetationen var bl.a så tæt i den østlige del af søen, at det ikke var muligt at fiske med net her.

I de sidste 50 år har forholdene i søen ændret sig markant, først og fremmest fordi der er ledt spildevand til søen fra bysamfundene i søens opland igennem en længere periode.

Oplandsareal	48	km ²
Søens areal	38	ha.
Søens volumen	1,72 x 10 ⁶	m ³
Gns. dybde	4,6	m.
Max. dybde	9,0	m.
Opholdstid (1999)	0,19	år

Tabel 2

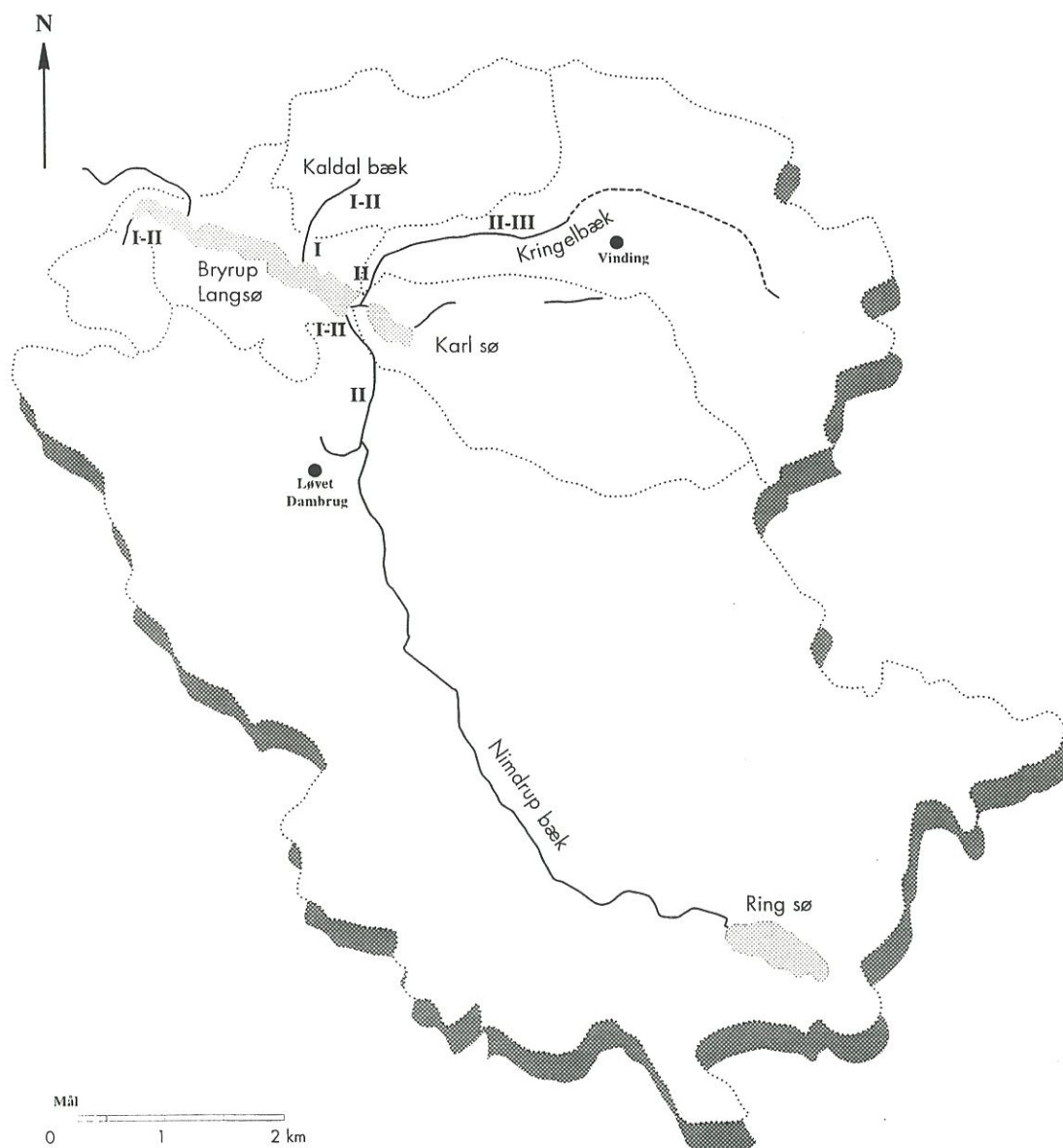
Morfometriske data for Bryrup Langsø.



Figur 1

Hypsograf over volumen og areal i Bryrup Langsø.

Bryrup Langsø modtog således indtil 1972 spildevand fra Brædstrup via Ring Sø. Siden denne tilførsel stoppede, har de største kilder til eutrofieringen af søen været de mindre byer i oplandet. I 1988 blev spildevandet fra Davding og Grædstrup afskåret, i 1990 kom turen til Slagballe og sidst er spildevandet fra Vinding blevet afskåret til Bryrup Rensningsanlæg. Der tilføres således ikke længere spildevand fra kloakerede områder til Bryrup Langsø.



Figur 2
Oplandet til Bryrup Langsø med angivelse af tidligere og nuværende prøvetagningsstationer.

Tidligere blev spildevandet fra Vinding ledt til Kringelbækken. I 1970'erne sivede vandet i Kringelbækken oftest i jorden om sommeren og såvel spildevand som ulovlige landbrugsudledninger påvirkede derfor ikke fuldt ud den nedre del af Kringelbækken samt Karl Sø, som bækken tidligere løb igennem før udløbet i Bryrup Langsø.

Fra omkring 1980 skete der imidlertid ikke nogen nedrivning i Kringelbæk og Karl sø blev kraftigt forurenset. Derfor blev Kringelbæk afskåret og løber nu til afløbet fra Karl sø og derfra videre ud i Bryrup Langsø.

I gennem de sidste 20 år er der med jævne mellemrum foretaget undersøgelser i søen. Århus Amt har således med varierende prøvetagningsfrekvens undersøgt søen i

1972, 1973, 1974, 1975, 1978, 1983 og 1987. I 1989 blev Bryrup Langsø udvalgt som en af Vandmiljøplanens overvågningssøer og Århus Amt har derfor foretaget intensive undersøgelser i søen hvert år siden 1989 (se bilag).

Badevandskvalitet

Badevandskvaliteten i Bryrup Langsø følges løbende ved to faste stationer - Bryrup Søbad og Odden. Der udtages hvert år i løbet af badesæsonen 10 prøver på stationerne.

Kravværdierne er altid overholdt og bortset fra situationer med "algeblomst" må badevandskvaliteten generelt anses for tilfredsstillende.

Klima

Temperatur, nedbør og fordampning varierer fra år til år. Disse variationer kan have en vis indflydelse på tilstanden i eksempelvis søer.

Bryrup Langsø er en mindre sø med forholdsvis hurtig gennemstrømning. Det er i langt overvejende grad tilførslerne fra oplandet som bestemmer forholdene i søen fremfor de vand- og stofmængder der tilføres direkte på søens overflade. Variationer i nedbør og fordampning fra år til år har derfor ikke nogen væsentlig indflydelse på tilstanden i Bryrup Langsø.

Temperaturen varierer naturligvis også fra år til år. i modsætning til nedbør og fordampning kan temperaturforskelle have en væsentlig indflydelse på udviklingen i søen.

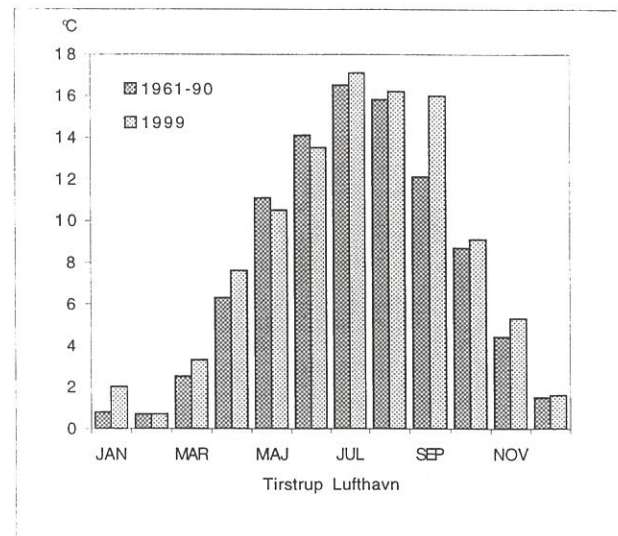
En kold vinter med lange perioder med et tykt isdække forhindrer nye tilførsler af ilt fra luft til vand måske et omvendt springlag og lave iltkoncentrationer i bundvandet. Et varmt forår eller sommer vil forbedre fytoplanktonets vilkår og derigennem forøge muligheden for store algeopblomstringer. I Bryrup Langsø vil en varm og stille eftersommer eksempelvis med stor sandsynlighed medføre en massiv opvækst af blågrønalg og vandblomst med deraf følgende problemer for søen.

Temperatur

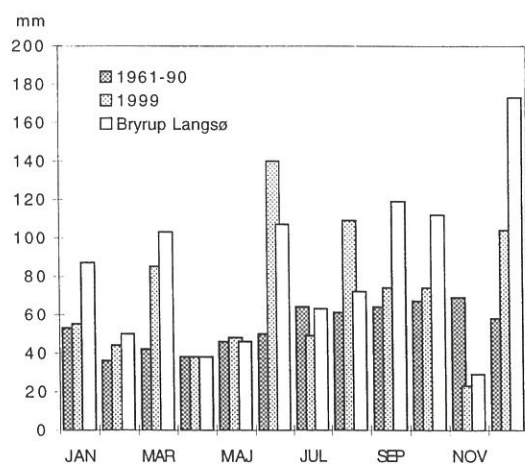
På figur 3 er månedsmiddeltemperaturen i Århus Amt i 1999 præsenteret sammen med månedsgennemsnittet for perioden 1961 - 1990.

1999 afviger ikke væsentligt fra et normal år med et temperaturgennemsnit på 1 - 2 °C i vintermånederne og 16 - 17 °C i juli og august. 1999 var dog en smule varmere en normalen i størstedelen af året. Gennemsnitstemperaturen var således kun mindre end normalen i maj og juni. Særligt september var noget varmere i 1999 end normalt (ca 4 °C).

Den forholdsvis varme vinter i 1999 resulterede i at der ikke var længere frostperioder med deraf følgende isdannelse i Bryrup Langsø. I den øvrige del af året var temperaturen forholdsvis normal og bidrog ikke i væsentlig grad til eksempelvis forhøjede fytoplanktonbiomasser. Selvom september som nævnt var noget varmere end normalt medførte det ikke forhøjede fytoplanktonmængder i søen.



Figur 3
Månedsmiddeltemperaturen i Århus Amt i 1999 sammenlignet med perioden 1961 - 1990.



Figur 4
Månedsmiddelnedbøren i Bryrup Langsø i 1999 sammenlignet med middelnedbøren i Århus Amt i 1999 og i perioden 1961 - 1990.

Nedbør og fordampning

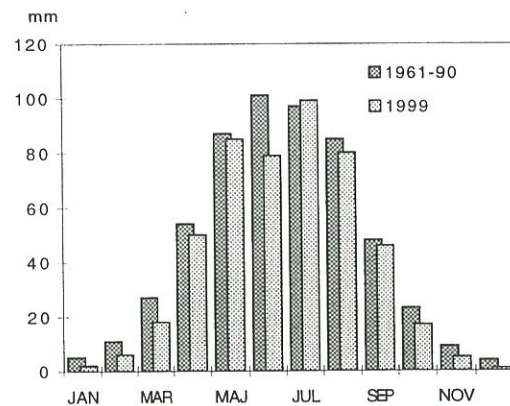
1999 havde en noget større nedbør end normalt. Der faldt således i gennemsnit 843 mm regn i Århus Amt i 1999 mod en normal på 648.

Månederne februar, april, maj og juli havde en nogenlunde "normal" nedbør, i november '99 regnede det mindre medens det altså i de resterende 6 måneder var mere vådt end normalt.

Som nævnt har eventuelle forskelle i nedbør og fordampning ingen væsentlig indflydelse på tilstanden i Bryrup Langsø.

Nedbøren på Bryrup Langsø fulgte i store træk gennemsnittet fra Århus Amt men der var dog visse forskelle. Alt i alt faldt der 999 mm regn i Bryrup Langsø og dermed mere end gennemsnittet for Århus amt. Særligt i januar, september, oktober og december regnede det mere i Bryrup end gennemsnitligt i Århus Amt.

Figur 5 præsenterer månedsmiddelfordampningen i Århus Amt i 1999 og i perioden 1961-1990. Bortset fra juni måned hvor fordampningen var noget mindre end normalt var 1999 ikke væsentlige forskellig fra et normalår.



Figur 5

Månedsmiddelfordampningen i Århus Amt i 1999 sammenlignet med perioden 1961 - 1990.

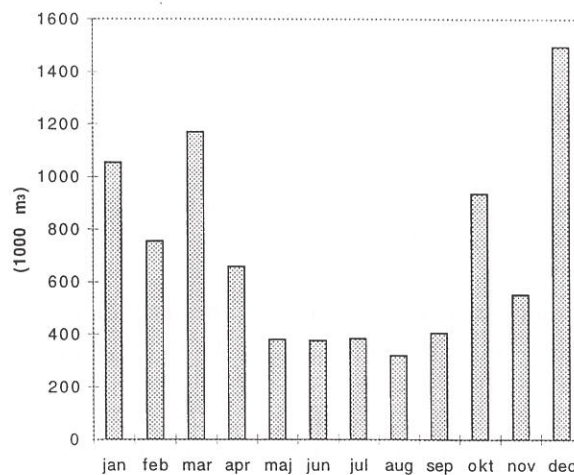
Stoftransport

Tidligere er der målt vandføring og udtaget vandprøver til kemisk analyse i hovedtilløbet Nimdrup bæk, i Kringelbækken ovenfor Karl Sø, i afløbet fra Karl sø samt i afløbet fra Bryrup Langsø (Bryrup Å).

I 1999 er vandføringen registreret vha. en fast vandførringsstation i Nimdrup bæk og i Bryrup Å. Den resterende vand- og stoftilførsel er beregnet som et såkaldte umålte opland.

Der er en beskeden vandføring i Kringelbæk og i afløbet fra Karl Sø. På baggrund af flere års målinger er den vand- og stoftilførsel, som kommer herfra, estimeres. I den forbindelse skal det nævnes, at den lille stof- og vandtransport kun vil bidrage med en lille fejl på de samlede transportberegninger. Derfor er der ikke i 1999 målt i de to tilløb.

Bedømt ud fra målinger i de to små tilløb i en tiårsperiode er variationen i vand- og stoftilførslen herfra den samme hen over året som i Nimdrup Bæk men afstrømning og stofkoncentrationer 50 % af niveauet i Nimdrup Bæk. Stoftransporten fra det umålte opland er derfor beregnet som en arealkorrektion til Nimdrup Bæk.



Figur 5

Den månedlige vandtilførsel til Bryrup Langsø i 1999.

Vandbalance

Vandtilførslen til Bryrup Langsø var i 1999 nogenlunde som i et normal år. I alt kom der ca. 8,8 mio. m³ vand til søen, hvilket gav en gennemsnitlig opholdstid på 2,3 måned. Fordelingen over året var også nogenlunde normal med den største tilførsel i vinterhalvåret og kun

	oplandsareal (km ²)	vand (mio. m ³)	kvælstof (ton)	fosfor (ton)	jern (ton)
Nimdrup Bæk (92043)	31,3	6,64	57,0	0,654	2,17
Umålt opland	17	1,80	15,2	0,178	0,65
Nedbør - fordampning		0,02	0,6	0,004	0,00
Grundvand/difference		0,34	1,6	0,020	0,20
Samlet tilførsel	48,3	8,80	74,4	0,855	3,02
Fraførsel	48,3	8,78	40,3	0,620	1,32
Magasinændringer		0,02	-3,2	0,053	0,08
Søbalance			-32,9	-0,235	-1,93
Søbalance (%)			-44%	-27%	-64%
Sedimentbalance			-36	-0,182	-1,85
Sedimentbalance (%)			-48%	-21%	-61%

Tabel 3

Vand- og stofbalancen til Bryrup Langsø i 1999.

omkring 12 % af den samlede vandtilførsel i de tre sommermåneder. December 1999 var en smule speciel med en forholdsvis stor vandtilførsel.

Stofbalance

Næringsstofbalancen for Bryrup Langsø er præsenteret i tabel 3. Den er fremkommet ved at sammenholde de beregnede vandføringer med de vandkemiske resultater fra tilløb og afløb indhentet ud fra enkeltprøverne.

I bilag kan findes skemaer over beregnede månedstil- og fraførsler for vand, kvælstof, fosfor og jern.

Den atmosfæriske deposition er beregnet ud fra den antagelse at der er tilført 0,1 kg P og 15 kg N pr. ha pr år til søens overflade.

Grundvandsbidraget skal til en vis grad betragtes som den usikkerhed, der er på beregningerne. Til den beregnede grundvandstilførsel er knyttet koncentrationerne 1 mg N/l, 1 mg Fe/l og 40 µg P/l.

Kvælstof

I 1999 blev der tilført ca. 74 ton kvælstof til søen. Det svarer til en gennemsnitlig vandføringsvægtet indløbskoncentration på 8,45 mg N/l.

Den største tilførsel af kvælstof til Bryrup Langsø skete i vinterhalvåret, fordi der i denne del af året var en større vandtilførsel. Indløbskoncentrationen var temmelig konstant over året og stort set ikke påvirket af afstrømningens størrelse (figur 4).

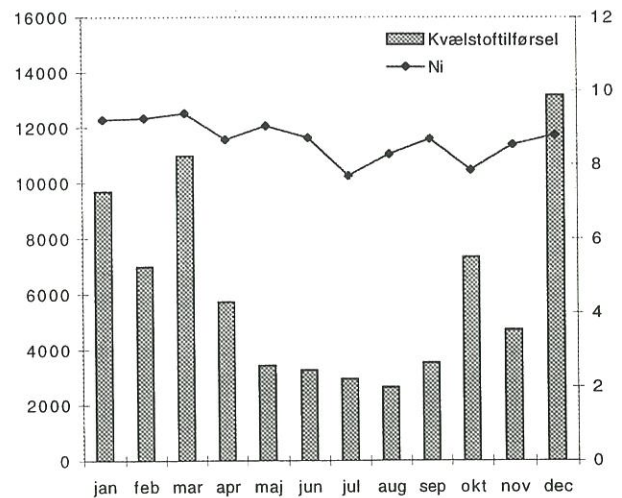
Der blev tilbageholdt ca. 33 ton kvælstof eller 45 % af den tilførte mængde, når variationerne i søkoncentrationen ved årets start og afslutning medregnes. Tilbageholdelsen var nogenlunde jævnt fordelt over året (se senere) og af samme størrelse som i de foregående år.

Den arealrelaterede kvælstoftilbageholdelse var 248 mg N/m²/d, hvilket er en temmelig høj tilbageholdelse. Til sammenligning var den gennemsnitlige kvælstoftilbageholdelse for Vandmiljøplanens overvågningssøer i 1998 127 mg N/m²/d.

Fosfor

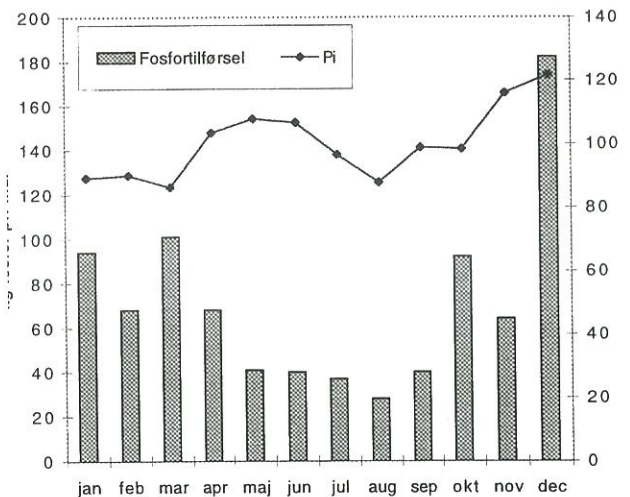
Fosfortilførslen følger ligeledes vandtransporten, således at den største fosfortilførsel til Bryrup Langsø skete i de våde måneder (figur 5).

Også for fosfors vedkommende var den vandføringsvægtede indløbskoncentration relativ konstant over året. Kun i november og december var der en tendens til sti-



Figur 6

Den månedlige kvælstoftilførsel og den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration i det tilførte vand til Bryrup Langsø i 1999.



Figur 7

Den månedlige fosfortilførsel og den vandføringsvægtede fosforkoncentration i det tilførte vand til Bryrup Langsø i 1999.

gende indløbskoncentrationer.

Den gennemsnitlige indløbskoncentration i 1999 var 97 µg P/l og dermed på niveau med de foregående år.

I 1999 var der en fosfortilbageholdelse på 27 % af den samlede tilførsel (inklusive magasinforskelle) eller 235 kg. Fosfortilbageholdelsen i 1999 var dermed mindre end i de seneste år, men dog fortsat større end den tilba-

geholdelse, som var i søen i starten af 1990'erne.

Den arealrelaterede fosfortilbageholdelse kan beregnes til 1,69 mg P/m²/d. Fosfortilbageholdelsen i Vandmiljøplanens overvågningssøer i 1998 var til sammenligning 1,0 mg P/m²/d.

Det er karakteristisk for den positive udvikling, søen har været inde i de senere år, at der kun frigives mindre fosformængder i juli og august og tilbageholdes fosfor i søen i årets øvrige måneder. Bedømt ud fra de sidste 4 - 5 år er Bryrup Langsø således i ligevægt med fosfortilførslerne.

Tidligere da næringsstofniveauet var højere og søen ikke i ligevægt, var der en væsentlig større fosforfrigivelse fra sedimentet i en længere periode hen over sommeren og efteråret.

Jern

Der er sket en markant udvikling i jerntilførslen til Bryrup Langsø i de sidste 5 år. Dette afspejler sig bedst i den vandføringsvægtede indløbskoncentration, som i 1991 var på ca. 0,18 mg Fe/l. I de senere år er koncentrationen steget og i 1999 var den gennemsnitlige jernkoncentration i indløbsvandet 0,34 mg Fe/l. Det vurderes, at en af hovedårsagerne til den øgede fosfortilbageholdelse i forhold til niveauet i starten af 1990'erne (se senere) er en forøget jerntilførsel til Bryrup Langsø og en deraf følgende forbedret fosfortilbageholdelse i sedimentet.

Som nævnt i tidligere års rapporter om Bryrup Langsø er årsagen til den forøgede jerntilførsel ikke åbenbar, idet der ikke er sket nogen væsentlige ændringer i oplandet.

De større jerntilførsler er fulgt af en større samlet jerntilbageholdelse.

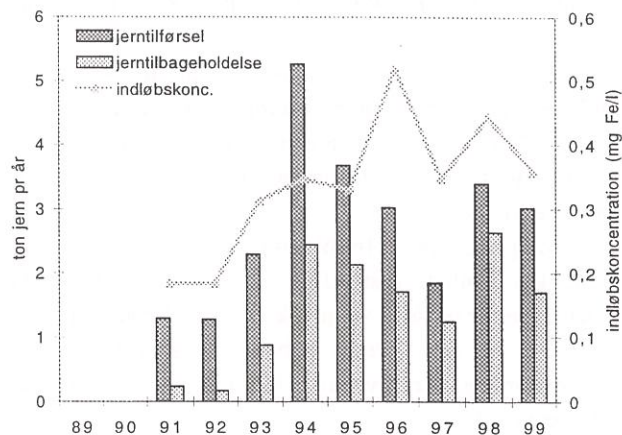
I 1999 blev ca. 1,9 ton eller 64 % af den tilførte jern tilbageholdt i søen.

Kildeopsplitning

Der blev tilført ca. 855 kg fosfor til Bryrup Langsø i 1999.

Det er antaget, at baggrundskoncentrationen i det tilførte vand er 30 µg P/l og at grundvandsbidraget indeholder henholdsvis 4 mg N/l og 50 µg P/l. Herved kan 33% af den samlede fosfortilførsel henføres som naturlig baggrundstilførsel (baggrunds- og grundvandsbidrag).

Fosforbidraget fra den spredte bebyggelse er fremkom-



Figur 8

Jerntilførsel, jerntilbageholdelse og indløbskoncentration for jern i Bryrup Langsø i perioden 1991 til 1999.

met ud fra et kendskab til antallet af ejendomme i oplandet, hvor renseniveauet er skønnet ud fra typen af rensenanlæg på den enkelte ejendom. Dernæst er anvendt de af Miljøstyrelsen udmeldte normaltal, som er 1 kg fosfor/PE og 2,5 personer pr. ejendom (ændret fra 2,8). Det antages videre, at 50 % af den udledte fosfor når frem til vandløb og sø.

Ud fra disse antagelser er det beregnet, at der kom 165 kg fosfor fra den spredte bebyggelse.

Den samlede punktkildebelastning, som foruden den spredte bebyggelse også omfatter dambrug og regn-

	Kvælstof ton	Fosfor kg
Baggrundsbidrag	13,2	264
Atm. deposition	0,6	4
Dambrug	0,7	62
Spredt bebyggelse	1,0	165
Regnvandsbetingede udledn.	0,0	11
Grundvand	1,6	20
Dyrkningsbidrag	57,3	329
I alt	74,4	855

Tabel 4

Kildeopsplitningen for Bryrup Langsø i 1999.

vandsoverløb, var i 1999 321 kg eller 28 % af den samlede belastning.

Det skal bemærkes, at data for den spredte bebyggelse ikke er nyreviderede men de samme, som er anvendt de senere år. Der er således nogen usikkerhed på disse data og det må forventes, at bidraget fra den spredte bebyggelse er overestimeret.

Dyrkningsbidraget er fremkommet som differensen mellem den samlede fosfortilførsel og alle øvrige kilder. Der er derfor også en vis usikkerhed på denne værdi. Da bidraget fra den spredte bebyggelse sandsynligvis er overestimeret, er dyrkningsbidraget tilsvarende underestimeret.

Der er ingen tvivl om, at der er et væsentligt fosforbidrag til Bryrup Langsø fra de dyrkede jorde i søens opland.

Den naturlige kvælstoftilførsel er antaget at være 1,5 mg N/l. Dette bidrag var i 1999 11,5 ton.

For kvælstofs vedkommende er det fortsat dyrkningsbidraget, som er altdominerende. I 1999 stammede ca. 75 % af tilførslerne herfra.

Vandkvalitetsplan

Bryrup Langsø har en generel målsætning (B2) og er tilføjede målsat som badevandssø.

Fosforkoncentrationen skal være mindre end 50 µg P/l som et sommergennemsnit. Derved vil sigtddyben i søen i sommerhalvåret være 2,0 - 2,5 meter som et gennemsnit.

For at søkoncentrationen ikke skal overstige 50 µg P/l, skal den vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor være mindre end 100 µg P/l som et årsgennemsnit svarende til en fosfortilførsel på 700 - 750 kg om året.

I 1999 blev der tilført ca. 855 kg fosfor, hvilket svarer til 97 µg P/l som gennemsnitskoncentration.

Den gennemsnitlige indløbskoncentration opfyldte dermed målsætningen i Vandkvalitetsplan 1997. Fosforkoncentrationen i søvandet var derimod 62 µg P/l som et sommergennemsnit og dermed højere end målsætningen for søen

Den gennemsnitlige sigtddybe i sommerhalvåret var 2,0 meter. Dermed har Bryrup Langsø haft den forventede sigtddybe givet årets fosforniveau.

I Vandkvalitetsplanen er anført, at fosfortilførslen fra den spredte bebyggelse højst må være 50 kg om året. Som nævnt er bidraget fra den spredte bebyggelse beregnet til 165 kg i 1999, hvilket sandsynligvis er for

højt. Uanset usikkerhederne på opgørelsen af bidraget fra den spredte bebyggelse, er der ikke tvivl om, at bidraget fra denne kilde udgør en væsentlig del af den reducerbare fosfortilførsel og at bidraget fortsat er større end målsætningen. Det er vigtigt, at dette bidrag bliver reduceret, hvis Bryrup Langsø skal opfylde sin målsætning.

Tilsvarende var fosfortilførslen fra dambruget i søens opland større end angivet i Vandkvalitetsplanen.

De dyrkede jorde bidrager også med en væsentlig fosfortilførsel. En reduktion af fosfortilførslen fra de dyrkede jorde vil derfor bidrage til at forbedre forudsætningerne for mere klart vand i søen. Dette kan ske gennem en ændret dyrknings- og gødningspraksis og en forøget tilbageholdelse af fosfor i vådområder, bræmmer mm..

Alt i alt er målsætningen for Bryrup Langsø ikke opfyldt i 1999.

Vandkemi

Der er i lighed med de foregående overvågningsår udtaget vandprøver til kemisk bestemmelse og målt sigtddybde og temperatur på søens dybeste punkt i alt 19 gange i løbet af 1999.

På figur 9 til 12 er årstidsvariationen præsenteret og i tabel 5 og 6 kan de tidsvægtede års- og sommergennemsnit findes.

I det følgende vil de væsentligste parametre og disses udvikling siden 1989 blive beskrevet.

Sigtddybde og klorofyl

Klorofylindholdet i Bryrup Langsø har i de senere år været forholdsvist lavt i årets første halvdel - således også i 1999. Under kiselalgerne forårsopblomstring i '99 steg klorofylkoncentrationen dog til et forårsmaksimum på ca. 40 µg/l i april, som i løbet af maj og juni blev reduceret til 10 - 20 µg/l i forårets klarvandsperiode. Sigtdybden afspejler de varierende klorofylkoncentrationer. Under algerne forårsmaksimum var sigtdybden ca. 2 meter, medens den i klarvandsperioden 1 - 2 måneder senere var omkring 4,5 meter.

Igennem alle overvågningsår har store algemængder og tilsvarende små sigtdybder været karakteristisk for Bryrup Langsø i sensommeren og efteråret. I de senere år har algeopblomstringen dog været knapt så kraftig som tidligere.

I 1999 steg klorofylindholdet jævnt hen igennem sensommeren til et maksimum på ca 80 µg/l forårsaget primært af en opblomstring af blågrønalger. Blågrønalger koncentrerer i overfladen i rolige og varme perioder. Sigtdybden reduceres kraftigt, når der er mange blågrønalger i vandet. I Bryrup Langsø faldt sigtdybden til ca. 1 meter i august og september.

I takt med at blågrønalgerne forsvandt i løbet af efteråret, steg sigtdybden igen til ca 3 meter november og december.

Den gennemsnitlige klorofylkoncentration og sigtdybde i sommerhalvåret var i 1999 31 µg/l og 2,0 meter. Generelt var sigtdybde- og klorofylniveau dermed nogenlunde som i de foregående år.

Kvælstof og fosfor

Fosforniveauet i Bryrup Langsø er reduceret meget siden starten af 1990'erne. I 1999 var den gennemsnitlige fosforkoncentration 62 µg P/l, hvilket nogenlunde har været niveauet siden 1994-95.

Fosforkoncentrationen varierede fra ca. 50 µg P/l i vinter- og forårsmånederne til ca. 100 µg P/l i august, september og oktober. Der er således stadig en mindre stigning i fosforindholdet i efteråret i søen som indikation på en beskedent fosforfrigivelse fra sedimentet i denne periode.

Indholdet af opløst fosfor varierede fra 2-3 µg P/l i kortere perioder i foråret og sommeren til ca. 70 µg P/l i slutningen af oktober. De små koncentrationer i vækstsæsonen tyder på, at fosfor i kortere perioder kan være begrænsende for algerne vækst. Den høje koncentration af opløst fosfor sidst på året skyldes mangel på alger i søen til at optage den fosfor, som blev frigivet fra sedimentet.

Hverken de lave koncentrationer hen over sommeren eller de noget højere i efteråret er atypiske for søen og generelt er såvel fosforniveau som fosforkoncentrationens udvikling igennem året stort set som i de foregående 3 - 5 år.

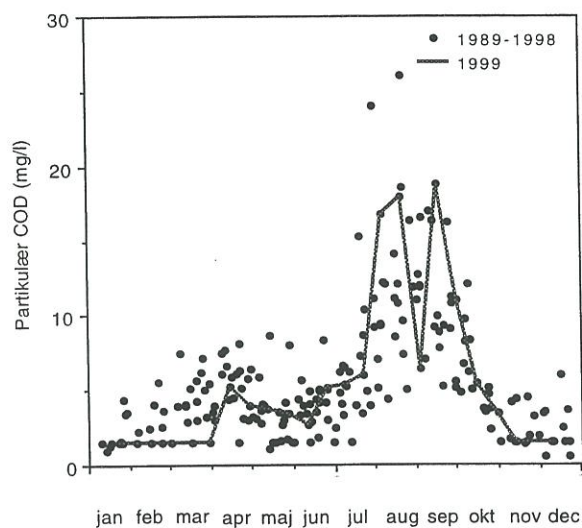
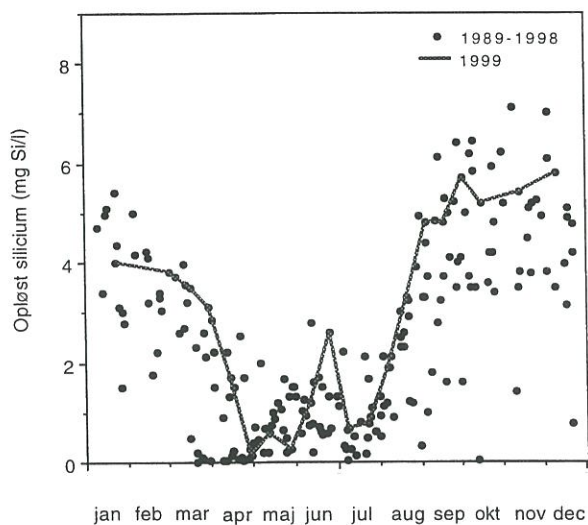
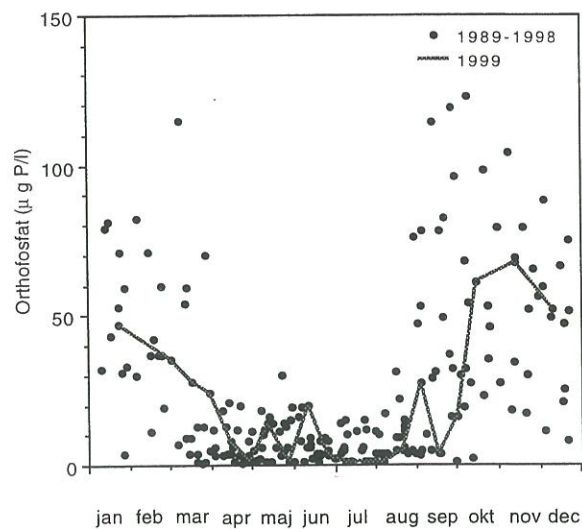
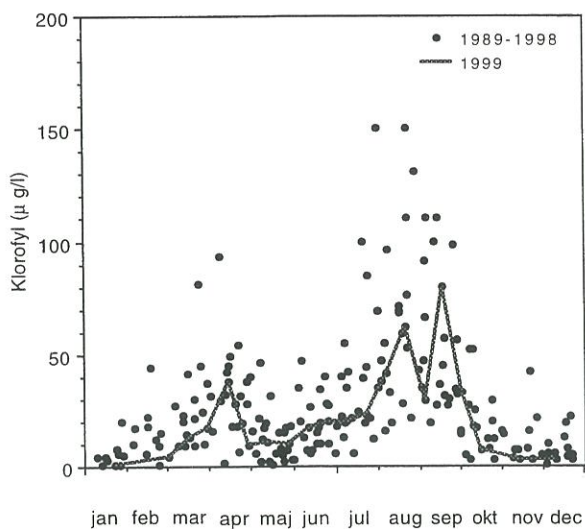
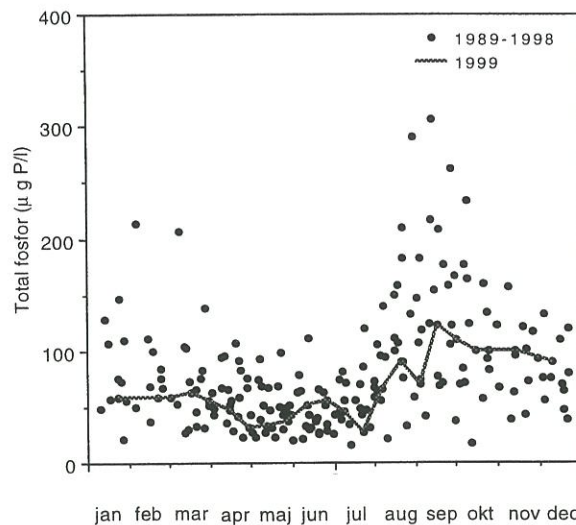
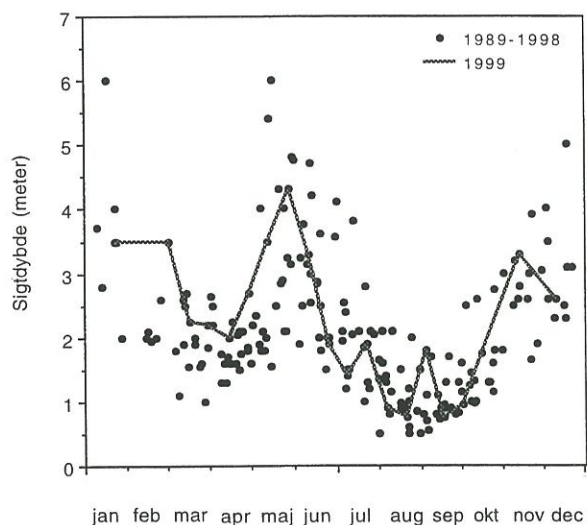
Udviklingen i kvælstofkoncentrationen var i 1999 også som i de foregående år.

I forårsmånederne var niveauet på 5 - 7 mg N/l, som i løbet af sommeren blev reduceret til ca. 2 mg N/l i september-oktober. I årets sidste måneder steg indholdet af kvælstof igen som følge af stigende tilførsler.

Årgennemsnittet for total kvælstof var 4,2 mg N/l og dermed nogenlunde på niveau med foregående år med tilsvarende nedbørsmængder.

Det meste kvælstof findes som nitrat i Bryrup Langsø. I vinterperioden er nitratkoncentrationen ca. 5 mg N/l. Som følge af mindre tilførsler og en større omsætning reduceres nitratindholdet i løbet af foråret og sommeren til et minimum i september på ca. 0,5 mg N/l.

Generelt er ammoniumniveauet lavt i søen. I sensommeren under stille perioder, hvor iltindholdet i bundvandet nærmer sig nul, kan der dog akkumuleres så store ammoniummængder i bundvandet, at ammoniumkoncentrationen i overfladevandet stiger i kortere perioder.

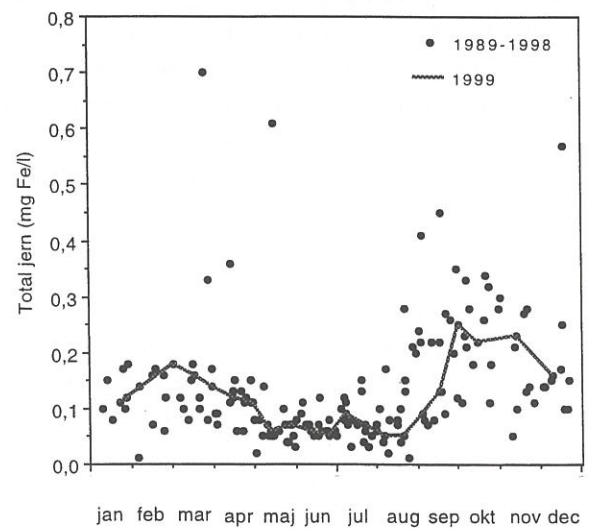
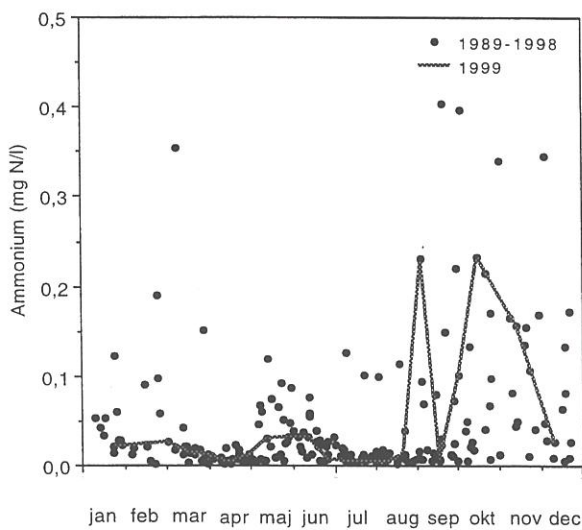
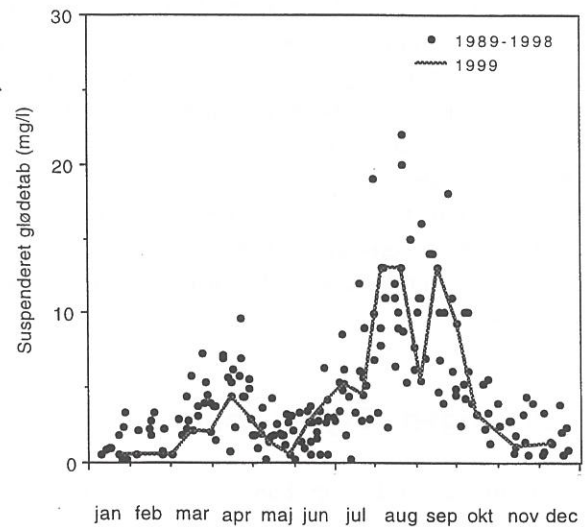
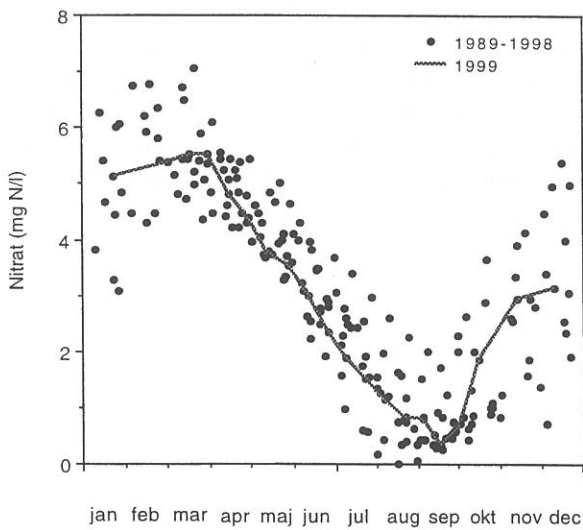
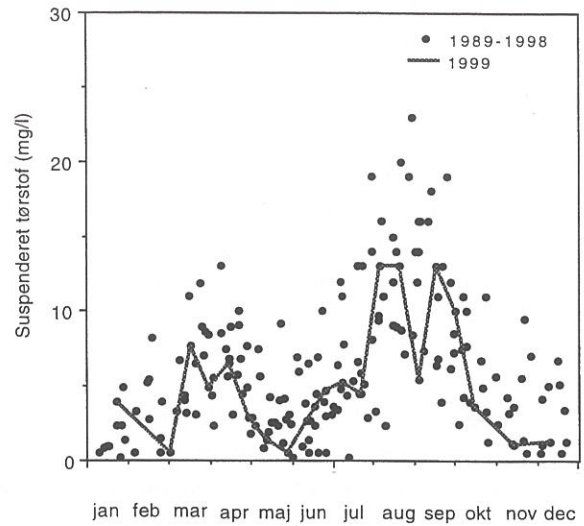
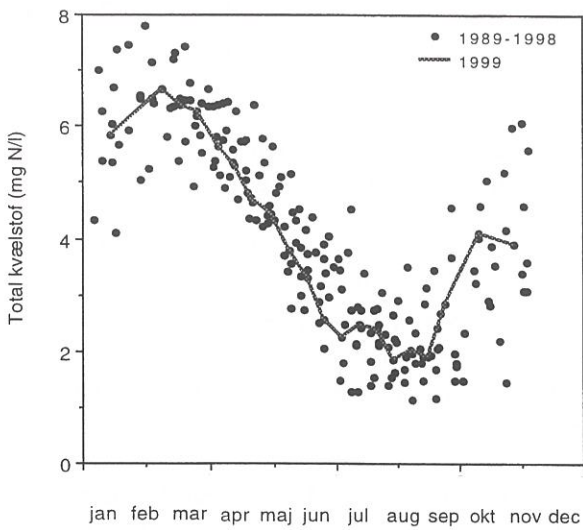


Figur 9

Årstidsvariationen i sigtddybde (øverst), klorofylkoncentration (i midten) og opløst silicium (nederst) i overfladevandet i Bryrup Langsø i 1999 sammenlignet med data for perioden 1989 - 1998.

Figur 10

Årstidsvariationen i total fosfor (øverst), orthofosfat (i midten) og partikulær COD (nederst) i overfladevandet i Bryrup Langsø i 1999 sammenlignet med data for perioden 1989 - 1998.



Figur 11

Årstidsvariationen i koncentrationen af total kvælstof (øverst), nitrat (i midten) og ammonium (nederst) i overfladevandet i Bryrup Langsø i 1999 sammenlignet med data for perioden 1989 - 1998.

Figur 12

Årstidsvariationen i koncentrationen af suspenderet tørstof (øverst), suspenderet glødetab (i midten) og total jern (nederst) i overfladevandet i Bryrup Langsø i 1999 sammenlignet med data for 1989 - 1998.

Dette var tilfældet i 1999, hvor koncentrationen steg til ca 0,2 mgN/l i august og oktober.

Øvrige parametre

Koncentrationen af opløst silicium var generelt lille i den periode fra april til juli, hvor der er kiselalger i søen i betydende mængder. Indholdet af opløst silicium har dog ikke på noget tidspunkt været så lavt, at tilgængeligheden har været begrænsende for kiselalgernes vækst i 1999.

Langt hovedparten af det suspenderede stof i Bryrup Langsø, består af organisk stof, hvorfor koncentrationen af suspenderet stor stort set er den samme som glødetabet.

Det er således i vid udstrækning algerne i vandet, som gør vandet uklart, fremfor ophvirvlet bundmateriale. Den lille sigtddybe i juli og august i 1999 afspejler sig også i et forhøjet indhold af suspenderet stof i disse måneder (max. 20 mg/l). Niveaueet var dog ikke større, end det tidligere er registreret i søen. Det er særligt i august og september, at det suspenderede stof stort set udelukkende udgøres af organiske stoffer. Årsagen er, at blågrønalgerne fuldstændigt dominerer planktonet i denne periode.

Udviklingen i Bryrup Langsø

Fosforniveaueet i Bryrup Langsø er faldet signifikant (lineær regression, $p < 0,05$) gennem de sidste ti år. I 1989 var den gennemsnitlige sommerkoncentration 95 $\mu\text{g P/l}$. I 1999 var gennemsnitskoncentrationen reduceret til 61 $\mu\text{g P/l}$. Klorofylkoncentrationen som et mål for mængden af alger har dog kun vist en faldende tendens (ikke signifikant) og tilsvarende er sigtddyben ikke ændret væsentligt i de ti år. De biologiske forhold i Bryrup Langsø er med andre ord ikke ændret i samme omfang som fosforkoncentrationen.

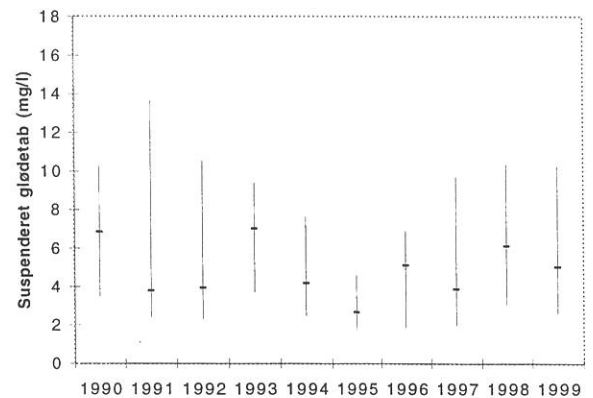
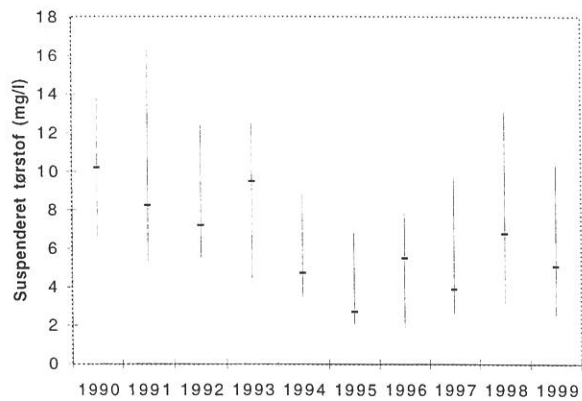
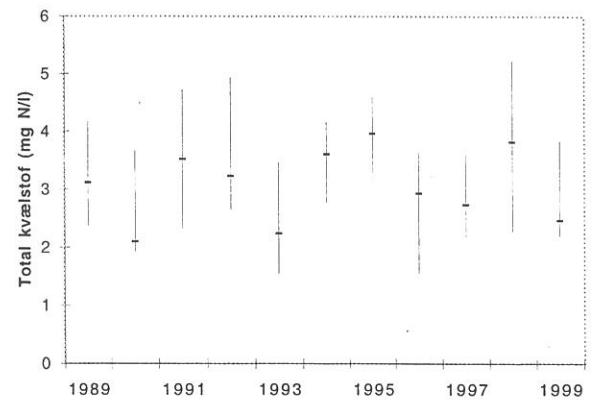
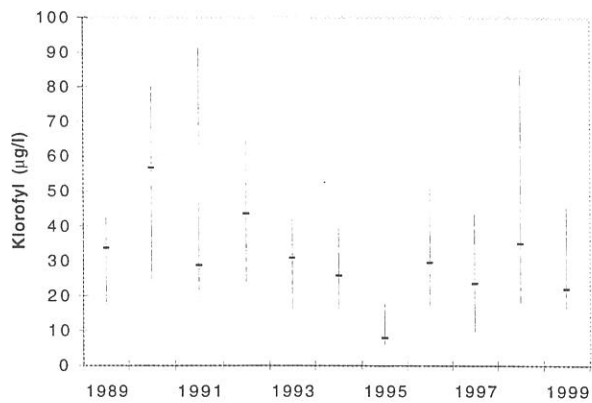
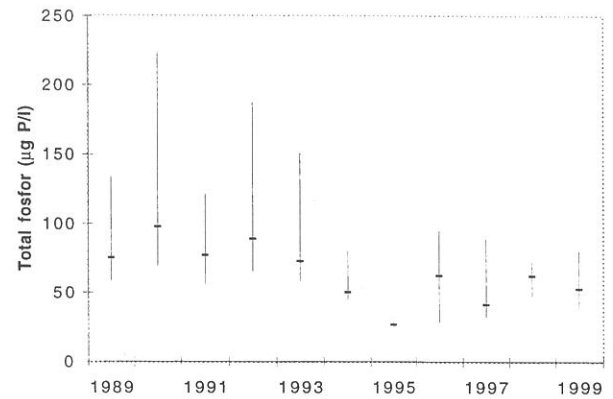
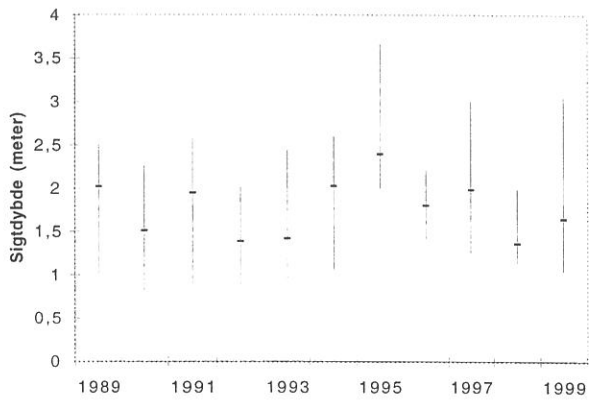
Det skal nævnes, at indholdet af suspenderet tørstof også er reduceret signifikant i perioden 1989 - 1999. Årsagen er dog ikke udelukkende et fald i indholdet af alger/organisk stof, idet det suspenderede glødetab ikke har udvist et tilsvarende signifikant fald i de ti år.

Der er imidlertid ingen tvivl om, at Bryrup Langsø reagerer på et faldende fosforindhold. I 1995 var den gennemsnitlige fosforkoncentration i overfladevandet så lav som 28 $\mu\text{g P/l}$. Det lave fosforindhold resulterede i et signifikant fald i blandt andet klorofylkoncentrationen og en tilsvarende signifikant stigning i sigtddyben til et gennemsnit på 2,8 meter. Siden 1995 er fosforkon-

centrationen steget en smule og med den klorofylkoncentrationen. Dermed er sigtddyben igen reduceret til et gennemsnitligt sommerniveau på ca. 2 meter.

Kvælstofkoncentrationen varierer fra år til år afhængig af den tilførte kvælstofmængde fra oplandet. I våde år med store tilførsler er den gennemsnitlige kvælstofkoncentration relativ høj (3 - 4 mg N/l), medens år med ringe nedbør og små tilførsler medfører en kvælstofkoncentration i søen på i gennemsnit 2 - 3 mg N/l. Da det altså er nedbøren, som i første række regulerer kvælstofniveaueet, har der ikke været nogen udvikling i Bryrup Langsø, hvad kvælstofindhold angår.

Århus Amt har i 1998 og 1999 foretaget målinger af pH og total alkalinitet i Bryrup Langsø ligesom i de foregående overvågningsår. Resultaterne har imidlertid været meget forskellige i forhold til de tidligere års måleserier. Bedømt ud fra de øvrige målte parametre er der ingen indikation på, at pH og total alkalinitet har ændret sig markant i de sidste to år. Resultaterne for pH og total alkalinitet er derfor udeladt i rapporten.



Figur 13

Sommersigtdybde (øverst), klorofylkoncentration (i midten) og koncentrationen af suspendert tørstof (nederst) i Bryrup Langsø i årene fra 1989 til 1999 angivet som median samt 25 og 75 % fraktiler.

Figur 14

Koncentrationen af total fosfor (øverst), total kvælstof (i midten) og suspendert glødetab (nederst) i Bryrup Langsø i årene fra 1989 til 1999 angivet som median samt 25 og 75 % fraktiler.

Sommergennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Suspenderet tørstof (mg/l)		10,6	10,0	10,1	8,9	5,8	3,6	5,2	6,7	8,1	6,4
Suspenderet glødetab (mg/l)		6,9	7,1	7,3	6,7	4,9	3,1	4,7	6,6	7,1	6,4
Partikulær COD (mg/l)	6,1	10,2	8,4	8,2	7,2	6,3	3,5	7,6	7,1	9,6	8,6
Klorofyl (µg/l)	30	65	49	53	29	27	11	35	35	53	31
Sigttybde (m)	2,0	1,8	1,9	1,5	1,8	1,9	2,8	2	2,4	1,8	2,0
pH	8,9	9,1	8,8	8,7	8,6	8,4	8,1	8,3	8,4		
Alkalinitet (mekv/l)	1,51	1,30	1,31	1,38	1,38	1,17	1,28	1,28	1,33		
Total -N (mg N/l)	3,30	2,70	3,51	3,64	2,62	3,58	3,97	2,78	2,94	3,74	2,99
NH4-N (mg N/l)	0,044	0,029	0,024	0,043	0,044	0,026	0,014	0,014	0,085	0,029	0,04
NO3-N (mg N/l)	2,17	1,56	2,37	2,42	1,65	2,63	3,23	1,85	1,92	2,36	1,91
Total P (µg P/l)	95	136	85	116	96	63	28	72	58	59	62
Ortho-P (µg P/l)	14	36	11	21	24	6	3	8	19	10	8
Opløst silicium (mg Si/l)	1,26	2,13	2,24	2,05	1,53	1,73	1,13	1,73	2,17	1,47	2,25
Total jern (mg Fe/l)			0,13	0,21	0,15	0,11	0,08	0,11	0,09	0,10	0,10

Tabel 5

Sommergennemsnit for de målte parametre i overfladevandet i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999.

Årsgennemsnit	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Suspenderet tørstof (mg/l)		7,3	7,8	7,9	7,1	4,9	4,3	3,7	4,1	5,2	4,5
Suspenderet glødetab (mg/l)		4,8	5,3	5,4	4,7	3,3	3,0	3,3	3,9	4,3	3,7
Partikulær COD (mg/l)	4,8	6,3	6,0	6,2	5,1	4,4	3,4	5,2	4,4	6,3	5,1
Klorofyl (µg/l)	20	38	35	38	26	18	16	21	22	30	18
Sigttybde (m)	2,2	2,2	2,0	1,8	1,9	1,9	2,6	2,6	2,8	2,3	2,4
pH	8,4	8,4	8,4	8,3	8,2	7,9	7,9	7,9	7,8		
Alkalinitet (mekv/l)	1,47	1,28	1,27	1,37	1,38	1,18	1,24	1,27	1,35		
Total -N (mg N/l)	3,88	4,13	4,22	4,39	4,60	4,80	4,56	3,66	3,62	4,56	4,2
NH4-N (mg N/l)	0,065	0,049	0,024	0,035	0,057	0,054	0,023	0,050	0,109	0,028	0,052
NO3-N (mg N/l)	2,82	3,04	3,21	3,34	3,66	3,89	3,83	2,83	2,69	3,55	3,21
Total P (µg P/l)	96	129	102	103	104	82	46	62	52	60	68
Ortho-P (µg P/l)	29	56	30	31	42	32	11	19	19	24	28
Opløst silicium (mg Si/l)	2,24	3,58	3,30	2,74	2,19	2,45	1,25	2,71	3,26	2,58	3,33
Total jern (mg Fe/l)			0,15	0,17	0,20	0,16	0,10	0,11	0,13	0,10	0,14

Tabel 6

Årsgennemsnit for de målte parametre i overfladevandet i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999.

Profilmålinger

Temperatur og ilt

Der er målt ilt og temperatur ned igennem vandsøjlen på de samme dage, som der er taget vandprøver. Figur 15 viser temperatur- og iltfordelingen ned igennem søen i 1999.

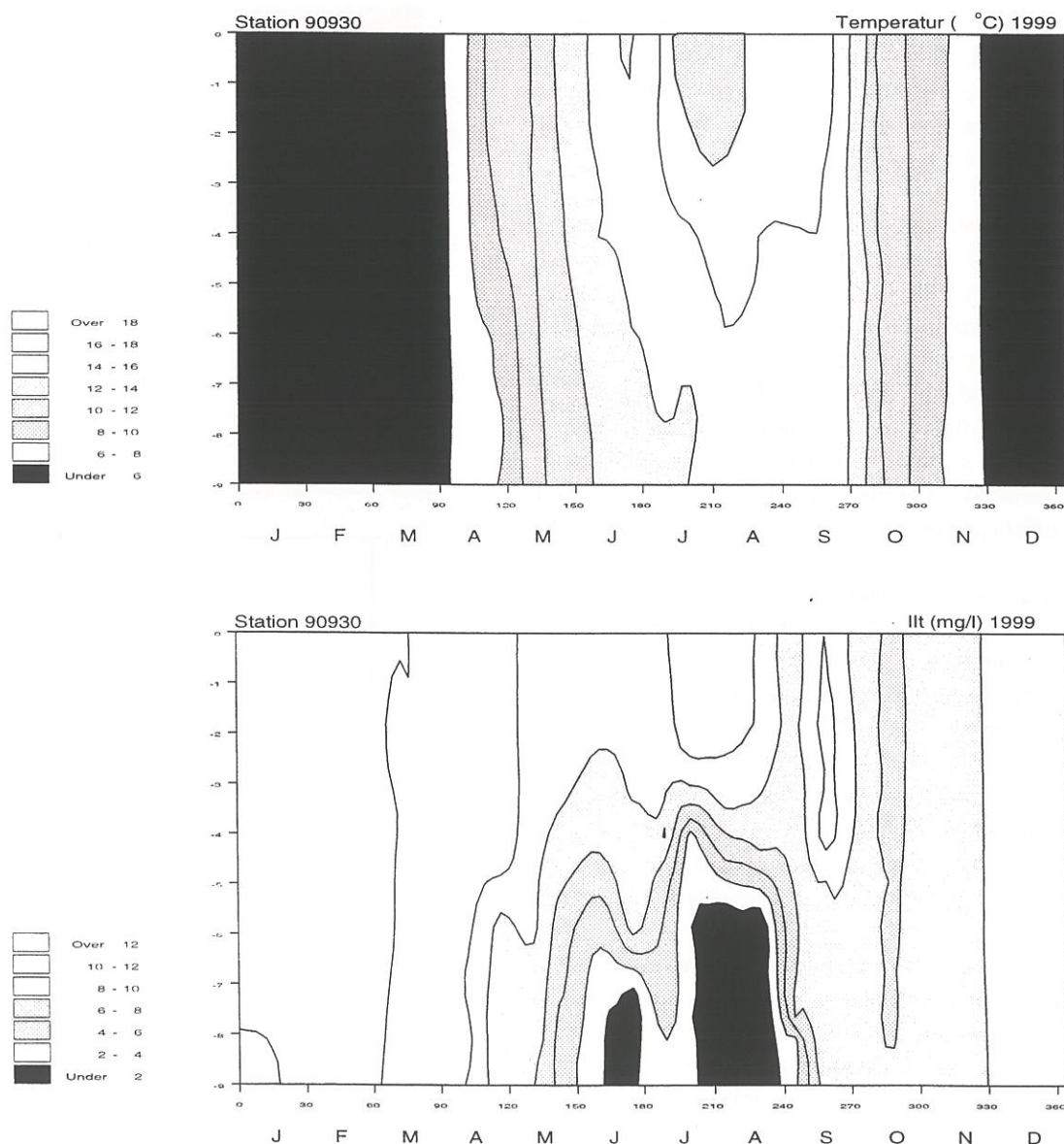
På grund af Bryrup Langsø's øst-vest orientering og et relativt beskedent areal med større dybder, oplever søen kun en egentlig lagdeling i sommerperioder med varmt og stille vejr.

I 1999 var der et svagt springlag i Bryrup Langsø i 2 -3

uger omkring 1. august. I den øvrige del af året var temperaturen nogenlunde den samme i overflade - og bundvand.

På grund af et forholdsvist næringsrigt sediment er omsætningen i sedimentet stor. Derfor sker der et væsentligt iltforbrug i sommerhalvåret og iltindholdet i bundvandet reduceres hen over sommeren, selvom der altså ikke er et stabilt springlag i søen.

I 1999 faldt iltindholdet i bundvandet allerede i slutningen af maj, hvor iltkoncentrationen i 8 meters dybde var ca. 6 mg/l. I starten af juni var koncentrationen omkring 2 mg/l. Dette niveau bestod indtil august, hvor iltkoncentrationen yderligere blev reduceret til 0,5 mg/l



Figur 15

Isopleter over profilmålingerne af temperatur (øverst) og ilt (nederst) i Bryrup Langsø i 1999.

eller mindre. I løbet af september og oktober steg iltindholdet i bundvandet til det samme niveau som i overfladevandet.

Næringsstoffer i bundvandet

Selvom der ikke er et stabilt springlag i Bryrup Langsø gennem hele sommeren adskiller forholdene i bundvandet sig alligevel fra tilstanden i overfladevandet.

Kvælstofkoncentrationen reduceres generelt i søen på grund af en mindre ekstern tilførsel og en kontinuerlig omsætning af ammonium og nitrat til frit kvælstof. Derfor falder indholdet af nitrat i bundvandet voldsomt i løbet af foråret og i slutningen af juli er der stort set ikke mere nitrat tilbage.

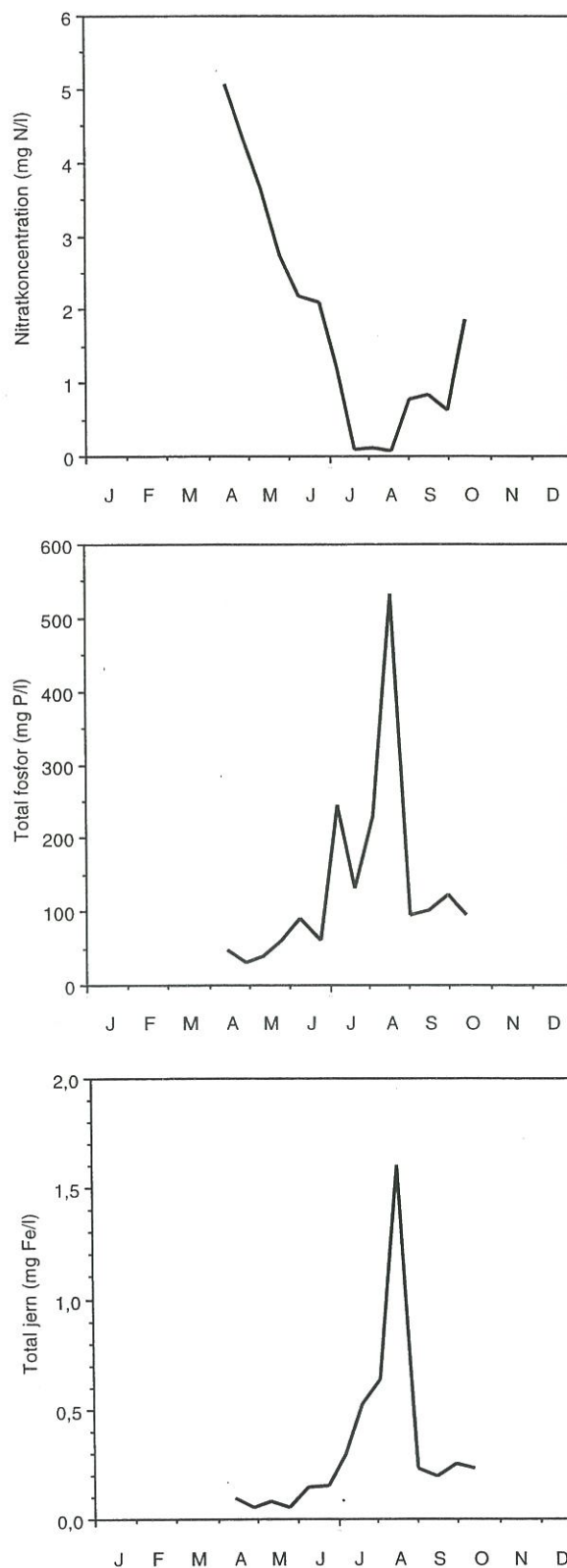
Når både nitrat og iltkoncentration nærmer sig nul, vil negative redoksforhold i og lige over sedimentet medføre en frigivelse af en stor del af de jern-fosforforbindelser, som ellers er bundet i sedimentet. Resultatet er stigende koncentrationer af såvel total fosfor som total jern i bundvandet, som figur 16 viser.

I 1999 var der en mindre fosforfrigivelse i første halvdel af juli, hvor iltkoncentrationen nærmede sig nul i bundvandet, men hvor der fortsat var en vis nitratmængde. Da nitraten i slutningen af juli også var væk, steg fosforfrigivelsen markant resulterende i en fosforkoncentration i bundvandet på mere end 500 µg P/l i midten af august. Opbrydningen af jern-fosforkomplekserne i sedimentet på grund af de negative redoksforhold medførte også stærkt stigende koncentrationer af total jern i bundvandet i august.

I starten af september blev der tilført ilt til bundvandet igen. En stor del af den frigivne fosfor og jern blev atter bundet i sedimentet og såvel fosfor- som jernkoncentrationen i bundvandet blev reduceret til et niveau som i overfladevandet.

Generelt er fosforfrigivelsen blevet mindre i de senere år i Bryrup Langsø. Afhængig af vejrforholdene kan frigivelsen dog variere meget fra år til år. I 1999 var frigivelsen og koncentrationsstigningen forholdsvis stor men altså kortvarig.

En mindre og kortvarig fosforfrigivelse fra sedimentet i eftersommeren er almindelig også i rene søer. Det kan derfor forventes, at der fortsat vil være en vis fosforfrigivelse i søen også når søen er kommet i ligevægt med fosfortilførslerne og tilstanden i øvrigt er blevet bedre, end den er i dag.



Figur 16
Variationen i koncentrationen af nitrat (øverst), total fosfor (i midten) og total jern (nederst) i bundvandet i Bryrup Langsø i 1999.

Intern stofbalance

Fosfortilførslen aftager hen over foråret som følge af en mindre afstrømning fra oplandet. I sommermånederne tilføres der mindre end 50 kg fosfor til søen om måneden. I oktober, november og december steg tilførslen igen i 1999 i takt med en øget afstrømning.

Fosforfrigivelsen fra sedimentet er blevet væsentligt mindre i de senere år. I 1999 blev der i alt frigivet ca. 95 kilo fosfor i august og september. I alle de øvrige måneder var der en netto fosfortilbageholdelse i søen.

Som følge af stigende tilførsler og netto fosforfrigivelse steg fosforkoncentrationen i søvandet i Bryrup Langsø i 1999 i august og september fra et niveau på ca. 40 µg P/l til omkring 100 µg P/l.

Fosforfrigivelsen var større i 1999 end i 1998. Årsagen er en mere normal sommer i 1999 med rolige vejrforhold, som resulterede i perioder med lave iltkoncentrationer i bundvandet i søen, som det er set i de foregående år. 1998 var atypisk, fordi der var rigelige iltmængder i bundvandet stort set hele sommeren på grund af koldt og blæsende vejr.

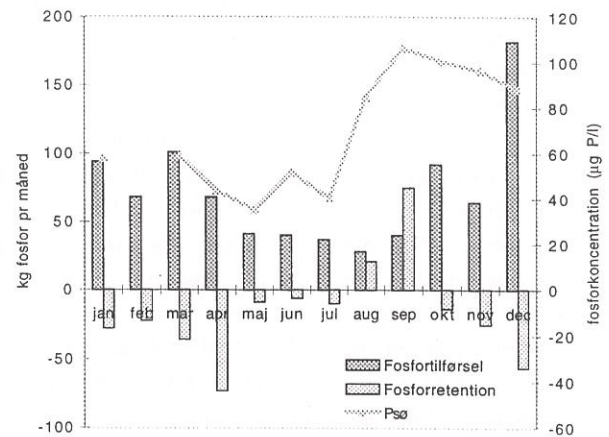
Der er ikke sket væsentlige ændringer i oplandet, så derfor har fosfortilførslen til Bryrup Langsø været nogenlunde den samme i de sidste 10 år dog med variation forårsaget af forskellige nedbørsmængder årene imellem.

Ikke desto mindre er forholdene i søen ændret signifikant med hensyn til fosfortilbageholdelse. På figur 18 og 19 ses det, at der var en beskedne fosfortilbageholdelse indtil 1994 på højst 20 % af den tilførte mængde. Bryrup Langsø reagerede på daværende tidspunkt som en typisk eutrofieret sø, der ikke var i ligevægt med fosfortilførslerne og hvorfra der skete en aflastning af fosforpuljen i sedimentet.

Fra 1995 er der imidlertid sket en markant ændring i aflastningsforholdene i søen. Der har i de senere år været en fosfortilbageholdelse på 40 - 50 % af tilførslerne (i 1999 dog ca. 30 %) og tilbageholdelseskoefficienten er nu større end den, som kan beregnes som en ligevægtssituation.

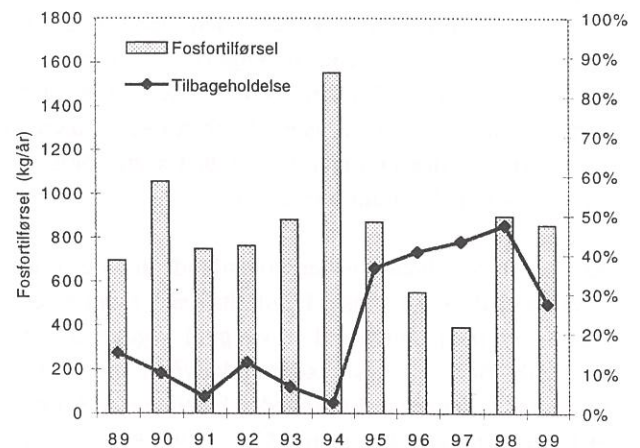
Der er ikke nogen indlysende forklaring på dette skifte i sedimentations- og aflastningsforholdene i søen og det meget kraftige skifte i retentionsforholdene skal sandsynligvis forklares ved en kombination af flere faktorer, som dels er relateret til næringsstoffdynamikken i søen dels til den biologiske struktur.

Jerntilførslen og jernbalancen for søen har en effekt på retention mv. På figur 19 er den årlige fosforretention sammenholdt med den årlige jerntilbageholdelsen i



Figur 17

Den månedlige fosfortilførsel og fosforbalance (tilbageholdelse/-frigivelse) samt fosforkoncentrationen i søvandet i Bryrup Langsø i 1999.



Figur 18

Den årlige fosfortilførsel og fosfortilbageholdelse fra 1989 til 1999 i Bryrup Langsø.

Bryrup Langsø. I 1994 skete der et skifte i jernbalancen i søen. Blandt andet som følge af en væsentlig større tilførsel end tidligere steg tilbageholdelsen i absolutte mængder markant fra et niveau omkring eller mindre end 0,5 ton om året til 2,0 - 2,5 ton pr år. Den store stigning i jerntilførslerne er i øvrigt ikke umiddelbar forklarlig. Som det fremgår af figuren, steg fosfortilbageholdelsen markant i det følgende år (1995) fra en tilbageholdelse på ca. 5 % af tilførslerne til ca. 40 %.

En forklaring på den forøgede fosforretention er sandsynligvis den forøgede jerntilførsel og jerntilbageholdelse, som har øget fosforbindingskapaciteten i sedimentet.

På figur 20 er den arealrelaterede fosfor- og jerntilbageholdelse sammenholdt. Ikke for de samme år men derimod således, at jerntilbageholdelsen i 1994 er sammenholdt med fosforretentionen i 1995 osv. Dette er gjort ud fra den antagelse, at en given jerntilførsel først vil forøge fosforbindingskapaciteten det følgende år. En sådan forsinket effekt vil særlig være gældende i en periode umiddelbar efter en stigning i jerntilførslen og indtil en jernpulje er opbygget i sedimentet.

I 1994 var der som nævnt en stor jerntilbageholdelse men endnu kun en meget lille fosfortilbageholdelse. I 1995 var der øjensynligt opbygget en vis jernpulje i de øvre sedimentlag, som kunne tilbageholde en stor fosformængde. Tilsvarende er der i de følgende år været tilstrækkelige jernmængder til en forholdsvis stor fosfortilbageholdelse.

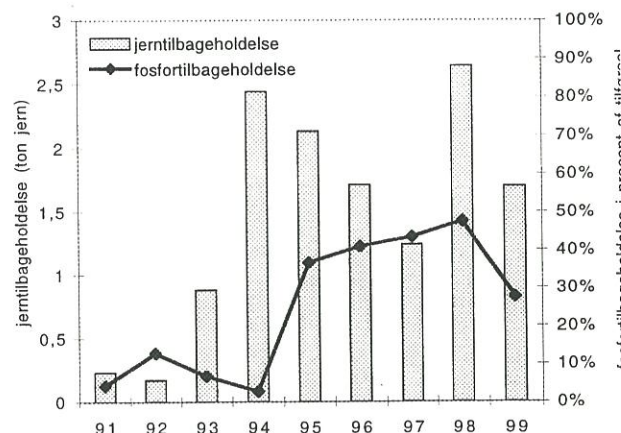
En ændret fiskesammensætning imod færre planktivore fisk vil flytte omsætningen i søen fra vandfasen med det planktivore fytoplankton som den største primærproducent til sedimentoverfladen, hvor bentiske alger i højere grad vil stå for primærproduktionen. Herved tilføres sedimentoverfladen større iltmængder og fosfortilbageholdelsen forøges. Det kan ikke afvises, at en medvirkende årsag til den forøgede fosfortilbageholdelse er en ændring af den biologiske struktur i søen - herunder en ændring i fiskesammensætningen.

Kvælstoftilbageholdelsen er nogenlunde ligelig fordelt over året i Bryrup Langsø. I vinterhalvåret er tilførslerne størst men temperaturen til en vis grad begrænsende for den bakterielle proces. I sommerhalvåret er temperaturen højere og proceshastigheden hurtigere, til gengæld er tilførslerne knapt så store. Alt i alt var kvælstoftilbageholdelsen 2 - 3 ton om måneden i de fleste måneder i '99.

Den arealrelaterede kvælstoftilbageholdelse var 268 mg/m²/d i 1999 og dermed væsentligt over det niveau, som de øvrige søer i Vandmiljøplanens overvågningsprogram ligger på.

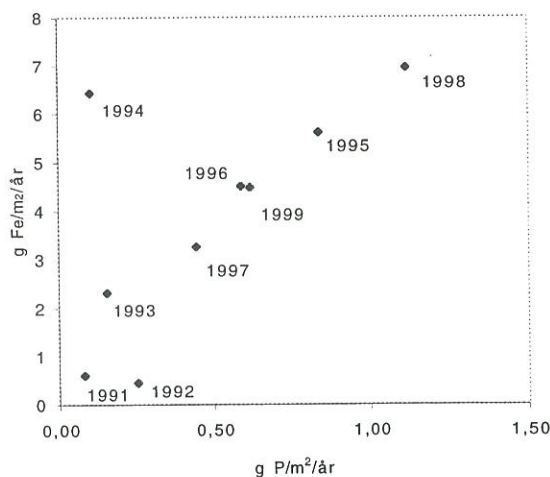
Figur 21

Den månedlige kvælstoftilførsel, kvælstoftilbageholdelse og kvælstofkoncentration i Bryrup Langsø i 1999.



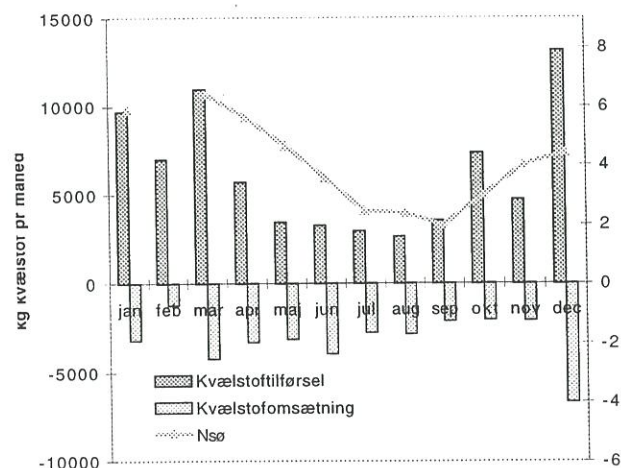
Figur 19

Jerntilbageholdelse (i absolutte mængder) og fosfortilbageholdelse (i procent af tilførslen) i Bryrup Langsø fra 1991 til 1999.



Figur 20

Den arealrelaterede fosfortilbageholdelse (angivet med årstal) sammenholdt med det forrige års arealrelaterede jerntilbageholdelse.



Vandkemiske sammenhænge

Det er velkendt at sigtddyden i søer indirekte reguleres af næringsstofniveauet og for de fleste danske søers vedkommende af fosforkoncentrationen.

I Bryrup Langsø er den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommermånederne reduceret fra et niveau omkring 150 µg P/l omkring 1990 til 50 µg P/l eller lavere i de senere år. Som en konsekvens af det lavere næringsstofniveau er sigtddyden steget (figur 22 øverst).

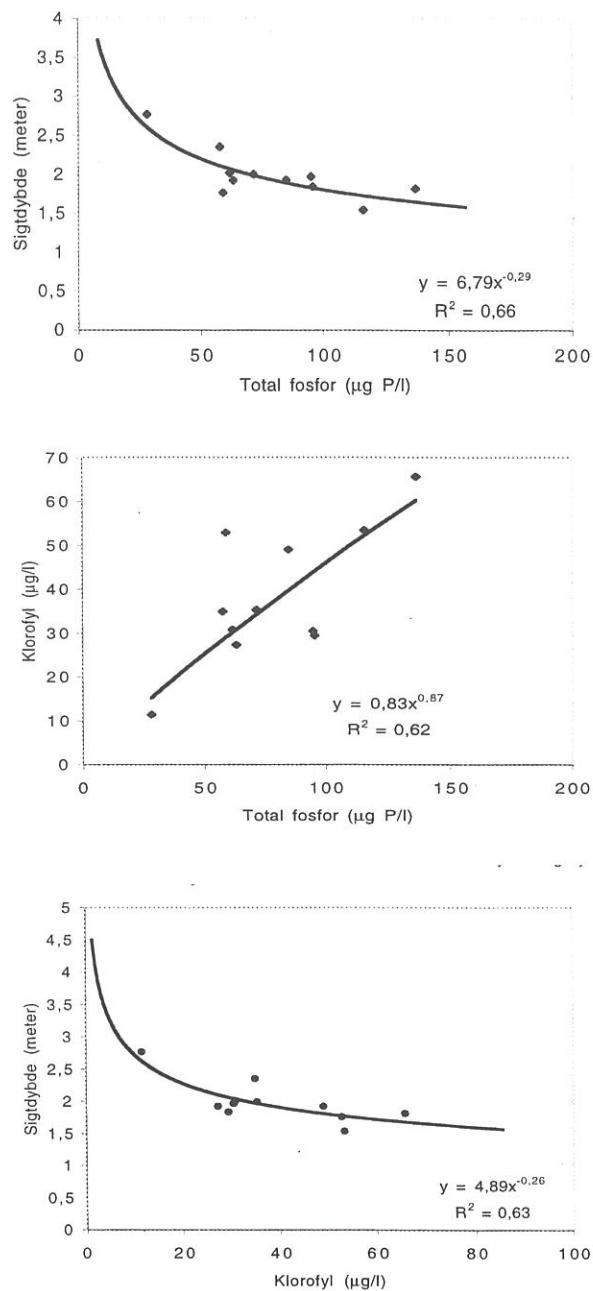
Den præsenterede relation mellem total fosfor og sigtddyde i Bryrup Langsø viser, at den reduktion i fosforkoncentrationen, som er sket i de seneste ti år, har medført en svagt stigende sigtddyde. Der er dog ikke tale om markante ændringer i sigtddydeforholdene. En yderligere reduktion i indholdet af fosfor til 25 - 30 µg P/l eller mindre vil til gengæld medføre en dramatisk stigning i sigtddyden til et sommergennemsnit på 3 meter eller mere, som det var tilfældet i 1995.

Det er ikke overraskende først og fremmest klorofylkoncentrationen som et mål for mængden af alger i søen, som reguleres, når fosforkoncentrationen falder. I Bryrup Langsø er klorofylniveauet reduceret fra 60 - 70 µg/l, da fosforkoncentrationen var omkring 150 µg P/l til så lavt som 12 µg/l i 1995, hvor den gennemsnitlige fosforkoncentration var ca. 25 µg P/l.

Sammenhængen på figur 22 (i midten) viser, at en reduktion i fosforkoncentrationen i søen vil medføre en mindre algemængde.

Figur 22 (nederst) præsenterer relationen mellem klorofylkoncentration og sigtddyde i Bryrup Langsø. Den reduktion i fosforkoncentrationen, som er sket og som har medført et fald i indholdet af klorofyl til ca. 30 µg/l i 1999, har som nævnt kun resulteret i en beskeden stigning i sigtddyden fra lidt under til lidt over 2 meter som et sommergennemsnit. De 12 µg klorofyl/l i 1995 gav derimod en gennemsnitlig sommersigtddyde på 2,8 meter og yderligere reduktioner i klorofylmængden vil, som figur 22 (nederst) viser, resultere i en kraftig stigning i sigtddyden.

De præsenterede relationer viser, at tilstanden i Bryrup Langsø langsomt bliver bedre i takt med, at fosforkoncentrationen reduceres. Halveringen af fosforniveauet fra ca. 150 µg P/l til 60 - 70 µg har imidlertid "kun" forårsaget en forøgelse af sigtddyden med omkring 0,5 meter. Yderligere reduktioner i fosforniveauet vil give væsentlig større sigtddyde. Et gennemsnitligt fosforniveau på omkring 25 µg P/l eller nogenlunde som i 1995 vil således resultere i en sigtddyde på ca 3 meter eller én meter mere end i 1999.



Figur 22
Sammenhængen mellem sommergennemsnit af total fosfor og sigtddyde (øverst), total fosfor og klorofyl (i midten) og klorofyl og sigtddyde (nederst) i Bryrup Langsø. Data fra 1989 til 1999.

Fyto- og zooplankton

Fytoplankton

Fytoplanktonet i Bryrup Langsø blev undersøgt 16 gange i løbet af 1999. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

Figur 23 viser fytoplanktonbiomassen fordelt på grupper i årene fra 1989 til 1999.

Generelt er fytoplanktonet domineret af kiselalger i første halvdel af året og af blågrønalger i anden halvdel. Der er dog også en mindre biomasse af rekyalger, furealger og andre grupper i løbet af året. Sammenlignet med kiselalgerne og blågrønalgerne har disse grupper dog ikke nogen væsentlig betydning i søen.

Siden 1997 og særligt i 1998 har der været en meget kraftig opblomstring af blågrønalger i august måned.

Årstidsvariation

Fytoplanktonets variation i Bryrup Langsø igennem året forekommer at være ændret i de senere år. Tidligere havde fytoplanktonet to maksima. Et i foråret og et i sensommeren. I foråret bestod fytoplanktonet næsten udelukkende af kiselalger, medens sensommeropvæksten hovedsagligt bestod først af blågrønalger siden af kiselalger.

I de sidste tre år er denne fordeling over året ændret, således at kiselalgernes forårsopblomstring er blevet

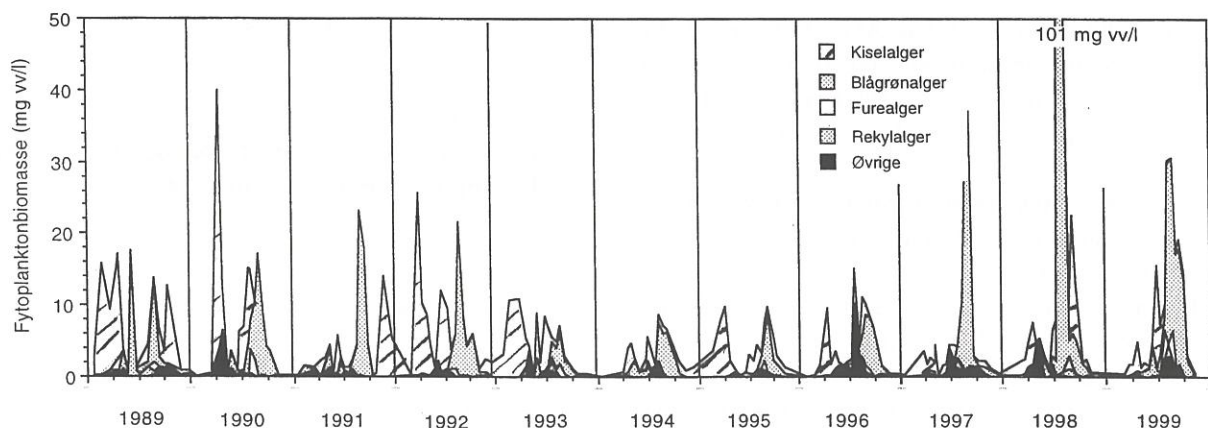
væsentlig mindre, men til gengæld har blågrønalgerens maksimum i sensommeren været større end tidligere set.

I 1998 var der en meget kraftig opvækst af blågrønalger i sensommeren med et maksimum på 105 mg vv/l udelukkende bestående af blågrønalgen *Anabaena planctonica*. Den meget kraftige opblomstring af blågrønalger aftog hurtigt igen og tre uger senere i slutningen af august var der stort set ingen blågrønalger i søen. I stedet var der en forholdsvis kraftig opvækst af kiselalger fortrinsvis *Stephanodiscus neoastrea*. I 1999 udgjorde *A. planctonica* også hovedparten af blågrønalgerne i søen i august måned. I 1999 var der ikke nogen nævneværdig opblomstring af kiselalger i september og *S. neoastrea* blev slet ikke registreret i søen i denne periode i modsætning til 1998.

Udvikling

I de sidste tre år har kiselalgernes forårsopblomstring været meget beskedent. I juni og juli er der normalt ikke så mange alger i vandet, medens sensommeren og særligt august ofte har store fytoplanktonbiomasser fortrinsvis bestående af blågrønalger.

Siden 1997 har der som nævnt været en meget kraftig opblomstring af blågrønalger i sensommeren, som har resulteret i en væsentligt større gennemsnitlig biomasse i Bryrup Langsø beregnet for sommerperioden (figur 24).



Figur 23

Fytoplanktons årstidsvariation i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999 fordelt på grupper.

Der har været tale om forholdsvis korte men store opblomstringer af blågrønner. Opblomstringerne influerer kraftigt på den gennemsnitlige biomasse, men der har altså ikke været tale om en generel markant forøgelse af fytoplanktonbiomassen hen over sommeren.

Der er ikke sket markante skift i sammensætningen af fytoplanktonet i Bryrup Langsø på gruppeniveau sammenlignet med tidligere (se bilag for artsliste mm.). Figur 25 viser den relative fordeling af de forskellige fyto-planktongrupper. Kiselalgerne relative betydning varierer fra år til år og har i de sidste 2 - 3 år været på nogenlunde det samme niveau som i starten af 1990'erne. Det er videre som om, der er en tendens til, at blågrønnerne udgør en større andel af fytoplanktonet end tidligere. I den forbindelse er det andre arter af blågrønner, der nu dominerer i den kraftige opblomstring i sensommeren. Tidligere dominerede forskellige *Microcystis*-arter. Disse arter er fortsat i søen, men nu dominerer forskellige *Anabaena*-arter og altså primært *Anabaena planctonica*.

Den ændrede artssammensætning blandt blågrønnerne kan være forklaringen på den voldsomme men kortvarige opvækst af blågrønner i sensommeren fremfor den noget mindre men længerevarende, som tidligere er set i søen.

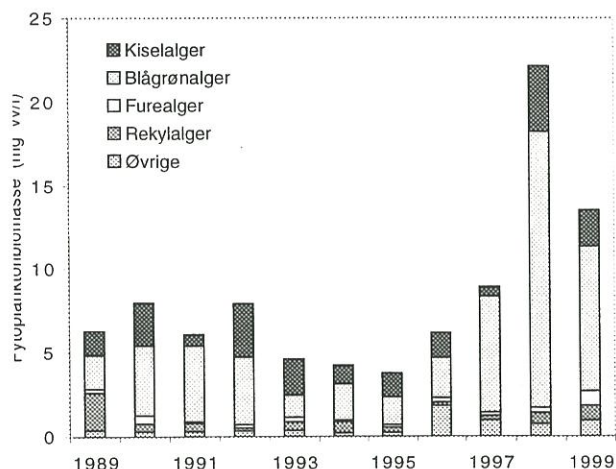
Spørgsmålet er så, hvorfor det nu er andre blågrønner, der dominerer. Det er vist (bl.a. Kristensen m.fl. 1991) at *Anabaena*-arter forekommer i søer med lavere fosforniveau end *Microcystis*-arter gør. Den ændrede artssammensætning i Bryrup Langsø supplerer således den reduktion i næringsstofniveau, som er sket i søen i 1990'erne

Fytoplankton og vandkemi

Det er tidligere, vist (Århus Amt, 1996) at en total fosforkoncentration på mindre end 50 - 60 µg P/l i sommerperioden vil resultere i en sigtddybe på mere end 2 meter i Bryrup Langsø med de biologiske forhold, som er i søen.

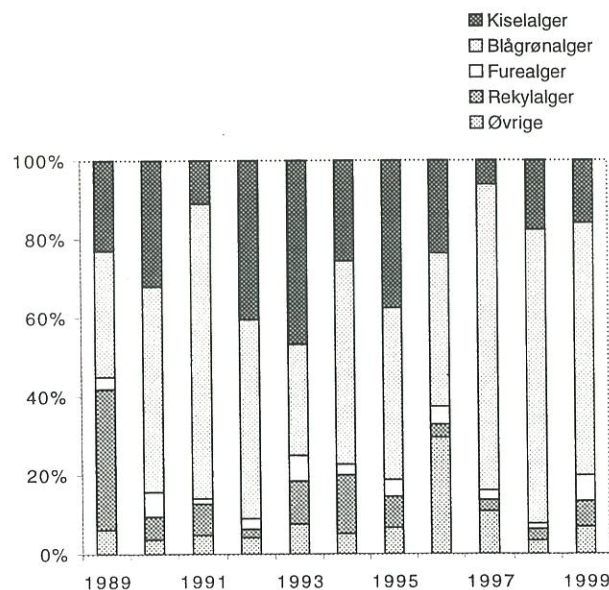
Som nævnt er fosforkoncentrationen i Bryrup Langsø blevet mindre siden 1980'erne men dog med en stigende tendens i de sidste par år.

I de senere år har Bryrup Langsø haft en fosforkoncentration på ca. 70 µg P/l og en gennemsnitlig sommer-sigtddybe på omkring 2 meter. Forholdene i søen er således generelt blevet en smule dårligere end specielt i 1995. I 1995 var den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommerhalvåret 28 µg P/l og den gennemsnitlige sigtddybe med 2,8 meter - altså næsten en meter mere



Figur 24

Den gennemsnitlige sommerbiomasse for fytoplanktonet i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999 fordelt på gruppeniveau.



Figur 25

Fytoplanktonets relative fordeling på gruppeniveau i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999.

end såvel i årene før som efter 1995.

Der er naturligvis en række andre faktorer udover fosforkoncentrationen, som medvirker til reguleringen af fytoplanktonet.

Der kan imidlertid ikke påvises nogen sammenhæng mellem fosforniveau eller nogen anden kemisk parame-

ter og størrelsen af opblomstringen af de forskellige fytoplanktongrupper. En af forklaringerne herpå er, at det i vid udstrækning er de biologiske forhold i søen, som er bestemmende for størrelsen og varigheden af algerne forekomst.

Det er i den forbindelse nævnt, at den kraftige opblomstring af blågrønner af slægten *Anabaena* sandsynligvis skyldes en reduceret fosforkoncentration i søen. Yderligere reduktioner i fosforniveauet vil dels påvirke sammensætningen af fytoplanktonet, men vil også reducere den samlede biomasse med klarere vand til følge.

Zooplankton

Zooplanktonundersøgelserne i Bryrup Langsø er foretaget efter DMU's vejledning (Hansen et al., 1992).

Zooplanktonet blev indsamlet på 3 stationer, der ligger indenfor 70 - 90 % grænserne på hypsografen. På de enkelte stationer er der udtaget prøver fra 0,5+2+4+6 m. Prøverne er siden puljet og oparbejdet som vejledningen foreskriver. En nærmere beskrivelse kan findes i bilag.

Zooplankton i 1999

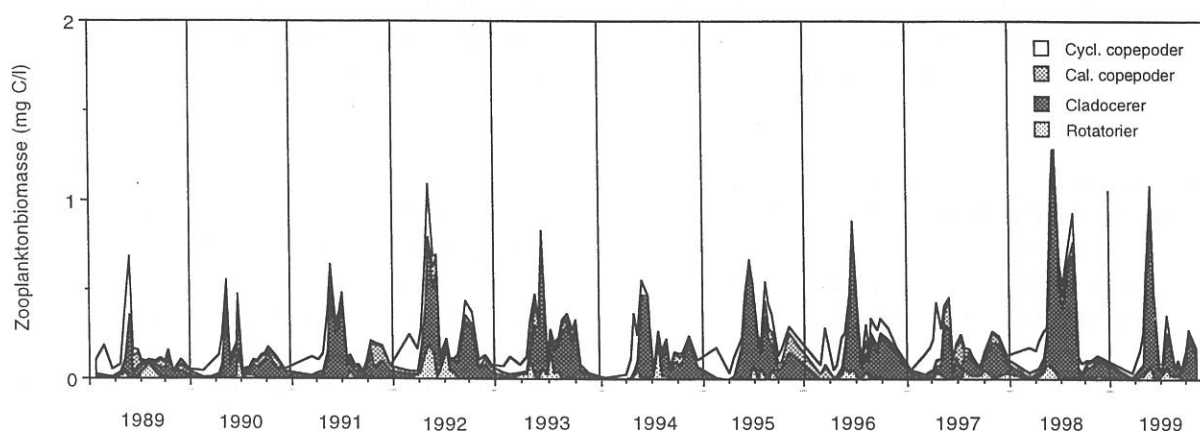
Zooplanktonet domineres i den største del af året fortsat af *Daphnia*-arter. Sammenlignet med de foregående "overvågningsår" (figur 26) var cladoceer-biomassen større i 1999.

Hovedparten af zooplanktonet i årets første måneder består dog af copepoder. I Bryrup Langsø var der en mindre biomasse af først og fremmest cyclopoide copepoder (forsk. *Cyclops* arter) specielt i marts og april.

Der var også en lille biomasse af *Bosmina*-arter i forårsmånederne. Biomassen var dog beskedent og betydningen i søen tilsvarende lille.

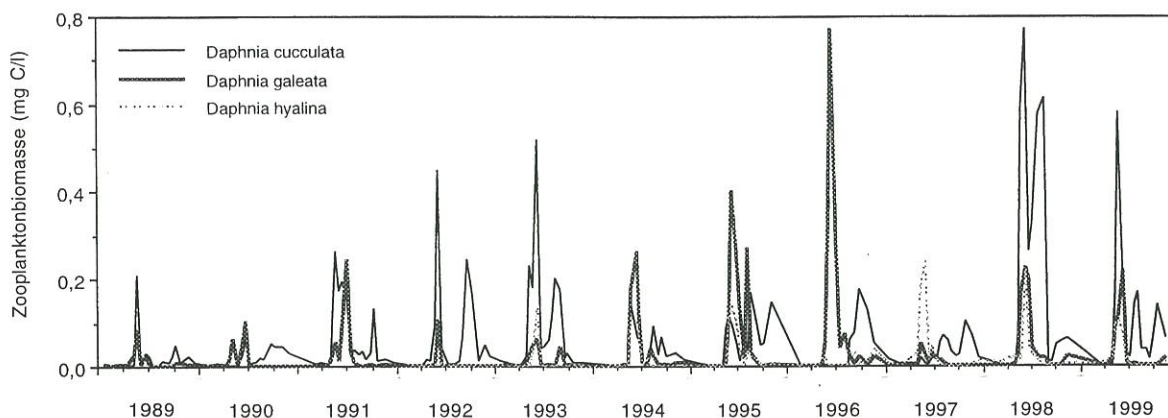
Om sommeren fra juni til september dominerer de større dafnie-arter og specielt *Daphnia cucculata* og *D. galeata*. Sådan har det mere eller mindre været i alle ti overvågningsår siden 1989.

Sammensætningen varierer dog fra år til år. Figur 27 viser at *D. cucculata* og *D. galeata* hver i sær dominerer i forskellige år. Umiddelbart er der ikke en entydig forklaring på dominans af den ene art fremfor den anden. Det er derfor muligt, at den art, der får "bedst



Figur 26

Zooplanktons årstidsvariation i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999 fordelt på grupper.



Figur 27

Biomassen af de væsentlige Daphnia-arter i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999.

fat" i det enkelte år, ganske enkelt vil dominere på bekostning af andre Daphnia-arter

Udvikling

Zooplanktonbiomassen har generelt haft en stigende tendens i Bryrup Langsø i de seneste år. Sammensætningen på gruppeniveau er nogenlunde den samme fra år til år, hvorimod arternes dominans indenfor den enkelte gruppe som nævnt kan variere fra år til år.

Der kan være flere forklaringer på den stigende zooplanktonbiomasse.

Predation fra fisk på dyrplanktonet har en væsentlig indflydelse på zooplanktonets biomasse. Hvorvidt en ændret fiskebiomasse kan have en betydning for den større zooplanktonbiomasse kan ikke umiddelbart afgøres. Siden 1998 er der ganske vist lavet fiskeyngelundersøgelser (se senere) i Bryrup Langsø. Da disse undersøgelser kun er foretaget i to år, er materialet endnu for spinkelt til en belysning af fiskeyngelens predation på zooplanktonet.

Den kraftige opblomstring af fytoplankton (dog primært blågrønalg, som ikke er så god en fødekilde), som har været i de seneste somre, kan have medført bedre betingelser for zooplanktonet. Den stigende zooplanktonbiomasse kan altså være fødebetinget.

Græsning

Størstedelen af zooplanktonet er filtratorer, som lever af alger og bakterier, og derfor kan en teoretisk beregnet fødeoptagelse for zooplanktonet belyse gruppens indvirkning på fytoplanktonet.

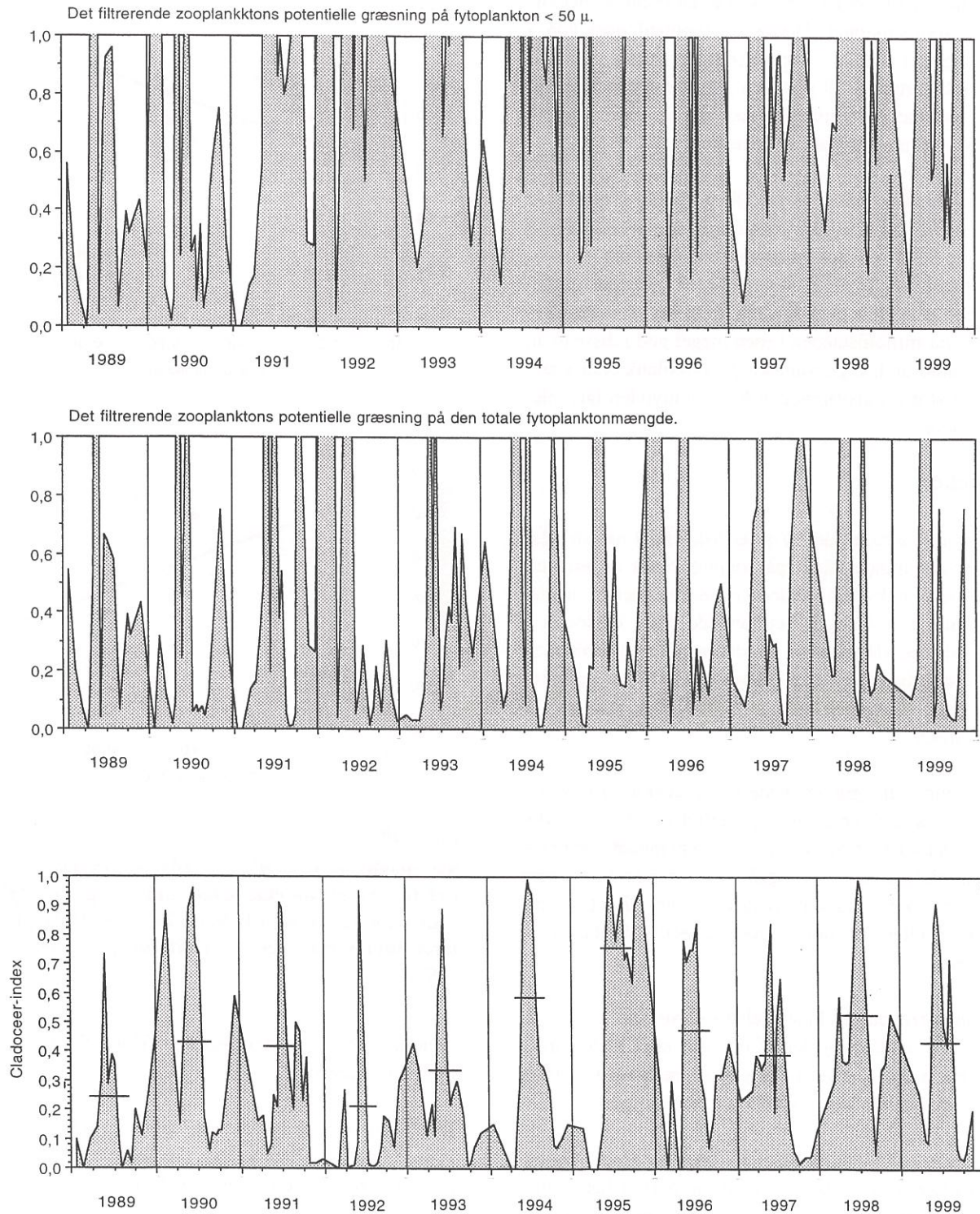
Generelt optager det filtrerende zooplankton (hjuldyr men ikke rovhjuldyr, cladoceer men ikke rovdafnier, calanoide copepoder, cyclopoide copepoder og nauplier) bedst fødeemner $< 50 \mu\text{m}$. Fødeoptagelsen beregnes ud fra de enkelte grupperes energibehov pr. dag under optimale forhold og antages at være 200 % for hjuldyr, 100 % for cladoceer og 50 % for copepoder. Ved lave fødekonzentrationer mindre end 0,2 mg C/l nedsættes dyrenes fødeoptagelse og da vil en korrektion af fødeoptagelsen være nødvendig (jvf. Hansen et al., 1992).

På figur 28 er præsenteret det filtrerende zooplanktons potentielle græsning på henholdsvis den samlede fytoplanktonbiomasse og på fytoplankton mindre end $50 \mu\text{m}$ i Bryrup Langsø i perioden 1989 til 1999.

Zooplanktonet spiser fortrinsvis små alger. Det fremgår også tydeligt af figur 28, at den potentielle græsning er væsentlig større på fytoplankton mindre end $50 \mu\text{m}$ end på den samlede fytoplanktonbiomasse.

Generelt er zooplanktonet ikke i stand til at kontrollere fytoplanktonet i årets første kvartal i Bryrup Langsø. I maj/juni efter fytoplanktonets forårsopblomstring stiger zooplanktonbiomassen og indtil juli er den potentielle græsning på fytoplankton større end 100 %.

I juli og august falder zooplanktonets evne til at kontrollere fytoplanktonbiomassen igen. Fytoplanktonet består som tidligere gennemgået i juli og august primært af

**Figur 28**

Det filtrerende zooplanktons potentielle græsning på fytoplankton < 50 μ m (øverst) og på den totale fytoplanktonbiomasse (i midten) samt cladoccer-indekset i Bryrup Langsø fra 1989 til 1999.

blågrøn-alger i kolonier, som ikke er en optimal fødekilde for zooplanktonet. Derfor er zooplanktonet kun i mindre grad i stand til at regulere fytoplanktonet og kun de mindre arter $< 50 \mu\text{m}$ men ikke de større blågrøn-alger, som har været tilstede i søen i sensommeren i forholdsvis store mængder i de seneste år.

Der er ikke den samme potentielle græsning i søen fra år til år. I 1989 og 1990 var græsningen forholdsvis lille. I 1994 og 1995 var der en meget høj græsning og zooplanktonet var i stand til at kontrollere fytoplanktonbiomassen i store dele af sommeren. Som det er nævnt flere gange, var miljøtilstanden i søen meget god i disse to år. I de senere år har græsningen på fytoplanktonet været knap så stor og tilsvarende er bl.a. sigtddyben igen blevet mindre.

Predation

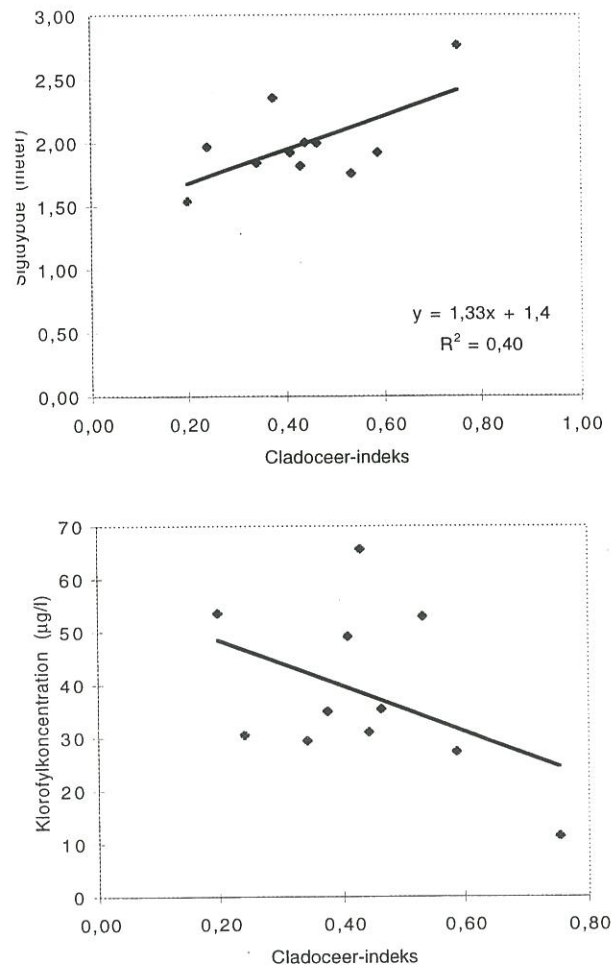
Traditionelt antages det, at årets fiskeyngel har en væsentlig regulerende effekt på zooplanktonet og primært på de større individer. Cladoceer-indekset, der er antallet af dafnier i forhold til det samlede antal cladoceer i søen, kan belyse fiskenes predation på zooplanktonet, netop fordi fiskene primært spiser de større zooplanktonindivider. En kraftig predation vil således resultere i et lavt indeks.

Det fremgår af figur 28 (nederst), at cladoceer-indekset varierer fra år til år: I 1994 og særligt i 1995 var cladoceer-indekset højt og som netop gennemgået var græsningen på fytoplanktonet også stor i disse år. I de senere år er cladoceer-indekset reduceret igen til et niveau omkring eller en smule over niveauet i starten af 1990'erne.

Forklaringen på det højere cladoceer-indeks i visse år kan være, at fiskeyngelen af den ene eller anden årsag ikke har været i stand til at græsse bestanden af store zooplanktonarter ned i så høj grad som tidligere.

Resultatet har været, at zooplanktonet har græsset specielt det mindre fytoplankton hårdt og delvist har forhindret en større opvækst af små fytoplanktonarter. Det større fytoplankton har i højere grad været i stand til at klare sig, men også her har zooplanktonet udgjort et pres "fra oven", som har medvirket sammen med reducerede fosforkoncentrationer i overfladevandet til at holde den samlede fytoplanktonbiomasse nede.

Sammenhængen mellem det gennemsnitlige cladoceer-indeks for sommeren og den gennemsnitlige sommersigtddybde er vist på figur 29 - øverst - og cladoceer-



Figur 29

Sammenhængen mellem cladoceer indeks og sigtddybde (øverst) og cladoceer -indeks og klorofylkoncentration (nederst) i Bryrup Langsø . Data præsenteret som sommergennemsnit for perioden 1989 - 1999.

indekset og den gennemsnitlige klorofylkoncentration figur 29 - nederst.

Det fremgår også her, at der er en top-down effekt i Bryrup Langsø, således at klorofylkoncentrationen reduceres og sigtddyben stiger med stigende cladoceerindeks.

'Det kan konkluderes, at de biologiske forhold i søen - herunder såvel biomassen og sammensætningen af zooplanktonet som fiskenes predation på zooplanktonet - har en væsentlig regulerende effekt på sigtddyben i søen.

Fiskeyngel

Årsynglen kan udøve et stort græsningstryk på zooplanktonet. Forskellige zooplanktonmængder kan påvirke miljøtilstanden gennem en indflydelse på først og fremmest mængden af alger og dermed sigtddyben i søen. For at kunne forklare udviklingen i miljøtilstanden kan det derfor være nødvendigt at kende årsyngelens størrelse.

Fiskeyngelundersøgelser er derfor medtaget i Vandmiljøplanens overvågningsprogram som en obligatorisk del af søundersøgelserne fra 1998.

Der er udarbejdet en anvisning vedrørende fiskeyngelundersøgelser i søer (Lauridsen, T.L. et al, 1998), som fiskeyngelundersøgelserne i Bryrup Langsø er udført efter.

Formålet med fiskeyngelundersøgelserne er at beskrive fiskenes og fiskeyngelens rolle som strukturerende element for dyreplankton- og fytoplanktonsammensætningen og dermed på miljøkvaliteten, at supplere den nuværende fiskeundersøgelse med viden om fiskeyngelens antal og sammensætning og at beskrive år til år variationerne i årsynglen.

Det er klart, at referencerammen for disse yngelundersøgelser er beskeden i programmets første år. Derfor vil 1999-undersøgelserne kort blive beskrevet og sammenlignet med yngelundersøgelserne i 1998.

En egentlig analyse af data vil først ske, når materialet tillader det.

Erfaringerne fra fiskeyngelundersøgelser i danske og udenlandske lavvandede søer er, at der kan være en meget varierende fangst fra sø til sø. Afgørende for fangsten er, om søen er dyb eller lavvandet og om der er undervandsvegetation i den lavvandede sø.

Bryrup Langsø er en lavvandet sø stort set uden undervandsvegetation og derfor kan det forventes, at der vil være mest yngel i littoralzonen, som primært vil bestå af skaller. I pelagiet er der noget mindre fiskeyngel bestående fortrinsvis af aborrer.

Resultater

Søen inddeles i 6 sektioner, hvori der fiskes i to transekter i henholdsvis littoralzonen og i pelagiet (tabel 7).

I 1998 blev der i pelagiet kun fanget i alt 7 stk fiskeyngel. 1 skalleyngel og 6 stk aborre yngel. Den samlede fangst var 0,06 pr m^3 . I littoralen blev der fanget 898 stk skalleyngel og bare en enkelt aborre yngel. Den samlede fangst i littoralzonen var 7,51 pr. m^3 . Det skal bemærkes, at mere end 95 % af skalleyngelen blev fanget i en sektion.

I 1999 var fangsten væsentlig anderledes fordelt. I pelagiet blev der fanget 153 stk skalleyngel og 65 aborrer og i littoralen 317 skaller og 59 aborrer. Den samlede fangst var 2,11 pr. m^3 i pelagiet og 3,49 pr. m^3 i littoralen.

Der var altså meget store forskelle i fangsterne i 1998 og 1999. En af de erfaringer, som allerede nu er høstet angående fiskeyngelundersøgelserne er, at det er afgørende for resultatet, hvordan vejret er på undersøgelsesnatten, men også hvordan det har været i den foregående måned. Vejrforholdene i maj og juni har nemlig afgørende betydning for årsyngelens udvikling og dermed på yngelens størrelse og fordeling i søen.

I 1999 var forsommeren varmere end i 1998. Hvorvidt den store forskel i fangsterne er reel og måske skyldes vejret, eller der blot er tale om metodiske usikkerheder særligt her i undersøgelsesernes første år kan ikke umiddelbart afgøres.

Umiddelbart vurderet var de vejrmæssige forskelle ikke så store fra 1998 til 1999, at de kan retfærdiggøre meget forskellige fangster. Tilsvarende indikerer de øvrige undersøgelsesparametre fra undersøgelserne i 1998 og 1999 ikke, at der har været en meget stor forskel i fiskenes yngelsucces i de to år.

Alt i alt vurderes det derfor, at en væsentlig del af de store forskelle i fangsterne skyldes metodiske usikkerheder.

Transekt nr.	1		2		3		4		5		6		Total		
	Vandmængde filt., m ³		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		
Vandmængde filt., m ³	20,42		17,11		18,84		16,13		18,31		17,11		107,92		
Navn	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	
Skalle	50	56	81	56	55	19	317	2,94	20,8	20,3	30,1	20,2	21	6,8	119,2
Brasen							0	0,0							0,0
Rudskalle							0	0,0							0,0
Aborre	3	12	13	6	12	13	59	0,55	1,8	9	8,4	4,9	8	10,3	42,4
Hork							0	0,0							0,0
Sandart							0	0,0							0,0
Smelt							0	0,0							0,0
Helt							0	0,0							0,0
9-pig hundestejle							0	0,0							0,0
3-pig hundestejle							0	0,0							0,0
Gedde							0	0,0							0,0

Transekt nr.	1		2		3		4		5		6		Total		
	Vandmængde filt., m ³		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		Vægt g		
Vandmængde filt., m ³	17,94		16,47		17,07		17,14		15,98		18,50		103,10		
Navn	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	Antal	
Skalle	8	50	10	49	14	22	153	1,48	3,4	20,3	3,9	18,2	5,8	8,0	59,6
Brasen							0	0,0							0,0
Rudskalle							0	0,0							0,0
Aborre	2	34	4	3	5	17	65	0,63	1,2	22,3	2,6	2,3	2,9	13,1	44,4
Hork							0	0,0							0,0
Sandart							0	0,0							0,0
Smelt							0	0,0							0,0
Helt							0	0,0							0,0
9-pig hundestejle							0	0,0							0,0
3-pig hundestejle							0	0,0							0,0
Gedde							0	0,0							0,0

Tabel 7

Resultatet af fiskeyngelundersøgelserne i Bryrup Langsø i 1999 i littoralzonen (til venstre) og i pelagiet (til højre).

Tilstand og målsætning

Tilstanden i Bryrup Langsø har varieret noget igennem de seneste ti år. Generelt er vandet forholdsvis klart og der er kun få alger i søen i forårmånederne. I løbet af juli stiger algemængden betydeligt og i august og september er søen grøn og sigtdybden kun mellem 0,5 og 1,0 meter på grund af en massiv opvækst af blågrøn-alger. I løbet af efteråret aftager mængden af blågrøn-alger igen.

Sammenlignes 1999 med årene først i 90'erne er fosforkoncentrationen reduceret fra et niveau omkring eller lige over 100 µg P/l til ca. 60 µg P/l i de senere år. Reduktionen i fosforkoncentrationen er dog ikke fulgt af en tilsvarende reduktion i mængden af alger eller i en stigende sigtdybde set over en tiårs periode.

I 1995 var fosforkoncentrationen meget lav i Bryrup Langsø i sommerhalvåret. Den lave fosforkoncentration medførte små algemængder og en forholdsvis stor sigt-dybde igennem hele sommeren. 1995 illustrerede dermed den meget afgørende indflydelse, som fosforniveauet har på tilstanden i søen. 1995 var et atypisk år, hvor tilstanden i søen var væsentligt bedre end i årene såvel før som efter, men søen viste dette år, at det er muligt at forbedre forholdene, hvis fosforniveauet kommer ned på et tilsvarende lavt niveau igen.

En af årsagerne til, at sigtdybden ikke er blevet væsentligt større, selvom fosforniveauet er reduceret, er, at det fortrinsvis er blågrøn-alger, som er i søen i sommerhalvåret. Blågrøn-alger trives fint i middelnæringsrige søer og så længe fosforniveauet ligger over 50 µg P/l vil mængden af blågrøn-alger sandsynligvis ikke blive væsentligt mindre, end det nuværende niveau.

På trods af den massive opvækst af blågrøn-alger er der fortsat en mindre bestand af undervandsplanter i søen. Planterne står spredt og på lavt vand, men i kraft af deres tilstedeværelse er forudsætningerne for en genetablering af undervandsvegetation i Bryrup Langsø gode, hvis sigtdybden igen bliver tilstrækkelig stor. Undervandsvegetation er vigtig for søens økologi som helhed og det er derfor vigtigt i de kommende år at forsøge at forbedre forudsætninger for en etablering af undervandsvegetation.

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt (1997) er det anført, at fosforkoncentrationen som et sommergennemsnit maksimalt må være 50 µg P/l. Dermed vil forudsæt-

	1999	Fremtidig maksimal fosfortilførsel
Naturbidrag	288	230
Markbidrag	329	410
Spredt bebyggelse	165	50
Regnvandsudledninger	11	20
Dambrug	62	50
Fosfortilførsel i alt	855	750

Tabel 8

Den samlede fosfortilførsel i 1999 og som et fremtidigt maksimum fordelt på kilder

tingerne for en sommersigt dybde på 2,0 - 2,5 meter være til stede. En fosforkoncentration på maksimalt 50 µg P/l i søvandet forudsætter, at fosforindholdet i indløbsvandet i gennemsnit ikke er større end 100 µg P/l.

I 1999 var den gennemsnitlige indløbskoncentration 97 µg P/l og netop under kravet i Vandkvalitetsplanen. Fosforkoncentrationen i søen var som nævnt ca. 60 µg P/l og opfyldte dermed ikke forventningen i Vandkvalitetsplanen.

I Vandkvalitetsplanen er den samlede fosfortilførsel splittet ud på enkeltkilder. I tabel 8 er anført den samlede fosfortilførsel og kildeopsplitningen i 1999 samt den fremtidige maksimale fosfortilførsel fordelt på kilder.

Såvel bidraget fra den spredte bebyggelse som fra dambrug oversteg målsætningen i Vandkvalitetsplanen ligesom den gennemsnitlige søkoncentration som nævnt var større end de forventede 50 µg P/l.

Alt i alt opfyldte Bryrup Langsø ikke målsætningen i 1999.

En reduktion i fosforkoncentrationen i søvandet kan primært opnåes, hvis de eksterne tilførsler bliver mindre. Den fremtidige fosfortilførsel skal nås gennem en indsats overfor alle kilder..

For den spredte bebyggelse i oplandet gælder det, at der skal etableres nedsivning i så stort et omfang som muligt. Dambruget skal drives optimalt og det dyrkningsbetingede bidrag kan minimeres ved en oprettholdelse af de lovpligtige 2 meter bræmmer langs vandløbene, ekstensivering af de vandløbsnære arealer, etab-

lering af vådområder mm.

Forholdene i Bryrup Langsø har været nogenlunde stabile i de senere år ved en ekstern fosfortilførsel på 8 - 900 kg. I følge Vandkvalitetsplanen er det målsætningen, at den årlige fosfortilførsel skal reduceres til ca. 750 kg om året. Et sådant niveau vil forbedre forudsætningerne for en forøget udbredelse af undervandsvegetation i søen, men en afgørende ændring imod væsentligt mere klart vand og en større dækningsgrad af undervandsplanter opnåes først, hvis fosfortilførslen reduceres til et niveau omkring eller mindre end 600 kg om året.

Tilstanden i Bryrup Langsø i 1995 viste, at det er muligt at skabe forhold med klart vand i søen. Mere klart vand vil medføre en øget udbredelse af undervandsvegetation. Flere undervandsplanter vil stabilisere bunden i søen, så ophvirvlingen bliver mindre og endvidere skabe flere skjul for det dyreplankton, der har en vigtig regulerende effekt på fytoplanktonet.

En forøget udbredelse af undervandsvegetation vil dermed generelt stabilisere søens tilstand.

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 Hauge 1977, 357-62.
- Færgemann, H & Petersen, A (1992) : Dynamisk stofbalancemodell for kvælstofkredsløbet i søer. DTH. Laboratoriet for Økologi og Miljølære.
- Gudenåundersøgelsen (1973-75) : Rapporter udgivet af Gudenåudvalget. Udarbejdet af VKI (1975a, b, c).
- Gudenåundersøgelsen, (1975) : Kartering af rørsump- og flydebladsvegetation i udvalgte søer i Gudenåsystemet. Gudenåundersøgelsen 1974-75. Rapport nr. 26.
- Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen (1990) : Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen, 1990.
- Jacobsen, O.S. (1977) : Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.
- Jensen, H.S. & Andersen F.Ø. (1990) : Fosforbelastning i lavvandede, eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C4. 96 pp.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, M. Søndergaard, J. Windolf, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1995) : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 139.
- Jensen, J.P., M. Søndergaard, E. Jeppesen, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1999) : Søer 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 291.
- Jeppesen, E., E. Mortensen, M. Søndergaard. A.M. Hansen og J.P. Jensen (1991) : Dyreplanktonet som miljøindikator. Vand og Miljø 8: 394-398.
- Kristensen et al. (1990a) : Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. - Faglig rapport fra Kristensen et al. nr 5.
- Kristensen et al. (1990b) : Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990: 27 sider.
- Kristensen, P., J.P. Jensen og E. Jeppesen (1990c) : Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-projekt 4.5. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: 120 sider.
- Kristensen et al. (1991): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Danmarks Miljøundersøgelser, 1991. 104 sider + bilag. Faglig rapport nr. 38.
- Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Berg, S., Michelsen, K., Rugård, T., Schriver, P., Rasmussen, A.C. (1998) : Fiskeyngelundersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990): Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgelserprogram fiskeredskaber og metoder. Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 57 s. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- Olrik, K. (1990) : Planteplanktonsamfund i danske søer.
- Olrik, K. (1991) : Vejledning i phytoplanktonbedømmelse, del I, Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.

- Rebsdorf, Aa., M. Søndergaard og N. Thyssen (1988) : Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium 1988: 59 sider. Teknisk rapport nr. 21. Publ. nr. 98.
- Reynolds, C.S. (1984) : The ecology of freshwater phytoplankton.
- Rosen, Göran (1981) : Tusen sjöar, Växtplanktons miljökraft.
- Vollenweider, R.A. (1976) : Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33 :53 - 83.
- Windolf, J. E. Jeppesen, M. Søndergård, J.P. Jensen, L. Sortkjær : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.
- Århus Amt (1979) : Bryrup Søerne 1978. Teknisk rapport., Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1989a) : Bryrup Søerne 1987. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1989b) : Fisk i Bryrup Langsø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt, (1990a) : Smådyr i Bryrup Langsø, 1988. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1990b) : Recipientkvalitetsplan, 1990. Bind I - Vandløb, søer og kystvande. Krav til spildevandsrensning, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1990c) : Bryrup Langsø 1989. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1991) : Bryrup Langsø 1990. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1992) : Bryrup Langsø 1991. Data rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1993) : Bryrup Langsø 1992. Teknisk rapport, Miljøkontoret, Århus Amt.
- Århus Amt (1994) : Bryrup Langsø 1993. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1995) : Bryrup Langsø 1994. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1996) : Bryrup Langsø 1995. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1997) : Bryrup Langsø 1996. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1998) : Bryrup Langsø 1997. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.
- Århus Amt (1999) : Bryrup Langsø 1998. Data rapport, Natur & Miljø, Århus Amt.

Bilagsoversigt

Massebalanceberegninger opgjort pr. måned for kvælstof, fosfor og jern	bilag 1
Metode for beregning af massebalance	bilag 2
Fytoplanktonmetodik	bilag 3
Zooplanktonmetodik	bilag 4
Samletabel over beregnede biologiske og kemiske data	bilag 5
Oversigt over tidligere undersøgelser	bilag 6
Oplandsopgørelser	bilag 7

SØ-YAKS, Sø-modul Side : 1
VANDBALANCE
 Sø: Bryrup Langsø (BRY 1) Udskrevet: 29/05/2000
 Parameter: Af : TJ
 Enhed.....: 1000 m3 År : 1999

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
92043	825.6	592.1	917.1	516.7	297.4	291.3	299.4	248.3	314.6	732.8	433.3	1171.2	1451.0	6639.8
Målt tilførsel	825.6	592.1	917.1	516.7	297.4	291.3	299.4	248.3	314.6	732.8	433.3	1171.2	1451.0	6639.8
Udålt opland	224.2	160.8	249.0	140.3	80.8	79.1	81.3	67.4	85.4	199.0	117.7	318.0	394.0	1803.1
Hedde	3.3	1.9	3.9	1.4	1.7	4.1	2.4	2.7	4.5	4.3	1.1	6.6	15.5	38.0
Samlet tilførsel	1053.2	754.8	1170.0	658.4	379.9	374.5	383.0	318.5	404.5	936.1	552.1	1495.8	1860.5	8480.8
Fordampning	0.1	0.2	0.7	1.9	3.2	3.0	3.8	3.0	1.7	0.6	0.2	0.0	14.8	18.5
90535	1061.8	762.3	1201.9	756.7	445.4	410.5	413.6	332.2	443.5	948.8	566.2	1441.0	2045.2	8783.8
Samlet fraførsel	1061.8	762.5	1202.6	758.6	448.6	413.5	417.4	335.2	445.2	949.4	566.4	1441.0	2060.0	8802.3
Volumen ændring	-4.6	-10.6	0.7	-33.7	-18.5	10.9	-13.9	16.6	51.6	-35.6	39.1	17.1	46.6	19.0
Vandbalance	4.1	-2.9	33.3	66.4	50.2	49.9	20.4	33.3	92.3	-22.2	53.4	-37.6	246.1	340.5

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
 Sø: Bryrup Langsø (BRY 1) Udskrevet: 29/05/2000
 År: 1999 Af : TJ

STOFBALANCE

Parameter: 1376 Total-P

Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
92043	73.3	53.5	78.1	50.6	30.2	29.1	28.0	20.7	27.2	71.7	48.2	143.0	135.2	653.6
Målt tilføje	73.3	53.5	78.1	50.6	30.2	29.1	28.0	20.7	27.2	71.7	48.2	143.0	135.2	653.6
Umålt opland	19.9	14.5	21.2	13.8	8.2	7.9	7.6	5.6	7.4	19.5	13.1	38.8	36.7	177.5
Atm. deposition	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.6	3.8
Stofbalance	0.2	1.7	1.7	3.3	2.5	2.5	1.0	1.7	4.6	0.3	2.7	12.3	12.3	20.2
Samlet tilførsel	93.7	68.4	101.2	68.0	41.3	39.8	37.0	28.3	39.5	91.5	64.3	182.2	185.8	855.0
90535	66.1	46.8	71.7	33.9	15.5	21.1	16.8	25.6	47.1	94.1	50.0	125.7	126.2	614.4
Stofbalance	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Samlet frakørsel	66.1	46.9	71.7	33.9	15.5	21.1	16.8	25.6	47.1	96.4	50.0	129.1	126.2	620.3
Magasinændring	-0.3	-0.6	-6.3	-38.7	17.2	12.7	10.5	23.4	67.2	-18.2	-10.9	-3.4	131.1	52.5
Sebalance	-27.7	-21.4	-29.5	-34.1	-25.7	-18.6	-20.2	-2.7	7.6	4.9	-14.2	-53.1	-39.6	-244.8
Sebalance -%/m2	-29.5	-31.4	-29.2	-50.2	-62.4	-46.9	-54.6	-9.5	19.3	5.3	-22.2	-29.1	-19.6	-340.2
Sebalance -g/m2	-0.07	-0.06	-0.08	-0.09	-0.07	-0.05	-0.05	-0.01	0.02	0.01	-0.04	-0.14	-0.16	-0.63
Sedimentbalance	-27.9	-22.1	-35.8	-72.9	-6.5	-5.9	-9.7	20.8	78.8	-13.4	-35.2	-56.5	71.4	-182.3
Sedimentbalance -%	-29.8	-32.3	-35.4	-107.1	-20.7	-14.9	-26.3	73.8	189.5	-14.4	-39.2	-31.0	201.1	-88.4
Sedimentbalance -g/m2	-0.07	-0.06	-0.09	-0.19	-0.02	-0.02	-0.03	0.05	0.20	-0.04	-0.07	-0.15	0.18	-0.49

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Bryrup Langsø (BRV 1)

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 29/05/2000

År: 1999

Enhed.....:

År : TJ

Seareal.....: 0.38 km2 Sevolumen.....: 1720000 m3 Umalt opland: 17.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.10 kg/ha/år

Indløb: 92043 (31.3 km2),
UGløb.: 90535 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber (mm)	87.0	50.0	103.0	38.0	46.0	107.0	63.0	72.0	119.0	112.0	29.0	173.0
Fordampning (mm)	2.0	6.0	18.0	50.0	85.0	79.0	99.0	80.0	46.0	17.0	5.0	3.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra grundvand (µg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
20/01/1999	0.45	20/01/1999	58.00
01/03/1999	0.45	16/03/1999	52.00
03/03/1999	0.41	29/03/1999	62.00
29/03/1999	0.41	14/04/1999	56.00
14/04/1999	0.42	28/04/1999	47.00
28/04/1999	0.33	11/05/1999	32.00
11/05/1999	0.30	26/05/1999	33.00
26/05/1999	0.27	09/06/1999	37.00
09/06/1999	0.28	24/06/1999	51.00
24/06/1999	0.26	07/07/1999	56.00
07/07/1999	0.34	21/07/1999	45.00
21/07/1999	0.29	04/08/1999	27.00
04/08/1999	0.26	18/08/1999	85.00
18/08/1999	0.26	01/09/1999	85.00
01/09/1999	0.31	15/09/1999	70.00
15/09/1999	0.27	29/09/1999	123.00
29/09/1999	0.45	13/10/1999	109.00
13/10/1999	0.42	10/11/1999	99.00
10/11/1999	0.32	08/12/1999	99.00
08/12/1999	0.50		89.00

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
STOFBALANCE
 Sø: Bryrup Langsø (BRY 1) Udskrevet: 29/05/2000
 Parameter: I211 Total-N Af : TJ
 År: 1999 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
92043	7565.8	5453.5	8482.8	4239.0	2504.5	2450.7	2394.2	1933.8	2439.8	5734.7	3495.7	10315.0	11723.0	57009.3
Målt tilførsel	7565.8	5453.5	8482.8	4239.0	2504.5	2450.7	2394.2	1933.8	2439.8	5734.7	3495.7	10315.0	11723.0	57009.3
Udålt opland	2054.6	1481.0	2303.6	1151.2	680.1	569.5	421.5	522.3	662.6	1557.3	949.3	2801.2	2855.9	15154.1
Års deposition	48.4	43.7	48.4	46.8	48.4	46.8	48.4	46.8	46.8	48.4	46.8	48.4	238.9	570.0
Stofbalance	16.5	133.2	265.7	265.7	209.8	199.7	81.5	133.2	369.1	213.5	213.5	984.3	984.3	1613.2
Samlet tilførsel	9685.3	6978.2	10968.0	5702.7	3433.8	3266.7	2945.7	2637.7	3518.3	7340.4	4705.3	13164.6	15802.1	74346.6
90535	6134.5	4855.7	7631.3	4289.2	2083.7	1467.0	1028.4	759.3	867.0	2551.2	2057.8	6382.6	6205.3	40117.6
Stofbalance	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	230.3
Samlet fraførsel	6134.5	4874.2	7631.3	4289.2	2083.7	1467.0	1028.4	759.3	867.0	2615.2	2057.8	6540.4	6205.3	40347.9
Magnesiumbinding	395.4	913.9	-853.9	-1860.6	-1744.6	-2121.4	-809.8	-932.6	538.0	2707.3	582.0	-21.9	-5070.4	-3208.2
Sebalance	-350.8	-2104.1	-3336.7	-1413.5	-1350.1	-1799.6	-1317.3	-1878.4	-2651.3	-4725.2	-2647.5	-6624.2	-9596.8	-33988.7
Sebalance %	-36.7	-30.2	-30.4	-24.8	-39.3	-55.1	-65.1	-71.2	-75.4	-64.4	-56.3	-50.3	-306.1	-589.1
Sebalance -g/m2	-9.34	-5.54	-8.78	-3.72	-3.55	-4.74	-5.05	-4.94	-6.98	-12.43	-6.97	-17.83	-23.26	-83.17
Sedimentbalance %	-3155.4	-1190.2	-4190.7	-3274.1	-3094.7	-3921.0	-2727.1	-2811.0	-2123.3	-2018.0	-2065.4	-6646.1	-14667.2	-37207.0
Sedimentbalance -g	-32.6	-17.1	-38.2	-57.4	-90.1	-120.9	-92.6	-106.0	-80.5	-27.5	-13.9	-50.5	-469.4	-736.5
Sedimentbalance -g/m2	-8.30	-3.13	-11.03	-8.62	-8.14	-10.32	-7.18	-7.80	-5.56	-5.31	-5.44	-17.49	-38.60	-97.92

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 3
 DATAGRUNDLAG
 Sø: Bryrup Langsø (BRY 1) Udskrevet: 29/05/2000
 Parameter: 1211 Total-N
 År: 1999 AF : TJ
 Enhed.....:

Særeatl.....: 0.38 km2 Søvolumen.....: 1720000 m3 Umålt opland: 17.00 km2 Atmosferisk deposition: 15.00 kg/ha/år

Indløb: 22043 (31.3 km2),
 Udlob.: 90535,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber (mm)	87.0	50.0	103.0	38.0	46.0	107.0	63.0	72.0	119.0	112.0	22.0	173.0
Fordampning (mm)	2.0	6.0	18.0	50.0	85.0	79.0	59.0	80.0	46.0	1.0	0.0	0.0
Vandtilf. fra grundvand (L/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
20/01/1999	0.45	20/01/1999	5.83
01/03/1999	0.45	16/03/1999	6.65
29/03/1999	0.41	16/03/1999	6.38
14/04/1999	0.42	29/03/1999	6.27
28/04/1999	0.33	14/04/1999	5.64
11/05/1999	0.30	28/04/1999	5.29
09/06/1999	0.28	11/05/1999	4.74
07/07/1999	0.34	26/05/1999	4.44
04/08/1999	0.26	09/06/1999	3.80
18/08/1999	0.31	24/06/1999	3.30
15/09/1999	0.27	07/07/1999	2.57
29/09/1999	0.45	21/07/1999	2.26
10/11/1999	0.32	04/08/1999	2.38
08/12/1999	0.50	18/08/1999	1.86
		07/09/1999	1.86
		15/09/1999	2.03
		29/09/1999	1.92
		13/10/1999	2.85
		10/11/1999	4.11
		08/12/1999	3.90

SØ-VAKS, Sø-modul
STOFBALANCE
 Side : I
 Parameter: 2041 Total-Fe
 Udskrevet: 29/05/2000
 År: 1999
 Af : TJ
 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
92043	392.8	138.8	253.8	139.0	71.1	49.7	49.0	40.7	76.1	216.9	173.1	567.5	286.6	2168.5
Nåit tilføjet	392.8	138.8	253.8	139.0	71.1	49.7	49.0	40.7	76.1	216.9	173.1	567.5	286.6	2168.5
Umålt opland	106.7	37.7	68.9	37.8	19.3	31.7	56.5	11.6	20.7	58.9	47.0	154.1	139.8	650.8
Stofbalance	2.1	16.6	16.6	33.2	25.1	25.0	10.2	16.7	46.1	26.7	26.7	123.0	123.0	201.6
Samlet tilførsel	501.5	176.5	339.4	210.0	115.5	106.4	115.7	69.0	142.9	275.9	246.8	721.6	549.4	3021.0
90535	157.9	113.6	160.2	74.7	28.7	27.9	25.4	29.1	94.4	207.3	92.1	298.6	205.6	1309.9
Stofbalance	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Samlet tilførsel	157.9	114.0	160.2	74.7	28.7	27.9	25.4	29.1	94.4	211.8	92.1	305.6	205.6	1321.9
Magasinsindring	-11.1	-25.7	-71.7	-97.3	-12.1	45.9	-49.3	145.9	183.0	-73.4	19.5	21.5	313.4	75.3
Sebalance	-343.6	-62.4	-179.1	-135.3	-66.9	-78.4	-90.3	-39.9	-48.4	64.0	-154.7	-416.1	-343.8	-1693.1
Sebalance %	-68.5	-35.4	-35.4	-35.4	-25.2	-25.2	-25.2	-25.2	-25.2	23.2	62.7	57.7	-318.6	-683.47
Sebalance -g/m2	-0.90	-0.16	-0.47	-0.36	-0.23	-0.21	-0.24	-0.10	-0.13	0.17	-0.41	-1.09	-0.31	-1.09
Sedimentbalance	-344.7	-68.1	-250.8	-232.6	-98.9	-32.5	-139.6	106.0	134.6	-137.4	19.5	304.6	30.4	-1623.8
Sedimentbalance %	-70.7	-49.9	-73.9	-110.8	-85.6	-30.6	-120.7	153.7	94.2	-49.8	54.3	11.1	11.1	-453.6
Sedimentbalance -g/m2	-0.93	-0.23	-0.66	-0.61	-0.26	-0.09	-0.37	0.28	0.35	-0.36	-1.04	-0.09	-0.09	-4.28

Side : 2

Udskrevet: 29/05/2000

Af : TJ

DATAGRUNDLAG

Parameter: 2041 Total-Fe

Enhed.....:

SØ-VAKS, Sø-modul

So: Bryrup Langsø (BRV 1)

År: 1999

Særeal.....: 0.38 km2 Sevolumen.....: 1720000 m3 Umålt opland: 17.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 92043 (31.3 km2) ,
Udløb: 90535 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber (mm)	87.0	50.0	103.0	38.0	46.0	107.0	63.0	72.0	119.0	112.0	29.0	173.0
Fordampning (mm)	2.0	6.0	18.0	50.0	85.0	79.0	99.0	80.0	46.0	17.0	5.0	1.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncenter. til vandbalance (mg/l)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
20/01/1999	0.45	20/01/1999	0.18
01/03/1999	0.41	01/03/1999	0.16
16/03/1999	0.45	16/03/1999	0.14
29/03/1999	0.41	29/03/1999	0.12
14/04/1999	0.42	14/04/1999	0.11
28/04/1999	0.33	28/04/1999	0.06
11/05/1999	0.30	11/05/1999	0.07
26/05/1999	0.27	26/05/1999	0.06
09/06/1999	0.28	09/06/1999	0.05
24/06/1999	0.26	24/06/1999	0.05
07/07/1999	0.29	07/07/1999	0.07
24/07/1999	0.29	21/07/1999	0.05
08/08/1999	0.26	04/08/1999	0.05
18/08/1999	0.30	18/08/1999	0.09
01/09/1999	0.31	01/09/1999	0.13
15/09/1999	0.27	15/09/1999	0.25
29/09/1999	0.45	29/09/1999	0.22
13/10/1999	0.42	13/10/1999	0.23
10/11/1999	0.32	10/11/1999	0.16
08/12/1999	0.50	08/12/1999	0.19

Metode til beregning af vand - og stofbalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

GRUNDDATA

N : nedbør	(månedsværdier, mm)
E _a : fordampning	(månedsværdier, mm)
Q _p : direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q _t : sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q _a : afløb	(månedsværdier, l/s)
Q _u : umålt opland (beregnes ud fra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q _s : vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Q _g : udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A : søareal	(konstant, m ²)

$$\text{Ligning : } Q_g = -A(N - E_a) - Q_p - Q_t + Q_a - Q_u + Q_s$$

hvor $Q_u = \text{sum af } (Q_i(v_i - 1))$, for $i = 1$ til antal tilløb (v_i er vægte $< > 1,0$)

$Q_s = \text{produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedsstart og søareal.}$

Stofbalance opstilles ud fra :

P _a : atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T _t : sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T _a : transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T _p : direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
T _ø : direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T _u : stoftilførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T _g : stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S : ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m ³)
T _i : intern belastning	(månedsværdier, kg)
C : søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V : søvolumen	(diskrete værdier, m ³)
g ₊ : koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g ₋ : koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

$$\text{Ligning : } T_i = -P_a A - T_t + T_a - T_p - T_{\emptyset} - T_u - T_g + S$$

hvor $T_u = \text{sum af } (T_i(v_i - 1))$, for $i = 1$ til antal tilløb (med vægte $< > 1,0$)

$T_g = g_+ Q_g$ for $q_g > 0$ (måneder med tilstrømning) og

$T_g = g_- Q_g$ for $Q_g < 0$ (måneder med udsivning).

$$S = C_{n+1} V_{n+1} - C_n V_n \text{ (interpolerede værdier ved månedsskifter)}$$

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)

Phytoplankton - metodik

Prøvetagning

De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøven er udtaget med vandhenter og af blandingsprøven fra 0,2 + 2 + 4 + 6 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med planktonnet med maskevidde på 20 µm, hvorefter den er fikseret i sur lugol opløsning.

I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning : Miljøprojekt nr. 187. Planteplanktonmetoder, 1991.

Bearbejdning af prøver

Den kvalitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhl's sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med et volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningdag er der fra net - og vandprøverne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Der er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælle-tal på ca. 100 medfører en usikkerhed på ca. 20 %.

Volumen af de kvantitativt dominerende arter er bestemt ved opmåling af de lineære dimensioner af 10 - 15 celler og en efterfølgende tilnærmelse af cellens form til simple geometriske figurer (Edler, 1979).

For kiselalger er der for data fra 1989 ved omregning fra vådvægt til kulstof, altid kalkuleret med en vakuolestørrelse i cellen på 75 %. Med data for 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er foretaget ved hjælp af formlen :

$$PV = CV - (0,9 \cdot VV)$$

hvor PV er det modificerede plasmavolumen, CV det totale cellevolumen og VV vakuolens volumen.

Med data fra 1992 er beregningsmetoden for kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

I følge ovennævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organis-

mernes plasmavolumen : Thekate furealger 13 %, øvrige algegrupper 11 %.

De vigtigste slægter og arter er optalt særskilt. Flagellater tilhørende slægten *Cryptomonas*, flagellater der ikke kunne artsbestemmes i de lugolfikserede prøver, celler der var for fåtallige til at blive optalt særskilt samt celler, der ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumen af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af cand. scient. Helle Jensen.

Registreringer, beregninger og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabaseprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Fytoplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zooplankton- som fytoplankton rådata.

Zooplankton - metodik

Prøvetagning

Prøverne er indsamlet med 5 liter hjerteklap vandhenter med KC-maskiners ekstra sikring af klapperne.

Prøvetagningsmetode

På hver af de tre stationer er der udtaget prøver i 0,2 + 2 + 4 + 6 m. Fra hver blandingsprøve er der udtaget hhv. 2 liter til filtrering gennem 90 µm net og 0,25 liter til sedimentation. Alle tre stationer er endeligt puljet. Begge prøver er konserveret med sur lugol opløsning og opbevaret i mørke flasker.

Bearbejdning

Den kvantitative oparbejdning af prøverne er foretaget i omvendt mikroskop. I de fleste tilfælde er identifikation af dyrene også foretaget i dette.

Oparbejdningen af den sedimenterede og den filtrerede prøve er så vidt muligt sket i overensstemmelse med overvågningsprogrammets vejledning "Zooplanktonundersøgelser i søer; Metoder", som der derfor henvises til for en detaljeret beskrivelse af metodik.

Zooplanktonets biomasse er beregnet efter længde/vægt relationer (McCauley, 1984). Biomassen er opgivet i mm^3/l . Beregningerne er for alle grupper foretaget som et gennemsnit af de individuelle biomasseværdier. Gennemsnit og standardafvigelser af de målte længder og tilhørende biomasser er angivet i datarapporten.

Registreringer bearbejdning og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabehandlingsprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Zooplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zooplankton- som fytoplankton rådata.

Specifikation / år	1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
VANDBALANCE FOR BRYRUP LANGSØ																		
Samlet fraførsel (mio. m ³ /år)	6,6	6			6,3	8,6	8,3	5,99	7,35	7,01	7,1	7,3	15,2	11,3	5,8	5,3	7,7	8,8
Heraf indsviwing (mio. m ³ /år)								1	0,84	1,02	0,8		1,44	0,7	1,02	0,8	0,3	
Opholdstid:																		
- år (dage)	95	101			100	73	76	103	85	90	88	83	40	55	109	118	81	71
- sommer(1/5-30/9) (dage)								148	141	123	147	124	65	80	158			
- max. måned (dage)								172	183	183	230	216	90	99	196			
min. måned (dage)								55	36	36	54	42	19	29	68			
BELASTNING - MASSEBALANCER																		
Total-fosfor - år:																		
Samlet tilførsel (t P/år)	1,49	1,17			1,05	1,22	1,75	0,696	1,056	0,708	0,761	0,881	1,55	0,872	0,549	0,389	0,9	0,855
- spildevand (t P/år)							0,8	0,2	0,4	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0
- dambrug							0,3	0,2	0,3	0,33	0,353	0,06	0,05	0,06	0,05	0,02	0,004	0,062
- spredt bebyggelse (t P/år)							0,4	0,1	0,1	0,105	0,186	0,28	0,19	0,19	0,19	0,19	0,165	0,165
- dyrkningsbidrag (t P/år)	0,2	0,2					0,2	0,2	0,2	0,21	0,208	0,32	0,79	0,207	0,136	-0,02	0,428	0,329
- basis (t P/år)					0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,21	0,208	0,22	0,46	0,335	0,112	0,16	0,276	0,264
- nedbør (t P/år)					0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,004	0,004
Samlet fraførsel (t P/år)	0,72	0,67			0,66	0,84	1,27	0,59	0,95	0,7	0,664	0,822	1,51	0,553	0,325	0,221	0,47	0,62
Tilbageholdt P (t P/år), excl. magasineri	0,77	0,5			0,39	0,38	0,48	0,106	0,106	-0,009	0,097	0,059	0,09	0,319	0,151	0,168	0,43	0,235
Tilbageholdt P i %	52	43			37	31	27	14	10	0	13	7	2	36	41	43	47	27
Samlet tilførsel (g P/m ² år)	3,95	3,1			2,79	0,324	4,64	1,8	2,78	1,91	2	2,32	4,08	2,29	1,44	1,02	2,36	2,24
Pi (indløbskonc. i µg P/l)	225	195			167	142	211	116	144	104	110	120	102	78	94	86	117	97

	1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Total-fosfor - sommer(1/5-30/9):																		
Samlet tilførsel (kg P/dag)								1,02	1,46	1,2	0,81	1,4	2,3	1,22	0,69	0,82	1,01	1,24
Samlet fratørsel (kg P/dag)								1,18	1,99	1,24	1,48	1,58	1,7	0,73	0,69	0,45	0,73	0,84
Tilbageholdt P (kg P/dag), excl. magasinering								-0,16	-0,53	-0,04	-0,67	-0,18	0,56	0,69	0	0,38	0,27	0,4
Tilbageholdt P i %								-16	-36	-3	-83	-13	24	57	0	46	27	32
Samlet tilførsel (mg P/m ² dag)								2,7	3,84	3,24	3,2	3,68	4,08	3,2	2,78	3,32	4,09	5,02
Pi (indløbskonc. i µg P/l)								88	121			103	90	60	65	83	80	90
Opløst fosfat - år:																		
Samlet tilførsel (t P/år)								0,33	0,462	0,402	0,346	0,533	0,89	0,496		223		
Samlet fratørsel (t P/år)								0,19	0,456	0,248	0,219	0,399	0,72	0,195		0,073		
Pi (indløbskonc. i µg P/l)								54				73	59	44		49		
Total-kvælstof - år:																		
Samlet tilførsel (t N/år)	32,1	30,6			48,1	63,7	59,6	45,2	60,9	54,03	66,34	60,71	108,8	83,23	48,62	43,7	69,9	74,4
- spildevand (t N/år)								1,18	1,25	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0
- spredt bebyggelse (t N/år)								0,6	0,6	0,6	1,035	0,8	0,82	0,82	0,82	0,82	0,7	1
- dyrkningsbidrag (t N/år)					6,3	8,6	8,3	36,9	51,2	745,4	57,787	50,9	86,5	59,4	35,84	30,67	52,9	57,3
- basis (t N/år)	6,6	6						6	7,35	7,01	6,92	7,3	15,2	21,4	6,43	7,98	15,1	13,2
- nedbør (t N/år)								0,57	0,57	0,57	0,57	0,8	0,8	0,8	0,76	0,76	0,6	0,6
- dambrug																		
Samlet fratørsel (t N/år)	14,3	13,7			30,8	40,9	35,7	24,9	31,8	32,7	33,31	35,08	81,2	59,1	22,57	21,6	36,3	40,3
Sedimentation (t N/år)	2,5	1,6			1,4	1,5	1,5	1,5										
Sedimentation i %	8	5			3	2	3	3										
Tilbageholdelse (t N/år), excl. magasinering	15,3	15,3			15,9	21,1	22,4	18,3		21,3	33,03	25,63	28	30	26,05	22,1	33,71	32,9
Tilbageholdelse i %	48	48			33	33	38	41		39	50	42	26	29	54	51	48	44
Samlet tilførsel (g N/m ² /år)	85	81			120	170	160	120	160	146	175	160	286	219	128	115	184	196
Ni (indløbskonc. i mg N/l)	4,9	5,1			7,6	7,4	7,2	7,3	8,29	8,3	9,6	8,3	7,2	7,4	8,4	9,7	9,1	8,5
Total-kvælstof sommer(1/5-30/9):																		
Samlet tilførsel (kg N/dag)								73	79	72	72	92		150	77	86	91	105
Samlet fratørsel (kg N/dag)								38	33	50	45	33		94	32	41	49	41
Tilbageholdt N (kg N/dag)								35	46	22	27	59		89	45	44	42	64
Tilbageholdt N i %								48	58	31	38	64		60	58	52	46	61
Samlet tilførsel (mg N/m ² dag)								192	208	195	189	242		395	203	286	303	350
Ni (indløbskonc. i mg N/l)								6,3	6,5			6,7		7,3	7,3	8,7	7,2	7,7

VANDKEMI & FYSISKE MÅLINGER I SØVANDET		1972	1973	1974	1975	1978	1983	1987	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Stigdybde (1/5-30/9) (m)								1,97		1,91	1,89	1,54	1,94	1,9	2,8	2	2,4	1,8	2
Stigdybde 50%-fraktilen (m)								2		1,48	1,91	1,38	1,41	2	2,4	1,8	2	1,5	1,8
Max. stigdybde (m)								4		4,3	4,1	3,25	5,4	3,3	4,9	3,8	6	4,7	4,3
Min. stigdybde (m)								0,9		0,5	0,8	0,5	0,8	0,9	1,5	1	0,6	0,5	0,75
Fosfor (1/5-30/9):																			
Total fosfor gns. (µg P/l)		91	156	193	90	84	109	139	95	136	86	116	96	63	28	72	58	59	64
Total fosfor 50%-fraktilen		90	139		69	80	96	107	75	98	78	89	71	51	26	62	41	55	56
Total fosfor max. (µg P/l)		128	242		176	125	215	241	182	27	158	209	177	107	75	216	118	76	123
Total fosfor min. (µg P/l)		47	72		66	65	60	83	39	27	37	40	33	38	15	22	28	34	27
Opløst fosfat gns. (µg P/l)		10	50		20	16	34	57	14	36	11	22	25	6	3	8	19	10	8
Opløst fosfat 50%-fraktilen		7	47		4	10	33	51	12	14	7	10	12	5	2	4	10	8	4
Opløst fosfat max. (µg P/l)		19	100		54	60	65	144	31	119	37	78	96	12	40	32	78	15	27
Opløst fosfat min. (µg P/l)		5	3		0	5	4	17	4	4	1	1	3	3	1	1	1	1	1
Kvælstof (1/5-30/9):																			
Total kvælstof gns. (mg N/l)		1,81	2,17	2,06	1,47	2,85	3,7	2,91	3,3	2,7	3,5	3,64	2,59	3,58	3,97	2,78	2,94	3,74	2,89
Total kvælstof 50%-fraktilen		1,73	2,1		0,86	2,3	3,7	4	3,1	2,1	3,5	3,2	2,22	3,67	4,03	2,93	2,73	3,64	2,49
Total kvælstof max. (mg N/l)		2,63	2,72		3,53	4,6	5,9	4,05	5,2	5,03	5,7	5,78	4,63	4,82	6,8	4,4	4,32	6,38	4,74
Total kvælstof min. (mg N/l)		1,24	1,68		0,74	1,5	1,4	2,15	1,8	1,29	1,7	1,96	1,29	2,55	2,8	1,4	1,79	1,14	1,86
Opløst uorg. N gns. (mg N/l)		0,9	1,1	1,1	0,6	1,9	2	1,9	2,2	1,59	2,4	2,45	1,59	2,39	3,24	1,86	2	2,38	1,84
Klorofyl (1/5-30/9):																			
Klorofyl gns. (µg/l)							51	54	30	65	50	54	29	27	11	35	35	53	31
Klorofyl 50%-fraktilen (µg/l)							61	41	34	57	29	44	31	31	7	29	24	31	23
Klorofyl max. (µg/l)							87	130	53	220	131	150	59	55	45	100	110	150	80
Klorofyl min. (µg/l)							9	23	2,4	2,4	5	8	2	7	5	10	1	6	10
Øvrige variable (1/5-30/9):																			
pH gns.																			
Susp. tørløst mg/l					9	8,7	8,5	8,8	8,9	9,07	8,8	8,7	8,6	8,4	8,1	8,3	8,4	8,11	6,67
Susp. glødeløb mg/l										10,6	10	10,1	8,8	5,8	3,6	5,15	6,72	7,12	6,56
Total alkalinitet (meq/l)							1,32	1,3	1,51	1,3	1,3	1,4	1,4	1,17	1,28	1,28	1,33	1,47	1,47
Opløst silicium gns. (mg Si/l)		1,1	2				2,7	2,17	1,26	2,13	2,24	2,05	1,55	1,73	1,13	1,73	2,17	1,47	2,42
Parr. COD gns. (mg O2/l)		0,81	0,85	1,09	0,57	1,86	9,8	7,8	6,1	10,2	8,4	8,2	7,1	6,25	3,52	7,64	7,07	9,6	8,88
Nitrat+nitritkvælstof gns. (mg N/l)		0,13	0,14	0,04	0,07	0,01	0,07	0,04	0,04	0,029	0,024	0,043	0,047	0,026	0,014	0,014	0,085	0,029	0,043
Ammoniumkvælstof gns. (mg N/l)																			
Alle variable - årsgennemsnit:																			
Total fosfor (µg P/l)		101	156	164	106	90	110	146	98	130	98	103	103	82	18	62	53	60	65
Opløst fosfat (µg P/l)		34	54	74	40	26	42	81	28	57	25	32	42	33	11	19	19	24	21
Total kvælstof (mg N/l)		2,34	2,58	2,82	2,41	3,86	4,41	4,08	3,74	4,14	3,99	4,42	4,62	4,79	4,56	3,66	3,62	4,56	3,94
nitrat+nitritkvælstof (mg N/l)		1,58	1,59	2,02	1,5	2,67	2,97	2,96	2,73	3,01	2,94	3,39	3,66	3,87	3,83	2,83	2,69	3,55	2,92
Ammoniumkvælstof (mg N/l)		0,11	0,11	0,08	0,1	0,01	0,05	0,09	0,05	0,046	0,024	0,035	0,056	0,053	0,023	0,05	0,11	0,028	0,049
pH							8,2	8,1	8,5	8,4	8,5	8,3	8,2	8	7,9	7,9	7,9	7,8	7,8
Total alkalinitet (meq/l)					1,15	8,6	1,29	1,28	1,48	1,28	1,28	1,37	1,38	1,18	1,24	1,27	1,35	1,35	2,96
Opløst silicium (mg Si/l)		1,8	2,6				4,2	3,2	2	3,62	3,1	2,7	2,2	2,46	1,25	2,71	3,26	2,58	2,96
Parr. COD (mg O2/l)							6,5	5,3	5,1	6,25	6,77	6,25	6,5	4,41	3,45	5,16	4,44	6,25	6,04
Susp. tørløst mg/l							7,3	8,5	7,8	7,3	8,5	7,8	7,1	4,98	4,28	3,7	4,18	5,18	5,29
Susp. glødeløb mg/l							4,8	6	5,4	4,8	6	5,4	4,7	3,28	3,02	3,3	3,93	4,31	4,51

Biologiske parametre	Enheder	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Planteplanktonbiomasse, sommerg	mm ³ /l	6,26	7,96	6,07	7,91	4,61	4,22	3,77	6,13	8,9	22,1	13,5
Planteplanktonbiomasse, årsgns.	mm ³ /l	7,64	7,3	4,74	7,67	5,15	2,71	4,18	4,04	5,25	15,1	9,3
% blågrønalger af sommergns.		32	52	75	51	28	52	44	39	78	75	64
% kiselalger af sommergns.		23	32	11	41	47	26	38	24	6	18	16
% rekytalger af sommergns.		36	6	8	2	11	15	8	3	3	3	7
Zooplankton, årsgennemsnit												
Rotatorier	mg C/l	0,016	0,010	0,010	0,044	0,026	0,016	0,015	0,015	0,015	0,019	
Cladocerer	mg C/l	0,046	0,081	0,119	0,166	0,141	0,102	0,158	0,150	0,087		
Calanoid copepoder	mg C/l	0,019	0,027	0,044	0,029	0,028	0,017	0,029	0,034	0,042		
Cyclopoidea copepoder	mg C/l	0,065	0,033	0,041	0,078	0,043	0,040	0,061	0,074	0,054		
total zooplankton	mg C/l	0,146	0,151	0,214	0,317	0,238	0,175	0,264	0,274	0,202		
Zooplankton, sommergennemsnit												
clad-index		0,24	0,43	0,41	0,20	0,34	0,59	0,75	0,46	0,38	0,53	0,44
zoo. totale fødeopt./fyk<50µ		29	34	121	205	135	148	272	106	72	133	114
zoo. totale fødeopt./ total fytopl.		27	18	17	30	34	35	40	31	10	30	24
Fisk												
Total antal	CPUE,garn				109				245			
Total biomasse	(g)				6174				7836			
Fisk												
Total antal	CPUE, el				168				135			
Total biomasse	(g)				2268				2679			
Rovfiske-index					0,27				0,21			
Skidtfiske-index					0,76				0,44			

Oversigt over udførte undersøgelser i Bryrup Langsø

1972-1974	Vandkemiske undersøgelser, sediment
1975	Vandkemiske undersøgelser
1978	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, sediment, bundfauna og fytoplankton.
1983	Vandkemiske undersøgelser
1987	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton
1988	Fiskeundersøgelser og smådyrsfauna
1989	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, sediment og zooplankton
1990	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1991	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og fisk
1992	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1993	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1994	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1995	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton, zooplankton og sediment
1996	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1997	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton
1998	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser, undervandsvegetation
1999	Vandkemiske undersøgelser, stoftransport, fytoplankton og zooplankton, fiskeyngelundersøgelser, undervandsvegetation

Oplandsopgørelser

Udskrift af CORINE Arealanvendelses data
DMU/fevø - Dato.: 1995.04.11

Århus Amt Stationsopland nr.: 210745
Summen af alle deloplande
Amt nr.: 70 Kystopland nr.: 353

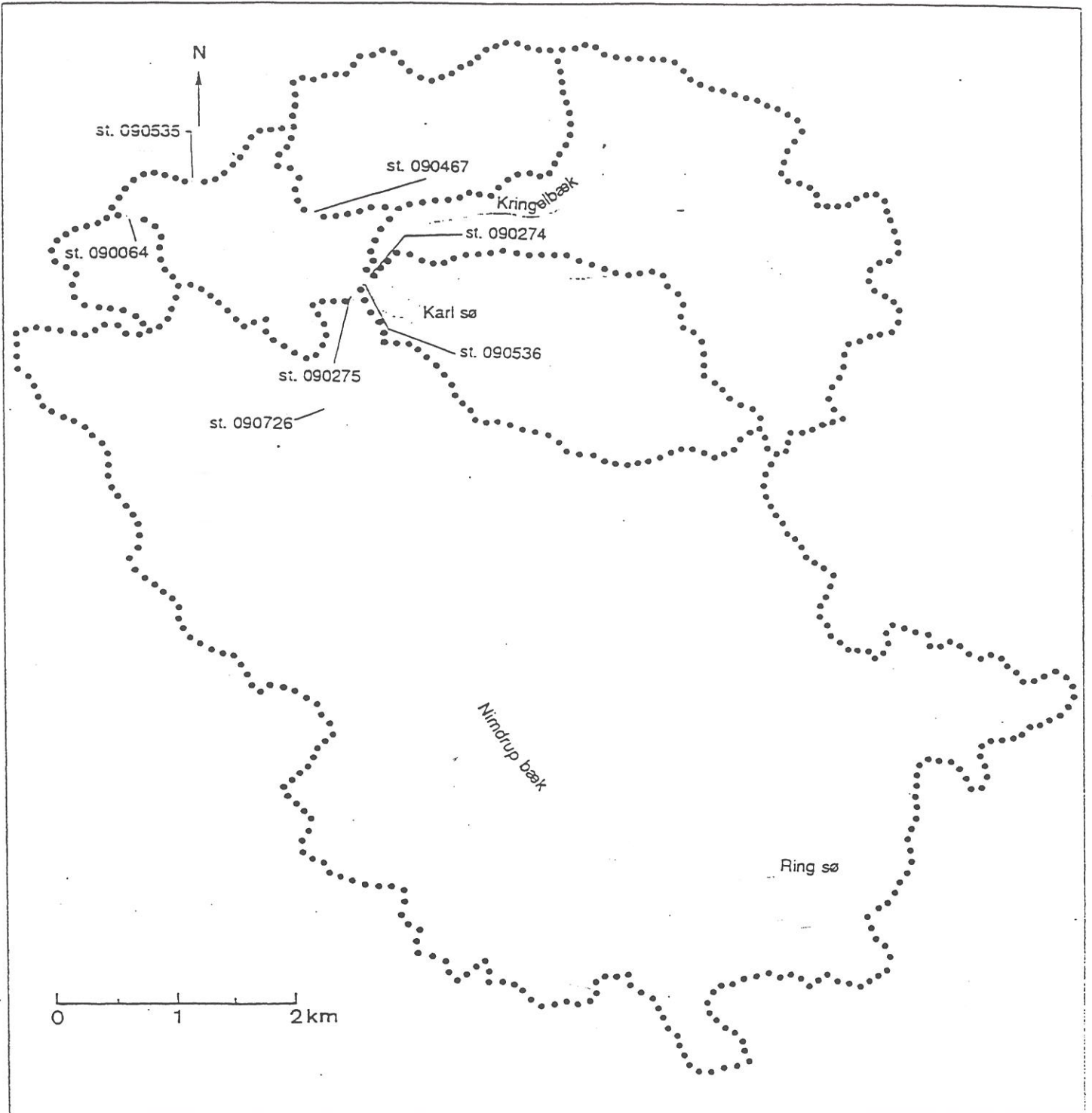
Deloplande der indgår i oplandet:
210745 210760 210585 210574

Kode	Arealtype	Areal Km*2	Procent
1120	Åben bebyggelse	2.27	4.71
2110	Dyrket land	19.06	39.51
2420	Komplekst dyrkningsmønster	11.24	23.32
2430	Blandet landbrug og natur	9.23	19.13
3110	Løvskov	.74	1.52
3120	Nåleskov	3.39	7.03
3130	Blandet skov	1.32	2.73
3240	Blandet krat-skov	.64	1.33
5120	Søer	.35	.72
Total...:		48.23	100.00

Navn/lokalitet	Arlus Amt-nr./ DBII-nr.	Topografisk opland km ²	Grovsan- det jord 1 %	Finsan- det jord 2 %	Lerbl. sandjord 3 %	Sandbl. terjord 4 %	Ler- jord 5 %	Svar- terjord 6 %	Illus- jord 7 %	Speciel type 8 %	Skov %	Fersk- vand %	Andet %	Dyrket %	Udyrket %
Karl Sø, afløb	090536/210613	3,94	4	0	75	2	0	0	1	0	10	2	6	81	19*
Hindrup Bæk	090275/21.73	29	24	0	38	18	0	0	0	0	13	1	6	00	20
Tilløb fra Sydvest	090064/211027	0,67	90	0	0	0	0	0	0	0	9	0	1	90	10
Tilløb fra Nord	090467/211026	2,63	2	0	81	3	0	0	0	0	3	0	11	97	3
Kringelbæk	090274/210424	6,6	0	0	86	4	0	0	7	0	3	0	1	97	3
Bryrup Langsø, afløb	090535/210340	45	20	0	48	12	0	0	1	0	10	2	7	82	18
Kilde v. Hindrupbæk	090726/ -	0,59												*	*

Tablet 3.6 Stationer og oplandskarakteristik. Bryrup Langsø.

* Skønnet fordeling 50% dyrket - 50% udyrket.



Stationer og oplande. Bryrup Langsø.

