

MILJØSERIE

NR. 68

OVERVÅGNING AF SØER, 1995



KØBENHAVNS AMT

Løbenr.: 87

1996

Eksemplar nr.: 1/1

OVERVÅGNING AF SØER, 1995

Udarbejdet af:

KØBENHAVNS AMT
Teknisk Forvaltning
Stationsparken 27
2600 Glostrup
Telefon: 4322 2222

August 1996

Tryk:
Københavns Amt, Amtscentralen

ISBN 87-7774-082-3

Forsidebillede: Sønderø

Forord

I forbindelse med Folketingets vedtagelse af Vandmiljøhandlingsplanen i 1987 blev der etableret et landsdækkende overvågningsprogram for spildevand, overfladevand, grundvandet og atmosfæren. Amtene er som regionale myndigheder ansvarlige for hovedparten af denne overvågning.

Nærværende rapport omfatter resultaterne fra overvågningen i 1995 af de 3 overvågningssøer; Furesø, Bagsværd sø og Sønder sø i Københavns Amt.

Rapporten indgår sammen med de øvrige Amters sørapporter i Danmarks Miljøundersøgelses samlede rapport og vurdering af tilstanden og udviklingen i vandmiljøet.

Alle data er fremsendt til Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen på EDB-medie samt på skemaform.

I forhold til de tidligere rapporter indgår bilagene ikke i denne endelige rapport. Hvis yderligere oplysninger ønskes, kan disse fås ved henvendelse til forvaltningen.

Rapporten er udarbejdet af miljøteknikerne Susanne Andreasen, Stig Bach og Lis Larsen samt biologerne Poul Vang Nielsen, Lilian van der Bijl og Thomas Vikstrøm. Rapporten er renskrevet af assistent Marianne Kjær Petersen og monteret af teknisk tegner Marleen Rasmussen.

Teknisk Forvaltning

August 1996

OVERVÅGNING AF SØER, 1995

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

1.0	OVERVÅGNING AF SØER, 1995	7
1.1	Indledning	7
1.2	Sammenfatning for de 3 søer	7
1.3	Undersøgelsesmetoder	15
1.4	Nedbør og afstrømning	17
1.5	Søernes morfometri	19
1.6	Planmæssig baggrund	20
1.7	Oplandsbeskrivelse af de 3 søer	21
1.8	Søernes fuglebestande	24
1.8.1	Baggrund og formål	24
1.8.2	Indikatorarternes udsagn om søernes tilstand	25
1.8.3	Fuglenes påvirkning af sømiljøet	25
2.0	FURESØ	26
2.1	Indledning	26
2.2	Vandbalance	28
2.2.1	Vandføring i til- og afløb, 1995	28
2.2.2	Hydraulisk opholdstid	31
2.3	Belastningsopgørelse	31
2.3.1	Søtilløb samt den øvrige belastning	31
2.3.2	Søafløb	37
2.3.3	Massebalance	38
2.4	Fysiske og vandkemiske målinger i søen, 1995	41
2.4.1	Undersøgte parametre	41
2.4.2	Bundvand og næringsstofpuljer	47
2.4.3	Sedimentundersøgelser	48
2.5	Udviklingen i perioden indtil 1995	51
2.6	Biologiske data	53
2.6.1	Planteplankton	53
2.6.2	Dyreplankton	56
2.6.3	Styrende faktorer	58
2.6.4	Undervandsvegetationen i søen	61
2.6.5	Furesøens fuglebestande	63
2.7	Samlet vurdering af tilstanden i Furesøen, 1995	66

3.0 BAGSVÆRD SØ 69

3.1	Indledning	69
3.2	Vandbalance	70
3.2.1	Vandføring i til- og afløb, 1995	70
3.3	Belastningsopgørelse	74
3.3.1	Søtilløb samt den øvrige belastning	74
3.3.2	Søafløb	76
3.3.3	Massebalance	77
3.4	Fysiske og vandkemiske målinger i søen, 1995	77
3.5	Sedimentkemi, 1995	82
3.6	Biologiske data	84
3.6.1	Planteplankton	84
3.6.2	Dyreplankton	86
3.6.3	Styrende faktorer	88
3.6.4	Udvikling, 1989-95	89
3.6.5	Bagsværd søs fuglebestande	90
3.7	Samlet vurdering af tilstanden i Bagsværd Sø, 1995	92

4.0 SØNDERSØ 95

4.1	Indledning	95
4.2	Vandbalance	95
4.2.1	Vandføring i til- og afløb, 1995	95
4.2.2	Hydraulisk opholdstid	96
4.3	Belastningsopgørelse	98
4.3.1	Søtilløb samt den øvrige belastning	98
4.3.2	Søafløb	102
4.3.3	Massebalance	102
4.4	Fysiske og vandkemiske målinger i søen i 1995	103
4.4.1	Undersøgte parametre	103
4.4.2	Sedimentundersøgelse i Sønder sø	106
4.5	Udviklingen fra 1989 - 95	107
4.6	Biologiske data	109
4.6.1	Planteplankton	109
4.6.2	Dyreplankton	111
4.6.3	Fiskeundersøgelse	113
4.6.4	Styrende faktorer	115
4.6.5	Sønder søs fuglebestande	123
4.7	Samlet vurdering af tilstanden i Sønder sø, 1995	126

1.0 OVERVÅGNING AF SØER, 1995

1.1 Indledning

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram for søer omfatter i Københavns Amt; Furesø, Bagsværd sø og Sønder sø. Programmet begyndte i 1989, og det er således syvende år at der afrapporteres. I de år Overvågningsprogrammet har været gældende, er en del oplysninger blevet fastlagt. Der henvises derfor generelt til de tidligere års rapporter for mere detaljerede oplysninger.

Det er besluttet, at der hvert år skal behandles ét tema mere grundigt i amternes rapporter. I år skal udvalgte fjorde behandles særligt detaljeret. Årets tema har derfor ingen indflydelse på den foreliggende sørapport.

1.2 Sammenfatning for de 3 søer

SAMMENFATNING FOR FURESØ

Morfometri og opland

Furesøen er den største sø i Mølleå-systemet, som afleder til Øresund. Søens overfladeareal er 941 ha, og vandvoluminet er på 127,1 mill. m³. Middeldybden er 13,5 m, og Furesøens maximumdybde på 37,7 m gør søen til Danmarks dybeste.

Vandbalance og belastning

Den samlede vandtilførsel lå i 1995 på 19 mill. m³. De største tilledninger kom fra henholdsvis nedbøren på søoverfladen og fra Fiskebækken, som samlet udgjorde 70 % af tilførslen. Årets samlede vandfraførsel var 19 mill. m³. Den gennemsnitlige hydrauliske opholdstid var på 9,9 år.

Furesøen blev i 1995 belastet med 53.600 kg kvælstof, heraf kom 34 % fra atmosfæren og 28 % fra renseanlæg. Den samlede kvælstofbelastning til Furesø er som følge af årets mere gennemsnitlige afstrømning reduceret med 12 % i forhold til 1994, der var et meget nedbørsrigt år. Kvælstoftransporten i afløbet er i 1995 næsten halveret fra 1994 til 1995. Fraførslen og tilbageholdelsen i søen bliver derved mere gennemsnitligt i modsætning til det ekstreme år 1994.

Fosforbelastningen var på 2.700 kg fosfor, hvoraf 40 % kom fra de 3 naturlige tilløb. Fosforbelastningen er faldet med 30 %, og transporten i afløbet er mere end halveret i forhold til året før. Dette medfører at retentionsprocenten for fosfor er 11 %. Dette er et stort skift i forhold til retentionsprocenten i 1994, der var på -88 %. De sidste to års aflastning er derved ophørt.

Furesøens interne fosforbelastning var på 18 tons, hvilket er relativt normalt for de senere år.

Fysiske-kemiske forhold

Springlagsdannelsen i det åbne bassin startede i slutningen af maj og lagdelingen holdt sig til midt i oktober. Springlagsperioden havde en varighed på 161 dage, som er lidt længere end i de forrige år.

Den årsgennemsnitlige totalfosforkoncentration for det åbne bassin var på 0,17 mg P/l. Totalkvælstofkoncentrationen havde et årsgennemsnit på 0,89 mg N/l. Både fosfor- og kvælstofkoncentrationen er faldet i forhold til året før.

Klorofyl-A havde både et års- og sommergennemsnit på 25 µg/l. Dette er et fald i forhold til 1994, men mere gennemsnitligt i forhold til årene før 1994. Sigtdybden havde et gennemsnit på 3,40 m i sommerperioden, mens årsgennemsnittet lå på 4,7 m.

Perioden med iltsvind i bundvandet havde en varighed på 98 dage.

I Store Kalv lå den årsgennemsnitlige totalfosforkoncentration på 0,10 mg P/l, og totalkvælstofkoncentrationen på 0,94 mg N/l. Sigtdybden havde her et års- og sommergennemsnit på henholdsvis 1,9 m og 1,2 m.

De sedimentkemiske forhold var ikke ændret væsentligt i forhold til en tilsvarende undersøgelse i 1990.

Biologiske data

Den gennemsnitlige fytoplanktonbiomasse i 1995 var på niveau med de øvrige år i perioden 1989-95. I 1995 dominerede furealger i modsætning til de foregående års blågrønalgedominans. Dette skift i dominansforholdet skyldes sandsynligvis den lange periode med springlagsdannelse i 1995.

De væsentligste styrende faktorer for fytoplanktonbiomassen i Furesøen i 1995 var sandsynligvis kvælstofbegrænsning og for de mindre fytoplanktonformer også dyreplanktons græsning.

Dyreplanktonbiomassen var relativt høj sammenlignet med de øvrige år i perioden 1989-95. Vandlopper dominerede dyreplanktonbiomassen i vækstsæsonen ligesom i 1992. De øvrige år dominerede dafnier.

Dyreplanktonbiomassen i Furesøen var i 1995 sandsynligvis primært reguleret af fødetilgængeligheden.

Fuglebestanden domineredes af gråand, hættemåge, blishøne og toppet lappedykker. Fuglebestanden skønnes ikke at have påvirket miljøtilstanden væsentligt.

Undervandsvegetationens maximale dybdegrænse var 3 meter i det dybe bassin. Vandplanterne "fyldte" 0,2 % af det samlede vandvolumen i søen. Det plantedækkede areal udgør kun 2/3 af arealet i 1993. Artsantallet var kun 11 arter i forhold til de oprindelige 35 arter.

Samlet vurdering

I 1995 var der et faldende indhold af fosfor i de øverste vandlag, større klarhed i vandet, vandets farve skiftede fra blågrønt til brunt på grund af dominans af furealger, og der var, på trods af den lange varme sommer, ingen badevandsproblemer med alger.

Det er ikke muligt at forklare disse ændringer ud fra få og enkle årsager.

En af årsagerne kan måske være den store vinterafstrømning der fandt sted i 1994/95. Andre årsager kan være meteorologiske forhold, med et tidligere tidspunkt for deling af søen i en varmere og koldere vandmasse. Muligvis kan algesammensætningen også være en medvirkende årsag til det faldende fosforniveau i søen i 1995.

I Vandområdeplanen for Mølleå-systemet er søen målsat med en skærpet målsætning. Trods de forbedringer, der har kunnet konstateres i søen i 1995, er tilstanden i søen stadig så dårlig at ingen af målsætningskravene er opfyldt.

SAMMENFATNING FOR BAGSVÆRD SØ

Morfometri og oplande	Bagsværd Sø ligger i Mølleå-systemet og afvander til Fureå umiddelbart opstrøms Lyngby Sø. Søen er med sine 119 ha Mølleå-systemets næststørste sø. Den har en middeldybde på 2 m og en maximumdybde på 3,5 m. Vandvoluminet er 2,4 mill. m³. Det topografiske opland er 6,8 km², hvoraf ca. 60 % er byzone og knap 25 % er skov.
Vandbalance og belastning	I 1995 havde Bagsværd Sø en årsafstrømning på 1,3 mio. m³, hvilket svarer til at søvandet havde en opholdstid på 1,73 år. Det vurderes, at ca. 1/5 af den tilførte vandmængde til Bagsværd Sø i 1995 hidrørte fra vand, der strømmede tilbage til søen i afløbet. Der blev tilført søen 5,3 tons kvælstof og 171 kg fosfor i 1995, hvoraf hovedparten stammede fra atmosfæren. Retentionen i søen blev beregnet til 71 % for kvælstof og 17,4 % for fosfor.
Fysiske-kemiske forhold	Den gennemsnitlige års- og sommersigtdybde var i 1995 henholdsvis 0,60 m og 0,44 m. Iltforholdene i vandmassen var gode. Det gennemsnitlige indhold af totalkvælstof, totalfosfor og klorofyl-A i sommerperioden var henholdsvis 2,02 mg N/l, 0,3 mg P/l og 148 µg klorofyl-A/l.
Biologiske data	Planteplanktonsamfundet var ligesom de foregående år domineret af blågrønalger. Efter to år med lav planteplanktonbiomasse (7,9 og 10 mm³/l) var biomassen i 1995 rekordstor på 40,4 mm³/l. Der sås kun korte perioder med mulig fosfor- og græsningsbegrænsning af algevæksten fra dyreplanktonet. Mængden af tilgængeligt kvælstof samt lysbegrænsning vurderes at have styret planteplanktonbiomassen i 1995. Dyreplanktonsamfundet domineredes ligesom de foregående år af dafnier. Faldet i den totale biomasse af dyreplankton, der er registreret siden 1989 ophørte i 1994 og i 1995 var dyreplanktonbiomassen den højeste registreret hidtil. Fuglebestanden domineredes af gråand, hættemåge, blyhøne og toppet lappedykker. Fuglebestanden skønnes ikke at have påvirket miljøtilstanden væsentligt.
Samlet vurdering	Bagsværd Sø er en lavvandet, næringsrig, blågrønalgesø, der er påvirket af spildevandstilledning og vandindvinding i oplandet. I Vandområdeplanen for Mølleå-systemet er søen målsat med en generelt målsætning. Lav sigtdybde, manglende undervandsvegetation og et blågrønalgedomineret algesamfund viser, at søen langt fra opfylder målsætningen. En relativ stor del af søens belastning vurderes at stamme fra vand der løber ind via søens afløb fra Lyngby Sø, hvilket der bør tages højde for ved fastlæggelse af en strategi for forbedringen af tilstanden i Bagsværd Sø.

For at opfylde målsætningen inden for en overskuelig årrække, skal der både foretages spildevandstekniske indgreb over for de regnvandsbetingede udløb samt gennemføres restaurerende indgreb.

SAMMENFATNING FOR SØNDERSØ

Morfometri og opland

Søndersø er beliggende i Værløse kommune, og er en del af Værebros å-systemet, der afleder til Roskilde fjord. Søen har et topografisk opland på 890 ha, hvoraf det målte opland udgør 1/3.

Søarealet er 123 ha, middeldybden er 3,3 m og maximumdybden er 7,8 m. Vandvoluminet er 4,1 mill. m³.

Vandbalance og belastning

Den samlede vandtilførsel i 1995 lå på 1,9 mill m³, hvoraf nedbøren på søen var den største enkelttilførsel.

Der strømmede 1,5 mill.m³ gennem afløbet. Den gennemsnitlige opholdstid var hermed 2,7 år, som er den korteste opholdstid siden overvågningen blev påbegyndt. Midt på sommeren var afløbet dog tørlagt.

Søndersø blev belastet med 7328 kg kvælstof og 170 kg fosfor. Omkring 1/3 af kvælstofbelastningen blev udgjort af det atmosfæriske bidrag. Fosforbelastningen er reduceret noget siden 1989 mens kvælstofbelastningen er noget større end normalt, antagelig af beregningsmæssige årsager.

I afløbet blev der transporteret 1114 kg kvælstof og 78 kg fosfor. Dette medførte at tilbageholdelses-procenten for kvælstof og fosfor var henholdsvis 85 % og 54 %. En stadig stigende del af fosforbelastningen bliver derved transporteret ud af søen igen.

Fysiske-kemiske forhold

Den årsgennemsnitlige totalfosforkoncentration var 0,05 mg P/l, mens totalkvælstofniveauet var på 0,78 mg N/l. Der er derved ikke sket nogen væsentlige ændring i næringsstofniveauet i søen i de forløbne år.

Den gennemsnitlige sigtdybde var på 0,94 m om sommeren. Dette er en tydelig forbedring i forhold til året før, hvor sommergennemsnittet var det ringeste, der var konstateret siden 1989.

Iltmålingerne viste, at bundvandet i perioder af sommeren var iltfrit.

Biologiske data

Fytoplanktonbiomassen var den laveste i perioden siden 1989. Blågrønalger dominerede fytoplanktonbiomassen ligesom i årene 1989-92 og 1994.

Den væsentligste styrende faktor for fytoplanktonbiomassens udvikling i Søndersø i 1995 var sandsynligvis fosforbegrænsning.

Dyreplanktonbiomassen var steget svagt i forhold til 1994, men var på samme niveau som de øvrige år i perioden. Som de øvrige år dominerede dafnier dyreplanktonbiomassen. Dyreplanktonbiomassen i Søndersø var i 1995 sandsynligvis primært reguleret af prædation fra fisk, især årsyngel, men i perioder kan mængden af tilgængelig føde også have haft betydning.

Det lave næringsniveau skulle danne rammen om en stabil fiskebestand domineret af store aborrer og af store skaller, men både i 1990 og i 1995 havde fiskebestanden karaktertræk tilfælles med fiskebestande fundet i væsentligt mere næringsrige søer.

Fiskebestanden vil næppe af sig selv ændres i de kommende år, da en meget væsentlig reduktion i fødekonkurrencen erfaringsmæssigt er en afgørende forudsætning for den hurtige opvækst af aborrer.

Fuglebestanden domineredes af troldand, toppet lappedykker, hættemåge, blishøne og gråand. Fuglebestanden skønnes ikke at have påvirket miljøtilstanden væsentligt.

I Vandområdeplanen for Roskilde Fjord er søen målsat med en generelt målsætning. Lav sigtdybde, manglende undervandsvegetation og et blågrønalgedomineret algesamfund viser, at søen langt fra opfylder målsætningen.

1.3 Undersøgelsesmetoder

I rapporten omhandlende 1990 blev de anvendte undersøgelsesmetoder grundigt beskrevet.

I 1995 blev der på Furesø gennemført en **vegetationsundersøgelse**. Undersøgelsen blev udført efter Teknisk anvisning nr. 6 1993, "Vegetationsundersøgelser i søer" fra DMU samt de efterfølgende justeringer fra februar 1994.

På Søndersø blev der foretaget en **fiskeundersøgelse** efter normalprogrammet.

Nedbøren er korrigeret med + 16 % efter aftale ved fagmødet i januar 1995.

Følgende skal bemærkes til beregningerne i nærværende rapports afsnit 2.2, 3.2, 4.2; **Vedrørende fordampning fra søoverflader:**

Furesø: Fordampningen er af samme størrelse som den potentielle fordampning. Korrektionsfaktoren bliver altså 1,0 for alle måneder, undtagen juli hvor faktorer er 1,1.

Bagsværd sø og Søndersø: Januar, februar, marts, oktober, november og december er korrektionsfaktoren 1,0. For april, maj, juni og september er korrektionsfaktoren 1,1. For juli og august er korrektionsfaktoren 1,2.

Følgende skal bemærkes til beregningerne i nærværende rapports afsnit 1.7; **Vedrørende arealanvendelsen i søoplandene:**

Beregningen af den **arealspecifikke belastning** fra det dyrkede land i 1995 er beregnet ud fra den del af Lille Vejle å's opland, der er landbrugsbelastet, med fradrag af andre kilder.

På samme måde er den arealspecifikke belastning for natur-områder beregnet ud fra tal fra Dumpedalsrenden, der er et tilløb til Furesøen.

For samtlige oplande og deres arealtypeopdeling gælder, at der i beregningerne kun er anvendt de nye CORINE-opgørelser fra 1995. Der er således sket en ændring af arealer for nogle vandløb.

For den atmosfæriske belastning er brugt værdier, som VKI benyttede ved beregning af belastningen af Furesøen i forbindelse med udarbejdelse af Vandområdeplan for Mølleå-systemet.

Oplandstype	Total-N kg/ha/år	Total-P kg/ha/år
Dyrket opland	17,26	0,12
Skov- og naturområder	1,76	0,032
Vandområder / atmosfærisk	20,0	0,55

Tabel 1.3.1 Oversigt over de anvendte belastningsmængder for forskellige oplandstyper.

For renseanlæg er benyttet den beregnede stofudledning for 1995.

Til beregning af belastningen fra regnvandsbetingede udløb er benyttet værdierne fra indberetningsskemaerne til Miljøstyrelsen.

For spredt bebyggelse er benyttet de opgørelser kommunerne har lavet over benyttelsen og antallet af ejendomme i oplandet. Herefter er udledningen blevet beregnet efter Miljøstyrelsen belastningsværdier, som er følgende:

Helårsbeboelse 2,8 PE
Sommerhus 2,5 PE

1 PE = 4,4 kg total-N/år
1,0 kg total-P/år

Ved beregning af spredt bebyggelse er der, af tidsmæssige årsager, benyttet værdier fra 1994.

Sedimentkemi Der blev foretaget undersøgelser af sedimentets indhold af næringsstoffer i de tre søer i december 1995. Metoden er beskrevet i Overvågningsprogrammet fra Danmarks Miljøundersøgelser.

På tre stationer i hver sø blev der udtaget tre sedimentprøver. Umidledbart efter prøvetagningen blev sedimentsøjlerne kørt til laboratorium, som foretog opskæring af søjlerne i N₂-atmosfære i lagene 0–2 cm, 2–5 cm, 5–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–50 cm og 50–70 cm, samt de efterfølgende kemiske analyser. Den videre behandling af prøverne foregik i åbent laboratorium, hvor iltens adgang blev begrænset mest muligt ved at blæse N₂ over prøverne.

I forhold til undersøgelsen i 1990 blev der i 1995 ikke foretaget en adskillelse af den jern- og aluminiumsbundne fosforfraktion. Som supplerende parameter blev indholdet af den fækale bakterie *Clostridium perfringens* bestemt.

Det bedste billede af forholdene i søbunden fås ved at blande de tre prøver og derefter foretage analyserne på repræsentative delprøver. Imidlertid har denne metode den store svaghed, at der ved sammenblandingen sker forskydninger mellem de forskellige bindingsformer, som fosfor er bundet på i sedimentet.

Det blev derfor valgt ikke at pulje prøverne, for at opnå et så sandfærdigt billede af fordelingen af fosfor som muligt.

Imidlertid er svagheden ved denne beslutning, at der laves analyser på separate søjle. Da søbunden er noget uensartet, giver dette visse variationer i analyserne. Dette bliver særligt tydeligt på fosforfraktioneringen, da denne blev foretaget på én søjle, mens indholdet af totalfosfor blev foretaget på en anden søjle. Der opstår derved en differens mellem summen af fraktionerne og indholdet af totalfosfor. Men resultaterne fra undersøgelsen tyder ikke på en væsentlig usikkerhed af denne grund.

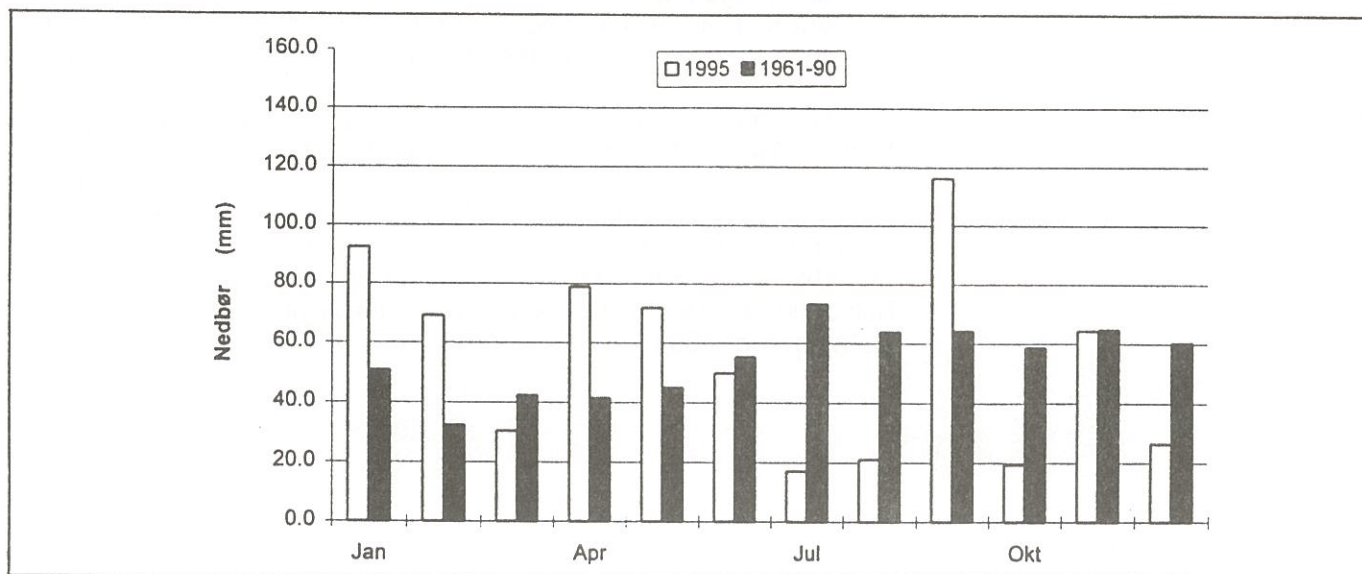
1.4. Nedbør og afstrømning

I 1995 faldt i alt 657 mm nedbør mod normalt 653 mm. I 1995 var nedbøren således tæt på et normalår, som er beregnet for perioden 1961–90. Nedbøren i 1995 var ikke fordelt over året som normalt, kun i april, juni og november lå nedbøren tæt på et normalår.

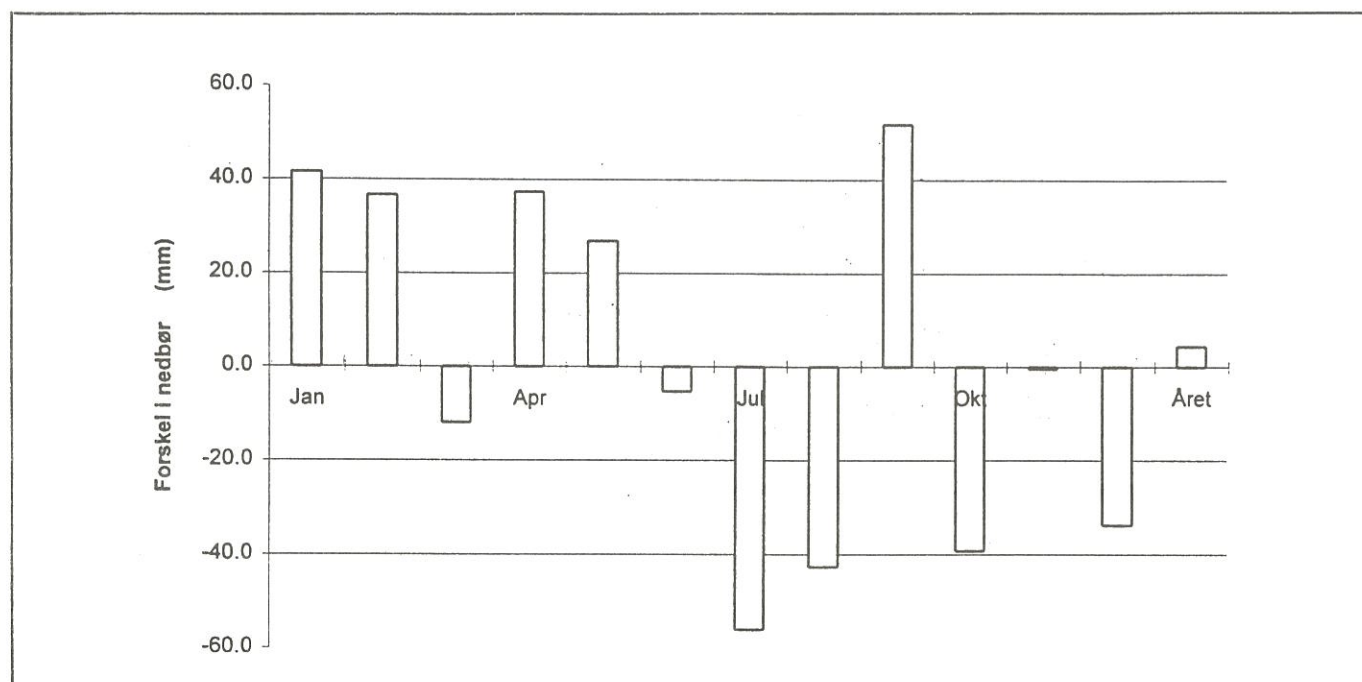
I den første halvdel af 1995 faldt 393 mm, hvilket er næsten 50 % mere end normalnedbøren på 267 mm. Det første halvår var således generelt nedbørsrigt, idet nedbøren i marts og juni dog lå lidt under normalværdierne.

I september måned faldt 116 mm nedbør, hvilket er næsten dobbelt så meget som normalt. I november faldt 64 mm nedbør, hvilket nøje svare til normalnedbøren. Den øvrige del af andet halvår var særdeles tørt. Sommermånederne juli og august er normalt blandt årets mest regnfulde måneder, i 1995 var de mest nedbørsfattige måneder.

I figur 1.4.1 er vist månedsnedbøren henholdsvis 1995 og perioden 1961–90 for området omkring Furesø, Bagsværd Sø og Sønder sø. Figur 1.4.2 er forskellen mellem månedsnedbøren for 1995 og normal nedbøren for perioden 1961–1990 vist, for samme område.



Figur 1.4.1 Månedsnedbør.



Figur 1.4.2 Forskellen mellem månedsnedbør og normalnedbør.

Årsmiddeltemperaturen for 1995 var 8,5 °C, hvilket er noget varmere end normal temperaturen på 7,7 °C. Temperaturerne i de fire første måneder samt juli, august, september og oktober varmere end normal.

Middel temperaturen for februar, der normalt ligger under frysepunktet lå i 1995 betydelig over frysepunktet.

Juli og august er normalt årets varmeste måneder, hvilket det også var i 1995, hvor de var endnu varmere end normalt. Månederne maj juni og november var koldere end normalt. December var årets koldest måned med middel temperatur under frysepunktet.

Fordampningen på årsbasis i 1995 var på 625 mm, ifølge opgørelser fra Statens Planteavlsvforsøg. Dette er højere end i de øvrige måleår, undtagen i 1992, hvor fordampningen var lidt højere, nemlig 629 mm.

Afstrømningens årsmiddel var i 1995 6,0 l/s/km², mod normalen på 4,6 l/s/km². Middelaflstrømningen var således 30% større i 1995 end normalt. Afstrømningen varierede dog betydeligt mere over året. Således var afstrømningen i det første halvår næsten dobbelt så stor som normalen. Afstrømningsmønsteret følger derved det samme mønster som nedbøren. Dog var afstrømningen i starten af 1995 betydeligt større end nedbøren, og dette skyldes et regnoverskud i slutningen af 1994.

Årstal	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Nedbør mm	580	658	664	555	724	844	657
Fordampning mm	607	594	546	629	555	610	625
Afstrømning i Mølleåsystem l/sec	289	335	487	303	418	992	474

Tabel 1.4 Nedbør, fordampning og middelvandføringer 1989 til 1995.

1.5 Søernes morfometri

Furesø er med en maximumdybde på 37.7 m Danmarks dybeste sø. Søen adskiller sig fra Bagsværd sø og Søndersø, ved sin størrelse, stejle skrænter og store dybde. Bagsværd sø og Søndersø har stort set samme størrelse. Begge søer er relativt fladvandede, men Søndersø har dobbelt så stort volumen på grund af en større dybde.

	Furesø	Bagsværd sø	Søndersø
Areal	941 ha	119 ha	123 ha
Volumen	$127.2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$	$4.1 \times 10^6 \text{ m}^3$
Middeldybde	13.5 m	2.0 m	3.3 m
Maksimaldybde	37.7 m	3.5 m	7.8 m
Kystlængde	19.2 km	7.1 km	5.6 km
Topografisk opland (excl. søareal)	6886 ha	678 ha	884 ha
Vand. opholdstid i 1995	9.9 år	1.7 år	2.7 år
VS kote DNN (GI) min: variation 1995 max:	20.28 m 20.59 m	– –	12.20 m 12.71 m
Opmålt	1989	1993	1982

Tabel 1.5 Morfometriske og hydrauliske data for de tre VMP-søer i 1995.

1.6 Planmæssig baggrund

Furesø er målsat i Vandområdeplan for Mølleå-systemet. Furesø er udlagt med en skærpet målsætning som badevandsområde (A2) samt som naturvidenskabeligt interesseområde (A1) på grund af en førhen meget artsrig og veludviklet undervandsvegetation beskrevet i begyndelsen af dette århundrede.

Udover de kvalitetskrav, der fremgår af nedenstående skema, stilles i Vandområdeplanen følgende specifikke krav til forekomst af et alsidigt og upåvirket dyre- og planteliv og til den biologiske udvikling i søen.

"Rankegrøden skal være udbredt over hele Storekalv, det vil sige over fire meters dybde. Artsantallet i rankegrøden skal øges til at nærme sig det oprindelige. Planteplanktonet i søen skal domineres af rentvandsarter, og de to tilbageblevne arter af reliktkrebs skal forekomme i søen i livskraftige bestande."

Bagsværd Sø er ligeledes omfattet af Vandområdeplan for Mølleå-systemet. Bagsværd Sø er på baggrund af de rekreative interesser og de økologiske forhold i søen udlagt med en generel målsætning (B), det vil sige med et alsidigt og upåvirket eller kun svagt påvirket dyre- og planteliv.

I søen skal findes en alsidig vegetation af undervandsplanter.

Søndersø er målsat i Roskilde Fjord-planen med en skærpet målsætning (A3) som "råvand til vandforsyning". Desuden opstilles en generel målsætning (B) om forekomst af et "naturligt og alsidigt dyre- og planteliv".

Sø vandet skal kunne opfylde kravene til råvand til drikkevandsforsyning. Vegetationen skal forekomme i tætte bestande og sø vandets opholdstid må ikke øges.

	FURESØ	BAGSVÆRD SØ	SØNDERSØ
Gennemsnitlig sigtdybde	ca. 4 m (juni-august)	> 1 m (juni-august)	> 1,5 m (maj-oktober)
Årsgennemsnitlig totalfosfor koncentration	< 0,04 mg P/l	< 0,04 mg P/l	0,065 mg P/l
Vegetationens dybdeudbredelse	> 4 m		> 2 m
Iltindholdet i bundvandet	> 0,5 mg O ₂ /l		

Tabel 1.6 Recipientkvalitetskrav til Furesø, Bagsværd Sø og Søndersø. Fra Regionplan 1993.

1.7. Oplandsbeskrivelse af de 3 søer

CORINE

Dette afsnit indeholder en række mindre ændringer af arealtyper og -størrelser i forhold til Amtets tidligere søovervågningsrapporter. Ændringerne skyldes, at afsnittet bygger på Danmarks Miljøundersøgelses såkaldte CORINE-kortlægning fra 1995. CORINE (Coordination of Information on the Environment) er et kortlægningsprogram fælles for hele EU. De tidligere rapporters oplysninger var baseret på opgørelser fra 1990 fra Landbrugsministeriets daværende Arealdata-kontor (ADK).

De tre søer

Furesøen er den største af søerne i Mølleåsystemet. Mølleåen udspringer lidt vest for Bastrup Sø nær hovedvandskellet (mellem Roskilde Fjord og Øresund) og gennemløber en strækning på ca. 40 km gennem Farum Sø, Furesøen, Lyngby Sø og otte mølledamme før udløbet i Øresund. Opstrøms indløbet i Lyngby Sø modtager åen et tilløb fra Bagsværd Sø.

Bagsværd Søs vandskel mod nord forløber nær søbredden. På det smalle areal mod Mølleåen i nord præges landskabet af stejle skrænter; inden for få hundrede meter stiger terrænet således op til 35 meter. Mod syd er oplandet derimod relativt fladt.

Søndersø indgår i Værebros Å-systemet, der har sit udspring som Tibberup Å i Smørmosen ved Bagsværd nær hovedvandskellet. Nedstrøms Søndersø kaldes vandløbet Jonstrup Å, og nedstrøms tilløbet Bundsø kaldes det Veksø Å eller Værebros Å. Sidstnævnte betegnelse gælder resten af strækningen til udløbet i Roskilde Fjord.

Furesøens opland

Furesøen modtager tre betydende tilløb, Fiskebækken, Vejlesø Kanal og Dumpedalsrenden. Mølleåens hovedløb udspringer som nævnt vest for Bastrup Sø, fra hvilken det under navnet Hestetangs Å med en længde på 4,5 km løber til Farum Sø. Undervejs modtager Hestetangs Å tilløb fra det 2 km lange Vassingerødløb samt fra Hesselkilde. På den ganske korte strækning fra Farum Sø til Furesøen bærer hovedløbet navnet Fiskebækken, hvis opland ved Fiskebæk Bro har et areal på 34,5 km².

Dumpedalsrenden er ca. 2,5 km lang og har et fald på 12 m. Den udspringer i Rude Skov nordøst for Furesøen og løber gennem Dumpedalen og Vaserne til Store Kalv, Furesøens store, nordøstlige bassin. Dumpedalsrendens målte opland er på 7,5 km².

Vejlesø Kanal er ca. 400 m lang og forbinder Vejlesø med østenden af Store Kalv. Kanalens opland på 9,1 km² omfatter tillige Søllerød Sø, der er forbundet med Vejlesø ved den rørlagte Bækrende.

Herudover kan nævnes to tilløb fra nord, Bistruprenden og Hesselbækken, samt tilløbet Dybendal fra sydvest, der alle er tørlagt det meste af året. De to nordlige tilløb modtager dog vand fra regnvandsudledninger og spildevandsoverløb.

Furesøens umålte opland er på ca. 18 km², og det samlede opland til Furesøens afløb er på 78,2 km².

Bagsværd Søs opland

Bagsværd Sø modtager ingen tilløb udover et lille, periodevis tørlagt tilløb fra vest. Dette tilløb afvander et opland på ca. 0,6 km² inkl. Store Hulsø.

Det umålte opland til Bagsværd Sø er på ca. 6,1 km² og rummer ingen vandløb. Størstedelen ligger på søns sydside.

Bagsværd Sø afvandes til Mølleåen gennem en kanal ved Nybro. Oplandet hertil er på ca. 8,0 km².

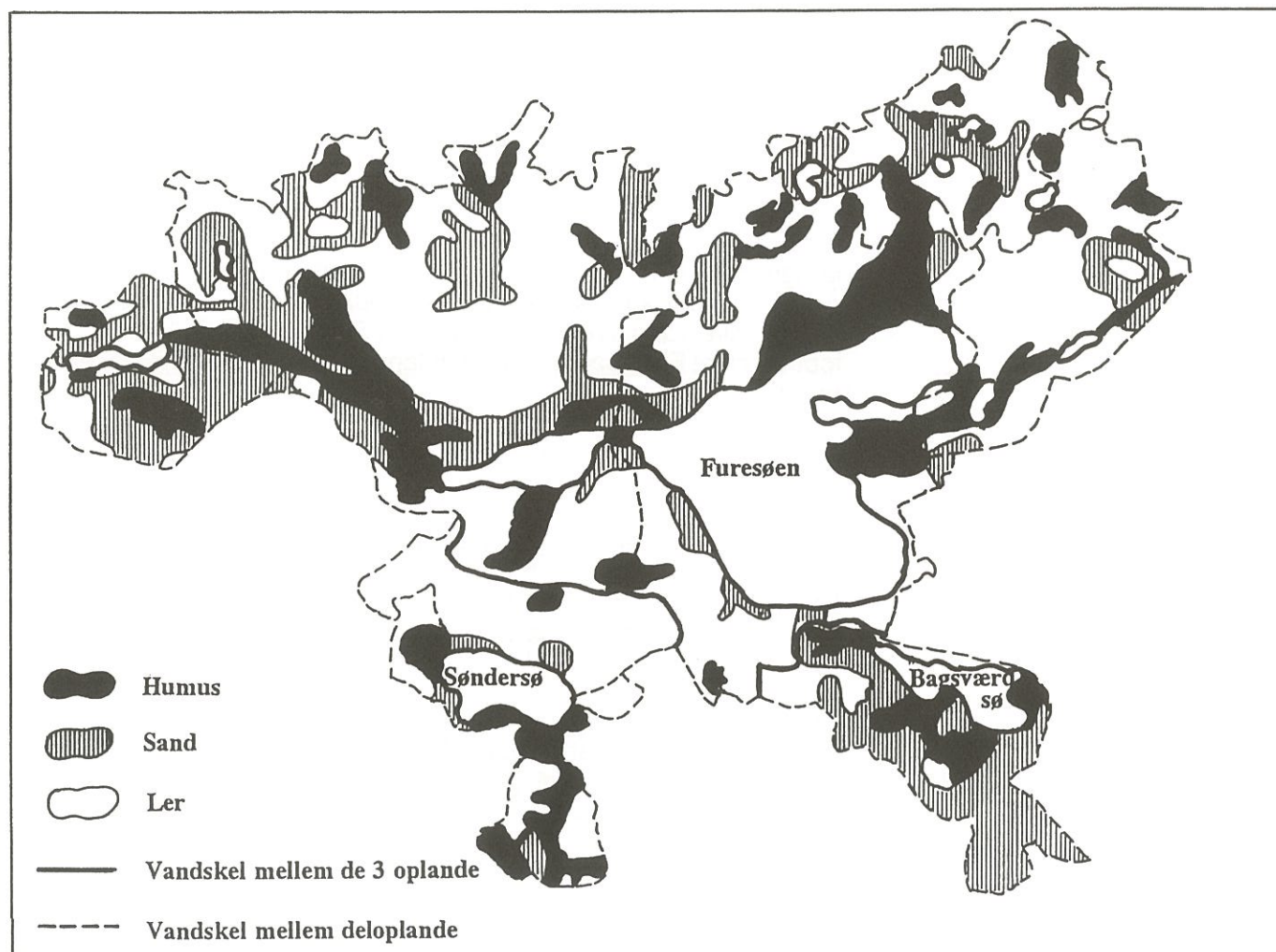
Søndersøs opland

Søndersøs eneste tilløb af betydning kommer fra Lillesø nær søns sydøsthjørne. Gennem dette tilløb, der har et opland på ca. 3,1 km², pumpes der vand til Søndersø. Et tilløb fra Præstesø lidt nordvest for søen med et opland på ca. 0,9 km² er udgået af måleprogrammet i 1995.

Det samlede opland til Søndersøs afløb til Jonstrup Å er på ca. 10,1 km².

Jordtypefordeling

Det fremgår af figur 1.7.1, at jordbunden i Furesøens opland er både leret og sandet, men at også humusandelen er væsentlig. Oplandet til Bagsværd Sø er overvejende sandet, mens oplandet til Søndersø overvejende er leret. Også i disse oplande udgør humusjorde dog en væsentlig andel.



Figur 1.7.1 Jordtyper i oplandene til Furesøen, Bagsværd Sø og Søndersø (efter DGU's jordartskort over Danmark 1989).

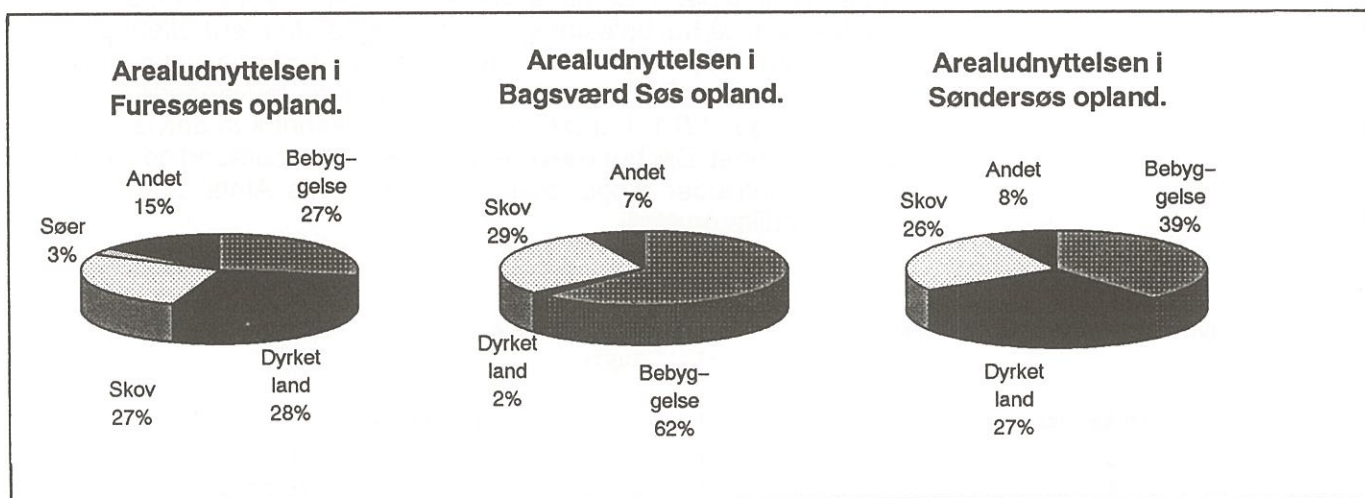
Arealudnyttelse

Hovedparten af det dyrkede land i Furesøens opland er beliggende i Fiskebækkens opland i Frederiksborg Amt. Dumpedalsrendens opland består af ca. 60 % skov – ligeledes beliggende i Frederiksborg Amt, mens oplandet til Vejlesø Kanal og det umålte opland til Furesøen hver især udgøres af godt 40 % bebyggelse.

Skovarealet i den nordvestlige del af oplandet til Bagsværd Sø udgøres primært af løvtræer, især bøg, med enkelte parceller af nåletræer.

Skovarealet i oplandet til Sønder sø ligger hovedsagelig syd for søen og består af ca. $\frac{2}{3}$ løvskov og ca. $\frac{1}{3}$ nåleskov. Sønder sø er desuden omkranset af et smalt skovbælte langs det meste af søbredden.

Det fremgår tydeligt af figur 1.7.2, at Københavns Amt er et byamt. 53 % af amtet er således byområde mod 12 % på landsplan. Natur- og skovområder udgør 28 % af Københavns Amt mod 24 % for hele landet.



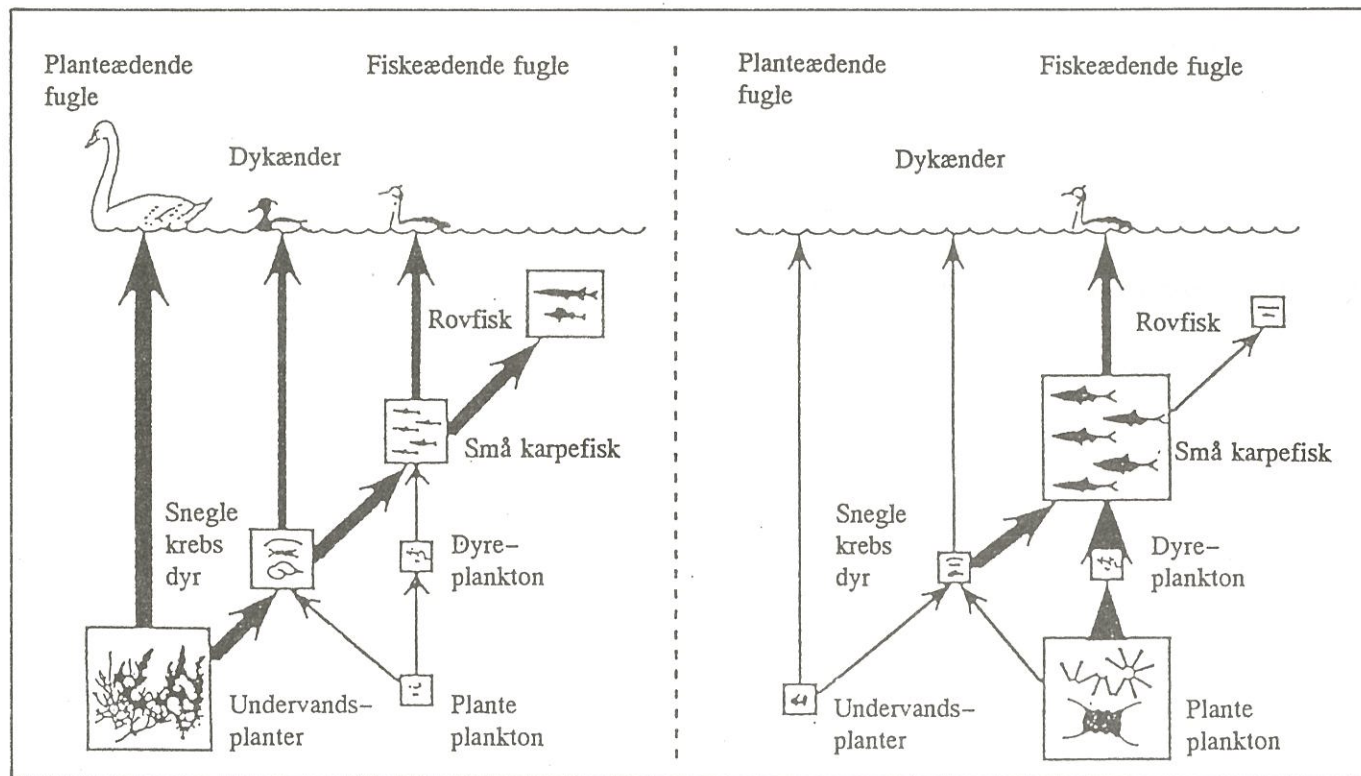
Figur 1.7.2 Arealudnyttelsen i de tre søoplande.

1.8 Søernes fuglebestande

1.8.1. Baggrund og formål

Som et nyt element i overvågningen blev søernes fuglebestande i 1995 optalt én gang månedligt i perioden marts–november. Formålet hermed var dels ved hjælp af fuglene som indikatorer at indhente yderligere oplysninger om søernes biologiske tilstand, dels at bedømme fuglelivets påvirkning af økosystemet i de pågældende søer, herunder fuglenes bidrag til næringsbelastningen via ekskrementer samt fuglenes fødeindtag.

Fugleundersøgelsernes baggrund og metoder er nærmere beskrevet i en særskilt rapport. Det skal dog nævnes her, at det væsentligste element i anvendelsen af vandfugle som indikatorer for søkvalitet er bestandenes relative andele af henholdsvis fiske- og planteædende fugle. Groft taget er en høj andel af fiskeædere som fx toppet lappe- dykker tegn på høj belastning med næringsstoffer (eutrofiering), mens en høj andel af planteædere som fx blishøne og knopsvane vidner om en ubelastet sø. Dette gælder for næringsrige, lavvandede lavlands- søer, se figur 1.8.1. Furesøen kan som bekendt kun delvis betegnes som lavvandet. Det bør nævnes, at visse arter, fx gråand og hættemå- ge, der optræder meget talrigt i Københavns Amts søer, ikke har nogen indikatorværdi.



Figur 1.8.1 Skematisk fremstilling af fødekæderne i to forskellige ligevægtstilstande i lavvandede, næringsrige lavlandssøer. Figuren til venstre viser den for søfugle gunstige tilstand med stor rigdom på føde i form af undervandsplanter og smådyr. Kvadraterne angiver den relative biomasse af forskellige organismegrupper, mens pilene viser strømmen af biomasse eller energi.

1.8.2. Indikatorarternes udsagn om søernes tilstand

På trods af, at Furesøen stadig er forholdsvis rig på undervandsvegetation, mens denne vegetation stort set er udryddet i Søndersø og Bagsværd Sø, adskilte de tre søer sig i 1995 ikke væsentligt fra hinanden hvad angår den gennemsnitlige fordeling af fiskeædende henholdsvis plante- og smådyrædende vandfugle. Bagsværd Sø og Furesøen udviste en omtrent ligelig fordeling af de to grupper det meste af året, hvilket tyder på en økologisk tilstand midt imellem de to modeller i figur 1.8.1.

I Søndersø sås nogle usædvanligt markante udsving i fordelingen mellem fiskeædere og plante- og smådyrædere over året, men generelt havde denne sø de højeste, procentvise andele af fiskeædere. Søndersø var derfor efter fugleundersøgelsen at dømme dén af søerne, hvis tilstand nærmede sig mest modellen til højre i figur 1.8.1, den stærkt næringsbelastede sø.

Alle tre søer udviste såvel en forårs- som en efterårstop i den procentvise andel af fiskeædende vandfugle. Forårstoppen i maj/juni bør tillægges særlig opmærksomhed, da denne periode er fuglenes yngletid. Fuglene er i denne periode særligt afhængige af søernes vandmiljø, eftersom ynglende vandfugle kun meget nødtigt forlader den sø, de yngler i. Under dette forårsmaksimum havde alle tre søer en fiskeæderprocent over 50.

Blandt indikatorarterne var toppet lappedykker den dominerende fiskeæder i de tre søer. Af plante- og smådyr-ædende indikatorarter dominerede blishøne – i Søndersø og Furesøens lavvandede kalve med følgeskab af troldand og i kalvene tillige af hvinand.

1.8.3. Fuglenes påvirkning af sømiljøet

Søernes fuglebestande vurderes ikke at have udøvet en væsentlig påvirkning af sømiljøet i 1995. Individtætheden lå året igennem mellem 0,5 og 3,2 fugle pr. ha i søerne, hvor fx den nærliggende, næsten rene Gentofte Sø rummede 10–60 fugle pr. ha.

Søerne husede som nævnt store bestande af toppet lappedykker, hvis daglige indtag af fisk angives til 200–285 g vådvægt. På årsbasis indtog toppet lappedykker omkring 3 tons småfisk i Bagsværd Sø og Søndersø og 17 tons i Furesøen, hvilket ikke har forrykket tilstanden i nogen af søerne.

Søerne husede desuden pæne bestande af blishøns, som kan afgræsse op til 1,25 kg vandvegetation pr. m² om dagen. Blishøns kan derfor lokalt spille en stor rolle i omsætningen, en rolle der forstærkes af plantefødens relativt lave fordøjelighed på 30–40 % (bedømt hos bramgås). Bestandene i de tre søer var dog ikke så store i 1995, at denne omsætning vurderes at have spillet nogen væsentlig rolle for sømiljøet.

Fødens fordøjelighed er ca. 90 % hos fiskeædere som toppet lappedykker. Disse tilfører altså søerne mindre næring via ekskrementer end planteædere som blishøne.

2.0 FURESØ

2.1 Indledning

Furesø er den største sø i Mølleå-systemet, som afleder til Øresund. Med en maximumdybde på 37.7 m er søen Danmarks dybeste.

I Vandområdeplanen for Mølleå-systemet er Furesø målsat med skærpet målsætning som en sø omfattet af særlige naturvidenskabelige interesser og som badevandsområde.

Søen er opdelt i to bassiner, et stort meget, dybt bassin, samt et mindre, fladvandet bassin, hvilket kan ses på skemaet:

	Hele søen	Det åbne bassin	Store Kalv
Areal	941 ha	739 ha	202 ha
Volumen	$127.2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$122.2 \times 10^6 \text{ m}^3$	$5.0 \times 10^6 \text{ m}^3$
Middeldybde	13.5 m	16.5 m	2.5 m
Maksimaldybde	37.7 m	37.7 m	4.5 m
Kystlængde	19.2 km	12.7 km	6.5 km

Tabel. 2.1 Morfometriske data for Furesø.



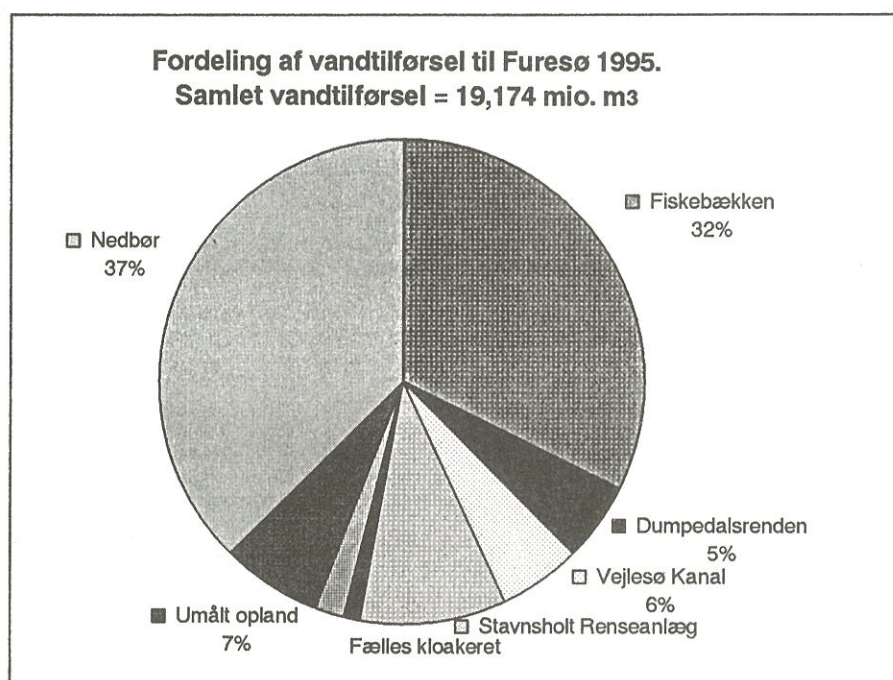
Figur 2.1 Kort over Furesø med placering af prøvetagningsstationer.

2.2 Vandbalance

2.2.1. Vandføring i til-og afløb, 1995.

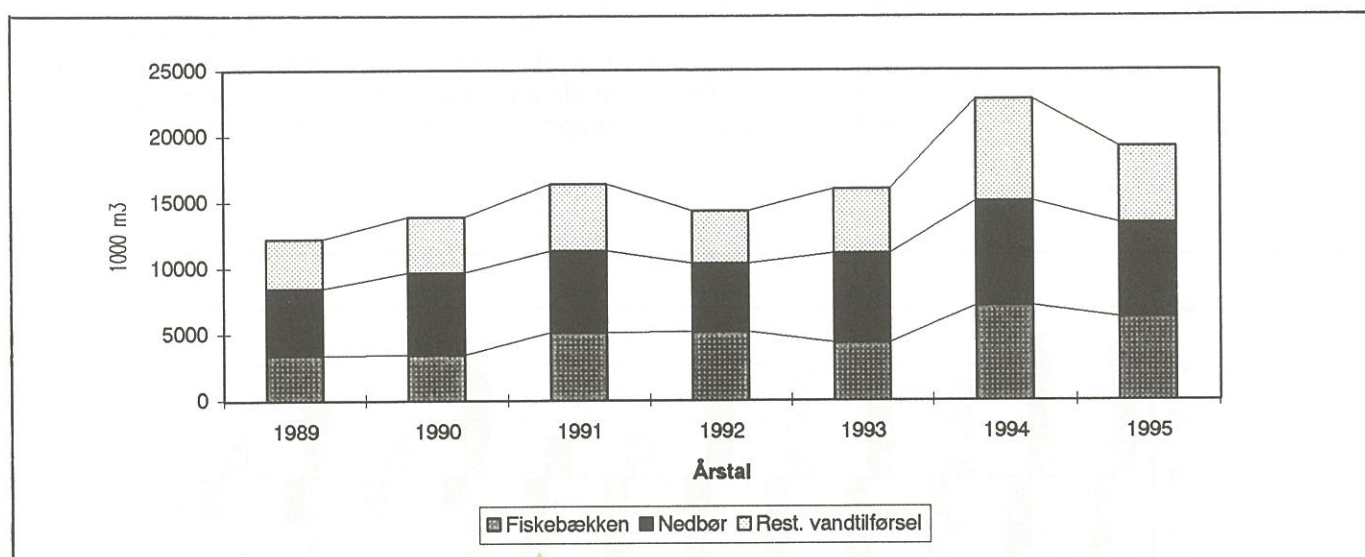
Tilførsel

Vandføringen er bestemt i de tre vigtigste tilløb til Furesøen; Fiskebækken, der afleder fra Bastrup sø og Farum sø, Dumpedalsrenden, der afvander et område i Rude Skov, samt Vejlesø Kanal, der afleder vand fra Søllerød Sø og Vejlesø.



Figur 2.2.1 Fordeling af vandtilførsel til Furesø 1995. Samlet vandtilførsel = 19.175 m³.

Efter et år med stor nedbør og deraf flg. høje vandføringer er vandtilførslen, som følge af mere typiske nedbørsmængder i 1995 generelt faldet mod tidligere års niveau.

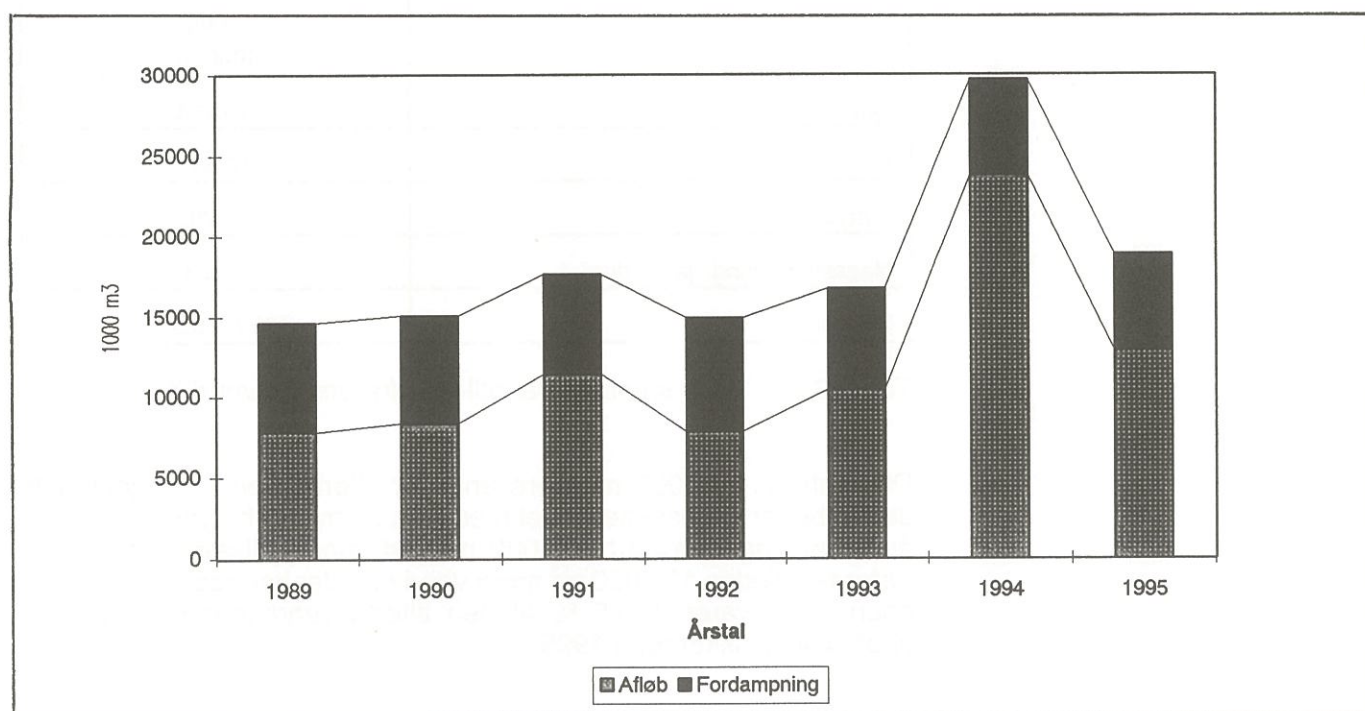


Figur 2.2.2 Samlet vandtilførsel til Furesø, 1989–95.

Vandtilførslen til Furesø er faldet 16 % i forhold til 1994, men ligger fortsat 24 % over tilførslen i 1989–93. Dette skyldes såvel at nedbørmængden i 1995 lå 18 % over 1989–93-gennemsnittet, som forsinkelser i vandtransporten fra året før.

Fraførsel

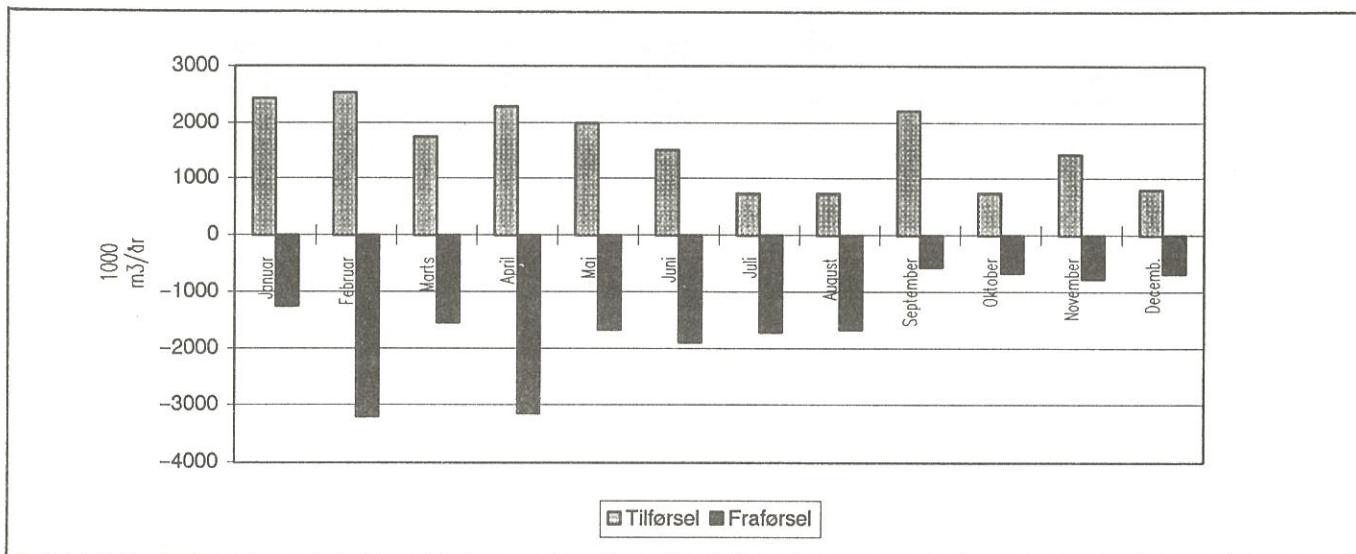
Den samlede vandfraførsel fra Furesø i 1995 var på 18.884 mio.m³.



Figur 2.2.3 Samlet vandføring fra Furesø, 1989–95.

I 1995 var vandføringen i afløbet faldet mod niveauet fra før 1994, hvor vandføringen var væsentligt forøget som følge af årets store nedbørmængde. Den samlede vandfraførsel er faldet med 37 % fra 1994. Den ligger dog fortsat knap 20 % højere end gennemsnittet fra 1989-93.

Vandbalance



Figur 2.2.4 Vandtil- og fraførslen i 1995. I årets første måneder er der ingen klar sammenhæng mellem til- og fraførsel, mens forløbet i årets sidste halvdel tyder på en forsinket effekt.

	1995 1000 m ³
Tilførsel	19,174
Fraførsel	18.844
Difference	330
Magasinændring: jan - dec.	- 433
Usikkerhed / %	-103 / - 0,5 %

Tabel 2.2.1 Den samlede vandtil- og fraførsel samt differencen.

Der fraføres 330.000 m³ mere end der tilføres søen. Fra januar til december er vandspejlet faldet med 4,6 cm, hvilket betyder at der ved årets udgang er fraført 433.000 m³ ved vandspejlsændringen. Der fraføres således 100.000 m³ mere vand end der kan registreres tilført søen. Det svarer til 0,5 % af den tilførte vandmængde, altså en ubetydelig usikkerhed i 1995.

Gennem de 6 overvågningsår har der alle år været konstateret en større vandfraførsel end vandtilførsel til søen. Det skønnes, at der foregår en vis grundvandstilstrømning, idet søens morfometri medfører, at der vil være stor sandsynlighed for, at de dybe dele af Furesøen er i hydraulisk kontakt med det primære grundvandsmagasin. Mængden af grundvandstilstrømningen gennem årene, har det ikke været muligt at skønne.

2.2.2 Hydraulisk opholdstid

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Årsgennemsnit (år)	16,3	15,2	11,1	16,3	12,2	5,3	9,9
Sommergennemsnit (år)	19,6	20,3	11,3	22,8	19,9	19,1	17,9

Tabel 2.2.2 Den hydrauliske opholdstid. 1989–95.

Den årsgennemsnitlige hydrauliske opholdstid var på 9.9 år i 1995. Den hydrauliske opholdstid har i måleperioden 1989–94 haft en klar sammenhæng med nedbørsforholdene, og den er som følge heraf 87 % længere end i 1994 og kortere end i resten af måleperioden. Som følge af større nedbør i sommerperioden voksede sommergennemsnittet.

2.3 Belastningsopgørelse

2.3.1 Søtilløb samt den øvrige belastning

Belastningen til søen opdeles i to belastningstyper, med følgende bidrag:

Ekstern belastning

- 1 – målte oplande; Fiskebækken, Dumpedalsrenden og Vejlesø Kanal,
- 2 – Stavnsholt Renseanlæg,
- 3 – regnvandsbetingede udløb,
- 4 – umålt opland,
- 5 – atmosfærisk deposition.

Intern belastning

- 6 – intern belastning fra sedimentet,
- 7 – kvælstoffixering af blågrønalger.

Den oprindelige opgørelse over arealanvendelsen i 1989 fra Arealdatakontoret var misvisende, og derfor har amtets egen opgørelse, siden været anvendt som omtalt i 1989-rapporten.

Ved den nylige CORINE-opgørelse er det samlede opland til søen formindsket med 84 ha. I foråret 1996 gennemføres en yderst detaljeret opgørelse over søernes opland, den såkaldte CORINE plus opgørelse.

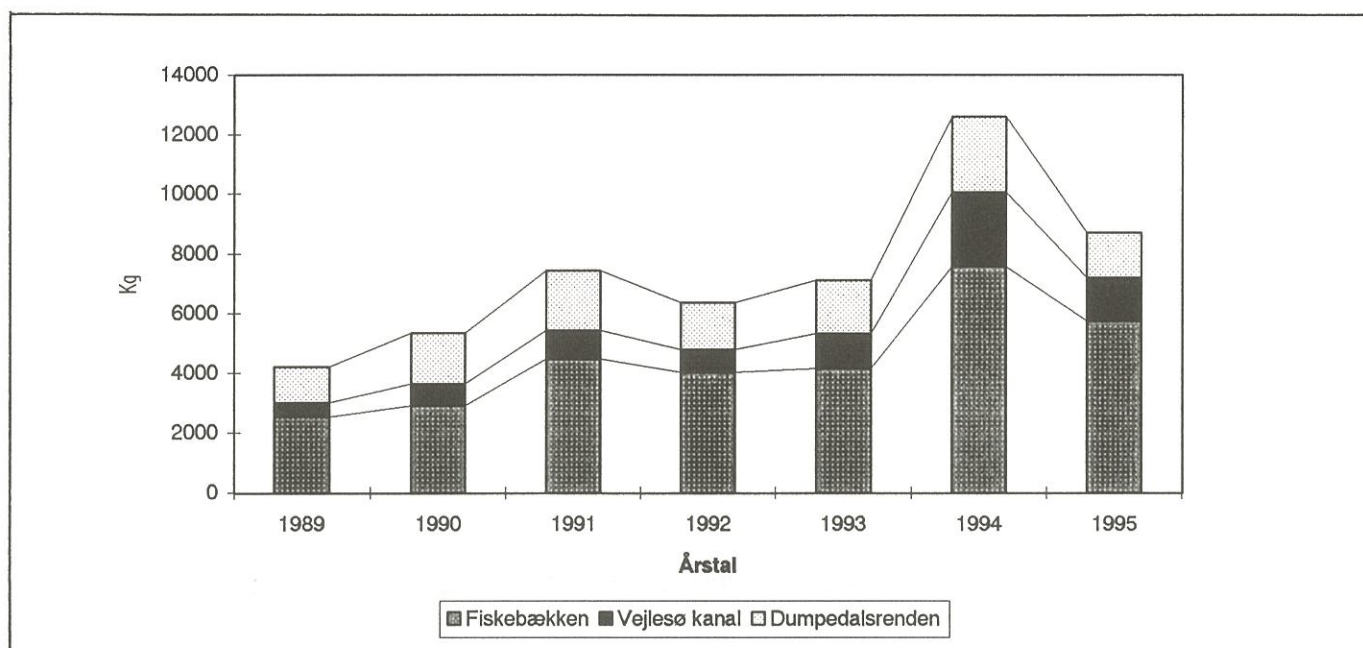
En kritisk vurdering af arealanvendelsen afventer denne opgørelse, og indtil videre tage af fordelingen de forskellige anvendelsestyper og oplandenes størrelse udgangspunkt i CORINE opgørelsen.

Ekstern belastning

ad 1: Målte oplande

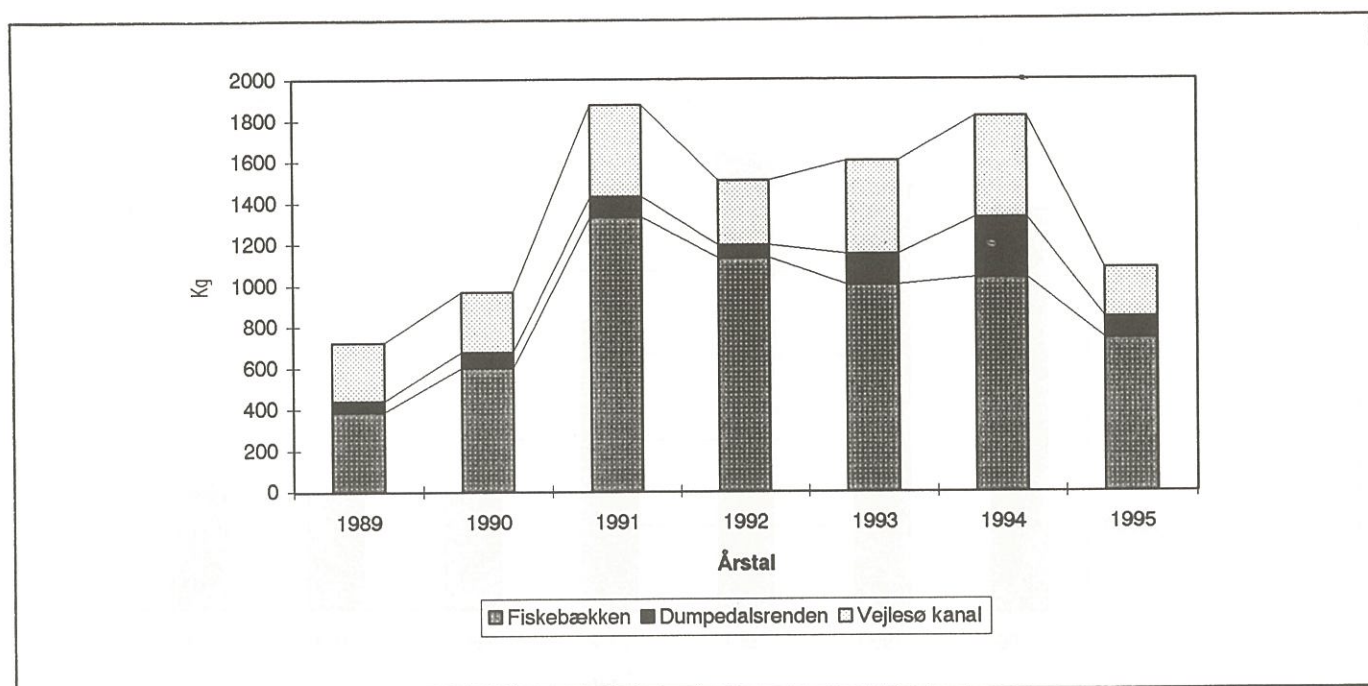
Det målte opland udgør 51.1 km² eller 65 % af det samlede opland til Furesøen. De tre tilløb har følgende målte oplandsareal:

Fiskebækken	34.5 km ²
Dumpedalsrenden ..	7.5 km ²
Vejlesø Kanal	9.1 km ²



Figur 2.3.1 Kvælstoftransporten i hovedtilløbene til Furesø, 1989-95.

Kvælstoftransporten var i 1995 væsentligt højere for såvel Fiskebækken som Vejlesø Kanal end den var i perioden 1989-93 som følge af fortsat større afstrømning. I forhold til 1994 er der sket et betydeligt fald i kvælstoftransporten. Den årgennemsnitlige kvælstofkoncentration er uændret i Vejlesø Kanal, mens den er faldet en anelse i de to andre tilløb.

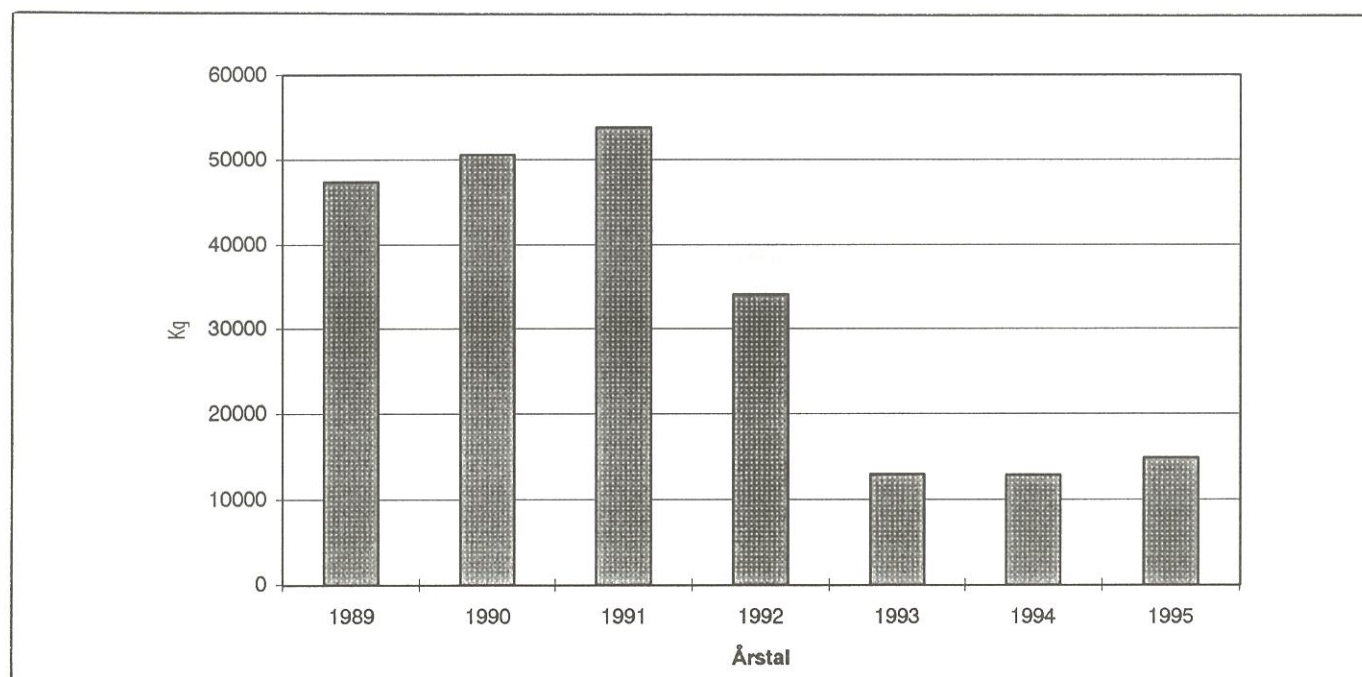


Figur 2.3.2 Fosfortransporten i hovedtilløbene til Furesø, 1989–95.

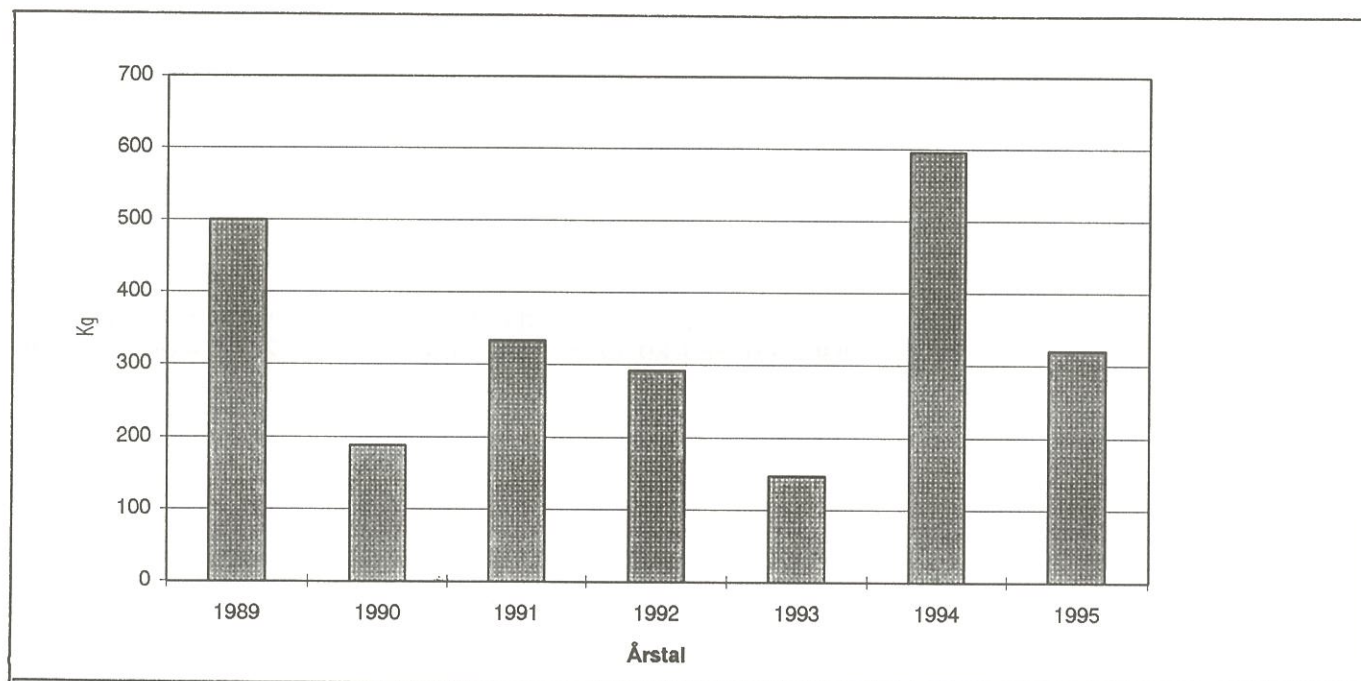
Den samlede fosfortransport er faldet til det laveste niveau siden 1990. Fosfortransporten i Vejlesø Kanal er den laveste i hele måleperioden, mens transporten i Fiskebækken og Dumpedalsrenden er den laveste siden henholdsvis 1990 og 1992. Dette skyldes et fortsat markant fald i den årsgennemsnitlige fosforkoncentration, især for Vejlesø Kanal, der var på 38 %, samt i forhold til 1994 et fald i vandføringen.

ad 2: Stavnsholt Renseanlæg

Stavnsholt Renseanlæg belastede i 1995 Furesøen med 14.948 kg kvælstof og 320 kg fosfor. Jvf. figur 2.3.3 og 2.3.4 steg kvælstofudledningen med 16 % i forhold til 1994, mens fosforudledningen næsten var halveret i forhold til det foregående års forholdsvis voldsomme udledning.



Figur 2.3.3 Kvælstofudledningen fra Stavnsholt Renseanlæg, 1989–95.



Figur 2.3.4 Fosforudledningen fra Stavnsholt Renseanlæg, 1989–95.

Den udledte vandmængde fra Renseanlægget er på samme niveau som det foregående år. Årsmiddelværdien for totalkvælstof lå på 7,9 mg/l, mens den for totalfosfor lå på 0.17 mg/l, og i forhold til 1994 konstateres sammenhæng mellem udviklingen i årsmiddelkoncentration og udledningsmængden. Stavnsholt Renseanlæg overholdt de gældende udlederkrav i 1995.

ad 3: Regnsvandsbetingede udløb

Belastningen fra separat og fælles kloakerede arealer er tilsvarende de forrige år fremkommet på baggrund af Vandkvalitetsinstituttets rapport ("Tilstanden i Furesøen ved forskellige belastninger". Rapport til Frederiksborg A., Farum K., og Københavns A., VKI 1992):

	Separat kloakeret kg	Fælles kloakeret kg
Kvælstof	1.592	2.090
Fosfor	150	560

Tabel 2.3.1 Belastning fra regnvandsbetingede udløb.

På grund af ankeafgørelse fra Miljøklagenævnet samt afgangsopgaver fra DTU er bestemmelsen af den regnvandsbetingede udledning under en gennemgribende revision i de kommende år.

ad 4: Umålt opland

Det umålte opland udgør ca. 17 km², heraf ca. 3,8 km² landbrugsopland, 6,3 km² skov- og naturområde og 7,2 km² byzone. Belastningen fra byzonen er indregnet i bidragene fra de separat- og fælleskloakerede områder.

Stoftransportberegninger fra Dumpedalsrenden og Lille Vejle Å repræsenterer henholdsvis "naturoplande" og "landbrugsoplande".

Tilsvarende sidste år beregnes belastningen fra den spredte bebyggelse i det umålte opland (14 husstande) til 84 kg total-N og 28 kg total-P. Der regnes med en reduktionsfaktor på 50 %.

	Areal/opland	Total-N kg/år	Total-P kg/år
Landbrugsarealer	3.8 km ²	6.369	44
Natur + Skovarealer	6.3 km ²	1.075	20
Spredt bebyggelse	14 husst.	84	28
Sum:		7.528	92

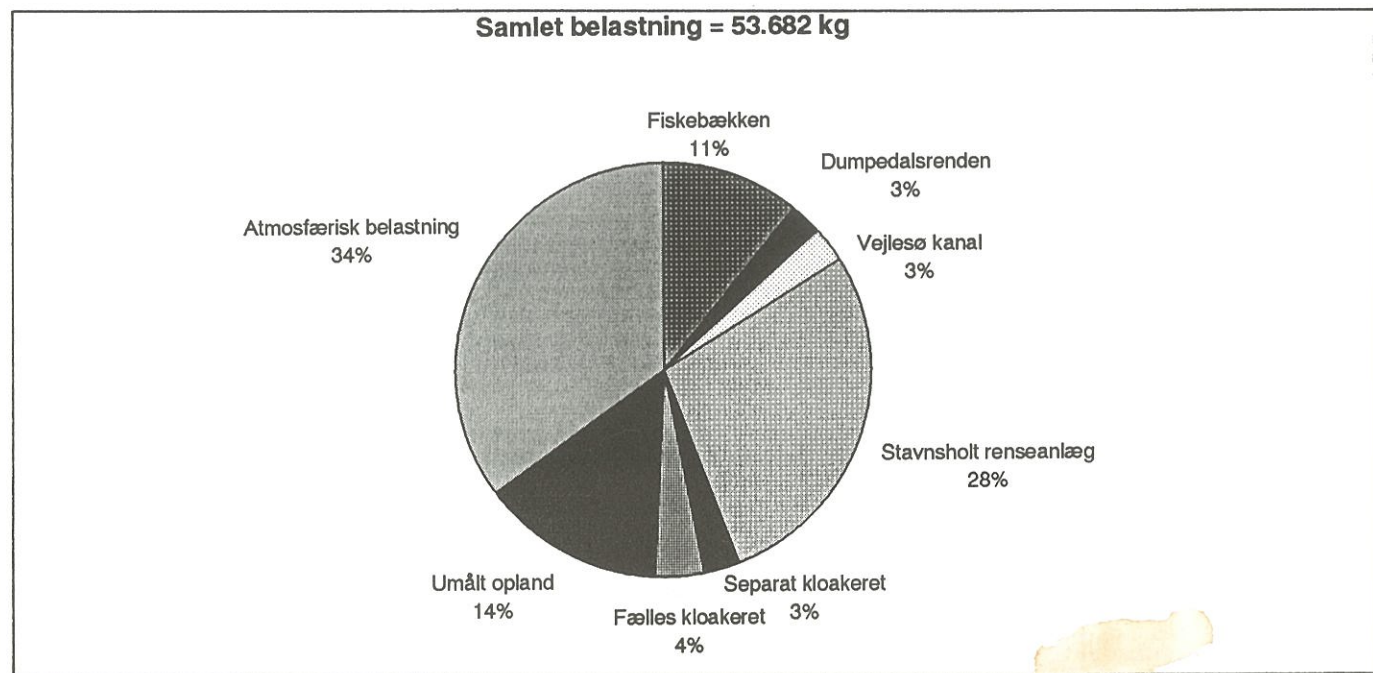
Tabel 2.3.2 Den samlede belastning fra det umålte opland.

ad 5: Atmosfærisk deposition

Det atmosfæriske kvælstof-arealbidrag udgør 20 kg N/ha/år, og det atmosfæriske fosforbidrag udgør 0.55 kg P/ha/år. Målinger fra Strødam i Nordsjælland (1983-90) tyder ifølge oplysninger fra DTU, på at dette er en realistisk arealbelastning for Furesøen.

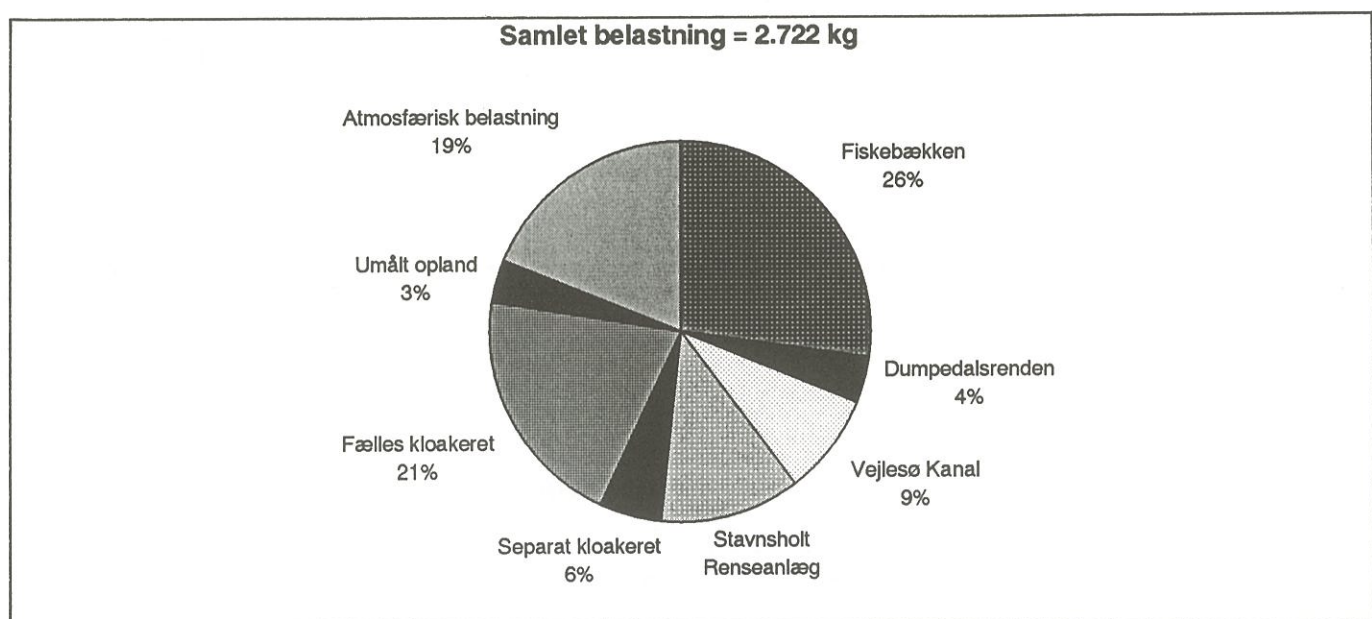
Med et søareal på 940.8 ha bliver den atmosfæriske deposition henholdsvis 18.815 kg kvælstof og 517 kg fosfor.

Samlet Belastning:



Figur 2.3.5 Den samlede kvælstofbelastning til Furesøen i 1995 fordelt på kilder.

Efter en stigning i kvælstofbelastningen i 1994, er den samlede tilførsel
atter faldende jvf. tidligere år, dog ikke helt til 1993-niveau. De 3
naturlige tilløb tegner sig for samlet 17 % af totalbelastningen.



Figur 2.3.6 Den samlede fosforbelastning til Furesøen i 1995 fordelt på kilder.

Den samlede fosforbelastning er i 1995 faldet 29 % i forhold til året før, og er således den laveste siden 1990. Dette skyldes de ringe nedbør i foråret 1995 og en deraf mindre fosfortransport i tilløbene til Furesøen. De 3 naturlige tilløb står for for ca. 39 % af den samlede fosforbelastning.

Intern belastning

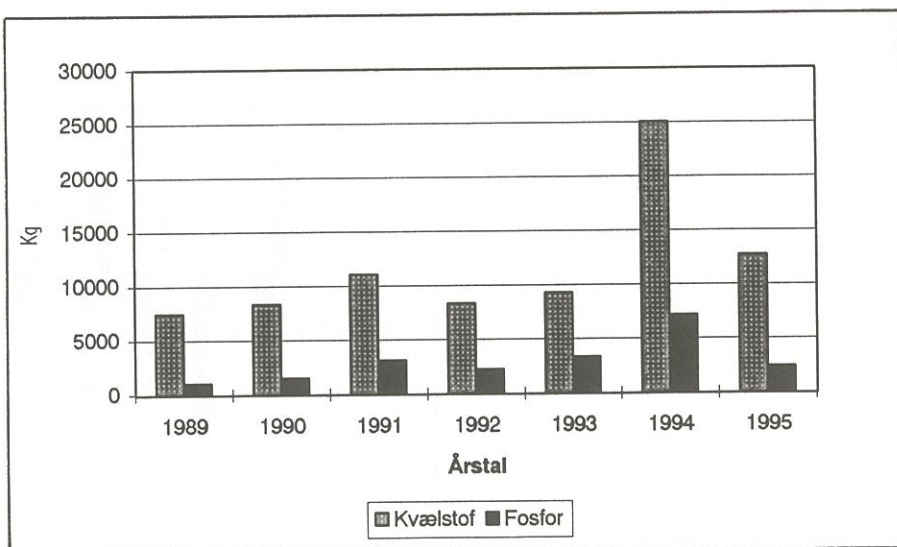
ad 6: Intern belastning fra sedimentet

Søens interne belastning fra sedimentet udgør 18 tons fosfor. Der henvises til afsnit 2.4.2.

ad 7: Kvælstoffixering af blågrønalger

I modsætning til foregående år viser planktonundersøgelsen, at blågrønalgerne kun udgjorde en ubetydelig del af algebiomassen. Et større kvælstoftilskud fra algerne er således ikke sandsynlig.

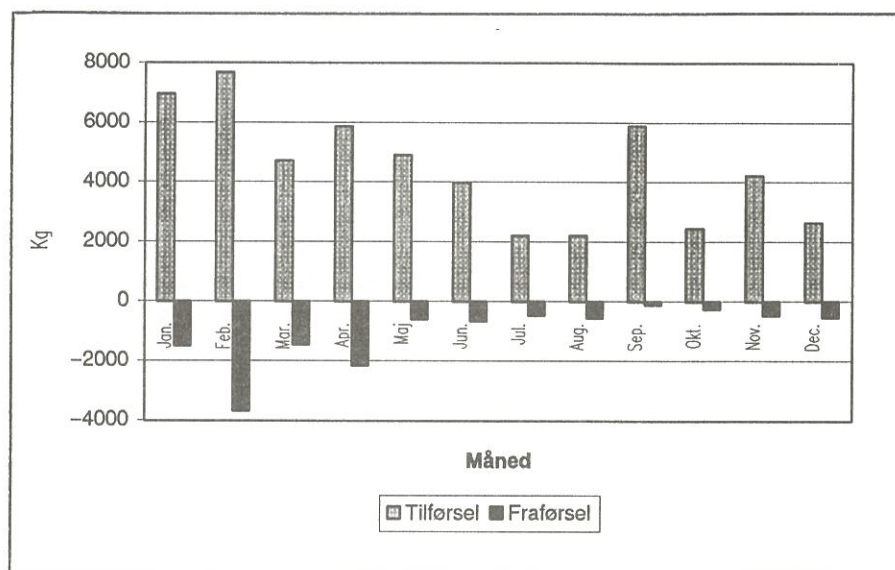
2.3.2 Søafløb



Figur 2.3.7 Kvælstof- og fosfortransporten i afløbet, 1989–95.

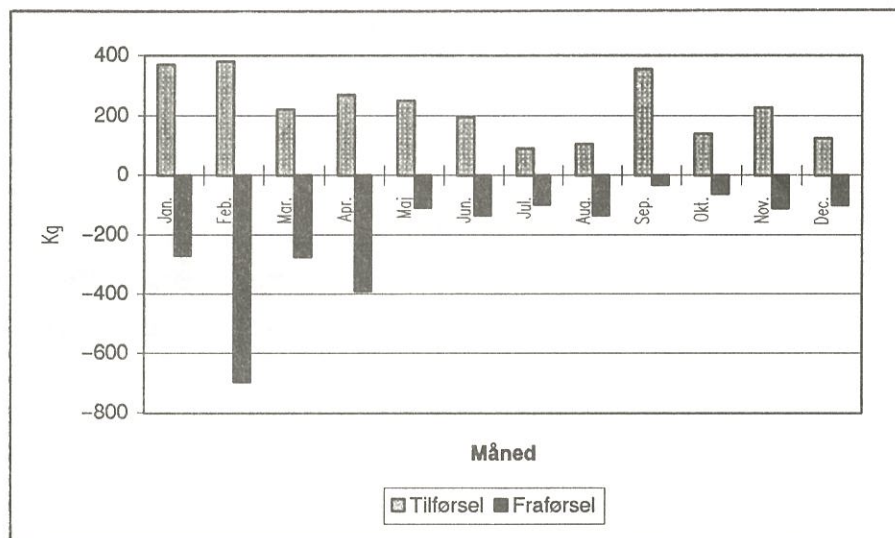
Såvel kvælstoftransporten som den årgennemsnitlige koncentration af kvælstof er faldet mod niveauet fra før stigningen i 1994, hvor afvigelsen især var en følge af den store nedbørsmængde. Tendensen er den samme for fosfortransporten, hvis årsmiddelkoncentration er den laveste siden 1990.

På figur 2.3.8 ses, at kvælstoftilførslen overstiger transporten ud af søen, dvs. at en kvælstoftilbageholdelse finder sted. Dette er især tydeligt i sommer- og efterårsperioden.



Figur 2.3.8 Til- og fraførsel af kvælstof, 1995.

Furesø har i 1995 modtaget 0.2 tons fosfor mere end der er blevet registreret fraført søen.



Figur 2.3.9 Til- og fraførsel af fosfor, 1995.

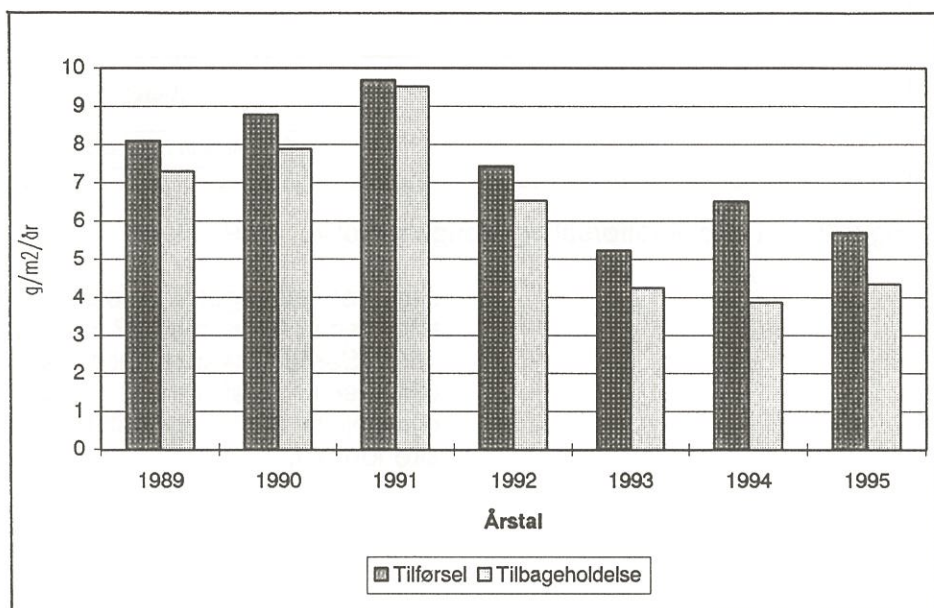
Fraførslen overstiger tilførslen især i februar-april, hvilket hænger sammen med den forøgede koncentration efter opblandingen i oktober, samt den forøgede vandføring i afløbet i vintermånederne.

2.3.3 Massebalance

Med baggrund i belastningsopgørelsen og stoftransporten i afløbet er det muligt at opstille et stofbudget for Furesøen, gældende for de sidste 7 år.

Kvælstof	År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Tilførsel	kg	76209	82597	91149	69884	49260	61335	53682
Fraførsel	kg	7495	8331	11032	8328	9276	25033	12717
Tilbageholdelse	%	90	90	88	88	81	59	76

Tabel 2.3.4 Kvælstofbudget 1989–95.

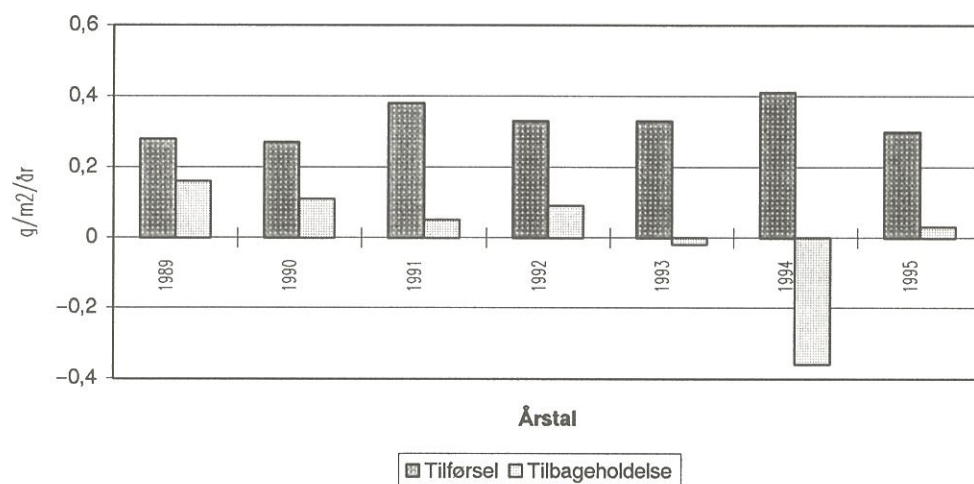


Figur 2.3.10 Kvælstoftilførsel og tilbageholdelse. 1989–95.

Også kvælstofs tilbageholdelsesprocent bevæger sig tilbage mod niveauet fra 1989–93. Dette illustreres i figur 2.3.10, hvor forskellen mellem kvælstoftilførsel og –tilbageholdelse i forhold til 1994 mindskes.

Fosfor	År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Tilførsel	kg	2613	2508	3597	3113	3134	3826	2722
Fraførsel	kg	1072	1507	3139	2234	3361	7173	2435
Tilbageholdelse	%	59	40	13	28	-7	-88	11

Tabel 2.3.5 Fosforbudget 1989–95.



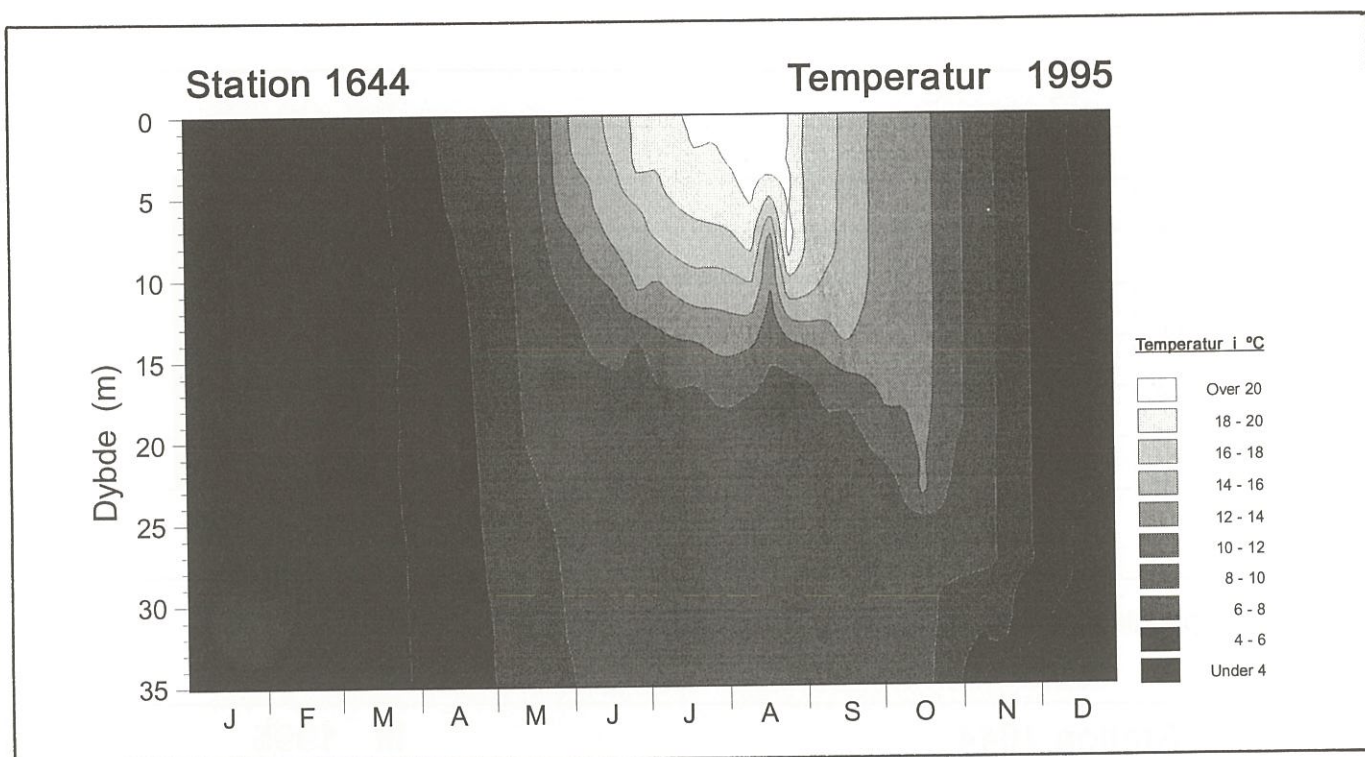
Figur 2.3.11 Fosfortilførsel og tilbageholdelse, 1989–95.

Fosforbelastningen i de sidste 7 år har været relativt konstant, men tilførslen er faldet med 27 % i forhold til 1994, og er den laveste siden 1990. Samtidigt ses det at aflastningen i 1993 og 1994 er ophørt. Dette mønster er også fundet i opstrøms Farum Sø og Vejlesø. Søens dynamik er måske også styret af eksterne faktorer, som fx meteorologiske forhold.

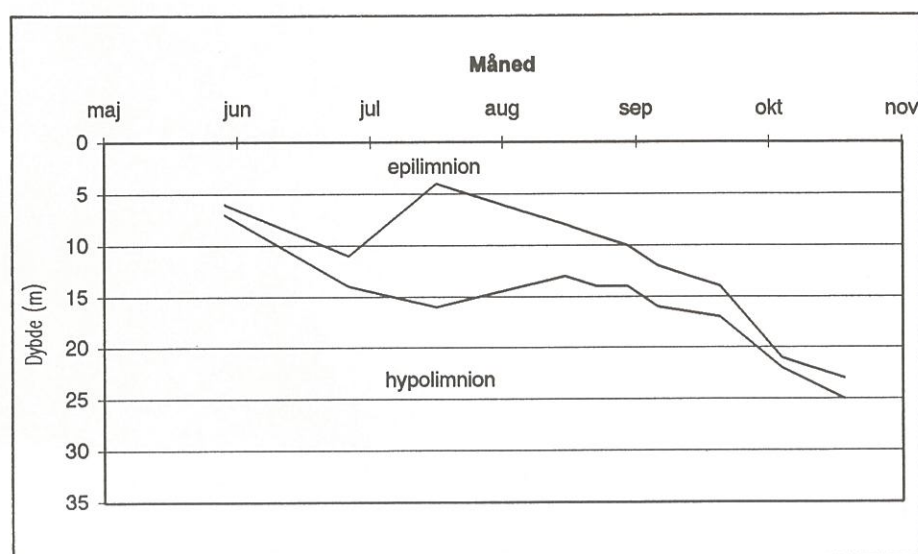
2.4 Fysiske og vandkemiske målinger i søen, 1995

2.4.1 Undersøgte parametre

Resultater fra profilmålinger

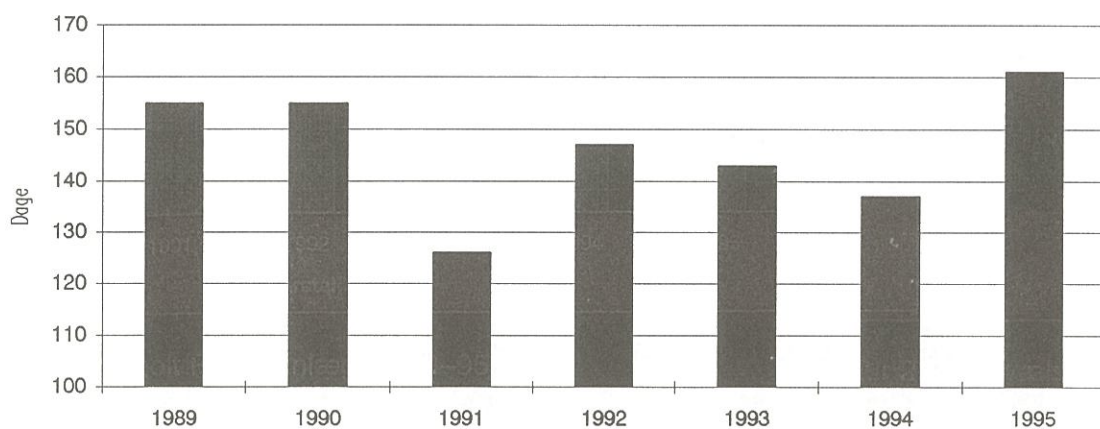


Figur 2.4.1 Temperaturfordelingen i Furesø, 1995. St.1644.

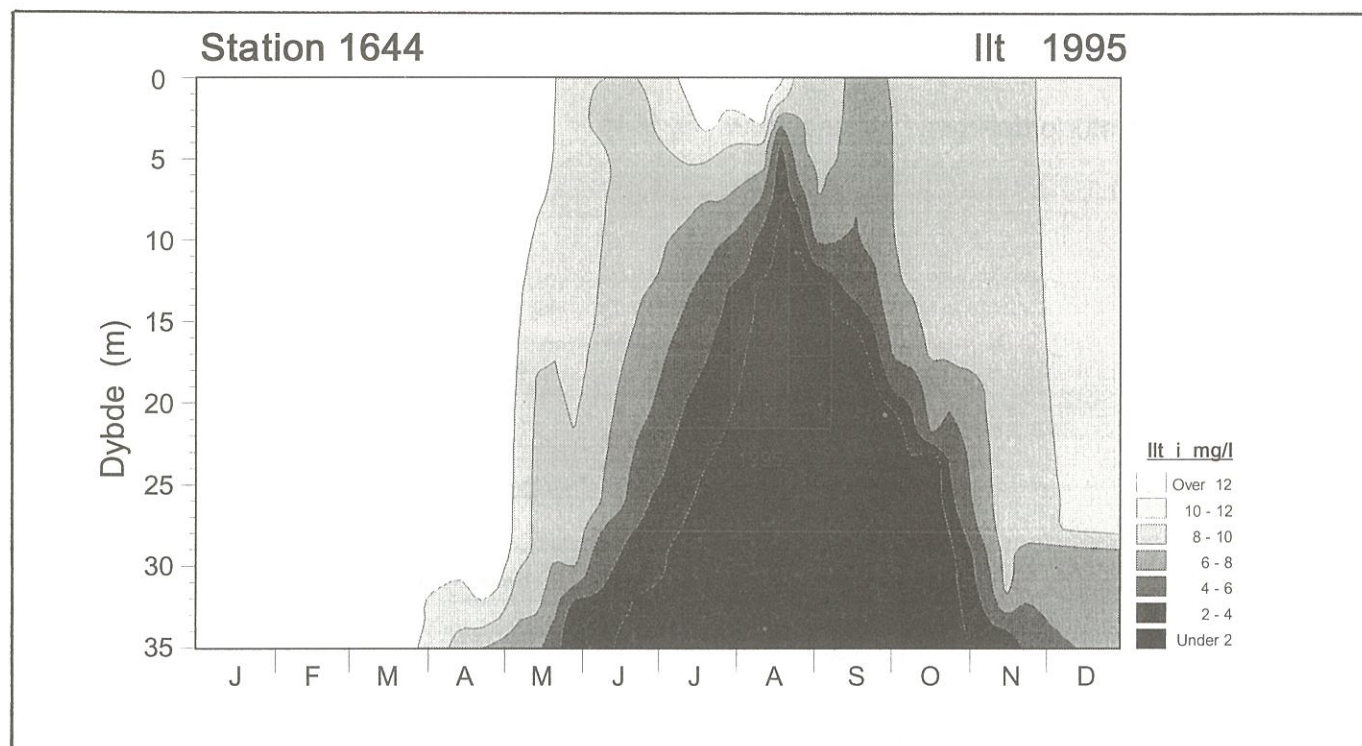


Figur 2.4.2 Springlagets beliggenhed.

Springlagsdannelsen begyndte sidst i maj, hvor vandomrøringen mindskes og opvarmningen tiltog. Se figur 2.4.1 og 2.4.2. Herved dannes et ensvarmt overfladelag (epilimnion), hvis dybde vokser indtil begyndelsen af juli. Her forekommer en hurtig og kraftig opvarmning af overfladevandet, efter den lange regnperiode. Det resulterer i en stor "udbredelse" af springlaget, der således indeholder flere mindre temperaturspring. Springlaget holder indtil midt i oktober og får således en varighed af 161 dage; en noget længere periode end de forrige år. Se figur 2.4.3.



Figur 2.4.3 Springlagsperiodens varighed. St.1644. 1989-95.



Figur 2.4.4 Iltforholdene i Furesø, st.1644. 1995.

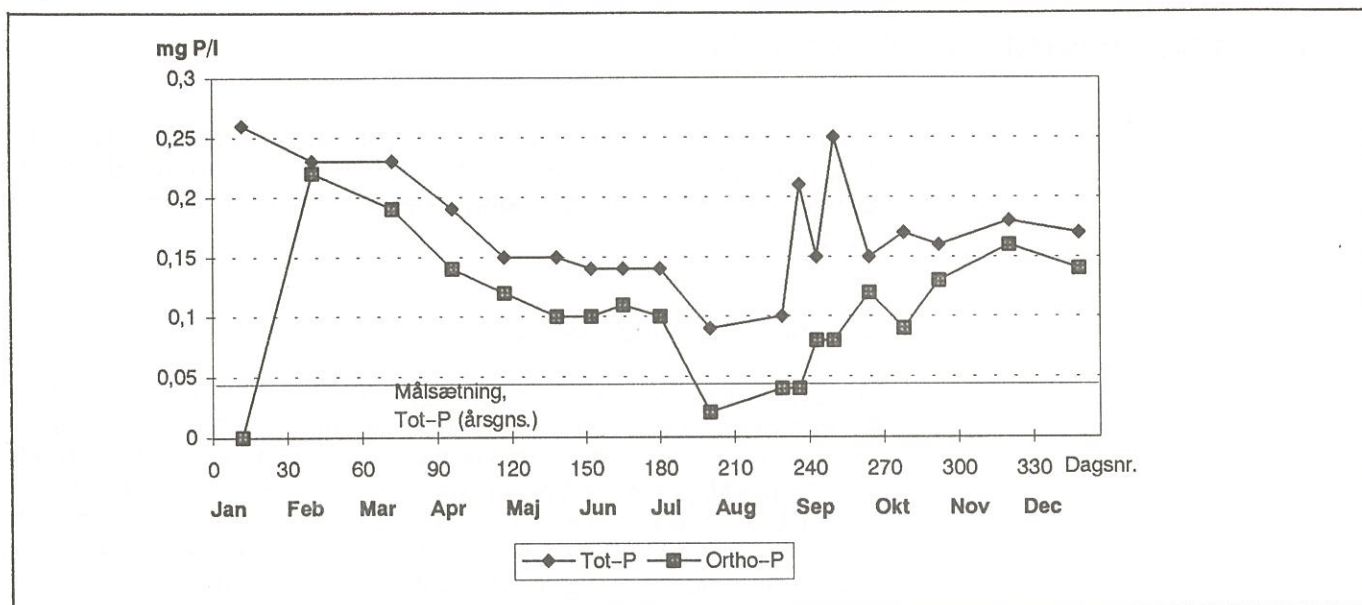
Ilbmålingerne gennem året i Furesø viser år for år kun svingninger, der stort set kan tilskrives årenes forskellige meteorologiske forhold. I 98 dage i perioden juli – oktober, havde den nederste halvdel (op til 12 m sidst i august) af vandsøjlen, et iltindhold på under 0.5 mg O₂/l.

Resultater fra epilimnion

Fosfor

Det åbne bassin, station 1644

I 1995 havde orthofosfatkoncentrationen et årsgennemsnit på 0.12 mg P/l samt et sommergennemsnit på 0.08 mg P/l, hvilket omtrent svarer til en halvering af tidligere års koncentrationer. Totalfosforkoncentrationen havde et års- og sommergennemsnit på henholdsvis 0.17 mg P/l og 0.15 mg P/l, et fald på 37 % i forhold til året før. Sidst i august og i begyndelsen af september ses to kraftige stigninger i koncentrationen.

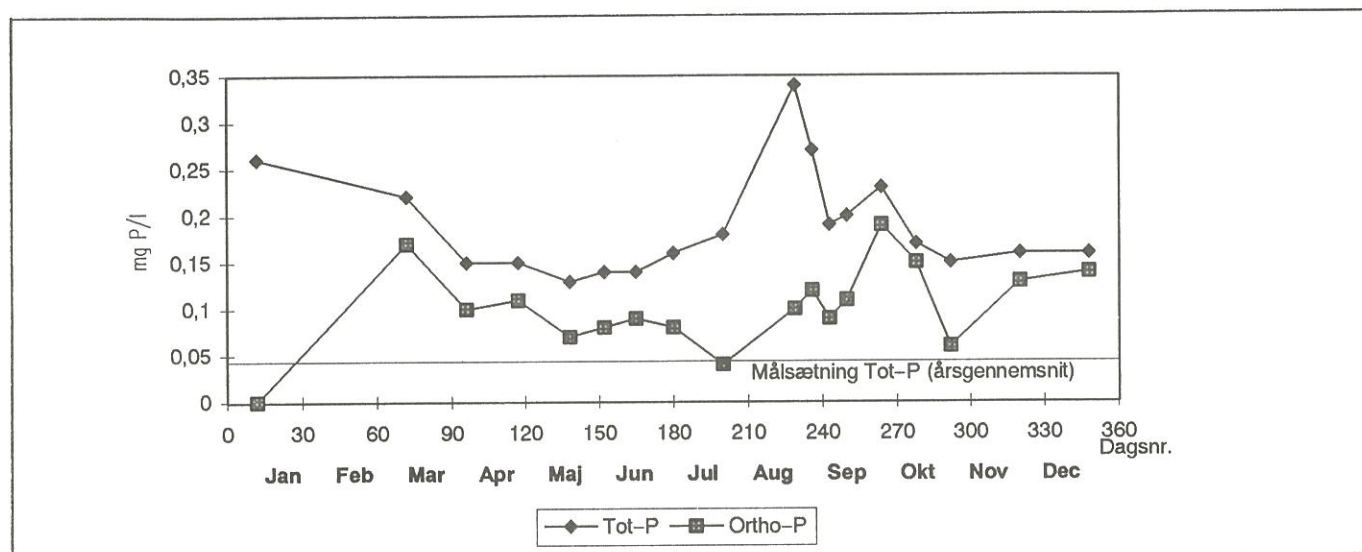


Figur 2.4.5 Fosforforbindelser i 1995. St.1644.

Vurderes totalfosforniveauet i 1995 i forhold til den for Furesøen gældende målsætning, som siger at den årsgennemsnitlige totalfosforkoncentration skal være under 0.04 mg P/l, er den årsgennemsnitlige koncentration mere end 4 gange højere end kravværdien.

Store Kalv, station 1645.

Fosforkoncentrationen i Store Kalv (st.1645) er faldet med ca. 25 % i forhold til sidste år.



Figur 2.4.6 Fosforforbindelser i 1995. St.1645. St. Kalv.

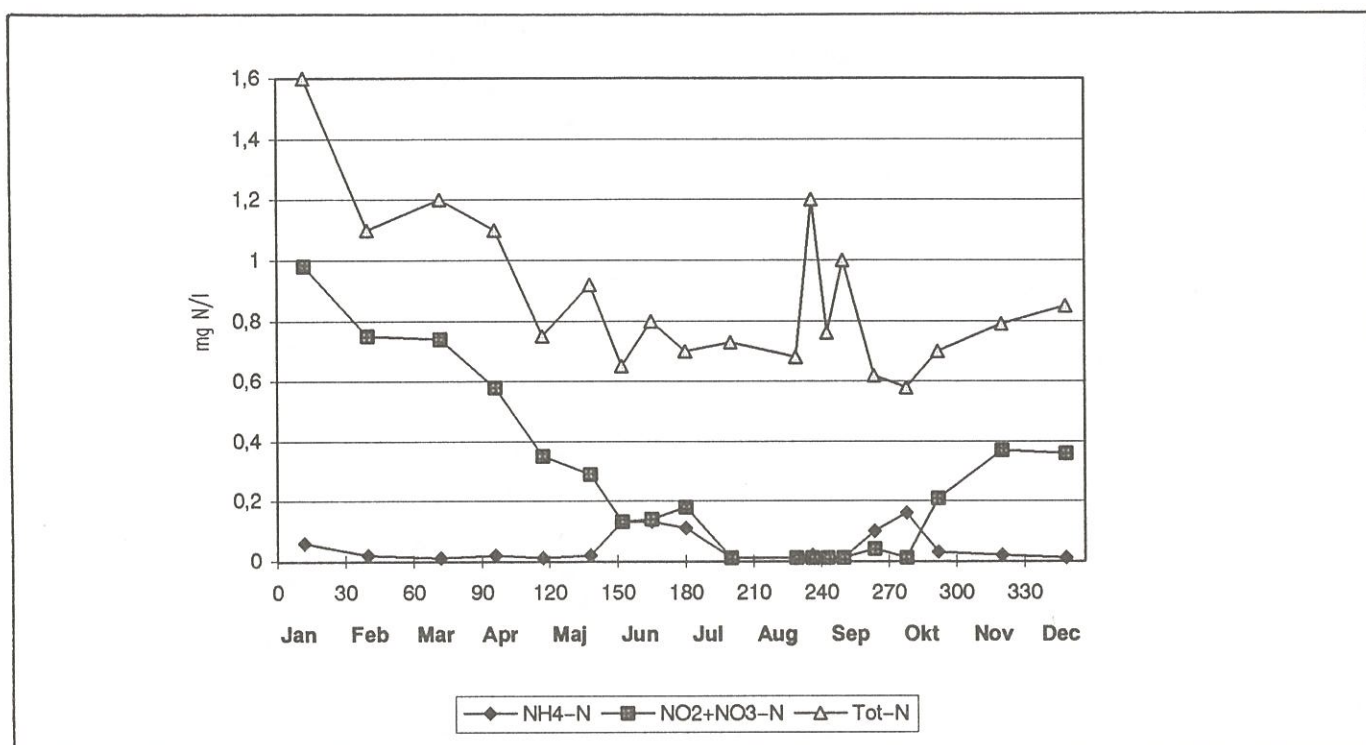
Fosforkoncentrationen ligger ligesom for det åbne bassin lavere end de foregående år. Den høje koncentration af organisk bundet fosfor, som kurven indikerer kan hænge sammen med algeopblomstringen i august.

Kvælstof

St.1644 – Det åbne bassin

Søvandets kvælstofkoncentration ligger på samme niveau som tidligere år undtagen 1994, hvor vand- og stoftilførslen var forøget. Års- og sommergennemsnittet af totalkvælstof lå på henholdsvis 0,89 mg N/l og 0,77 mg N/l, et fald på henholdsvis 15 % og 25 % i forhold til 1994. Sidst på sommeren forekommer der to toppe. De to maksima finder sted i en periode, hvor vandfasen er udtømt for let tilgængelige kvælstofforbindelser. Figur 2.4.7 viser at hovedparten af kvælstof er organisk bundet.

Koncentrationen af $\text{NO}_2\text{--NO}_3\text{--N}$ lå under detektionsgrænsen (0,01 mg N/l) sidst på sommeren. Den høje koncentration i årets første måneder henhører til sidste års høje koncentrationsniveau. $\text{NH}_4\text{--N}$ indholdet i søvandet er faldet mod tidligere års niveau, efter sidste års forhøjede koncentration.



Figur 2.4.7 Kvælstofforbindelser i 1995. St.1644.

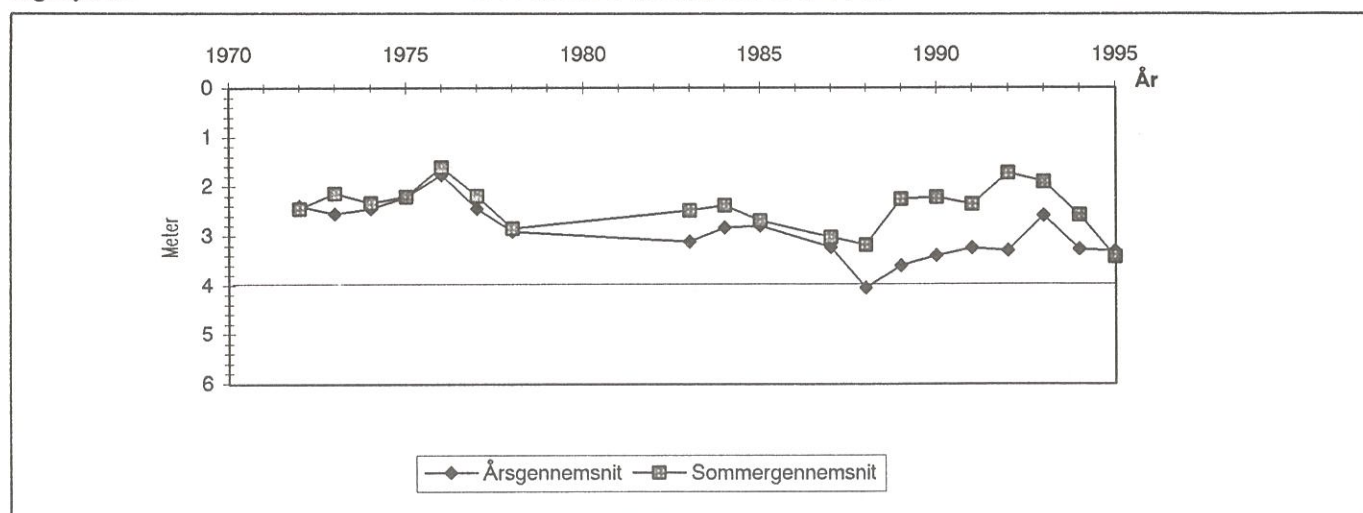
Store Kalv, station 1645

Totalkvælstof havde et årsgennemsnit på 0,94 mg N/l. Sommergennemsnittet lå på 0,89 mg N/l. Tilsvarende det åbne bassin, er totalkvælstofkoncentrationen i Store Kalv faldet mod niveauet fra før 1994.

Koncentrationerne af NO₂-NO₃-N og NH₄-N følger samme mønster som i det åbne bassin.

Sigtdybde

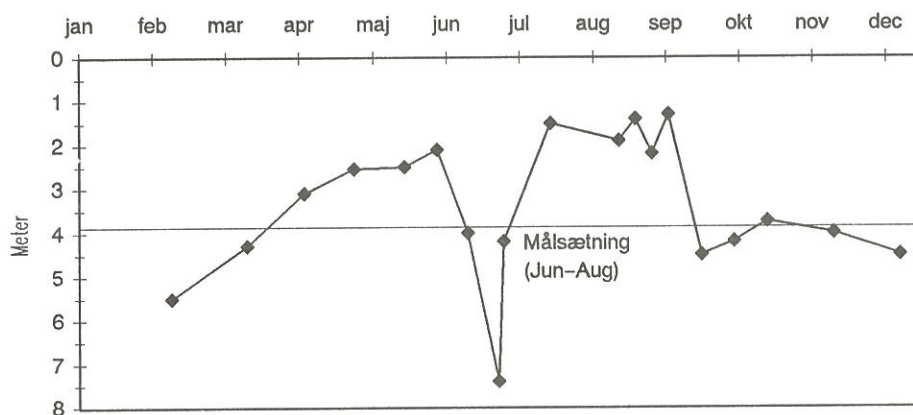
Det åbne bassin, station 1644



Figur 2.4.8 Sigtdybdes udvikling 1972-95. St.1644.

Sigtdybden havde i 1995 et års- og sommergennemsnit på henholdsvis 3,31 og 3,42 m, og varierede fra 1,4 m til 5,5 m. Sommersigtdybden er den højest registrerede de sidste 20 år, og var ca. 33 % højere end i 1994 (se figur 2.4.6).

Ved et særligt tilsyn i slutningen af juni måned, blev sigtdybden bestemt til 7,4 m. Dette er en af de største sigsbydbere målt i søen i de senere år.



Figur 2.4.9 Sigtdybden i 1995 og målsætningen. St.1644.

Furesøens målsætningskrav til sigtdybden, siger imidlertid at den gennemsnitlige sommersigtdybde (juni–august) skal være ca. 4 meter. Samtidigt viste knap halvdelen af målingerne sigtdybder på under 2 meter, og det høje gennemsnit skyldes spidsværdier.

Store Kalv, station 1645

Sigtdybden varierede gennem året mellem 0,80 m og 3,8 m. Års- og sommergennemsnittet lå på henholdsvis 1,92 m og 1,19 m, meget tilsvarende de sidste års gennemsnit.

2.4.2 Bundvand og næringsstofpuljer

Nitrat	Nitratindholdet i bundvandet faldt fra 0,33 mg N/l i starten af juni til under detektionsgrænsen i oktober måned, to måneder senere end det foregående år. Startkoncentrationen af nitrat er dobbelt så høj som i 1994, men på tilsvarende niveau som de foregående år.
Ammonium	Ammonium-indholdet var stigende i løbet af perioden, men nåede dog ikke de koncentrationsniveauer, der er påvist i de tidligere år. I løbet af sommeren fordobledes koncentrationen af ammonium lige over søbunden, og endte med en koncentration på 1,0 mg ammonium-N/l i oktober måned. Dette er på niveau med perioden 1989 – 91 før den forværrede tilstand optrådte i søen.
Total kvælstof	Indholdet af totalkvælstof lå relativt konstant i sommerperioden. Slutindholdet nåede op på 1,4 mg TN/l, som er betydeligt lavere end sidste år.
Fosfor	Indholdet af fosfor i 35 meters dybde steg fra 0,4 mg TP/l i midten af juni til 1,0 mg P/l i oktober. Startkoncentrationen er nogenlunde den samme som tidligere, mens slutniveauet ikke er nær så højt som tidligere. I 1994 var slutkoncentrationen før opblandingen i oktober på 1,33 mg TP/l. Den altovervejende del af totalfosfor blev udgjort af orthofosfat.
Jern	Jernindholdet har været undersøgt siden 1992. Generelt har jernindholdet været meget lavt. De højeste værdier ses typisk i bundvandet lige før totalopblandingen. I 1995 var jernindholdet i bundvandet mere end dobbelt så højt som i 1993.
Fosforpuljer	Tilsvarende de tidligere rapporter er det muligt at opgøre den samlede mængde af næringsstoffer i søvandet i Furesøen. Ved de regelmæssige tilsyn udtages der prøver fra 6 dybder på stationen midt i det åbne bassin. Disse prøver analyseres hver for sig, hvorved man kan relatere indholdet i de enkelte dybder til det vandvolumen, som prøven repræsenterer. Ved at summere de enkelte lag i det dybe bassin med mængden fra Store Kalv kan den samlede mængde (pulje) af næringsstoffer opgøres. Denne simple metode tager ikke højde for de til- og fraførsler der finder sted mellem tilsynene, men da disse er begrænset og relativt konstant i lagdelingsperioden, giver metoden et rimeligt godt indtryk af størrelsen af den interne nettobelastning fra sedimentet. I starten af juni har fosforpuljen i søvandet et minimum på 17,8 tons, mens maximum på 35,7 tons fosfor var midt i september. Den interne belastning, der simpelt beregnes som differencen mellem minimum- og maximumpuljen, var derved 17,9 tons. Den største frigivelsesrate på 1300 kg P/døgn, fandt sted mellem den 17. og den 24. august.

Intern belastning

År	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
tons	5	12	12	18	18	12	16	22	18

Tabel 2.4.1 Intern fosforbelastning 1987 – 1995 i tons fosfor/år.

Tabellen viser, at den interne belastning i 1990 steg til 18 tons/år hvorefter den har varieret fra år til år. I 1994 var frigivelsen tydeligt den største, mens forholdene er forbedret noget i 1995.

Den lavere interne fosforbelastning fra sedimentet i 1995 kan hænge sammen med den store vinter- og forårsafstrømning fra oplandet. Derved er der tilført relativt høje koncentrationer af nitratholdigt, og dermed oxiderende ækvivalenter til bundvandet. Under lagdelingsfasen forbruges først den frie ilt, hvorefter de nitatreducerende bakterier dominerer stofomsætningen. Når koncentrationen af nitrat er højere i bundvandet, forlænges den aerobe periode, hvorved redoxforholdene bibeholdes på et relativt stabilt højt niveau. Først i starten af oktober er bundvandet tømt for frit og bundet ilt, hvorved redox potentielt ændres voldsomt, jern mobiliseres og fosforen frigives til det overliggende vand.

Vinteren 1995/96 har været karakteriseret af meget ringe afstrømningsforhold. Hvis ovenstående synsvinkel er korrekt, må der kunne forventes en stor intern belastning i 1996, hvis sommeren og efteråret får samme karakter som i 1995.

2.4.3 Sedimentundersøgelser

Prøvetagning

I december 1995 blev der udtaget prøver af sedimentet på 25 meters dybde i det åbne bassin og på 2,5 meters vanddybde i St. Kalv. På hver station blev der udtaget 3 prøver. Det henvises i øvrigt til det indledende metodeafsnit for en mere uddybende beskrivelse af materialer og metoder.

Det lykkedes at udtage meget dybe prøver, som i gennemsnit var 50 cm dybe. I hovedbassinet var der kun ringe visuel forskel mellem stationerne. Generelt var lagfølgen noget diffus, måske betinget af en konstant sedimentation på disse relativt store vanddybder.

De øverste 5 – 10 cm var brunlige mens de følgende 40 cm bestod af vekslende lag af gråt-mørkegråt materiale. De nederste lag var mere ensfarvede lysegrå.

I Store Kalv var der tydelige forskelle mellem stationerne. Således var den mest vindeksponerede station i den vestlige del af bassinet meget kompakt og lysegrå med et dårligt sorteret overfladesediment. Derimod var prøverne fra den østlige del, ved tilløbet fra Dumpedalsrenden, meget bløde og bestod af sort dynd.

Resultater

Der er relativt stor forskel mellem sedimentet i det åbne bassin og i St. Kalv. Tørstofindholdet i det åbne bassin er 11 %, mens det er 17 % i den lavvandede del af søen. Glødetabet er i begge dele af søen omkring 25 % i overfladesedimentet.

Indholdet af kvælstof (10 mg N / g ts) og jern (10–20 mg Fe / g ts) er normalt i forhold til andre undersøgte søer. Indholdet af calcium er derimod højt, med en koncentration på mere end 200 mg Ca / g ts, mens et indhold på det halve er mere almindeligt. I de østdanske søer findes ofte meget høje koncentrationer af calcium i sedimentet, og da søbunden i den dybe del af Furesø ligger meget tæt på kalkaflejringer fra før istiden er dette antagelig med til at forøge koncentrationen af kalk i søbunden.

Fosfor

Der er stor forskel på indholdet af fosfor i søens sediment. I det åbne bassin er indholdet omkring 3 mg TP / g ts i overfladesedimentet, mens indholdet kun er 1/3 i St. Kalv (1,0 mg P / g ts).

Til sammenligning med andre danske søer, ligger indholdet i det åbne bassin 50 % over gennemsnitsværdien, mens fosforindholdet i St. Kalv kun er halvt så høj.

I de dybere lag, 20–30 cm, ses samme tendens. Dette kan måske hænge sammen med det forhold, at det er i den åbne del af søen den blivende sedimentation finder sted, hvorved næringsstofferne fra Renseanlæg og øvrige spildevandstekniske anlæg ophobes i de dybe dele af søen.

I sammenligning med Søndersø og Bagsværd Sø er sedimentets fosforindhold i Furesøens åbne bassin meget højt, mens indholdet i St. Kalv er sammenligneligt med indholdet i Søndersø.

Ændringer

I forhold til undersøgelsen i 1990 er der ingen væsentlige ændringer i kvælstofindholdet.

Indholdet af fosfor i de øverste 2 cm af søbunden har heller ikke ændret sig siden 1990. Derimod er der en tendens til at fosforindholdet i det underliggende lag (2–5 cm) er faldende, fra i gennemsnit 2,4 mg TP / g ts til 1,8 mg TP / g ts. Det beskedne fald kan hænge sammen med den aflastning, der har kunnet konstateres i søen i 1993 og i 1994.

Det forhold, at fosforindholdet ikke er faldet mere markant i søbunden afspejler de store puljer af fosfor, der ligger skjult her. Den lettilgængelige pulje i de øverste 10 cm af sedimentet blev i 1990 opgjort til 97 tons fosfor.

Adskillelsen af de forskellige bindingsformer for fosfor i sedimentet afslører markante forskelle mellem det åbne bassin og St. Kalv. På prøvetagningsstationerne i det åbne bassin er der iltsvind i store dele af året på 25 meters dybde. Derved ændres redoxforholdene markant, hvorved jern mobiliseres. Derved frigives den jernbundne fosforpulje til porevandet, og dermed til søvandet.

Da sedimentet skiftevis er aerobt og anaerobt i det åbne bassin må man formode at en relativt stor del af fosforen ikke kan bindes permanent i sedimentet. Undersøgelsen bekræfter dette. Den største fosforkoncentration er den potentielt mobile jern- og aluminiumsbundne fraktion i de øverste centimeter af sedimentet. Selv i de dybere lag (op

til 30 cm's dybde) udgør denne fraktion en relativt stor andel af den samlede fosformængde. Der er således tale om betydelige fosforpuljer i sedimentet, der til stadighed vil kunne frigøres til søvandet under anaerobe forhold.

I St. Kalv viser undersøgelsen, at den største del af fosfor er bundet relativt stabilt i sedimentet. Hovedparten er bundet til calcium-magnesium-fraktionen og den organiske del. Det er antagelig de permanent gode iltforhold i Store Kalv, der er årsag til at fosfor er bundet så stabilt. Der findes næsten intet fosfor i porevandet og kun en mindre del er bundet til jern. Tilsvarende forhold findes i Sønder sø, som sedimentet i St. Kalv iøvrigt har flere fællestræk med.

Bakterier

Undersøgelsen af de tarmlevende bakterier viser et uensartet forløb ned igennem sedimentet med høje mængder af bakterier i de øverste lag. Det er bemærkelsesværdigt at der blev fundet så mange bakterier i op til en halv meters dybde, op til 100 bakterier pr. gram sediment. Dette må være et resultat af den massive spildevandsbelastning som har stået på siden starten af dette århundrede.

I St. Kalv er der også relativt mange tarmlevende bakterier i de øverste 20 cm af søbunden, op til 90 bakterier pr. gram sediment. Derimod er der få bakterier i større dybder i sedimentet. Dette kan skyldes, at det finkornede spildevandsslam ikke bliver permanent i St. Kalv, men ophvirvles af bølgerne og synker til bunds i de dybere dele af søen.

Indholdet af bakterier i de øverste 2 cm af sedimentet er så lavt som 13 bakterier pr. gram sediment. Dette kan enten skyldes de afskæringer af spildevandet, der blev gennemført i 1970'erne. Eller at bakterierne ofte følger det organiske stof, således at når bakterieantallet er højt er det organiske stofindhold også højt. I St. Kalv er det organiske stofindhold relativt lavt i overfladesedimentet.

Fe/P forhold

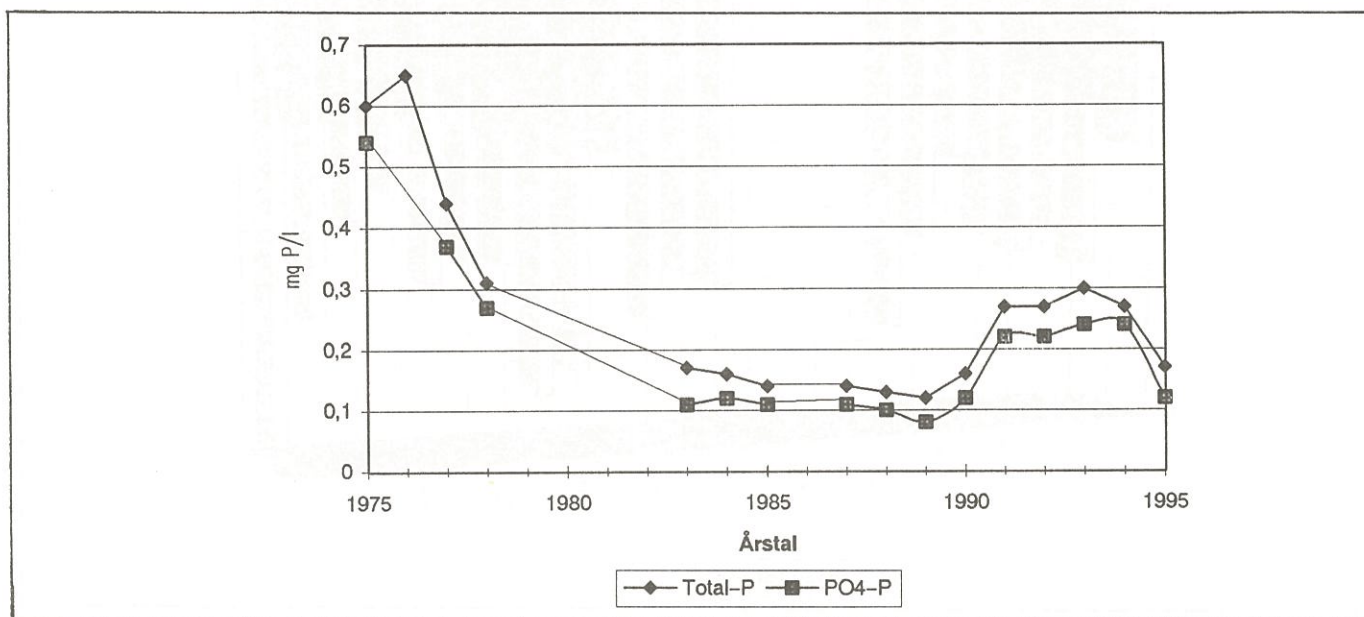
I de øverste 10 cm af sedimentet er forholdet mellem jern og fosfor i gennemsnit 9 (vægtbasis) i det åbne bassin og 12 i St. Kalv. Jernpuljen er således ikke tilstrækkelig stor til at kunne kontrollere fosforfrigivelse under aerobe forhold. Det er tidligere fundet, at Fe/P forholdet skal være større end 15, for at jern har en kontrollerende effekt.

På grund af mobiliteten af jern under anaerobe forhold får Fe/P forholdet ingen begrænsende effekt på fosforfrigivelsen i anaerobe sedimenter, som ofte forekommer i de dybe dele af Furesøen.

2.5 Udviklingen i perioden indtil 1995

Fosfor

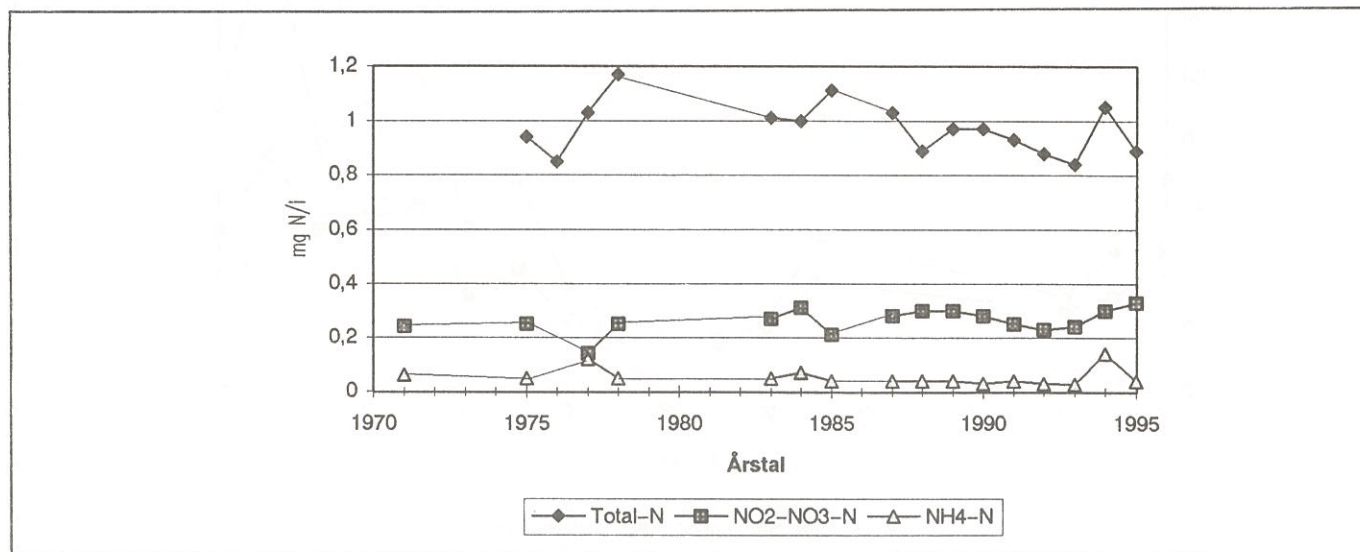
I det åbne bassin er søvandets totalfosfor- og orthofosfatkoncentration i 1995 faldet til et niveau på henholdsvis 0.17 mg P/l og 0.12 mg P/l, hvilket er det laveste siden de første to år med vandmiljøplanens overvågningsprogram (se figur 2.5.1). Orthofosfatindholdet er halveret i forhold til de seneste 4 år, mens koncentrationen af totalfosfor er faldet med ca. 37 %.



Figur 2.5.1 Fosforforbindelser. Årsgennemsnit, 1975–95. St.1644.

Kvælstof

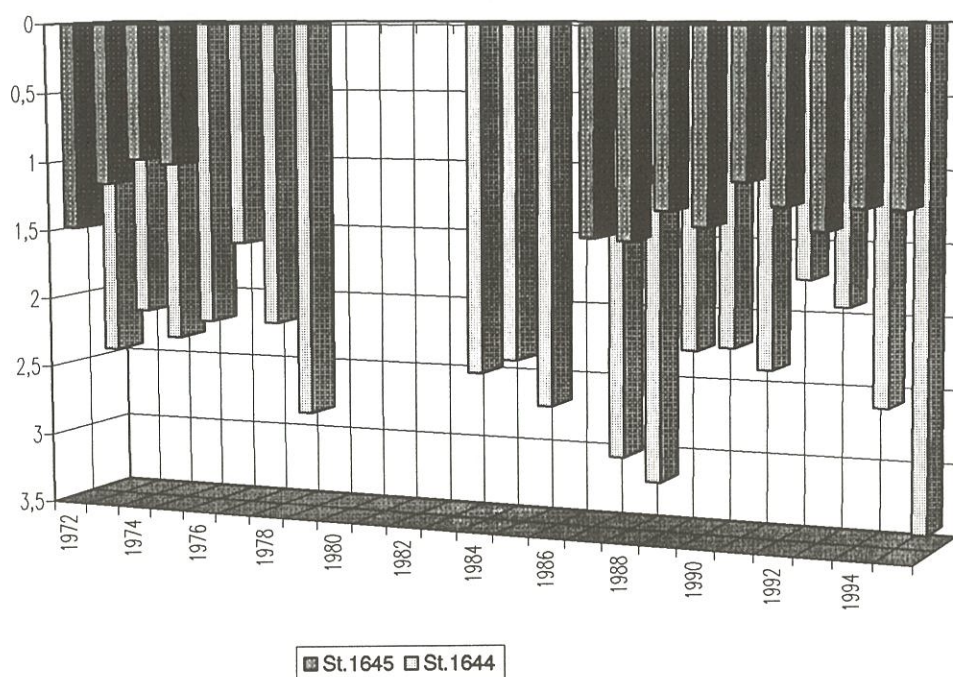
Koncentrationen af totalkvælstof samt af de uorganiske kvælstof-forbindelser har ikke ændret sig væsentlig gennem de sidste 20 år. Totalkvælstofkoncentrationen har et gennemsnit på 0.97 mg N/l gennem perioden, se figur 2.5.2.



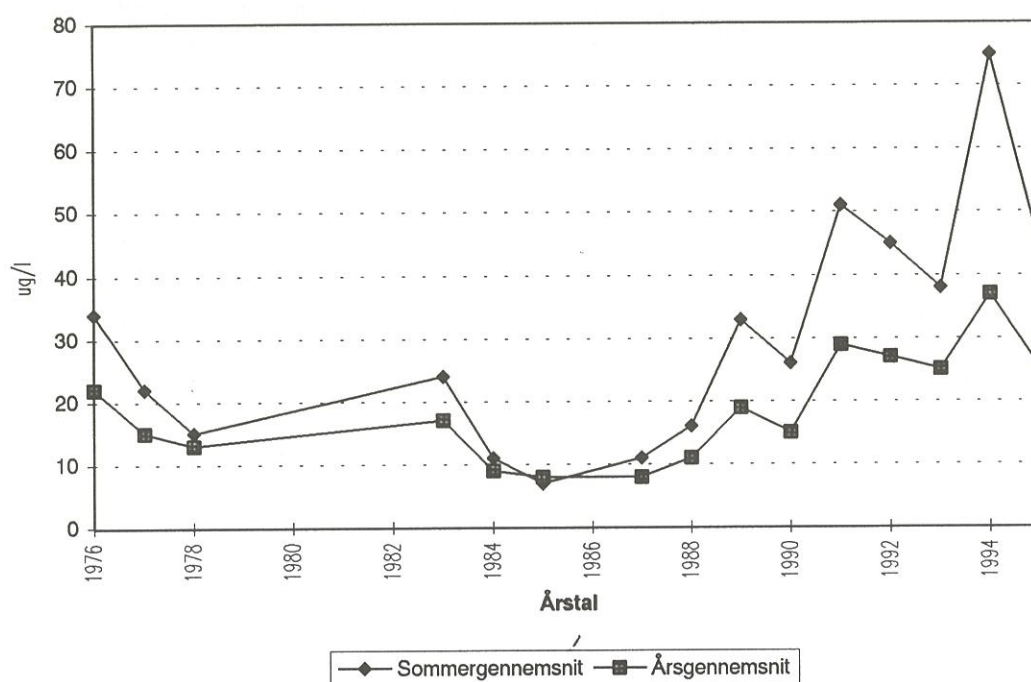
Figur 2.5.2 Kvælstofforbindelser. Årsgennemsnit, 1971–95. St.1644.

Sigtdybde

I det åbne bassin er sommergennemsnittet af sigtdybden steget de sidste 4 år. Senest konstateredes en stigning på 33 % eller knap 1 meter fra 1994 til 1995, der har resulteret i den største sommersigtdybde i hele måleperioden. I Store Kalv har sigtdybden ligget konstant i intervallet 1–1.5 i hele måleperioden.



Figur 2.5.3 Sigtdybden. Sommergennemsnit på St.1644 og St.1645. 1972–95.



Figur 2.5.4 Klorofyl-A. Års- og sommergennemsnit, 1976–95. St.1644.

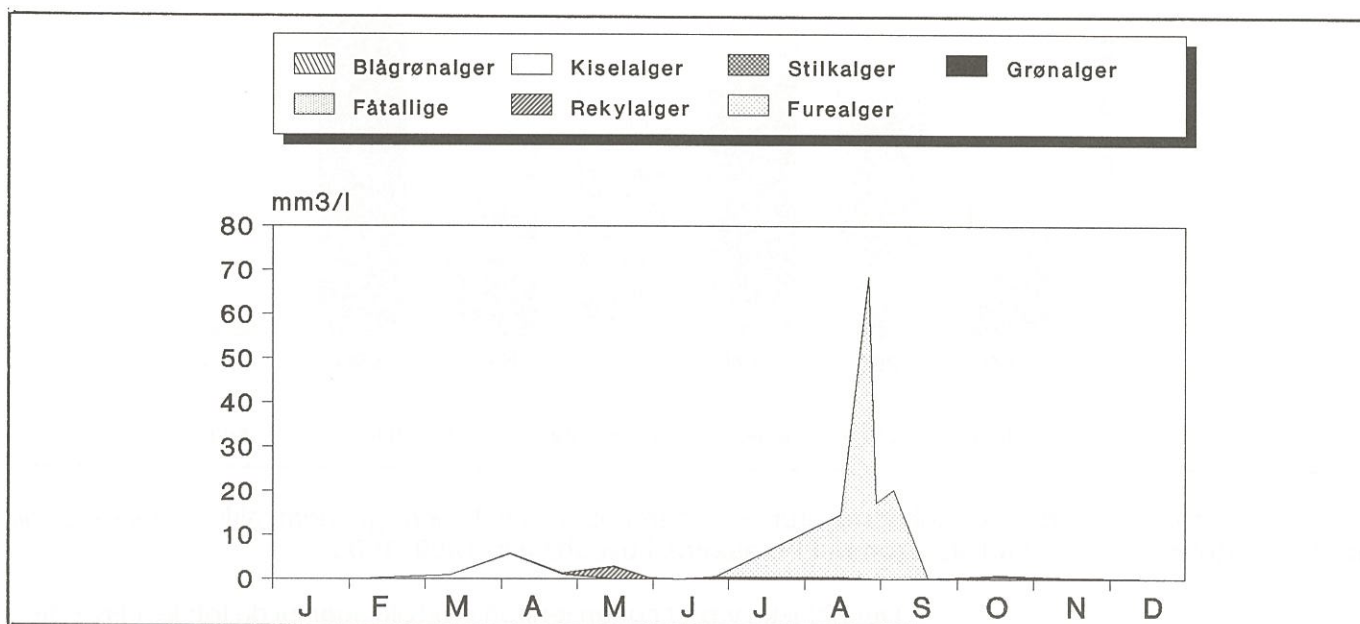
Søvandets sommer- og årsgennemsnit af klorofyl-A er fra 1994 faldet med henholdsvis 41 % og 32 % i det åbne bassin, tilsvarende niveauet i perioden 1991-93. Årsgennemsnittet i Store Kalv viser samme faldende tendens, imens sommergennemsnittet med en svag stigning fortsat ligger på måleperiodens højeste niveau. Fytoplanktonbiomassens sommer- og årsgennemsnit for såvel det åbne bassin som for Store Kalv i 1995 er faldende, og der kan således ikke påvises en konsekvent sammenhæng mellem klorofyl-A, sigtdybde og fytoplanktonbiomasse.

2.6 Biologiske data

2.6.1 Planteplankton

Hovedbassin

I årets første måneder var biomassen lav. Forårets maksimum på $6 \text{ mm}^3/\text{l}$ blev registreret i starten af april. I de første sommermåneder var biomassen meget lav, men den begyndte at stige mod årets maksimum på $68 \text{ mm}^3/\text{l}$, som blev registreret i starten af august. Biomassen forblev forholdsvis høj indtil starten af september, hvor biomassen faldt til et lavt niveau resten af året.



Figur 2.6.1 Årstidsvariationen af planteplanktonbiomassen i Furesøens hovedbassin 1995 samt de enkelte planteplanktongrupperes biomasse.

Den gennemsnitlige tidsvægtede biomasse på årsbasis og i vækstsæsonen var på hhv. $4 \text{ mm}^3/\text{l}$ og $9 \text{ mm}^3/\text{l}$.

I årets første måneder samt ved forårets maksimum dominerede centriske kiselalger af slægten *Aulacoseira*. Små rekylalger af arten *Rhodomonas lacustris* overtog dominansen i de første sommermåneder, hvorefter furealger af slægten *Ceratium* dominerede planteplankton totalt i hele august og starten af september. Den lave biomasse i september var fuldstændig domineret af den trådformede blågrønalge *Planktothrix subtilis*. Den beskedne biomasse resten af året var især domineret af kiselalger og rekylalger.

Blågrønalgernes ringe biomasse i 1995 gav ingen anledning til bekymring vedrørende masseforekomst af potentielt toksiske blågrønalger.

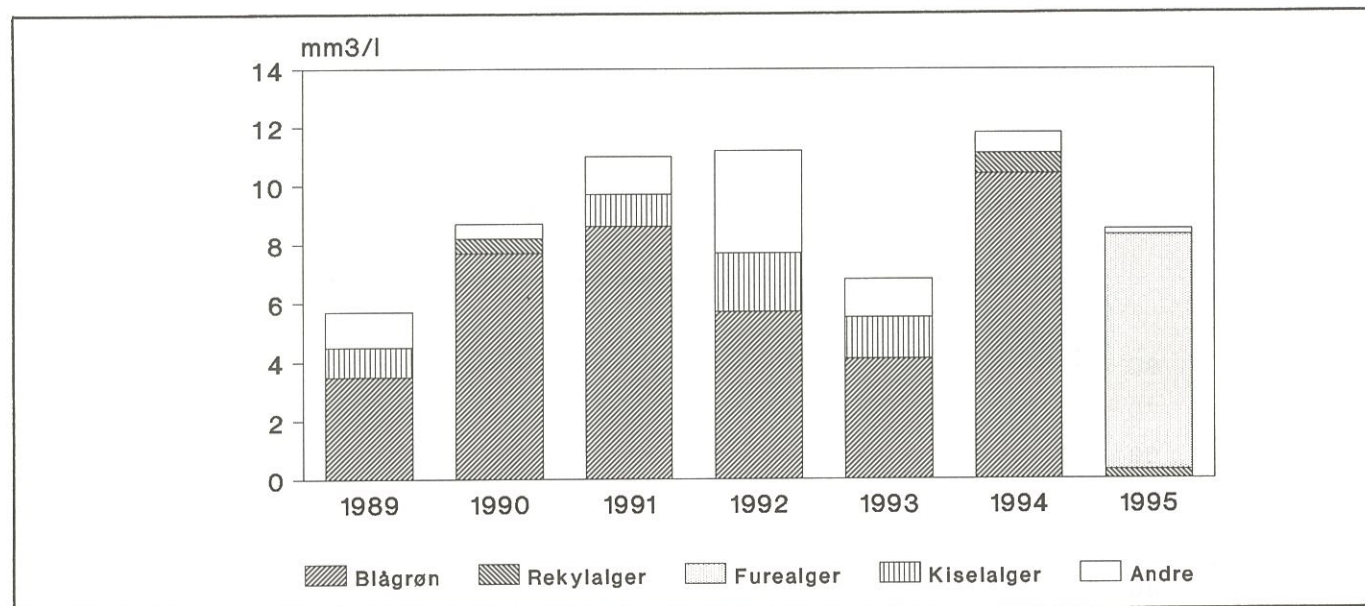
Planteplanktons biomasse og sammensætning placerer Furesøen blandt danske søer, der generelt har et lavere næringssaltniveau end det, der målt i Furesøen.

Store Kalv

Stort set samme variation i biomasse og dominansforhold i algeklasserne blev registreret i Furesøens lavvandede del, Store Kalv.

Udvikling 1989–95

I perioden 1989–1995 varierede den gennemsnitlige tidsvægtede planteplanktonbiomasse i vækstsæsonen mellem 6 og 12 mm³/l



Figur 2.6.2 Dominerende og subdominerende algegrupper samt den gennemsnitlige tidsvægtede planteplanktonbiomasse i vækstsæsonen i Furesøens hovedbassin 1989–1995.

Der har ikke været nogen tendens i udviklingen af de totale tidsvægtede planteplanktonbiomasser fra 1989 til 1995.

I årene 1989–1994 dominerede blågrønalger i vækstsæsonen men i 1995 skete der et skift i dominansforholdet, således at furealger totalt dominerede biomassen i vækstsæsonen. Store sommermaksima af furealgen *Ceratium* er ikke registreret i Furesøen siden starten af 50'erne, da søen blev karakteriseret som mesotrof til svagt eutrof.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
maksimum (mm ³ /l)	13	43	34	18	20	78	68
Måned	juli	aug	aug	juli	aug	juli	aug

Tabel 2.6.1 Maksimal planteplanktonbiomasse samt angivelse af måned, hvori denne blev registreret i Furesøens hovedbassin 1989–1995.

Der har ikke været nogen generel udvikling i de maksimale planteplanktonbiomasser fra 1989 til 1995. Der ses ingen sammenhæng mellem høj tidsvægtet biomasse i vækstsæsonen og høj maksimal biomasse i undersøgelsesperioden.

I forhold til andre søer, med en tilsvarende fosforkoncentration var planteplanktonbiomassen i Furesøen lav i hele undersøgelsesperioden, især i betragtning af at der skete en stigning i fosforindholdet fra 1989 til 1991.

I 1994 syntes planteplankton på intet tidspunkt at være begrænset af fosfor, mens kvælstof var den begrænsende faktor det meste af året, undtagen i en kort periode om sommeren (figur 2.6.5). Planteplanktonbiomassen bestod på dette tidspunkt af blågrønalgen *Anabaena solitaria*, som er i stand til at fikse kvælstof fra luften.

Blågrønalgenes forskellige biomasse årene imellem afhænger sandsynligvis af flere faktorer:

- Forholdet mellem næringsstofferne N og P i sommerperioden var fra 1989–1991 faldende, og fra 1992 til 1994 var N/P-forholdet generelt lavt i sommerperioden.
- Lave uorganiske kvælstofkoncentrationer tyder på, at planteplanktonbiomassen primært har været begrænset af kvælstoftilgængeligheden i denne periode. Blågrønalger, som er i stand til at fikse kvælstof fra luften, har i disse perioder udgjort en stor del af blågrønalgebiomassen.
- Stigningen i fosforkoncentrationen fra 1989 til 1991 kan have medvirket til en stigende blågrønalgebiomasse i disse år.
- Meteorologiske forhold har sandsynligvis også spillet en rolle for planteplanktons vækst i undersøgelsesperioden.

De dominerende blågrønalgearter og slægter fra 1989 til 1994 var alle potentielt toksiske.

Furealgenes store biomasse i sommeren 1995 hænger sandsynligvis sammen med springlagsdannelsen i søen. I 1995 var springlaget dybt, og perioden med springlagsdannelse var lang i forhold til tidligere år. Samtidig var ortho-fosfatkoncentrationen lav i de øvre vandmasser.

Furealger er nøjsomme og danner ofte maksimum i søer med springlagsdannelse, hvor næringsstofferne N og P er lave eller begrænsende over springlaget, mens koncentrationerne i og under springlaget er høje. Furealgernes selvbevægelighed sætter dem i stand til at foretage vandringer mellem epi- og hypolimnion for at optage næring, og dette giver dem en konkurrencefordel i forhold til andre alger.

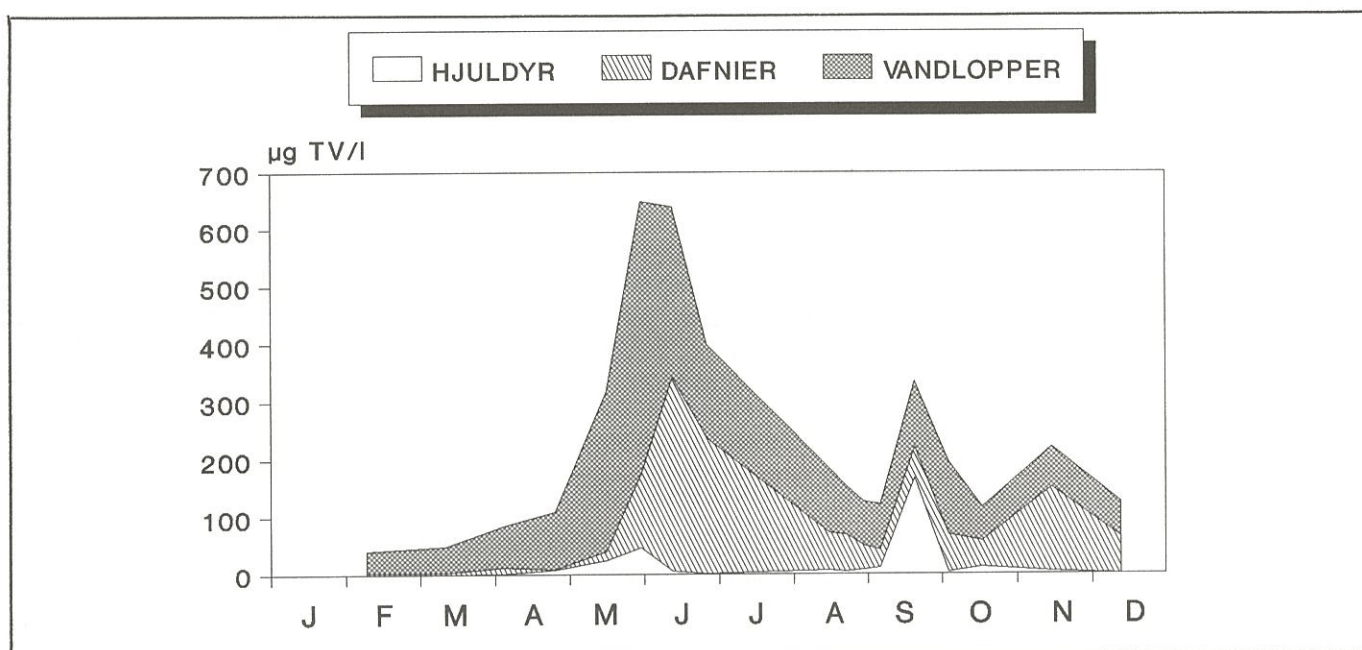
Store Kalv

I Store Kalv var udviklingen i den totale gennemsnitlige tidsvægtede biomasse i vækstsæsonen samt udviklingen i algerne dominansforhold meget lig udviklingen i Furesøens hovedbassin, dog var den totale gennemsnitlige tidsvægtede biomasse i algerne vækstsæson generelt højere end i hovedbassinet, især for årene 1991–1995.

2.6.2 Dyreplankton

Hovedbassin

Dyreplanktonbiomassen var i 1995 karakteriseret ved et stort sommermaksimum i juni på 650 μg tørvægt/l og to mindre maksima i september og november på hhv. 340 og 220 μg tørvægt/l. I årets første måneder var biomassen svagt stigende, og i maj steg biomassen kraftigt til sommerens maksimum i juni. Herefter faldt biomassen indtil september, hvor årets andet maksimum blev registreret. I november blev årets sidste maksimum registreret.



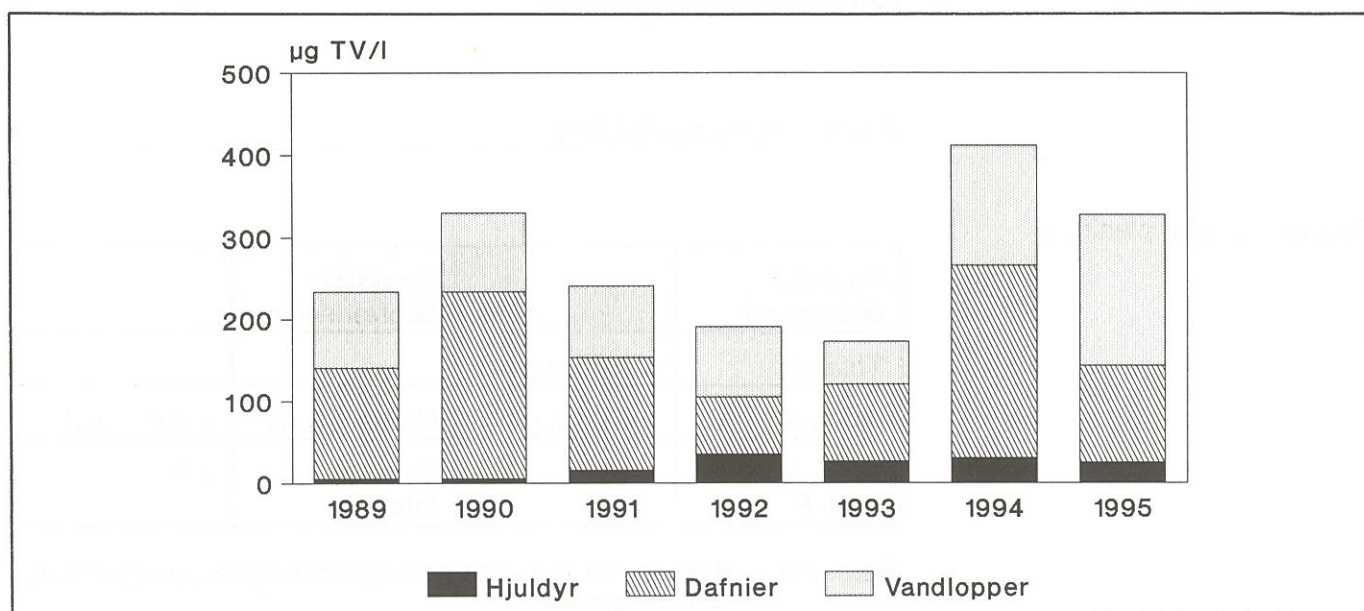
Figur 2.6.3 Årstidsvariationen af dyreplanktonbiomassen i Furesøens hovedbassin samt de enkelte dyreplanktongrupperes biomasse.

Den gennemsnitlige tidsvægtede dyreplanktonbiomasse på årsbasis og i vækstsæsonen var på hhv. 200 og 330 μg tørvægt/l, hvilket var meget lidt i forhold til andre søer, der indgår i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram.

I årets første måneder dominerede vandlopper. Ved årets maksimum i juni var dyreplanktonbiomassen domineret af den calanoide vandloppe *Eudiaptomus graciloides* samt dafnien *Daphnia galeata*. Ved årets andet maksimum bestod biomassen hovedsagelig af hjuldyr og vandlopper, men også af lidt dafnier. Røvhjulduret *Asplanchna priodonta* var det vigtigste hjuldyr, og dafnierne var domineret af *Daphnia galeata*. Årets sidste maksimum var domineret af dafnier. *Daphnia galeata* og *Bosmina coregoni* udgjorde langt størstedelen af dyreplanktonbiomassen.

Udvikling 1989–95

Den gennemsnitlige tidsvægtede dyreplanktonbiomasse for vækstsæsonen 1995 var i sammenligning med årene 1989–1994 relativt høj.



Figur 2.6.4 Dominerende og subdominerende dyreplankton-grupper samt den gennemsnitlige tidsvægtede dyreplanktonbiomasse i vækstsæsonen i Furesøens hovedbassin 1989–1995.

Dyreplanktonbiomassen for vækstsæsonen viste en svagt faldende tendens fra 1990 til 1993, men denne udvikling blev brudt med de høje biomasser i 1994 og 1995.

Hjuldyrene var den gruppe, der havde mindst betydning for den samlede dyreplanktonbiomasse i alle årene, men hjuldyrenes andel af den samlede biomasse har været stigende i undersøgelsesperioden. Dafnier har domineret den gennemsnitlige tidsvægtede biomasse i hele undersøgelsesperioden undtagen i 1992 og 1995. Fra 1989 til 1994 har vandlopper været subdominerende i vækstsæsonen, men i 1995 forekom et skift i dominansforholdet, således at vandlopper dominerede dyreplanktonbiomassen.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maksimum (mm ³ /l)	380	780	460	480	266	742	648
Måned	maj	jun/aug	aug	juni	maj	aug	juni

Tabel 2.6.2 Maksimal dyreplanktonbiomasse samt angivelse af måned, hvor denne blev registreret i Furesøens hovedbassin 1989–1995.

Der kan ikke ses nogen generel udvikling i den maksimale dyreplanktonbiomasse fra 1989 til 1995. For hele undersøgelsesperioden undtagen i 1993 steg og faldt den gennemsnitlige tidsvægtede dyreplanktonbiomasse i vækstsæsonen med den maksimale biomasse.

Store Kalv

I Store Kalv, var udviklingen over året i den totale gennemsnitlige tidsvægtede biomasse samt udviklingen i dyreplanktongruppernes dominansforhold meget lig Furesøens hovedbassin. Den totale gennemsnitlige tidsvægtede biomasse i vækstsæsonen var generelt højere end i Furesøens hovedbassin, især for årene 1994–1995, og dafnier har ikke så gennemgående været den dominerende dyreplanktongruppe i undersøgelsesperioden.

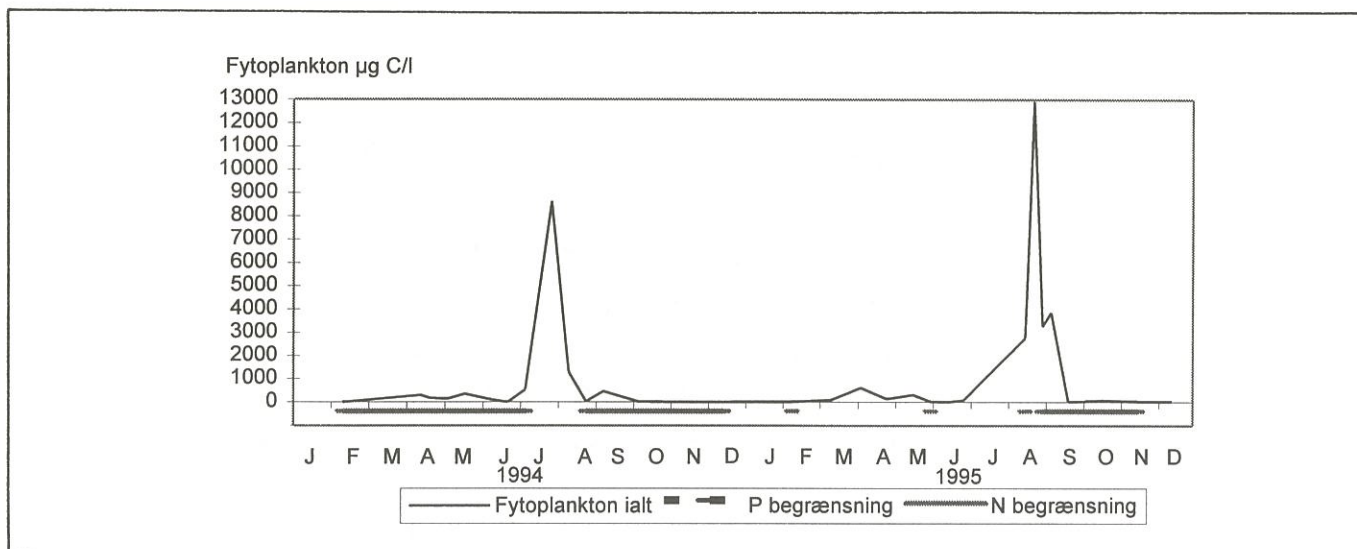
2.6.3 Styrende faktorer

Begrænsning af plankton

Fosforbegrænsning		Kvælstofbegrænsning	
Total-P	< 0,05 mg/l		
Ortho-P	< 0,01 mg/l	Uorganisk-N	< 0,02 mg/l
Total-N/ total-P	> 10	Total-N/ total-P	< 5

Tabel 2.6.3 Kriterier for teoretisk næringssaltbegrænsning af planteplanktonvækst.

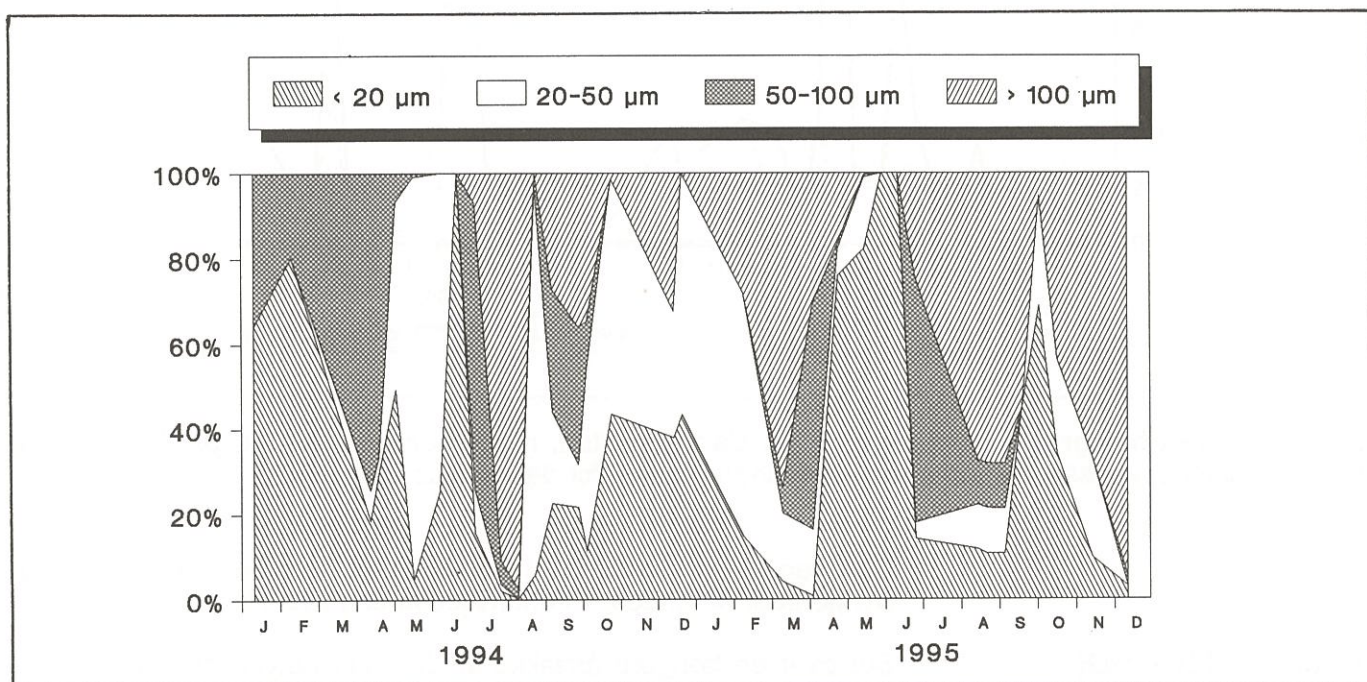
I 1995 var planteplanktons vækst ikke fosforbegrænset. Kvælstofbegrænsning forekom i to korte perioder i årets første halvdel og en længere periode i årets anden halvdel.



Figur 2.6.5 Perioder med teoretisk næringssaltbegrænsning samt den totale planteplanktonbiomasse. De anvendte kriterier for næringssaltbegrænsning er anført i tabel 2.6.3.

I sommerperioden, hvor der i tidligere år har kunnet konstateres opblomstring af blågrønalger, var blågrønalgebiomassen i 1995 lav. Dette kan hænge sammen med kvælstofbegrænsningen, og at den dominerende blågrønalgeart på dette tidspunkt ikke var kvælstoffikserende.

Fra januar til april bestod planteplankton af forholdsvis store arter, som ikke eller kun delvis var tilgængelige for dyreplankton som føde.

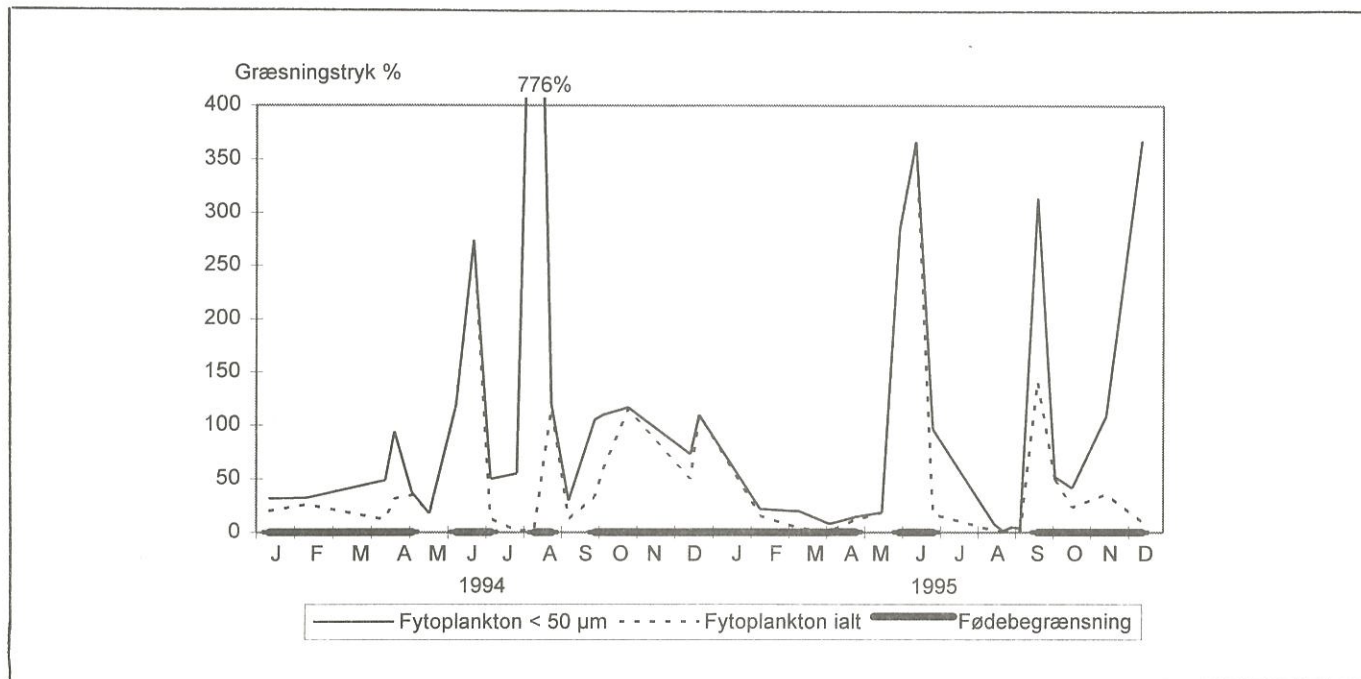


Figur 2.6.6 Planteplanktons biomasse fordelt på størrelsesklasser i Furesøens hovedbassin 1994–1995.

Små algeformer, som har fødeværdi for dyreplankton, forekom fra april til juni. Midt på sommeren (juli–august) og igen i november–december dominerede store planteplanktonformer, som kun har ringe fødeværdi for dyreplankton. I efteråret (september–oktober) bestod planteplankton igen af små former.

Græsning

Græsningstrykket, udtrykt som procent af hhv. totalplanteplankton og planteplankton $< 50 \mu\text{m}$, var i 1995 forholdsvis lavt fra januar til midt i maj og igen i sommerperioden (juli–august). Resten af året var græsningstrykket højt. I juni og september kan dyreplanktons græsning have begrænset planteplanktonbiomassen. I november–december har dyreplankton sandsynligvis reguleret planteplanktons størrelsessammensætning, idet græsningen på den totale planteplanktonbiomasse på dette tidspunkt var lav, mens græsningen på planteplankton $< 50 \mu\text{m}$ var høj (figur 5.6.7). Dette sandsynliggør, at planteplankton også har været reguleret af græsning og ikke kun af næringssaltforholdene.



Figur 2.6.7 Det beregnede græsningstryk på planteplankton, mindre end 50 µm, og på den samlede planteplanktonbiomasse. Perioder med fødebegrænsning for dafnier ses også på figuren.

Den daglige græsning var i Furesøen på samme niveau som i de øvrige søer der indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Ændringer 1989–1995

Set over en længere årrække er der sket betydelige svingninger i fosforkoncentrationerne i søvandet, og dette har efter al sandsynlighed spillet en betydelig rolle for planteplanktons udvikling i søen. Forholdet mellem kvælstof og fosfor har ligeledes ændret sig og kan have været en væsentlig faktor for de forskelle, der ses de enkelte år imellem.

Siden midten af 1970'erne og frem til begyndelsen og midten af 1980'erne faldt fosforkoncentrationerne i søvandet fra ca. 0,6 mg P/l til knapt 0,2 mg P/l (årsgennemsnit). Fra 1989 til 1991 skete der en stigning i totalfosforkoncentrationen fra ca. 0,15 mg P/l til knapt 0,3 mg P/l, og dette niveau har været konstant fra 1991 til 1994. Siden midten af 1970'erne har totalkvælstofniveauet varieret omkring 1 mg N/l og den uorganiske kvælstofkoncentration har været konstant i størrelsesordenen 0,3–0,5 mg uorg N/l (årsgennemsnit).

I forhold til andre danske næringsstofbelastede søer må kvælstofkoncentrationen i Furesøen betegnes som lav, mens søvandets fosforkoncentration i de senere år (siden 1991) må betegnes som høj.

Sammenfaldende med de stigende fosforkoncentrationer (1989–1991) kunne der konstateres en stigende planteplanktonbiomassen i søen. Det kan dog ikke afgøres, om denne stigning er en konsekvens af stigende næringsstofkoncentration, eller blot er udtryk for den naturlige variation fra år til år.

Mens det igennem 1980'erne primært var fosforkoncentrationerne i søvandet, der var begrænsende for planteplanktons vækst, kan det for 1994 og til dels for 1995 konstateres, at kvælstoftilgængeligheden

har været den væsentligste næringsstoffbegrænsende faktor. Nærings-saltkoncentrationerne for 1991, 1992 og 1993 sandsynliggør, at kvælstoftilgængeligheden også i disse år har været begrænsende for planteplanktons udvikling.

Græsning

Græsningstrykket i 1994 var relativt højt hele året undtagen i februar og maj, hvor dyreplankton også var fødebegrænset. I starten af september forekom også en periode med lavt græsningstryk.

Generelt var græsningstrykket i 1995 lavere end i 1994. Især i vinter- og forårsperioden 1995 var græsningstrykket markant lavere end i 1994. Det forholdsvise høje græsningstryk gennem det meste af begge år gør det sandsynligt, at dyreplanktons græsning har været med til at regulere mængden og sammensætningen af planteplankton mindre end 50 µm i Furesøens hovedbassin.

2.6.4 Undervandsvegetationen i søen

Undersøgelse

I 1993 blev overvågningsprogrammet for Furesø udvidet med undersøgelser af vegetationen. Et program, hvor undervands- og flydebladsvegetationen undersøges i delområder, foretages hvert år, mens et udvidet program med transekt- og rørskovsundersøgelser foretages hvert 5. år. I 1994 og 1995 blev Furesø undersøgt efter områdeprogrammet, mens transektundersøgelsen blev gennemført i 1993.

Resultater 1993–95

Art	1993	1994	1995
Børstebadet vandaks	Hyppig	Meget hyppig	Meget hyppig
Glinsende vandaks	Spredt	Meget spredt	Spredt
Hjertebadet vandaks	Almindelig	Almindelig	Almindelig
Kruset vandaks	Meget spredt	Fåtalig	Spredt
Butbladet vandaks	Meget fåtalig	–	Fåtalig
Vandpest	Meget spredt	Fåtalig	Meget spredt
Aks-tusindblad	Spredt	Spredt	Spredt
Kransnål	Meget fåtalig	Meget fåtalig	–
Tornløs hornblad	Meget fåtalig	–	–
Krybende vandkrans	Spredt	–	–
Kredsbl. vandranunkel	Spredt	Meget spredt	Meget spredt
Dusk-vandhår	Meget hyppig	Hyppig	Hyppig
Rørhinde	Almindelig	–	Fåtalig
Brudelys	Meget spredt	Meget spredt	Spredt

Tabel 2.6.4 Oversigt over registrerede arter af undervandsplanter i Furesøen 1993 – 95 med angivelse af de enkelte arters status.

Tabellen viser, at der i 1995 blev fundet 11 arter mod 14 arter i 1993 og 10 arter i 1994. I forhold til den dårlige kondition som undervandsvegetationen havde i 1994 var det tydeligt ved undersøgelse i 1995 at planterne ikke var så hændende som i 1994 og udbredelsen af trådalger var mindre.

Børstebladet vandaks var stadig den hyppigste art, mens de resterende arter er tydeligt dårligere repræsenteret end 1993. Den forringelse af artssammensætningen der kunne konstateres i 1994 er dog opvejet af en mindre forbedring i 1995.

Plantedækket areal

Samlet set dækker undervandsvegetationen i 1995 2,6 % af søens samlede bundflade. Tabel 2.6.5 viser, at det plantedækkede areal derved stadig er lavt i forhold til 1993, men dog forbedret i forhold til den dårlige udbredelse i 1994. De højeste dækningsgrader er i alle tre år fundet i Store Kalv.

	1993	1994	1995
Plantedækket areal	364.600 m ²	171.200 m ²	242.850 m ²
Dækningsgrad	3,88 %	1,82 %	2,58 %
Relativt plantefyldt volumen	0,36 %	0,18 %	0,24 %
Dybdegrænse	3,5 meter	2,5 meter	3,0 meter

Tabel 2.6.5 Plantedækket areal og dækningsgrad i Furesø 1993 – 95.

Plantefyldt volumen

Det volumen, som undervandsvegetationen fylder, er opgjort til 0,24 % af søens samlede volumen. Det relative plantefyldte volumen var 1/3 større i 1993, men er dog forbedret i 1995 i forhold til 1994.

Undervandsvegetationens dybdegrænse var 3,0 meter i 1995 mod 2,5 meter i 1994 og 3,5 meter i 1993.

Der blev registreret tre arter af flydebladsplanter; Vand-pileurt, Hvid åkande og Gul åkande. Denne plantegruppe, der typisk forekommer i åbninger i rørsumpen, har størst udbredelse i Store Kalv, hvor bunden ikke er så stejl, som i det åbne bassin.

Rørsumpen domineres af tre arter: Tagrør, Sø-kogleaks og Smalbladet dunhammer. Tagrør findes især i Store Kalv, hvor den langs nordbredden og dele af sydbredden danner forholdsvis brede, tætte bevoksninger. I det åbne bassin, hvor bunden er mere stejl, og bølgeeksponeringen større, er Sø-kogleaks dominerende.

Vurdering

Den samlede mængde undervandsvegetation er forsvindende lille i forhold til søens samlede vandvolumen. I 1995 var det vegetationsdækkede areal og – volumen kun $\frac{2}{3}$ af udbredelsen i 1993, men dog forbedret i forhold til 1994. Samtidig er der sket en artsforskydning, således at børstebladet vandaks samt trådalger er blevet tydeligt dominerende.

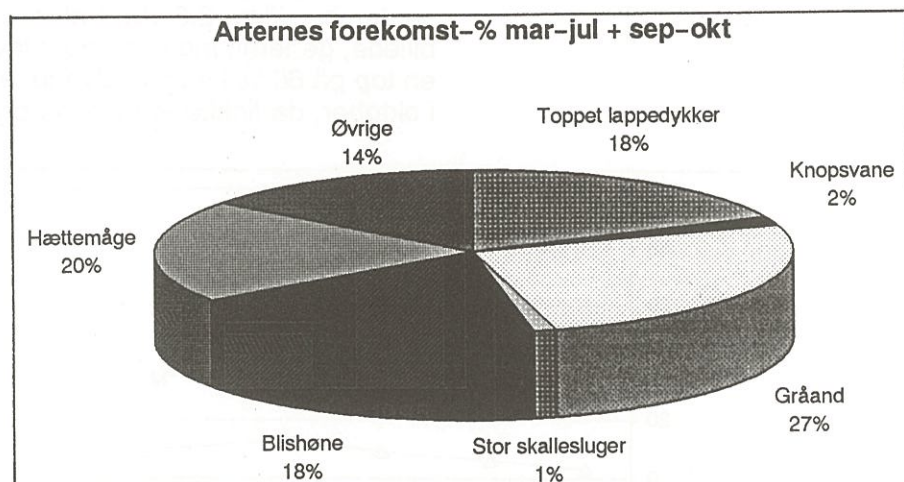
Som omtalt i sidste års rapport skal forringelsen fra 1993 til 1994 antagelig findes i den begrænsede lysmængde, der har været til rådighed for undervandsvegetationen i 1994. I perioder var sigtddybden kun 0,4 – 0,6 meter, de ringeste sigtddybdeværdier der er observeret i dette århundrede.

I de foregående år har planteplankton været domineret af blågrønalger typisk siden starten af juli måned. I 1995 er denne tendens brudt, således at furealger dominerede. Dette har også forbedret sigtddybden og dermed lysforholdene for undervandsvegetationen. Dette afspejles også i den forbedrede udbredelse af vegetationen i 1995. Undersøgelsen er et eksempel på hvorledes biologiske forskydninger i dele af systemet har indflydelse i andre dele af systemet. Resultatet afspejler tillige at undersøgelsesmetoden er tilstrækkelig følsom til at kunne registrere de variationer der finder sted i søen.

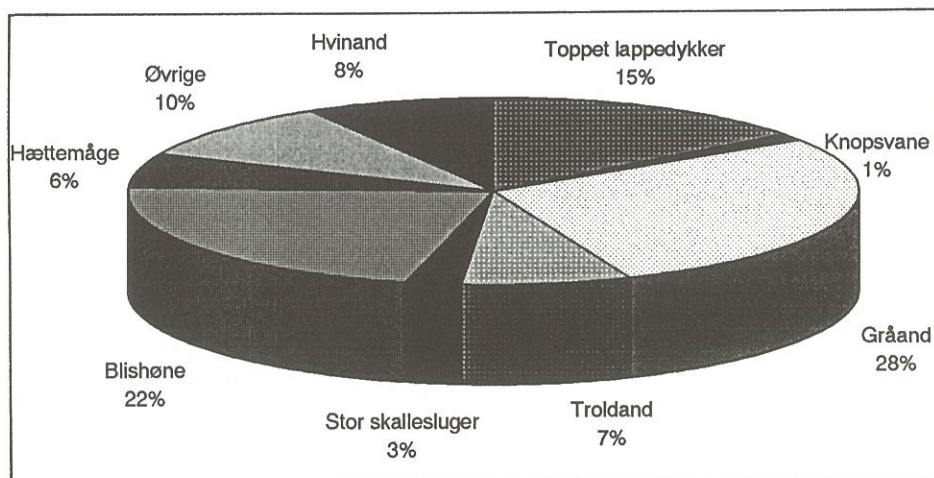
2.6.5. Furesøens fuglebestande

Sømiljøets betydning for fuglene

Furesøen domineredes i 1995 af gråand, toppet lappedykker og blishøne (figur 2.6.8). Det samme gjaldt Store og Lille Kalv betragtet for sig (figur 2.6.9).

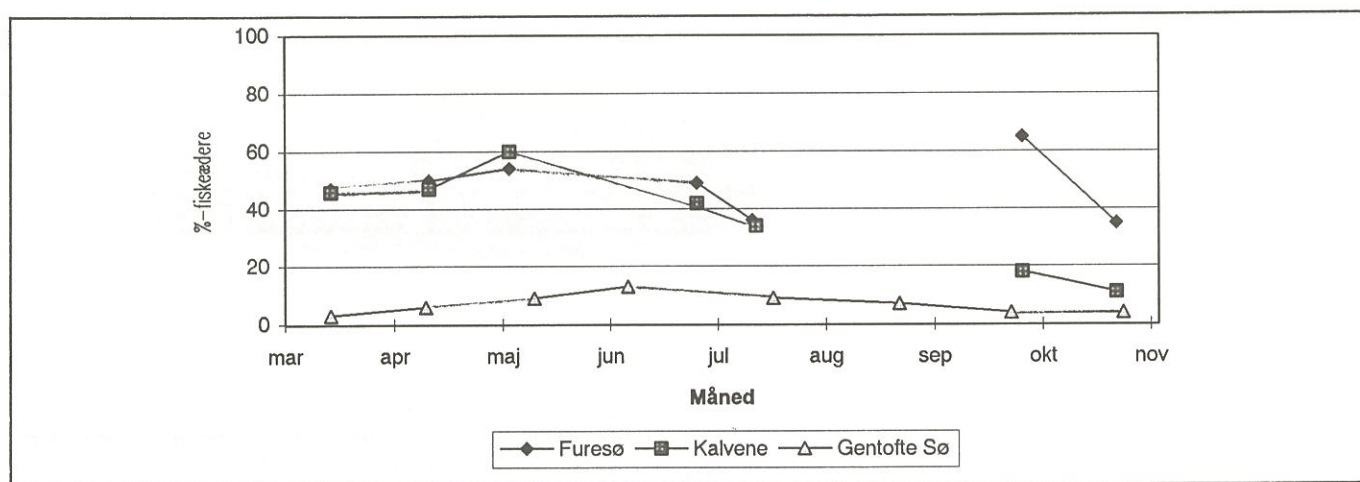


Figur 2.6.8. Den procentvise fordeling af arternes forekomst i Furesøen 1995. Kun talrige arter samt vigtige indikatorarter er vist særskilt. Ikke alle arter blev optalt i august og november, hvorfor disse måneder ikke indgår i figuren.



Figur 2.6.9. Den procentvise fordeling af arternes forekomst i Store og Lille Kalv 1995. Kun talrige arter samt vigtige indikatorarter er vist særskilt. Ikke alle arter blev optalt i august og november, hvorfor disse måneder ikke indgår i figuren.

Andelen af fiskeædere blandt indikatorarterne lå i Furesøen lidt under 50 %, dog stigende til mellem 50 og 60 % i maj og til ca. 65 % i september (figur 2.6.10). Kalvene betragtet alene udviste et lignende billede, generelt med en noget lavere andel af fiskeædere bortset fra en top på 60 % i maj. I kalvene faldt fiskeædernes andel helt til 10 % i oktober, da flokke af hvinand og troidand rastede i Store Kalv.



Figur 2.6.10. Den procentvise andel af fiskeædere blandt indikatorarterne i Furesøen totalt og i Kalvene for sig gennem året. Til sammenligning vises Gentofte Sø som et udtryk for en tilstand nær basistilstanden.

Den uden sammenligning vigtigste fiskeæder i Furesøen var toppet lappedykker (figur 2.6.8–2.6.9). Med antal på 100–350 fugle overgik forekomsten i Furesøen langt de andre søer. Artens store forekomst i Furesøen kan ikke udelukkende tilskrives søens størrelse; alene i kalvene lå der nemlig i perioden marts–juli flere toppet lappedykker end i nogen af de øvrige søer. Alt i alt bød Furesøen tydeligvis toppet lappedykker gode levedmuligheder i 1995.

Den absolut vigtigste af de øvrige indikatorarter var blishøne, der tegnede sig for godt 20 % af observationerne, også i kalvene taget for sig (figur 2.6.8–2.6.9). I Furesøen sås blishøne ofte fødesøgende ved dykning, hvorunder den åd vandplanter.

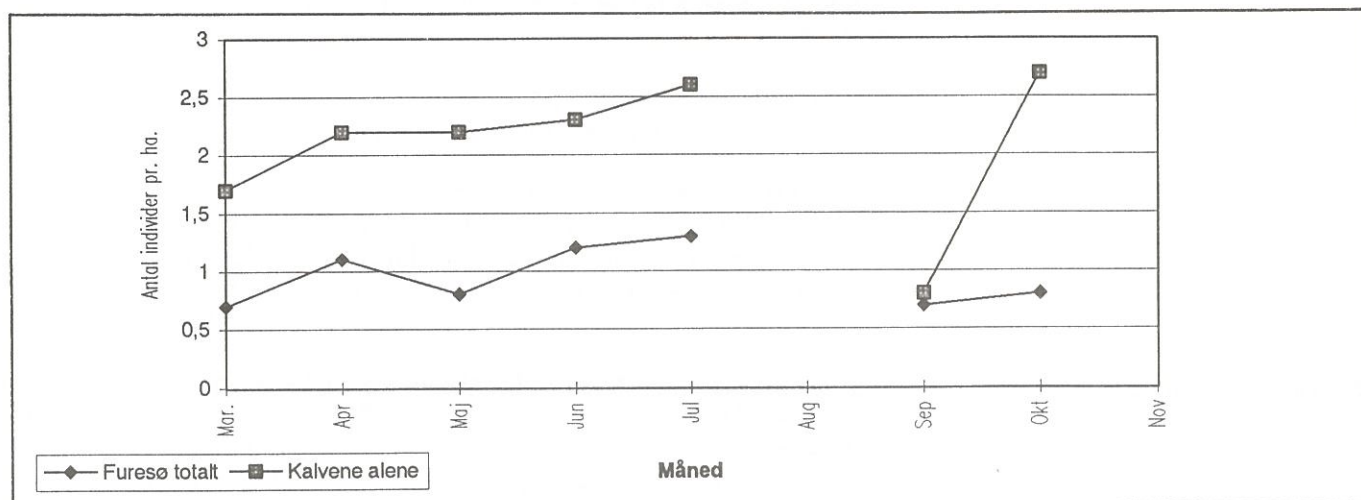
Blishønens forekomst i Furesøen viste en ujævn stigning frem til juli, hvor årets ungeproduktion spillede kraftigt ind, omend kun 21 % (22 % i kalvene) af yngleparrene fik kuld. Til gengæld var den gennemsnitlige kuldstørrelse i juli, 2,3 kyllinger, relativt høj. I kalvene var kuldstørrelsen dog kun 1,5 kyllinger.

Fra april til juli oversteg alene forekomsten i kalvene de andre søer. I september–oktober, hvor artens fødegrundlag i form af rankegrøde netop havde toppet, var antallet imidlertid faldet kraftigt, hvilket vidner om den ringe overlevelse blandt ungfuglene. Alt i alt synes Furesøens rankegrøde ikke tilstrækkelig som fødegrundlag for en bestand af blishøne svarende til, hvad der er redeplaceringsmuligheder for.

Fuglenes betydning for sømiljøet

Furesøen rummede i 1995 0,5–1,5 fugle pr. ha. vandoverflade (figur 2.6.11), hvilket er normalt for dybe søer. I de lavvandede kalve var tætheden da også noget større, omkring 2–2,5 fugle pr. ha., men dog faldende til under 1 i september. Toppunktet lå i juli, da de fleste kuld var klækket. En fugletæthed af denne størrelsesorden påvirker næppe sømiljøet væsentligt, hvad næringstilførsel angår, især ikke i betragtning af hovedbassinets store dybde.

Furesøens store bestand af toppet lappedykker har sammen med især skarv og stor skallesluger gjort et indhug på skidtfiskebestanden i størrelsesordenen 26 tons, hvilket altså ikke er nok til at forrykke søens tilstand. Af de 26 tons fisk tegner toppet lappedykker sig i øvrigt for 17, stor skallesluger for 5 og skarv for 4 tons.



Figur 2.6.11 Antal fugle pr. ha vandoverflade i Furesøen totalt og Kalvene alene, 1995.

For at bedømme blishønens rolle i omsætningen må man kende artens individtæthed i den vegetationsdækkede del af Furesøen. Blishønens forekomst i Store og Lille Kalv vurderes at være et repræsentativt udtryk herfor. Som nævnt var denne forekomst i 1995 formentlig ikke stor nok til udøve en væsentlig påvirkning af søens økosystem.

Gråand spiller som nævnt ingen større rolle i søens fødekæder, da hovedparten af dens føde findes uden for søens økosystem.

2.7 Samlet vurdering af tilstanden i Furesø, 1995.

Belastning

Vandtilførslen var 10 % lavere end i 1994, og opholdstiden var 9,9 år, hvilket er tæt på gennemsnittet i de senere år. I 1994 var opholdstiden så kort som 5,3 år.

Belastningen til søen var på 2.722 kg fosfor og 53.682 kg kvælstof, som svarer til et fald på henholdsvis 29 % og 12 % i forhold til 1994. Faldet skyldes primært den mindre afstrømning fra oplandet.

39 % af fosforbelastningen kommer fra kontrollerbare kilder med udløb direkte i søen, mens de resterende 61 % kommer fra det naturlige opland og atmosfæren. Dog er det vigtigt at huske, at der stadig tilføres spildevand til de opstrøms beliggende søer og vandløb. Men i modsætning til perioden 1991 – 1994 synes de opstrøms beliggende søer, såvel som Furesøen i øvrigt, ikke at aflaste fosfor i samme omfang i 1995. Dette har blandt andet resulteret i at forforbelastningen er faldet. Fosfortransporten ud af søen er i 1995 faldet med 66 % i forhold til 1994's store transport.

35 % af kvælstoftilførslen kommer fra de kontrollerbare kilder, især Renseanlæg (28 %). Den vigtigste enkeltkilde er atmosfæren.

De årsgennemsnitlige koncentrationer af totalfosfor og totalkvælstof lå i 1995 på henholdsvis 0,17 mg P/l og 0,89 mg N/l i det åbne bassin. Næsten tilsvarende værdier blev fundet i Store Kalv. Fosforkoncentrationen er således faldet 37 %, mens kvælstofkoncentrationen er faldet med 15 %.

Sigtdybden havde et årsgennemsnit på 3,31 meter i det åbne bassin. I 1995 blev den mindste sigtdybde målt til 1,3 meter.

Den interne belastning lå i 1995 på omkring 18 tons. Dette er et fald på 4 tons i forhold til året før, hvor den interne belastning var den højeste siden overvågningens start. Siden 1990 er fosforpuljen i vandet steget fra 20 tons til et maximum på 43 tons i vinterperioden 1993/94. Siden da er puljen atter faldet til 20 tons i vinteren 95/96.

Biologiske forhold

Den gennemsnitlige fytoplanktonbiomasse i 1995 var på niveau med de øvrige år i perioden 1989–95. I 1995 dominerede furealger i modsætning til de foregående års blågrønalgedominans. Dette skift i dominansforholdet skyldes sandsynligvis den lange periode med springlagsdannelse i 1995.

De væsentligste styrende faktorer for fytoplanktonbiomassen i Furesøen i 1995 var sandsynligvis kvælstofbegrænsning og for de mindre fytoplanktonformer også zooplanktons græsning.

Zooplanktonbiomassen var relativt høj sammenlignet med de øvrige år i perioden 1989–95. Vandlopper dominerede zooplanktonbiomassen i vækstsæsonen ligesom i 1992. De øvrige år dominerede dafnier.

Zooplanktonbiomassen i Furesøen var i 1995 sandsynligvis primært reguleret af fødetilgængeligheden.

Fuglebestanden domineredes af gråand, hættemåge, blishøne og toppet lappedykker. Fuglebestanden skønnes ikke at have påvirket miljøtilstanden væsentligt.

Målsætning

Vandområdeplanen for Mølleå-systemet stiller en række krav til vandkvaliteten, samt plante- og dyrelivet i Furesøen:

Med udgangspunkt i de store videnskabelige og rekreative interesser der er knyttet til søen, er Furesøen målsat med en **skærpet målsætning (A1, A2)** som en sø omfattet af særlige naturvidenskabelige interesser og som badevandsområde.

Sammenlignes målsætningskrav med tilstanden i 1995 kan følgende uddrages:

- Den årsgennemsnitlige **totalfosforkoncentration** var på 0,17 mg P/l, hvilket er **4 gange** højere end målsætningens kravværdi på 0,04 mg P/l.
- **Sigtdybden** i det åbne bassin har gennemsnitligt ligget på 3,31 meter i månederne juni–august. Det kræver således en forøgelse af den nuværende sigtdybde for at opfylde målsætningen på 4 meter.
- **Iltindholdet** i bundvandet var under 0.5 mg O₂/l i **76 dage**. Dette svarer til en femtedel af året. Kravet er, at iltindholdet ikke må komme under 0.5 mg O₂/l.
- **Planteplanktonsamfundet** var domineret af **furealger**. Kravet er dominans af rentvandsarter af kisel- og gulalger.
- **Undervandsvegetationens** maksimale dybdegrænse var 3,0 meter. Vandplanterne "fyldte" 0,2 % af det samlede vandvolumen i søen. Undervandsplanternes artsantal var reduceret til 11 arter. Kravet er en dybdegrænse på over 4 meter og at undervandsvegetationen skal være udbredt i hele Store Kalv.
- **Reliktkrebsenes** bestandsstørrelser er ikke blevet undersøgt inden for de sidste par år, men er antagelig **svagt repræsenteret**.

Det fremgår af ovenstående, at ingen af de undersøgte forhold opfylder kravværdierne.

Mulige årsager

Søens miljøtilstand har i de senere år været styret af interne processer i søen. En stor frigivelse af fosfor fra sedimentet har medført en forøget koncentration af fosfor, med deraf forøget algevækst. Blågrønalger har domineret i de varme sommerperioder, med vandblomst og badevandsproblemer til følge.

I 1995 var der et faldende indhold af fosfor i de øverste vandlag, større klarhed i vandet, vandets farve stiftede fra blågrønt til brunt på grund af dominans af furealger, og der var, på trods af den lange varme sommer, ingen badevandsproblemer med alger.

Det er vanskeligt at finde en enkelt faktor, der er hovedårsag til denne forbedring.

En af årsagerne kan måske være den store vinterafstrømning der fandt sted i 1994/95. Tilførslen med nitrat-N til Furesøen blev derved meget stor. Koncentrationen i bundvandet blev højere end tidligere. Perioden med iltfrie forhold i bundvandet blev således kortere end tidligere, og den interne forforbelastning aftog i omfang.

Der er dog næppe nogen klar sammenhæng mellem den mindre frigivelse af fosfor fra sedimentet og den tydeligt lavere koncentration i de øvre vandlag. Hertil er afstanden mellem søbunden og vandoverfladen for stor og vand- og stofudvekslingen for lille.

Skiftet i planteplankton fra blågrønalger til furealger kan måske hænge sammen med det lavere fosforindhold og den lange stagnationsperiode. I modsætning til blågrønalger kan furealger bevæge sig i vandsøjlen, således at de ved næringsstoffebegrænsning kan optage næringsstoffer i de mere næringsrige vandlag i eller lige under springlaget. Da springlaget gradvist ligger dybere og dybere i løbet af sommeren, kan furealgerne aktivt overføre næringsstoffer fra bundvandet til det biologisk aktive overfladelag (epilimnion).

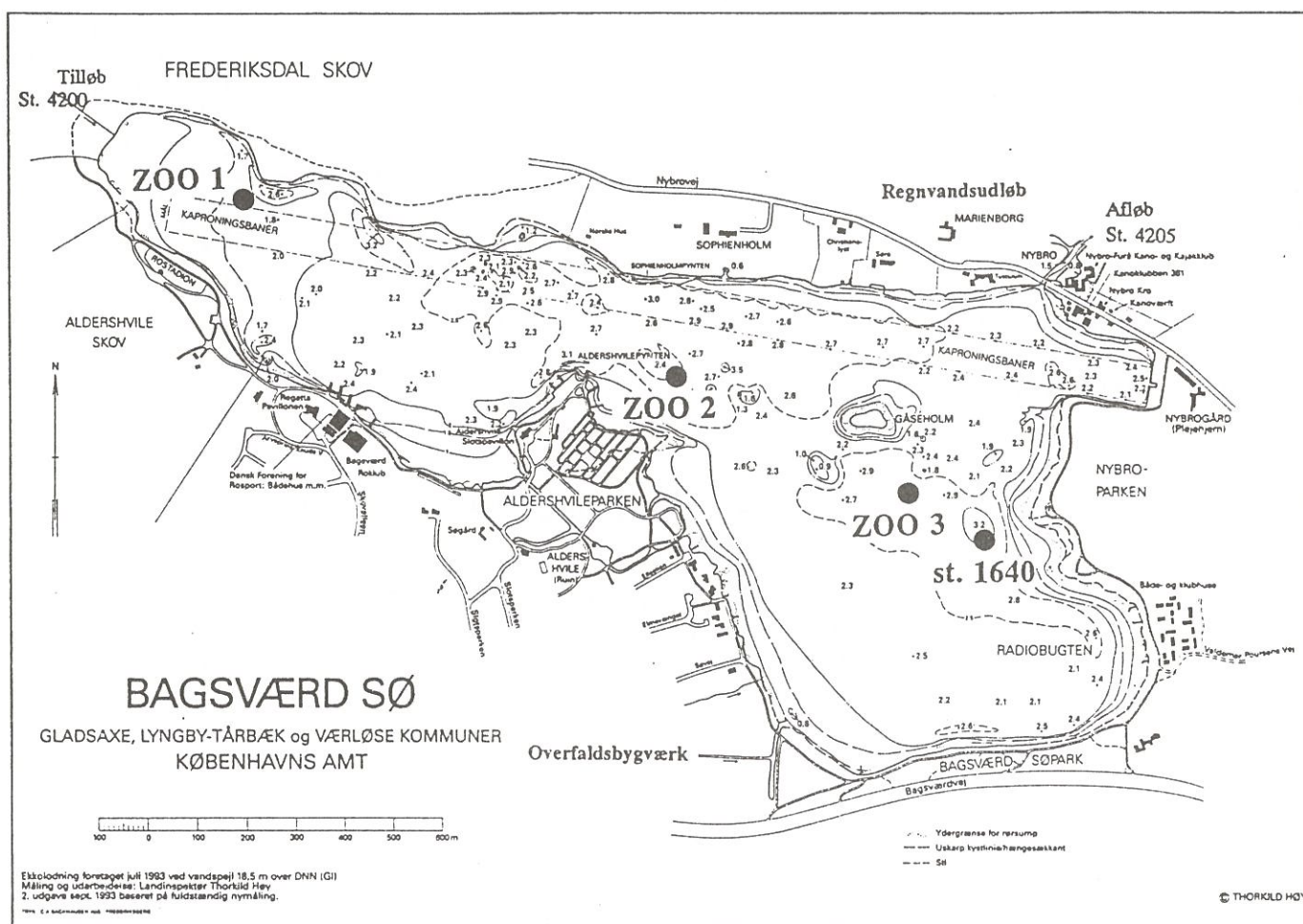
Det kan derved virke paradoksalt at fosforindholdet i de øverste vandlag er mindre end de øvrige år, hvor blågrønalger dominerede. Det må antages at en del af forklaringen til det faldende fosforindhold skal søges i en forøget sedimentation af furealger i forhold til blågrønalger. Derved tømmes overfladelaget hurtigere for næringsstoffer. Men som tidligere nævnt, er det vanskeligt entydigt at udpege en enkelt årsag.

3.0 Bagsværd Sø

3.1 Indledning

Bagsværd Sø er en næringsrig lavvandet sø i Mølleå-systemet. Søen har frem til 1960'erne modtaget mekanisk rensat spildevand. I dag modtager den kun spildevand i opspædet form fra et overløbsbygværk.

Bagsværd Sø er centralt beliggende i Hovedstadsregionen og med mulighed for sejlads og fiskeri udgør søen et hyppigt udflugtsmål for motionister og naturelskere. Der gennemføres endvidere årligt sejlregatta på søen, hvilket giver søen såvel en lokal som regional og international betydning for friluftslivet.



Figur 3.1 Kort over Bagsværd Sø med angivelse af dyreplakton- og vandkemistationer, samt afløb og større tilløb.

3.2 Vandbalance

At opgøre vandbalancen på Bagsværd Sø har altid været forbundet med usikkerhed. Det har som følge af afløbets kanalagtige udformning ikke været muligt at måle afstrømningen dér på grund af ringe strømhastighed. Desuden er der konstateret tilbageløb af vand fra Lyngby Sø i tørre perioder med stor fordampning. Størrelsen af tilbageløbet er forsøgt kvantificeret.

Der forekommer ikke væsentlige magasinændringer i Bagsværd Sø (+/-5 cm) som følge af slusereguleringer længere nedstrøms i Mølleå-systemet.

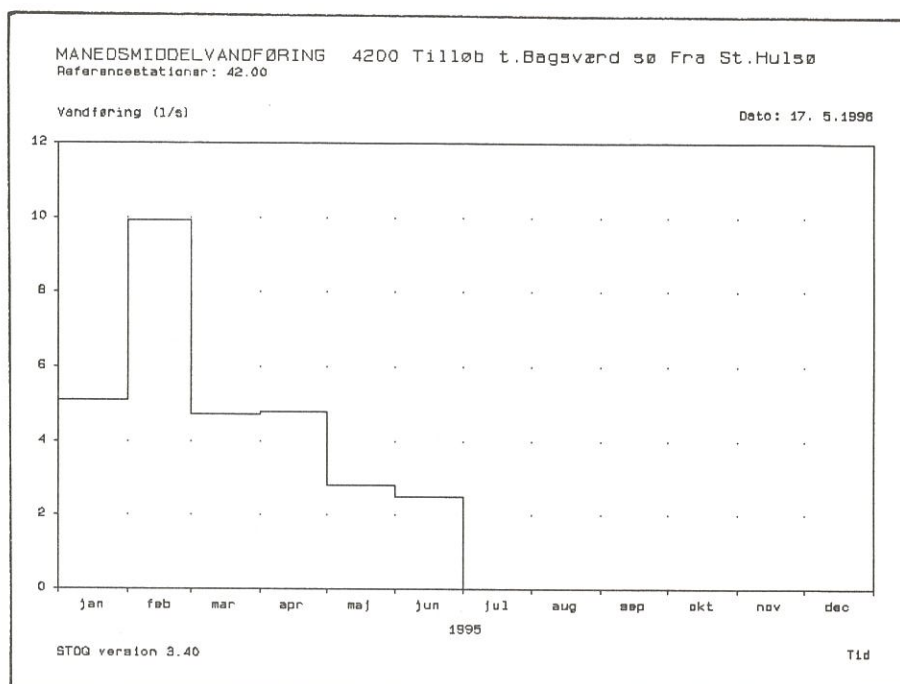
Måned	Vandmængder x 10 ³ m ³													
	Tilløb	Oppumpet grundvand	Indsi.vn. grundvand	Separat	Fælles	Umålt opland	Nedbør	tilb. løb	Tilført Ialt	Fordamp	magasin-ændr.	Afløb	netto fraført	Brutto Fraført
Jan.	13,7	32,3	16,7	0,7		37,2	122,2	0,0	222,8	8,0	34,2	164,7	164,7	172,7
Feb.	23,9	29,2	16,7	0,5	0,01	27,8	91,4	84,0	273,5	14,0	-22,8	282,3	198,3	296,3
Marts	12,6	32,3	16,7	0,2		12,2	40,2	35,2	149,4	34,0	34,2	81,2	46	115,2
April	12,4	31,2	16,7	0,6	0,13	31,7	104,3	116,5	313,5	74,0	0,0	239,5	123	313,5
Maj	7,5	32,3	16,7	0,5	0,16	28,9	95,1	0,0	181,2	114,1	0,0	45,3	45,3	159,4
Juni	6,5	31,2	16,7	0,4		20,1	66,0	59,1	200,0	126,4	-11,4	85,0	25,9	211,4
Juli	0,0	32,3	16,7	0,1		6,9	22,6	65,4	144,0	171,5	-34,2	6,7	-58,7	178,2
Aug.	0,0	32,3	16,7	0,2		8,5	27,9	28,4	114,0	157,2	-45,6	2,4	-26	159,6
Sep.	0,0	31,2	16,7	0,8	0,11	46,7	153,7	0,0	249,2	53,9	45,6	149,7	149,7	203,6
Okt.	0,0	32,3	16,7	0,1		7,8	25,7	0,0	82,6	31,7	11,4	8,8	8,8	40,5
Nov.	0,0	31,2	16,7	0,5	0,11	25,9	85,0	0,0	159,4	10,5	11,4	137,5	137,5	148,0
Dec.	0,0	32,3	16,7	0,2		10,7	35,0	0,0	94,9	5,7	-34,2	123,4	123,4	129,1
Ialt:	76,6	380,1	200,4	4,8	0,5	264,4	869,1	388,6	2184,5	801	-11,4	1326,5	937,9	2127,5

Tabel 3.2.1 Vandbalance for Bagsværd Sø, 1995.

3.2.1 Vandføring i tilløb og afløb, 1995

Tilløb

Der er kun ét tilløb til Bagsværd Sø. Tilløbet kommer fra Store Hulsø og afvander et skovareal på 63 ha. Vandføringen i tilløbet er beregnet ud fra arealkorrektion af data fra Dumpedalsrenden (figur 3.2.1).



Figur 3.2.1 Teoretisk skønnet månedsmiddel vandføring i tilløbet til Bagsværd Sø, 1995.

I 1995 var tilløbet udtørret fra juli og året ud. En så lang periode med udtørring er ikke set tidligere i overvågningsprogrammets forløb, hvor der typisk har været udtørring i 3–4 måneder.

Oppumpet grundvand

Som led i en afværgepumpning på Bagsværd Vandværk er der i 1995 oppumpet 380.000 m³ grundvand til Bagsværd Sø, hvilket udgør 17,4% af den tilførte vandmængde i 1995.

Indsivning af grundvand

Ved udarbejdelsen af en grundvandsmodel for Bagsværd Sø er der fremkommet vurderinger af vandudvekslingen mellem søen og Bagsværd Vandværk samt grundvandsmagasinerne, der står i hydraulisk forbindelse hermed.

Vandet fjernes fra grundvandsmagasinerne ved opsivning til Bagsværd Sø og ved oppumpning til Bagsværd Vandværks kildeplads, hvor der årligt indvindes 1,3 mio. m³.

Det vurderes, at der finder en opsivning sted på 350.000 – 400.000 m³ om året svarende til en nettoopsivning til Bagsværd Sø på op mod 200.000 m³ pr. år, hvilket er indarbejdet i vandbalancen for 1995 med en ligelig fordeling over året.

Befæstede arealer

Af tabel 3.2.1 ses, at størstedelen af den regnvandsbetingede tilstrømning til Bagsværd Sø i 1995 stammer fra overløb fra separatloakerede arealer. Bidraget fra fællesloakerede var på 1 %, og er den lavest målte for hele overvågningsperioden.

Umålt opland

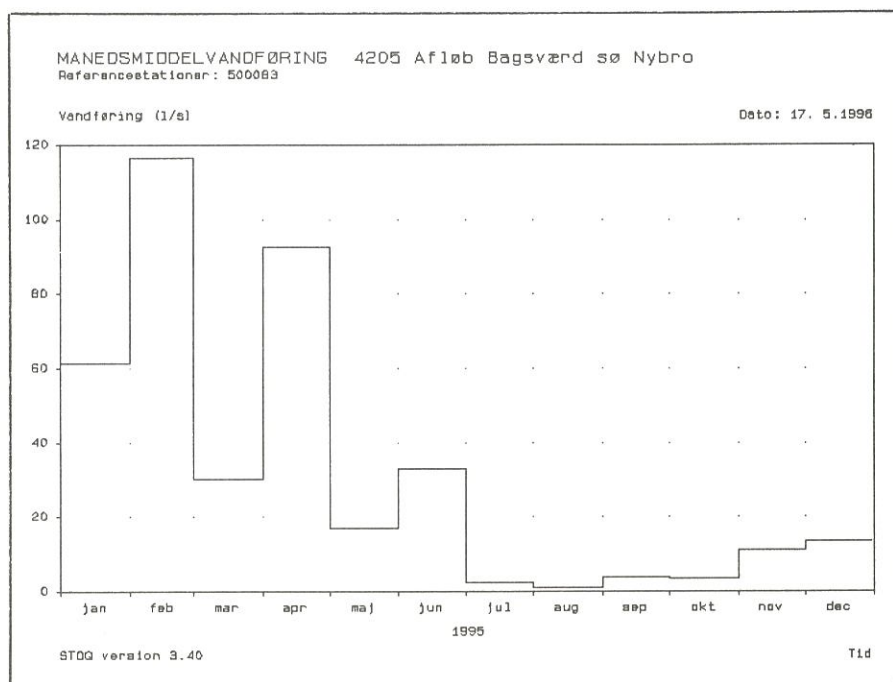
Det umålte opland på 233 ha bidrog med 12,1 % af tilstrømningen til Bagsværd Sø i 1995.

Nedbør

Den direkte nedbør på søen, der i 1995 udgjorde 0,87 mio. m³, bidrog med 40 % og dermed hovedparten af den totale tilførsel til Bagsværd Sø.

Afløb

Det er på grund af en meget lav strømhastighed ikke muligt at foretage vingemålinger i Bagsværd Sø's afløb. Afstrømningen er derfor estimeret ved arealkorrektion af data fra Stampen.



Figur 3.2.2 Teoretisk skønnet månedsmiddelvandføring i afløbet fra Bagsværd Sø, 1995.

Den samlede vandmængde ud af Bagsværd Sø er på den baggrund estimeret til 1,33 mio.m³ i 1995, mod en tilførsel fra oplandet på 2,18 mio.m³, hvilket giver et underskud på 0,85 mio. m³.

Opgjort på månedsbasis viste der sig at være overskud på ca. 100.000 m³ i september, november og december, hvor der fandt store regnhændelser sted, som ikke kunne genfindes på referencestationen. Dette kan relateres til reguleringer af sluserne i disse situationer med henblik på at opbygge magasinerne i Bagsværd og Lyngby Sø samt i de mellemliggende mølledamme.

De beregnede overskud er lagt til afløbsmængden de tre måneder. Det samlede tilbageløb fra Lyngby Sø kan beregnes til 0,39 mio. m³ i 1995.

I juni–august, hvor fordampningen var stor og nedbøren ringe, var tilbageløbet ikke tilsvarende stort. Dette skyldes at magasinet blev reduceret for at sikre minimumsvandføringen i Mølleåen i den tørre periode.

I april ses stort tilbageløb på trods af stor nedbør. Dette skyldes, at afløbet fra Bagsværd Sø er overestimeret ved arealkorrektion med Stampen, der modtager meget vand, idet der opstrøms tømmes store vandmængder ud af Furesø netop i april. For denne måned er Stam-

pen således mindre anvendelig som grundlag for estimering af vandføringen udfra arealkorrektion på grund af slusereguleringer i systemet.

Det fremgår tillige af de foregående års vandbalancer, at tilbageløbet hovedsagelig finder sted om sommeren, når fordampningen er størst og nedbøren mindst.

Opholdstid

Beregnes opholdstiden som søvolumen divideret med årsafstrømninger er opholdstiden i 1995 1,73 år. Sommerværdien er på 3,3 år.

3.3 Belastningsopgørelse

3.3.1 Søtilløb samt den øvrige belastning

	Gennemsnit 1989–1994	1995	minimum/maximum 1990–1994
Vandføring 10 ³ m ³ /år	59,1	76,6	36/140
Total-P kg/år	5,5	5,0	2,2/12,3
Total-P µg/l	77,8	80	63/106
Ortho-P kg/år	1,79	2	1/5
Ortho-P µg/l	29,7	40	20/44
Total-N kg/år	89,1	97	34/200,9
Total-N mg/l	1,39	1,26	1,25/1,71
Jern kg/år	54,0	63	12/189
Jern mg/l	0,89	1,0	0,53/1,82

Tabel 3.3.1 Stoftransport i tilløbet til Bagsværd Sø, 1995 samt som gennemsnit for 1990–1994. Koncentrationerne er vandføringsvægtede.

C/Q sammenhænge

Det fremgår af tabel 3.3.1, at både vandføringen i 1995 og transporten af total-P, ortho-P og total-N er nær gennemsnittet for årene 1989–1994.

	Total-N Kg/år										Retention %
Måned:	Tilløb	oppumpet grundvand	Indsivn. grundvand	Separat	Fælles	Umålt opland	Atmosf./ Nedbør	Tilbage løb	Tilført Ialt	Afløb	
Jan.	17,9	100,1	51,7	4,2		68,4	320,6	0	562,9	296,3	47,4
Feb.	29,8	90,5	51,7	3,2	0,1	41,9	239,7	146	602,9	497,5	17,5
Marts	14,2	100,1	51,7	1,4		46,8	105,5	48	367,7	109,6	70,2
April	17,6	96,7	51,7	3,6	0,9	39,8	273,7	137	621,0	278,4	55,2
Maj	10,0	100,1	51,7	3,3	1,2	28,3	249,4	0	444,0	74,2	83,3
Juni	7,3	96,7	51,7	2,3		45,9	173,1	94	471,0	147,6	68,7
Juli	0,1	100,1	51,7	0,8		0,7	59,3	109	321,7	11,5	96,4
Aug.	0,0	100,1	51,7	1,0		39,3	73,2	55	320,3	4,8	98,5
Sep.	0,0	96,7	51,7	5,3	0,7	104,7	403,1	0	662,2	16,5	97,5
Okt.	0,0	100,1	51,7	0,9		23,0	67,3	0	243,0	18,9	92,2
Nov.	0,0	96,7	51,7	2,9	0,7	41,6	223,1	0	416,7	39,7	90,5
Dec.	0,0	100,1	51,7	1,2		53,7	91,9	0	298,6	52,9	82,3
Ialt:	96,9	1178,0	620,4	30,1	3,6	534,1	2279,9	589	5332,0	1547,9	71,0

Tabel 3.3.2 Massebalance for total-N i Bagsværd Sø, 1995.

Måned:	Total-P Kg/år										Retention %
	Tilløb	Oppumpet grundvand	Indsivn. grundvand	Separat	Fælles	Umålt opland	Atmosf./Nedbør	Tilbageløb	Tilført Ialt	Afløb	
Jan.	0,6	1,0	0,5	1,4		0,9	8,8	0	13,2	23,4	-77,3
Feb.	1,2	0,9	0,5	1,1	0,01	0,6	6,6	11	21,9	37,9	-73,0
Marts	0,8	1,0	0,5	0,5		0,6	2,9	5	11,3	12,3	-8,8
April	1,3	0,9	0,5	1,2	0,18	0,5	7,5	12	24,1	24,1	0,0
Maj	0,9	1,0	0,5	1,1	0,38	0,4	6,9	0	11,2	8,2	26,7
Juni	0,7	0,9	0,5	0,8		0,6	4,8	13	21,3	19,0	10,8
Juli	0,0	1,0	0,5	0,3		0,0	1,6	17	20,4	1,8	91,2
Aug.	0,0	1,0	0,5	0,3		0,5	2,0	9	13,3	0,8	94,0
Sep.	0,0	0,9	0,5	1,8	0,16	1,4	11,1	0	15,9	2,6	83,6
Okt.	0,0	1,0	0,5	0,3		0,3	1,9	0	4,0	2,2	45
Nov.	0,0	0,9	0,5	1,0	0,15	0,6	6,1	0	9,3	4,5	51,4
Dec.	0,0	1,0	0,5	0,4		0,7	2,5	0	5,1	4,4	13,7
Ialt:	5,5	11,5	6,0	10,2	0,9	7,1	62,7	67,0	170,9	141,2	17,4

Tabel 3.3.3 Massebalance for total-P i Bagsværd Sø, 1995.

Tilløbet

Tilløbet var tørlagt fra juli–december 1995 og bidrog med kun ca. 3% af den samlede fosfor- og kvælstofbelastning til Bagsværd Sø.

Grundvandsbidraget

Koncentrationen af kvælstof og fosfor i afværgenvandet blev målt til 3,1 mg N/l og 0,03 mg P/l, hvilket gav et bidrag på henholdsvis 22% og 7% af det samlede bidrag. Forudsættes det, at koncentrationerne i det indsivende grundvand er som i afværgenvandet, bidrog grundvandsindsivningen med 12% af det samlede kvælstofbidrag og 4% af fosforbidraget.

Regnvandsbetingede udledninger

Størstedelen af det befæstede opland er fælleskloakeret. De separate bidrag af N og P udgjorde hhv. under 0,6% og 6% af totalbelastningen. Tidligere opgørelser har vist, at bidraget fra separate udledninger er på 30 kg N/år og 10 kg P/år i et normalår. Nedbøren i Københavns Amt svarede i 1995 til normalen.

Bidraget fra overløb fra fælleskloakerede arealer er målt og var størst i maj måned, hvor der blev aflastet 160 m³ opspædet spildevand med 7,6 mg N/l og 2,4 mg P/l. Med en målt gennemsnitskoncentration for 1995 på 6,8 mg N/l og 1,49 mg P/l bidrog overløbene med under 1% af den samlede kvælstof- og fosforbelastning.

Umålt opland

Det umålte opland er på 233 ha og udgøres af 211 ha naturopland og 13 ha åbent land. Belastningen af Bagsværd Sø fra skoven er vurderet på grundlag af stoftransporten i Dumpedalsrenden, der er omfattet af kategorien "Naturopland" og andrager 1,76 kg N/ha/år og 0,032 kg P/ha/år. Bidraget fra det åbne land er vurderet på baggrund af data fra LI. Vejleå, der afvander et landbrugsområde og er sat til 17,26 kg N/ha/år og 0,12 kg P/ha/år.

Atmosfæren

Den atmosfæriske deposition er ved Strødam i Nordsjælland målt til henholdsvis 20 kg N/ha/år og 0,55 kg P/ha/år, hvilket giver en årlig belastning på 2280 kg N og 62,7 kg P for Bagsværd Sø. I 1995 bidrog den atmosfæriske N og P belastning med hhv. 42% og 37% af de totale belastninger til Bagsværd Sø.

3.3.2 Søafløb

	Gennemsnit 1989–1994	1995	minimum/maximum 1990–1994
Vandføring x 10 ³ m ³ /år	1175	990	870/2034
Total-P kg/år	194	141	118/324
Total-P µg/l	199,3	190	173/238
Ortho-P kg/år	56,2	26	24/122
Ortho-P µg/l	71,3	63	51/85
Total-N kg/år	1635	1548	1100/2847
Total-N µg/l	1,60	1,68	1,31/1,99
Jern kg/år	131	224	42/262
Jern µg/l	198	163	129/330

Tabel 3.3.4 Stoftransporten i afløbet fra Bagsværd Sø i 1995 samt som gennemsnit for 1989 – 1994. Koncentrationerne er vandføringsvægtede.

Den samlede kvælstoftransport ud af Bagsværd Sø var på ca. 1,5 tons N lidt lavere end gennemsnittet for overvågningsperioden. Den samlede fosfortransport 0,14 ton P lå 27% under gennemsnittet for overvågningsperioden.

Tilbageløb

Den tilbageførte vandmængde fra Lyngby Sø til Bagsværd Sø gennem afløbet kan betragtes som et særskilt tilløb, der fører næringsstoffer til Bagsværd Sø. Analyser af vandkemien i afløbet viser, at der til tider tilføres vand, der tidligere har været i Bagsværd Sø. Andre gange er det vand fra Lyngby Sø og dermed egentligt Furesøvand, der belaster Bagsværd Sø.

Af tabel 3.3.3 fremgår, at tilbageløbet på 67 kg fosfor er den største fosforkilde til Bagsværd Sø og af samme størrelsesorden som det atmosfæriske bidrag. Dette var ligeledes tilfældet i 1990, 1992 og 1994 mens tilbageløbet gav det næststørste bidrag de øvrige år næst efter overløb fra fælleskloakerede arealer.

I 1995 var tilbageløbet af kvælstof 0,6 ton og af samme størrelsesorden som bidraget fra det umålte opland og udgjorde 11% af den totale kvælstofbelastning (tabel 3.3.2).

3.3.3 Massebalance

Ved inddragelse af tilbageløbet og estimering af de herved tilførte stofmængder til Bagsværd Sø fås, at N og P bidraget herfra er så stort, at retention bliver positiv.

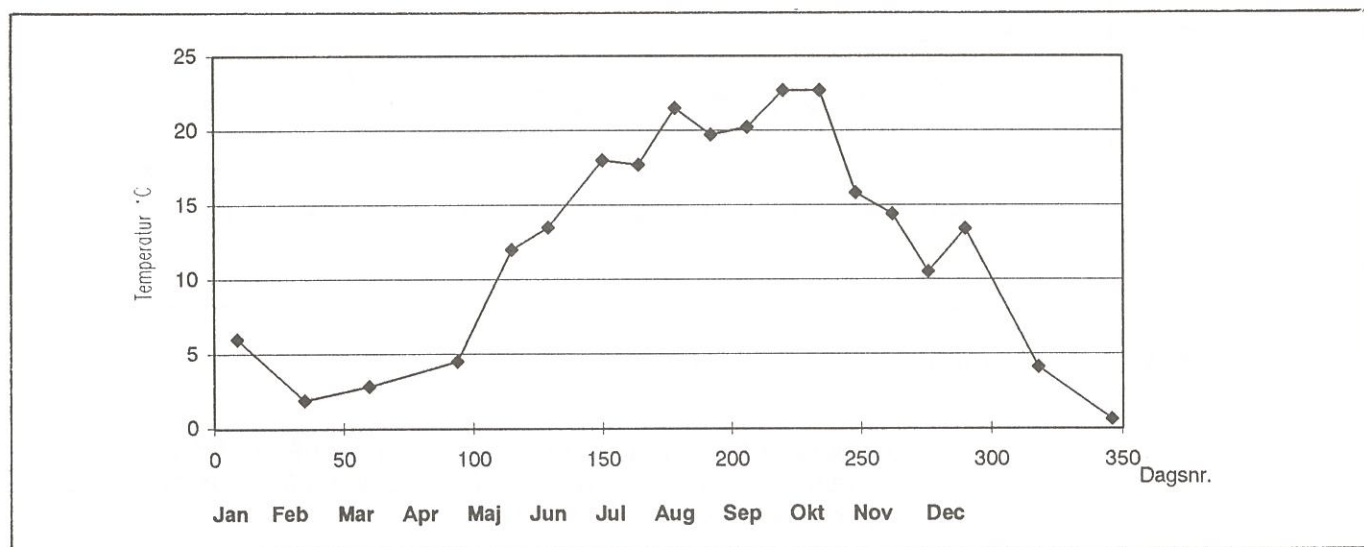
Fosfor- og kvælstof retention var henholdsvis 17,4 % for P og 71% for N i 1995, hvorved N-retentionen er på niveau, mens P retentionen er halvt så stor som de forgående år bortset fra 1994, hvor både N og P-retentionen var meget lav.

P-retentionen var negativ i januar-marts, dvs søen aflastede i denne periode. P-retentionen var størst i sommerperioden med størst tilbageløb. Ved sænkning af vandstanden i denne periode til sikring af vandføringen i Mølleåen blev retentionen lavere end ved konstant vandstand, hvilket kan være medvirkende til den lavere P-retention end for perioden 1989-1993.

N-retentionen var på intet tidspunkt negativ i 1995 og var størst i sidste halvdel af året, hvor fraførslen fra Bagsværd Sø var markant lavere end i perioden januar-juni.

3.4 Fysiske og vandkemiske målinger i søen, 1995

Temperatur



Figur 3.4.1 Temperaturvariation i den overfladenære zone i Bagsværd sø, 1995.

På grund af vindpåvirkning og søens ringe dybde er temperaturen med få undtagelser ens i hele vandmassen. Med vintertemperaturer på mellem 2° og 6°C er temperaturen jævnt stigende frem til slutningen af maj med 18°C og til et sommerniveau på 19-22°C i sidste halvdel af juni. I slutningen af maj, juni og i juli måned var der springlag. Fra slutningen af august aftog temperaturen jævnt til 0,6°C i december.

Ilt

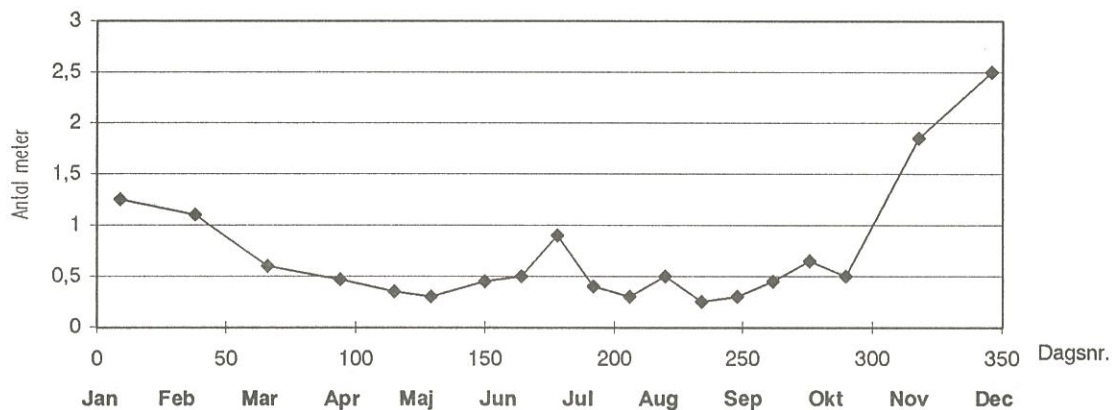
Oftest er iltforholdene i vandmassen gode og nær fuld mætning det meste af året. I 1995 sås dog afvigelser fra dette mønster.

Midt i maj sås en undermætning på 80%. Sammenfaldende med lagdelingen i maj sås undermætning i de nederste vandmasser på 20–30%, hvilket blev opretholdt til midt i juli. I den overfladenære zone sås i samme periode overmætning op til 158%. Fra midt i juli til midt i august sås igen undermætning omkring 80% i hele vandmassen.

Sigtdybde

Sigtdybden havde sit årsmaksimum i december på 2,5 m, hvilket er det højest målte i overvågningsperioden, hvor maximumværdierne for sigtdybden sædvanligvis har ligget omkring 1 m. Efter tøbrud i begyndelsen af marts aftog sigtdybden til 30 cm i maj. Der sås en klarvandsperiode i juni med sigt op til 90 cm, hvilket kan tilskrives nedgræsning af planteplankton fra nyklækket dyreplankton. Sommeren igennem varierede sigtdybden mellem 25 og 40 cm for at stige mod årets slutning.

Året igennem varierede sigtdybden modsat klorofylkoncentrationen i vandet. I modsætning til de tidligere år sås der i 1995 ingen indikation af effekten af vindens ophvirvling af sedimentet på vandets gennemsigtighed.



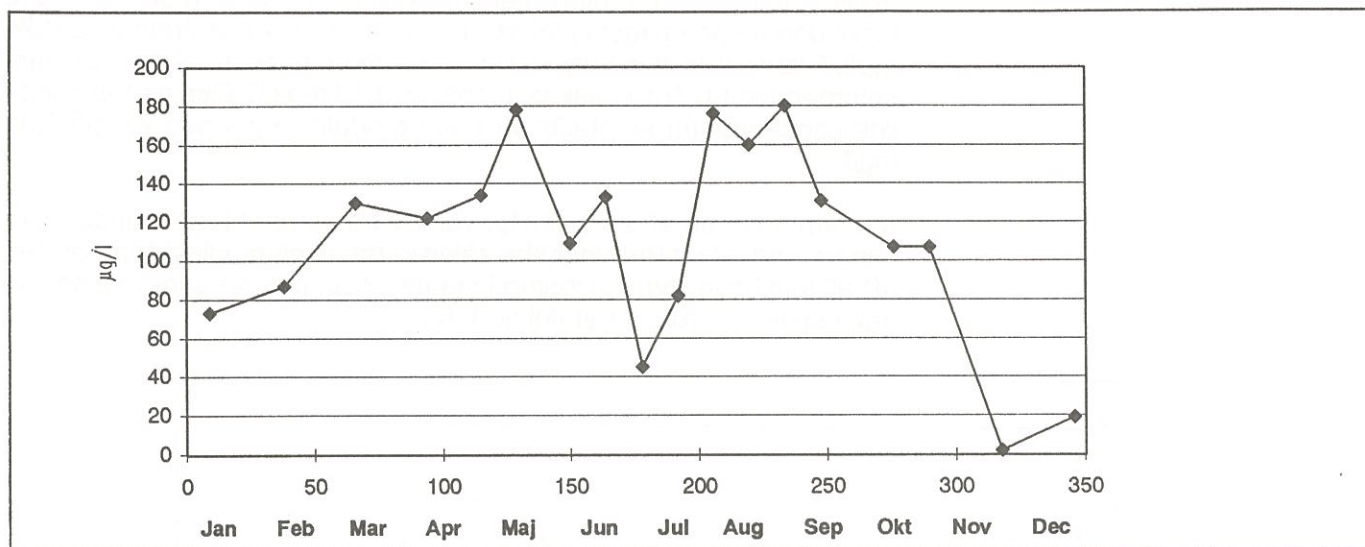
Figur 3.4.2 Variationen i sigtdybden i Bagsværd Sø, 1995.

Bagsværd Sø var islagt i februar. Der blev på det tidspunkt udtaget vandprøver ved søens afløb ved Nybro, idet afløbsvandet antages at være repræsentativt for vandet i søen.

Klorofyl-a

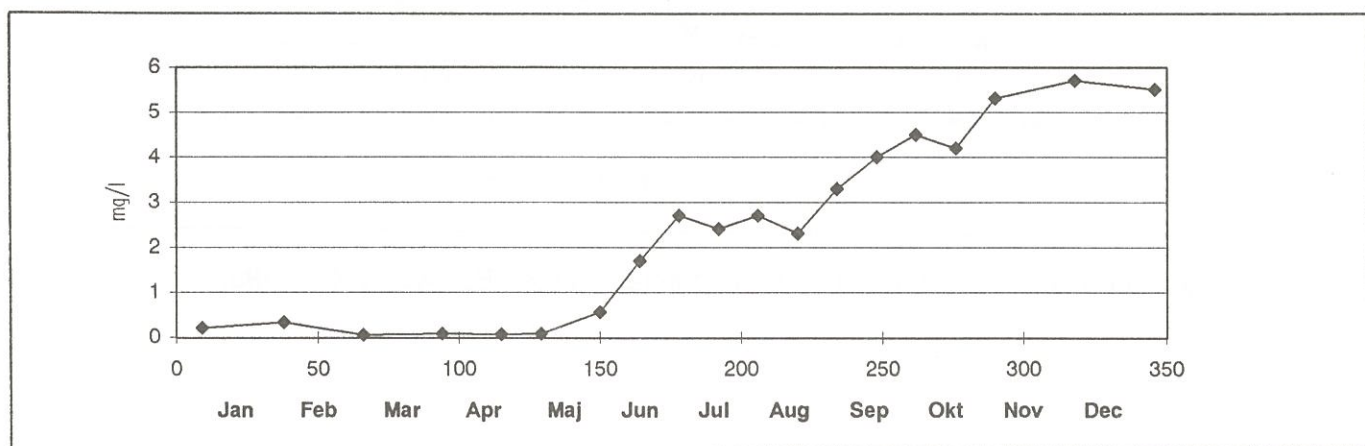
Koncentrationen af klorofyl-a havde i 1994 årsmaksimum i december, ligesom planteplanktonsamfundet havde biomassemaksimum. Mængden af alger var således høj allerede ved årets start og kan have overlejet effekten af sedimentophvirvling på sigtdybden allerede fra årets start, hvor sigtdybden typisk kan relateres til mængden af suspenderet stof og ikke til klorofylkoncentrationen.

Klorofylkoncentrationen havde i 1995 årsmaximum i maj på 180 $\mu\text{g/l}$ sammenfaldende med lagdelingen og igen i juli–august. I juni afspejledes klarvandsperioden i en lav klorofyl-a koncentration sammenfaldende med en reduktion i biomassen af trådformede blågrønalger. I august–september reduceredes koncentrationen af klorofyl-a fra 180 til 131 $\mu\text{g/l}$. Der sås dog samtidig en forøgelse af planteplanktonbiomassen på ca 30%. Fra september aftog koncentrationen til årsminimum på 2 $\mu\text{g/l}$.



Figur 3.4.3 Variationen i klorofyl-a koncentrationen i Bagsværd Sø, 1995.

Silicium



Figur 3.4.4 Variationen i silikat-silicium i Bagsværd Sø, 1995.

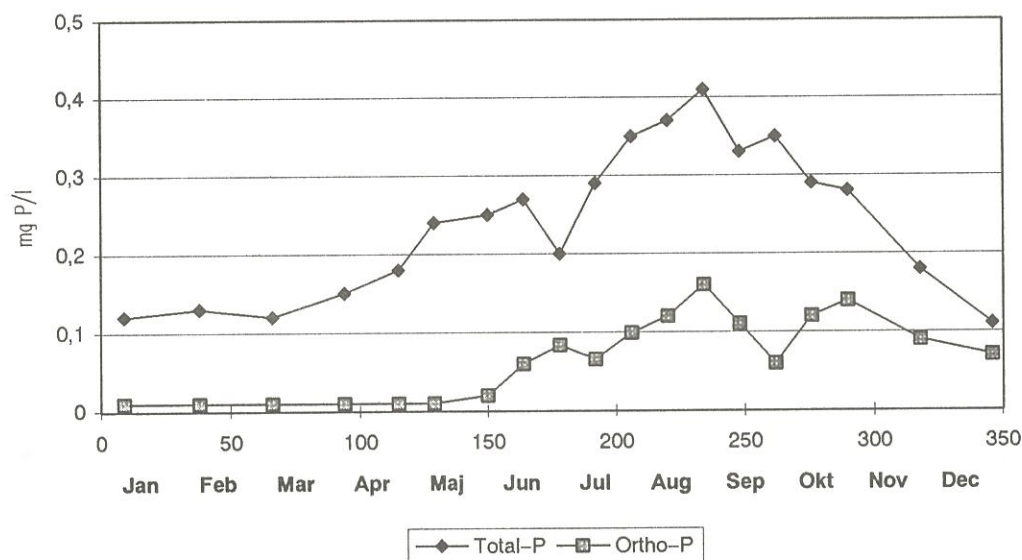
I årene 1989–1991 sås siliciumbegrænsning for algerne om vinteren, og blågrønalgerne var forårets dominerende algegruppe. I vinteren 1991–1992 var koncentrationen af silicium så høj, at det gav gunstige forhold for kiselalgerne med siliciumbegrænsning om foråret. Dette mønster har været fremherskende siden.

I 1995 var koncentrationen af silicium lav efter isgang og frem til begyndelsen af maj, hvor biomassen af pennate kiselalger var relativ stor. Herefter steg siliciumkoncentrationen brat sammenfaldende med, at kiselalgerne forsvandt fra den fotiske zone.

Fosfor

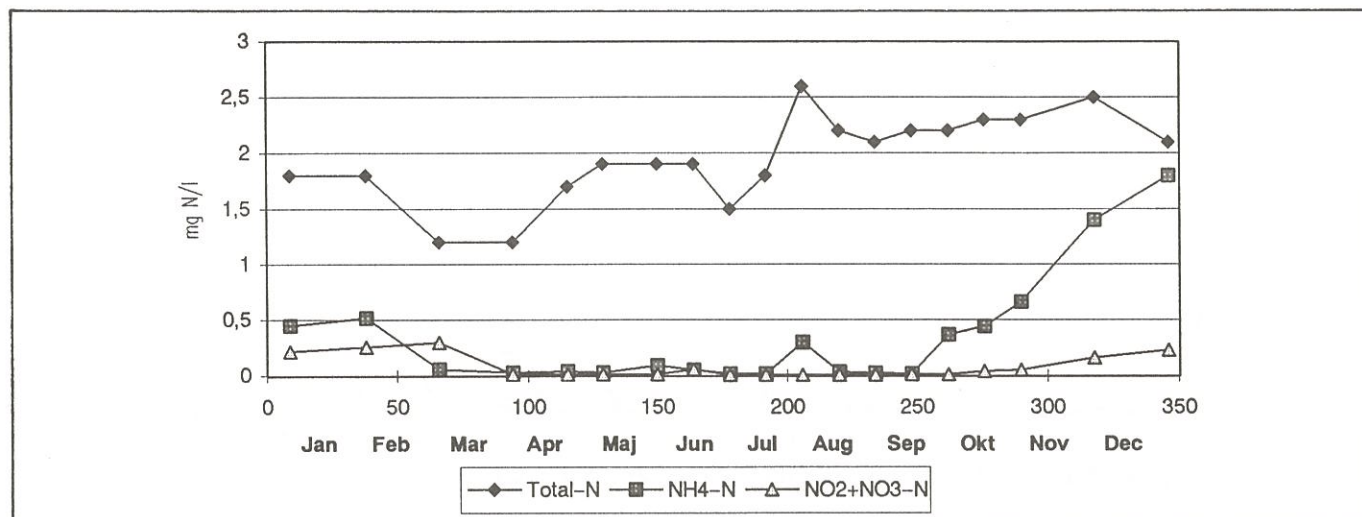
Efter et vinterniveau for totalfosfor på omkring 0,12 mg P/l steg koncentrationen til et sommerniveau på ca. 0,33 mg/l med maximum på 0,41 mg/l i slutningen af august. Fra midt i maj, hvor der først sås undermætning i vandsøjlen steg koncentrationen af uorganisk fosfat, hvilket vidner om en intern belastning på 0,11–0,16 mg/l. En prøve taget under springlaget i juni havde en ortho-P koncentration på 0,26 mg/l. Fratrækkes den uorganiske fosforfraktion fås et relativt konstant sommerniveau af organisk fosfor på ca. 0,18 mg P/l. Den gennemsnitlige koncentration af totalfosfor i den produktive periode var på 0,30 mg/l.

Koncentrationen af ortho-fosfat var lav fra januar til april, under eller mindre end 10 $\mu\text{g P/l}$. Det tyder således på, at planteplanktonvæksten i 1995 kan have styret af fosforniveauet, ligesom ratebegrænsning kan have spillet en rolle i det tidlige forår.



Figur 3.4.5 Variationerne i total-P og ortho-P koncentrationerne i Bagsværd Sø, 1995.

Kvælstof



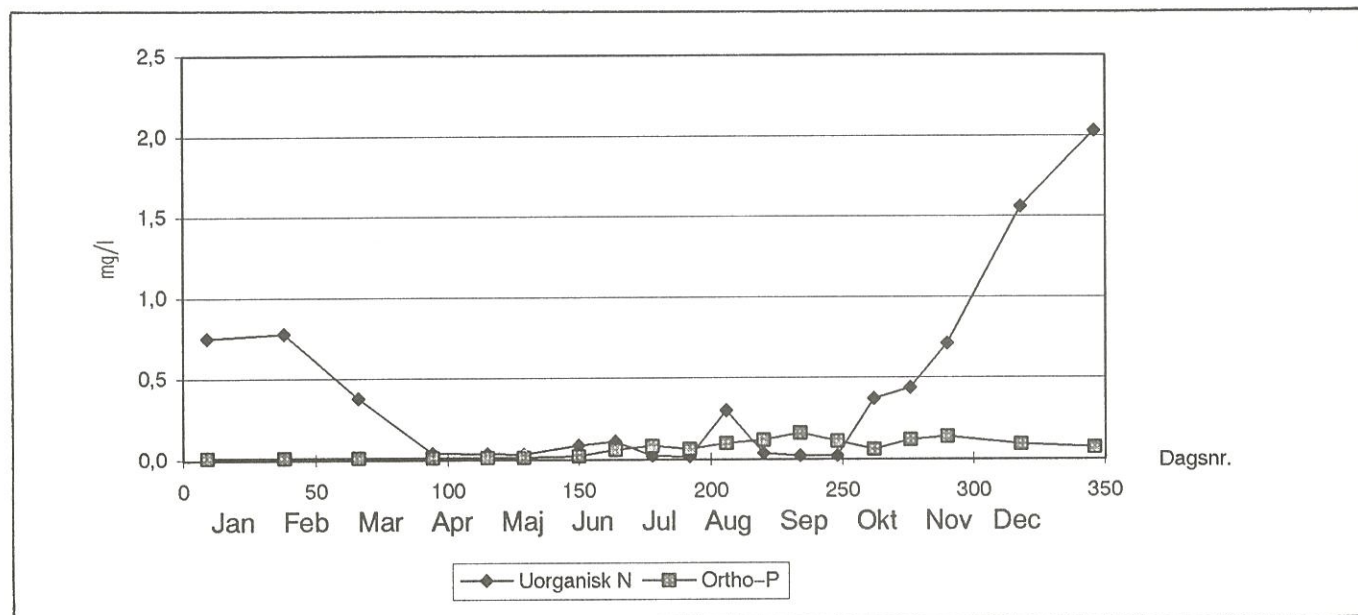
Figur 3.4.6 Variationen i total-N og de uorganiske kvælstof fraktioner i Bagsværd Sø, 1995.

I december 1994 var koncentrationen af totalkvælstof høj; 1,8 mg/l, I 1995 lå koncentrationen på 1,9 mg/l i forsommeren og med værdier mellem 2,1 og 1,6 fra juli og året ud.

NO₂+NO₃-N fraktionen var under detektionsgrænsen fra april til september på nær medio juni. Ammoniumkoncentrationen var lav fra marts til september på nær i sidste halvdel af juli, hvor der samtidig sås lave iltkoncentrationer i de nedre vandmasser. Dette tyder på ophobning af ammonium ved nedbrydning af organisk materiale på grund af iltmangel, hvilket umuliggør nitrifikation. Herefter steg koncentrationen brat frem til årsmaximum på 1,8 mg/l i december.

Den lave koncentration af uorganisk kvælstof tyder på, at algevæksten var kvælstofbegrænset om foråret og sommeren. Ammoniumtilførslen må antages at hidrøre fra dyreplankton og at blive optaget af planteplankton. De målte koncentrationer er således styret af såvel den hastighed, hvormed dyreplankton udskiller ammonium som den hastighed det tilgængelige ammonium kan blive optaget.

N/P-relation



Figur 3.4.7 Variationen i koncentrationen af uorganisk N og P i Bagsværd Sø, 1995.

Fra januar til marts samt i november og december var N/P forholdet i vandfasen af uorganiske fosfor- og kvælstofforbindelser på 18–75, hvilket antyder et overskud af kvælstof og dermed P-begrænsning, idet det antages, at algerne optager uorganisk N og P i forholdet 7:1. Fra medio april til september varierede forholdet mellem 0,1 og 6,7, hvilket underbygger antagelsen om kvælstofbegrænsning i denne periode.

Sammenholdes vandets indhold af partikulært fosfor og kvælstof i 1995 fås en gennemsnitlig relation i den produktive periode på 8,8 med minimums- og maximumsværdier på hhv. 6,3 og 12,6, hvilket kan tages som udtryk for co-begrænsning for planteplanktonnet på dette tidspunkt.

3.5 Sedimentkemi, 1995

Prøvetagning

I december 1995 blev der udtaget prøver af sedimentet på 2,5 meters vanddybde. Der blev udtaget 3 prøver på hver af de tre stationer, der var placeret i henholdsvis den nordvestlige del, den centrale og den sydlige del.

Det lykkedes kun at udtage prøver, som i gennemsnit var 30 cm dybe. Visuelt var der ikke stor forskel på hvorfra, prøverne var udtaget. De øverste 10–15 cm bestod af mørkebrunt slam med en diffus grænse til det underliggende lag. Dette havde en tykkelse på 10–15 cm og en ensartet lysegrå farve. Nederst i hver prøve var der ofte en "prop" af grovere brunt materiale.

Resultater

Tørstofindholdet i de øverste 5 cm af overfladesedimentet er 5%. Tørstofindholdet er kun det halve af medianværdien for danske søer. Det organiske stofindhold (glødetabet) er 38 %, hvilket er relativt højt. Sedimentet i Bagsværd sø kan således karakteriseres som meget vandholdigt og rigt på organisk stof.

I overfladesedimentet er indholdet af totalkvælstof 19 mg N/g ts, og indholdet i Bagsværd Sø ligger herved ca. 50 % højere end gennemsnittet for andre danske søer. Jernindholdet er 29 mg Fe/g ts og calciumindholdet er 60 mg Ca/g ts, hvilket svarer til gennemsnittet for danske søer.

Sedimentets fosforindhold er generelt lavt i Bagsværd Sø. Således blev der målt 1,2 mg P/g ts i de øverste 5 cm, mens medianværdien er 2 mg P/g ts for de øvrige lavvandede vandmiljøplan-søer.

Fosforkoncentrationen er 0,8 mg P/g ts i de dybere sedimentlag fra 10–30 cm. Dette svarer til indholdet i Sønder sø, som ikke har modtaget nævneværdige mængder af spildevand.

Fosforfraktioner

Fordelingen af fosforpuljerne i de øverste 10 cm viser, at den største pulje af fosfor er bundet relativt stærkt til calcium, magnesium og organisk stof. Hvis det organiske stof omsættes, er der mulighed for at der sker forskydninger mod de mere mobile bindingsformer.

Der findes væsentlige koncentrationer af fosfor i porevandet. Dette kan skyldes det store vandindhold og ligevægtsforholdene mellem de forskellige bindingsformer i sedimentet og den overliggende vandsøjle.

På grund af det høje vandindhold i sedimentet og søens orientering i forhold til de dominerende vindretninger samt den ringe vanddybde må det formodes, at der regelmæssigt forekommer ophvirvling af sedimentet.

Fiskeundersøgelserne fra 1989 og 1994 har påvist store bestande af brasen i Bagsværd Sø. På grund af de store braseners fødesøgningsmåde må det formodes, at en relativt stor del af sedimentoverfladen gennemrodes og ophvirvles. Dette forøger risikoen for frigivelse af fosfor fra sedimentet til vandet.

Bakterier

Sedimentets indhold af den tarmlevende bakterie *Clostridium perfringens* er meget højt i Bagsværd Sø. I gennemsnit er der mellem 200–300 bakterier pr. gram sediment i de øverste 10 cm i Bagsværd sø.

Undersøgelsen viser tillige en ujævn fordeling af bakterier ned gennem sedimentlagene. Dette kan naturligvis skyldes prøvetagningsvanskeligheder, men kan også være et tegn på de omfordelinger af sedimentet, der finder sted i søen på grund af bølgeophvirvling eller ophvirvling som følge af dyrisk aktivitet.

Fe/P forholdet

I Bagsværd Sø er Fe/P-forholdet 20 i de øverste 2 cm. Under aerobe forhold vil jern således have tilstrækkelig bindingskapacitet til at kunne begrænse frigivelsen af den jernbundne fosfor fra sedimentet. Da søens sediment let ophvirvles, må det dog formodes, at jernindholdet kun spiller en mindre rolle for udvekslingen mellem sedimentet og det overliggende vand.

I forhold til undersøgelsen i 1990 er der ikke fundet nogen ændringer i 1995. Alle de undersøgte parametre i de forskellige dybder er så godt som ens ved de to undersøgelser. Dette kunne tyde på at næringsstofniveauerne i sedimentet og i det overliggende søvand er i ligevægt. Der er således ikke noget i sedimentkemi, der tyder på, at søen er i en aflastningsfase, hvilket stemmer overens med den positive P retentionskoefficient fundet gennem overvågningsperioden.

3.6 Biologiske data

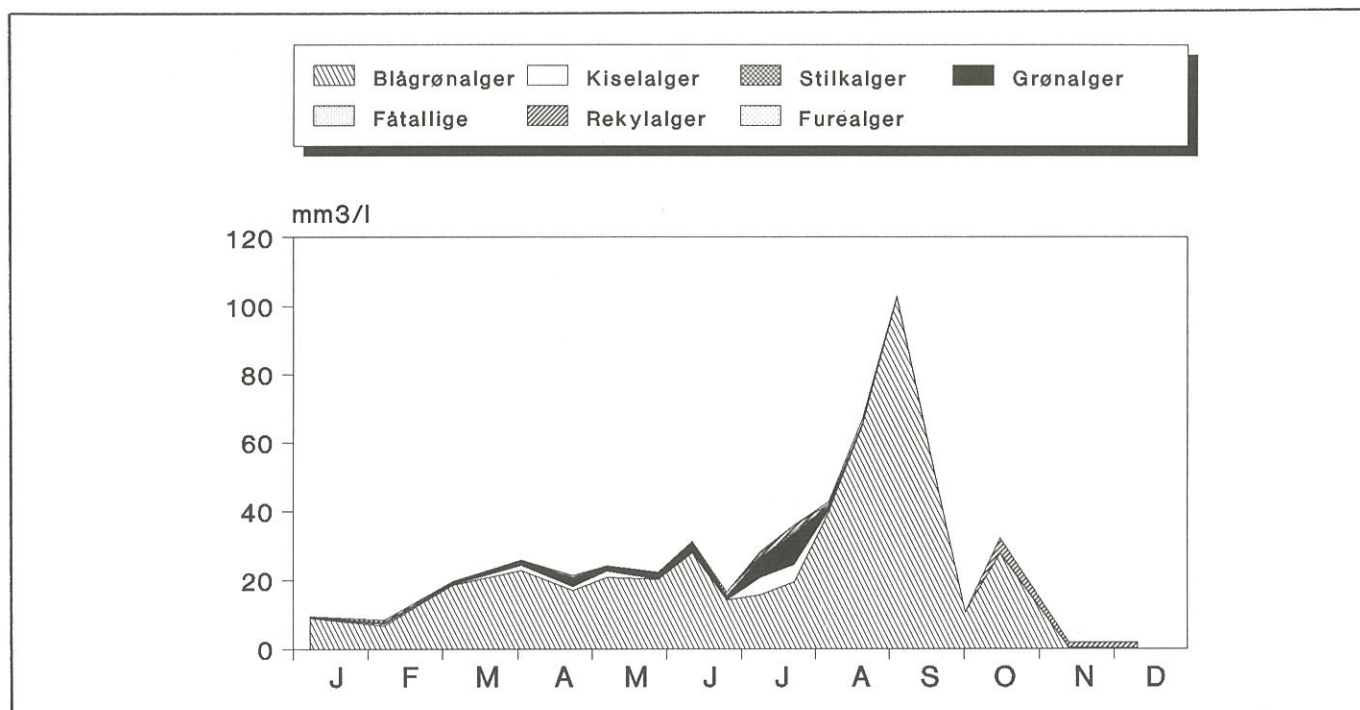
Der blev udtaget 17 dyreplankton- og planteplanktonprøver i Bagsværd Sø i 1995.

3.6.1. Planteplankton

Biomasse

Planteplanktonbiomassen i Bagsværd Sø var forholdsvis høj i januar og steg yderligere i februar og marts (figur 3.6.1). Biomassen lå herefter på samme niveau indtil juli, hvor opbygningen af sommermaksimum begyndte. Sommermaksimum fandtes i starten af september (103 mm³/l). Efter sommermaksimum faldt biomassen indtil oktober, men midt i oktober forekom et mindre efterårsmaksimum (32 mm³/l). Herefter faldt biomassen til under 2 mm³/l resten af året.

Den tidsvægtede gennemsnitlige planteplanktonbiomasse for vækstsæsonen (1/5–30/9) og hele året var henholdsvis 40 og 25 mm³/l.



Figur 3.6.1 Planteplanktonbiomassens udvikling og sammensætning i Bagsværd Sø, 1995.

Succession

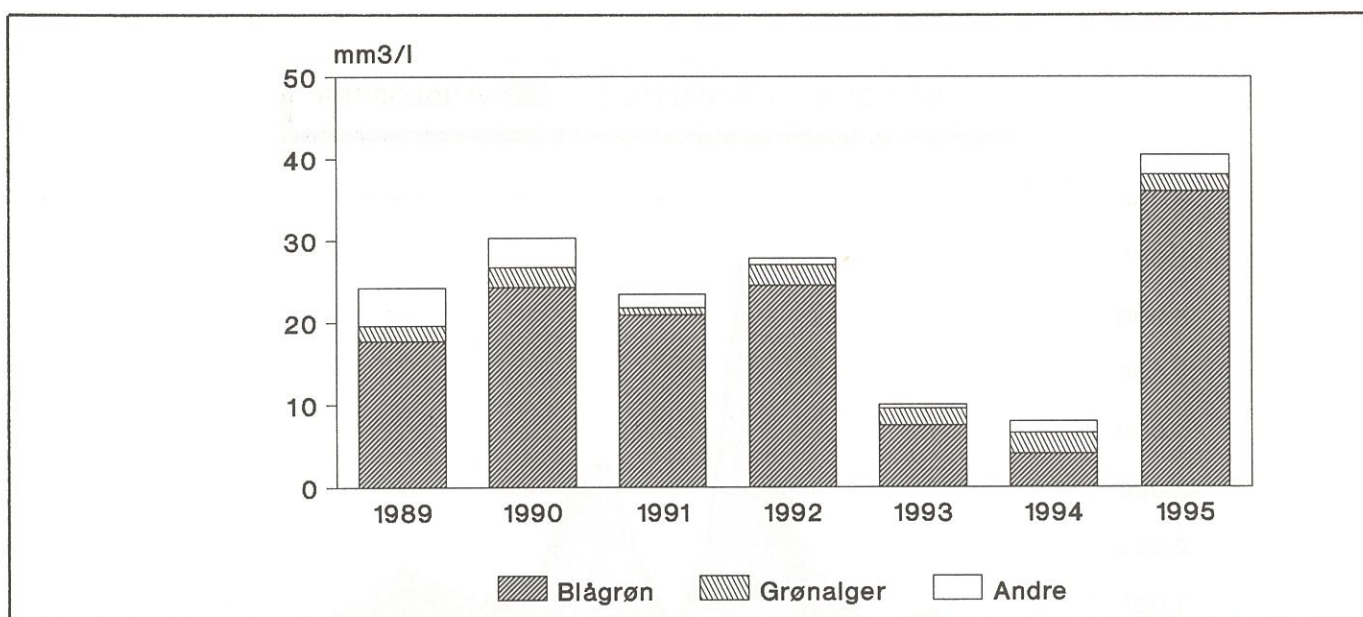
Blågrønalger dominerede planteplanktonbiomassen hele året undtagen i november og december, hvor rekylalger dominerede. Blågrønalgerne domineredes af trådformede slægter. Fra januar til maj hovedsagelig af slægten *Aphanizomenon*, i juni *Limnithrix*, og fra juli til oktober *Planktothrix agardhii*. Disse blågrønalger er tilpasset varierende lysforhold. De kan regulere deres vægtfylde og dermed deres position i vandsøjlen og tilpasse sig til den tilgængelige lysmængde.

Den vigtigste rekylalgeslægt var *Cryptomonas*. *Cryptomonas* forekommer ofte efter et planteplanktonmaksimum og om vinteren, når græsningstrykket fra dyreplankton er lavt, da de er særdeles velegnet som føde for dyreplankton.

Udvikling 1989–95

Den tidsvægtede gennemsnitlige planteplanktonbiomasse for vækstsæsonen i Bagsværd Sø var i 1995 den hidtil højeste i perioden (figur 3.6.2). Der har ikke været nogen generel udviklingstendens i planteplanktonbiomassen i denne periode.

Blågrønalger var den dominerende og grønalger den subdominerende planteplanktongruppe i vækstsæsonen i alle de undersøgte år.



Figur 3.6.2 Tidsvægtede gennemsnitlige planteplanktonbiomasser for vækstsæson i Bagsværd Sø 1989 – 95. For dominerende og subdominerende algegrupper og hele planteplanktonsamfundet.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maksimum (mm ³ /l)	60,4	51,1	29,4	71,9	13,4	21,6	102,8
Måned	Juni	Juni	Maj	Juli	Juni	Dec.	Sept.

Tabel 3.6.1. Maksimal planteplanktonbiomasse og måneden, hvor den fandtes i Bagsværd Sø 1989 til 1995.

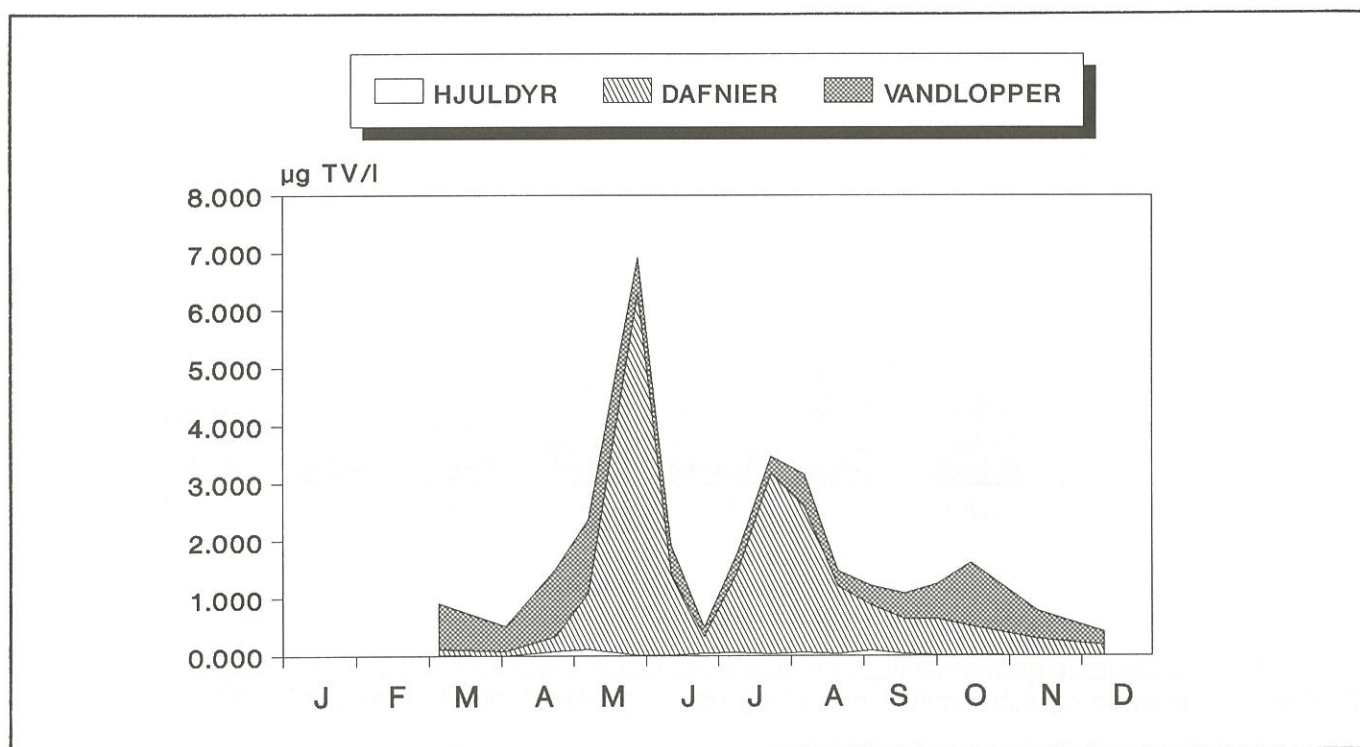
Der har ikke været nogen generel udviklingstendens i de maksimale planteplanktonbiomasser fra 1989 til 1995, men der er en betydelig forskel i de målte maksima fra år til år (tabel 3.6.1). Den maksimale planteplanktonbiomasse i 1995 var den hidtil højeste. De maksimale planteplanktonbiomasser var alle år domineret af blågrønalger.

3.6.2. Dyreplankton

Biomasse

Dyreplanktonbiomassen var stigende fra april (figur 3.6.3) til et meget stort forårsmaksimum i maj (6917 μg tørvægt/l). Efter et kraftigt fald i biomassen steg den til sommermaksimum i juli (3468 μg TV/l). Efterårsmaksimum fandtes i oktober (1613 μg TV/l).

Den tidsvægtede gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse for vækstsæsonen og året som helhed var henholdsvis 2442 og 1547 μg TV/l. Sammenlignet med de øvrige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var dyreplanktonbiomassen i Bagsværd Sø meget høj.



Figur 3.6.3 Dyreplanktonbiomassens udvikling og sammensætning i Bagsværd Sø, 1995.

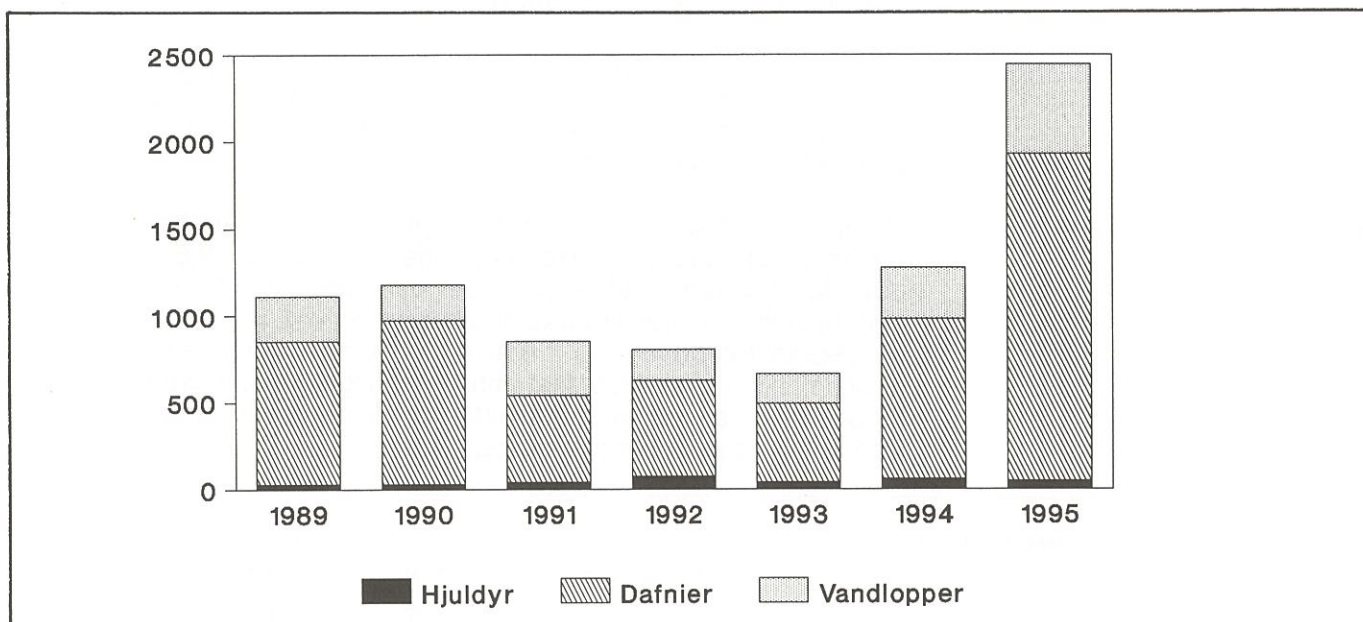
Succession

Vandlopper dominerede dyreplanktonbiomassen først på året indtil opbygningen af forårsmaksimum og igen fra efterårsmaksimum. Den dominerende vandloppe var den cyclopoide *Cyclops vicinus*.

Dafnier dominerede dyreplanktonbiomassen fra maj til først i oktober. Den dominerende dafnieart for året som helhed var *Daphnia cucullata*, der er den mindste af de almindelige arter af slægten *Daphnia*. Den lille snabeldafnie *Bosmina longirostris* var den vigtigste dafnieart i vækstsæsonen og dominerede forårsmaksimum.

Udvikling 1989–95

Der har heller ikke været nogen generel udvikling i den tidsvægtede gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse og dens sammensætning i vækstsæsonerne 1989–95 (figur 3.6.4). Dyreplanktonbiomassen var faldende fra 1990 til 1993 og har været stigende siden. I 1995 var dyreplanktonbiomassen den hidtil største.



Figur 3.6.4 Tidsvægtede gennemsnitlige dyreplanktonbiomasser for vækstsæson i Bagsværd Sø 1989 – 95.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maksimum (µg TV/l)	2.630	2.530	1.300	1.560	2.309	2.416	6.917
Måned	juni	Juni	Juni	Maj	Maj	Juli	Maj

Tabel 3.6.2. Maksimal dyreplanktonbiomasse og måneden, hvor den fandtes i Bagsværd Sø 1989 til 1995.

Der har ikke været nogen generel udvikling i den maksimale dyreplanktonbiomasse. I 1995 målttes den hidtil største maksimale biomasse.

Den maksimale dyreplanktonbiomasse fandtes alle årene i perioden maj til juli og var domineret af dafnier. Dafnier dominerede også de tidsvægtede gennemsnitlige biomasser for vækstsæsonen i alle årene fra 1989 til 1995. Vandlopper var subdominerende.

Der var ingen generel udviklingstendens i dyreplanktonbiomassens fordeling på hovedgrupper, men biomassen af *Bosmina spp.* og de andre små daphniers andel af den samlede dafniebiomasse i vækstsæsonen har været stigende i perioden.

3.6.3. Styrende faktorer

Næringsbegrænsning

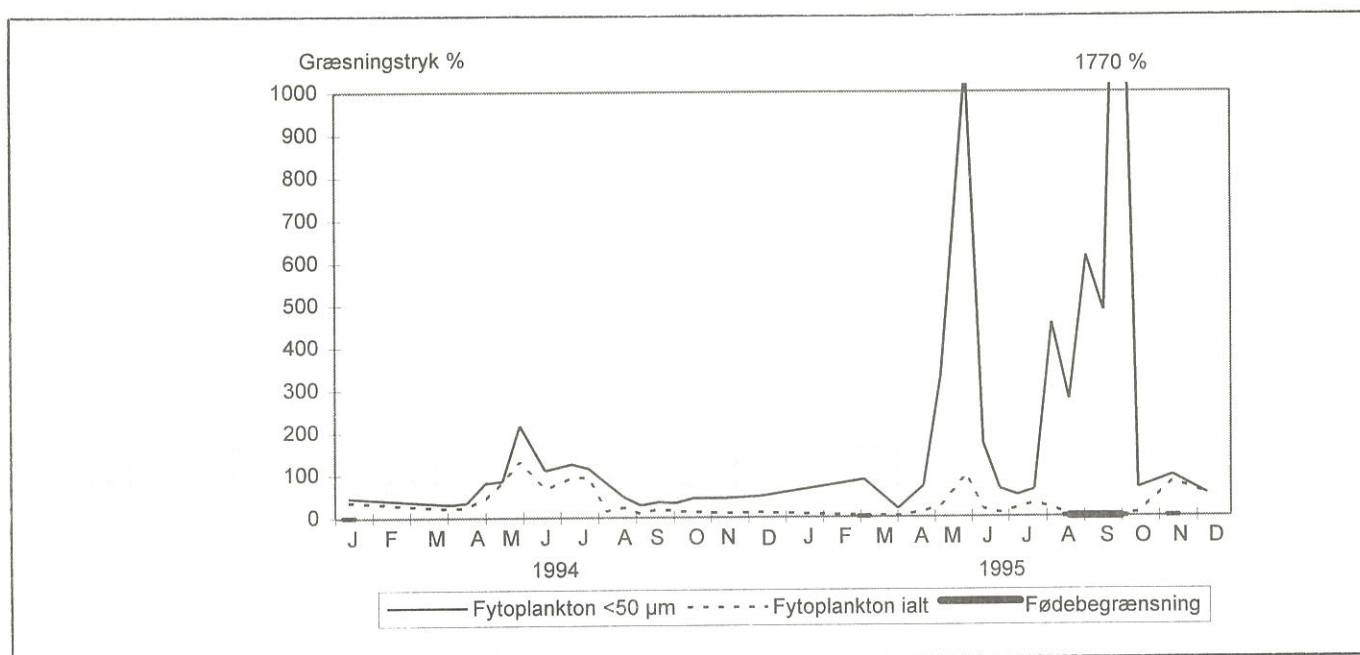
Planteplankton var teoretisk begrænset af fosfor ved en enkelt lejlighed om foråret og i november og december i 1995. Kvælstof var periodisk begrænsende for planteplanktonvæksten om sommeren i 1995. N/P forholdene tyder på co-begrænsning i visse perioder.

Fysiske forhold

I november og december kan lav temperatur og lysindstråling være medvirkende til at begrænse planteplanktonvæksten på denne tid af året, ligesom der kan have været lysbegrænsning om sommeren ved planteplankton maximum.

Dyreplanktons græsning

Dyreplanktongræsning har sandsynligvis regulerende effekt på planteplanktonbiomassen i enkelte perioder i 1995 (figur 3.6.5). I maj og perioden fra august til oktober kan dyreplanktonnet have reguleret planteplanktons størrelsessammensætning ved at spise de mindre planteplanktonformer, og i maj og november desuden den totale planteplanktonbiomasse. Det gennemsnitlige græsningstryk i vækstsæsonen lå tæt på gennemsnittet for de øvrige søer, der indgår i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram.



Figur 3.6.5 Det beregnede græsningstryk på planteplankton mindre end 50 µm og på den samlede planteplanktonbiomasse samt perioder med fødebegrænsning for dafnier.

Dafnierne var fødebegrænsede først i marts og fra midt i august til først i oktober 1995 (figur 3.6.5). De calanoide vandlopper fødebegrænses ved lavere fødekonzentrationer end dafnierne. De calanoide vandlopper var dog fødebegrænsede i de samme perioder som dafnierne, med undtagelse af midt i august.

3.6.4 Udvikling, 1989–95

Planteplankton

Siden 1989 har der ikke været nogen generel udviklingstendens i biomassen af planteplankton i størrelsesgrupperne $< 20 \mu\text{m}$, $20\text{--}50 \mu\text{m}$ og $> 50 \mu\text{m}$. Variationen i størrelsesfordelingen mellem de enkelte år skyldes primært forskelle i blågrønalgernes udvikling.

Prædationstryk fra fisk

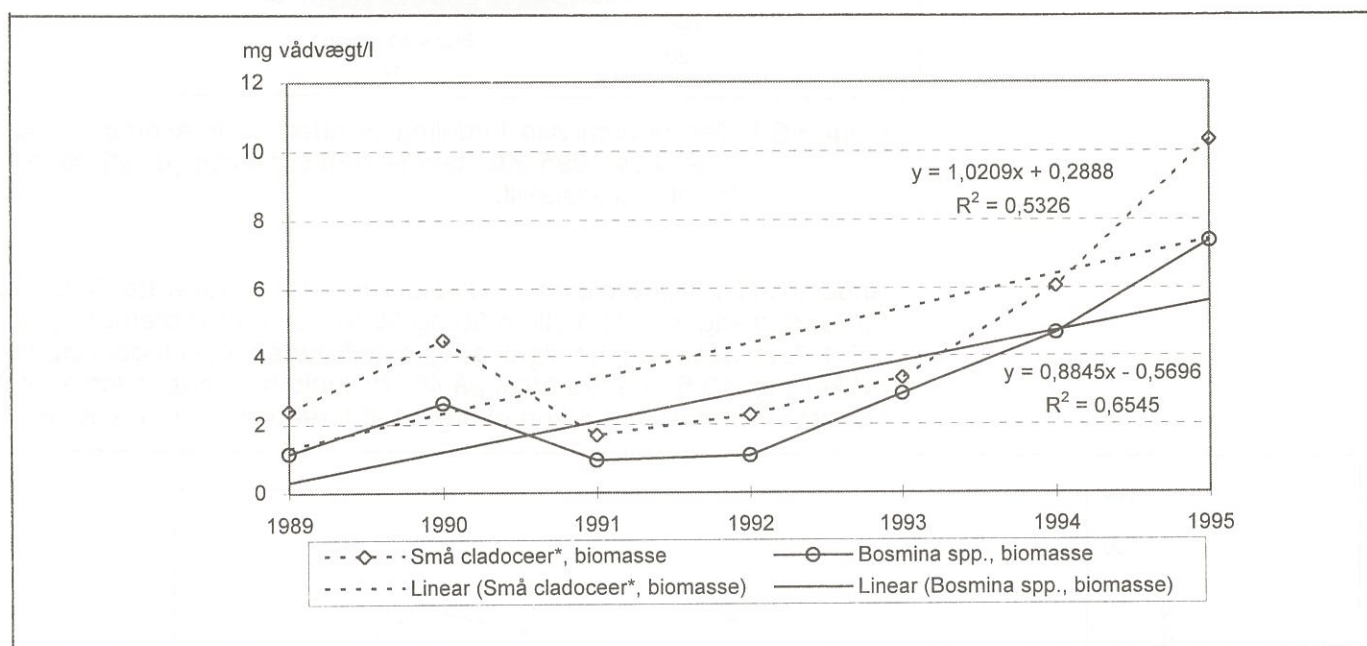
Når dyreplankton ikke er i stand til at udvikle store populationer, der kan regulere planteplankton over en større del af året, kan det skyldes et kraftigt prædationstryk på dyreplankton fra årsyngel af specielt skalle og aborre. Årsyngel forekommer normalt omkring juni måned og foretrækker store dyreplanktonorganismer, der ikke bevæger sig for hurtigt. Derfor er store dafnier og calanoide vandlopper yndet føde.

Dyreplankton

Gennemsnitslængden af *Daphnia cucullata* i Bagsværd Sø var lavest om sommeren, og forekomsten af de større dafniearter *Daphnia galeata* og *D. hyalina* var hovedsageligt begrænset til foråret.

Cladocebiomassen var i vækstsæsonen domineret af *Daphnia galeata* eller *Daphnia cucullata* i perioden 1989–92, men siden 1993 har *Bosmina longirostris* været den dominerende art.

Disse forhold indikerer, at prædationstrykket fra fiskeyngel har stor betydning for dyreplanktonsamfundet, og at prædationstrykket sandsynligvis har været stigende i perioden 1989–95.



Figur 3.6.6 Den tidsvægtede gennemsnitlige biomasse af *Bosmina* spp. og alle små daphnier i vækstsæsonen i Bagsværd Sø 1989–95 (mg vådvægt/l). Linien for den lineære regression med formel og den beskrevne variation (R^2) er vist på figuren.

Bosmina spp. og små daphnier

I de sidste 7 år har den tidsvægtede gennemsnitlige biomasse af *Bosmina* spp. været signifikant ($p < 5\%$) stigende (figur 3.6.6). Biomassen af små daphnier, primært af slægterne *Chydorus* og *Bosmina*, har også haft en svag stigende tendens de sidste 7 år ($p < 10\%$). Denne stigning skyldes hovedsageligt den øgede biomasse af *Bosmina* spp.

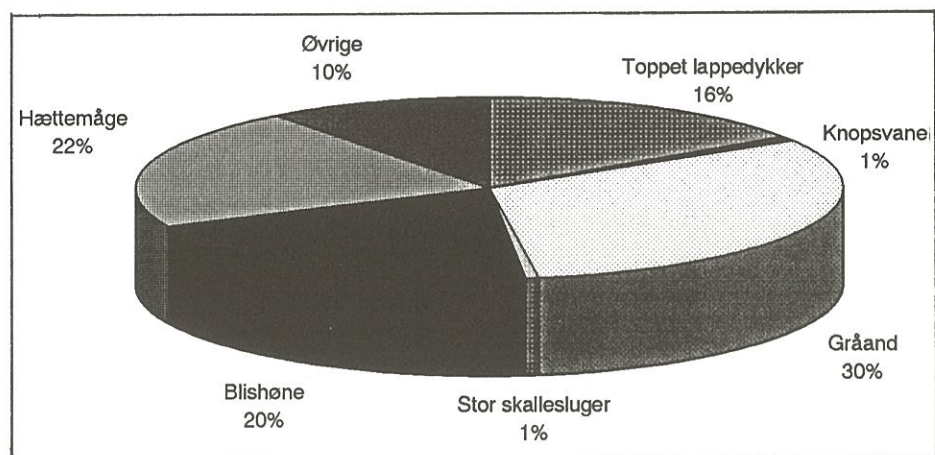
Siden 1989 er de små daphniers andel af cladoce biomassen fordoblet.

Det er muligt, at denne udvikling kan tilskrives øget prædationstryk fra fiskeyngel. Øget prædationstryk vil begrænse biomassen af de større daphnier og calanoide vandlopper. Dette medfører, at den tilgængelige fødemængde for de små daphnier stiger, da fødekurrencen om de mindste planteplanktonformer bliver mindre.

3.6.5 Bagsværd søs fuglebestande

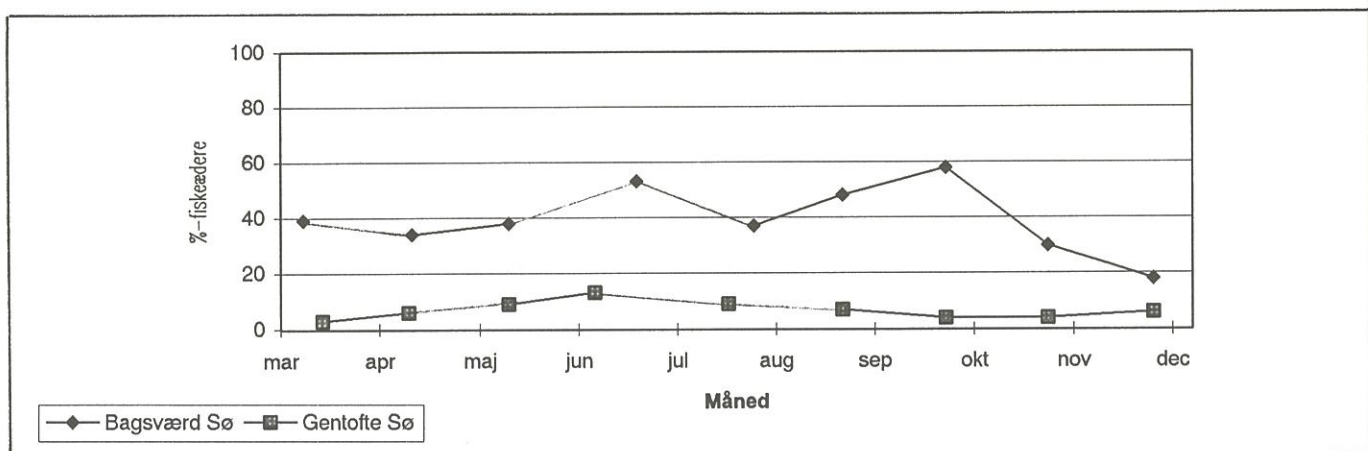
Sømiljøets betydning for fuglene

Som figur 3.6.7 viser, domineredes Bagsværd Sø i 1995 af de opportunistiske arter gråand og hættemåge, der tilsammen stod for godt halvdelen af observationerne.



Figur 3.6.7 Den procentvise fordeling af arternes forekomst i Bagsværd Sø 1995. Kun talrige arter samt vigtige indikatorarter er vist særskilt.

Andelen af fiskeædere blandt indikatorarterne lå i Bagsværd Sø under 50 %, dog stigende til mellem 50 og 60 % i juni og september (figur 3.6.8). Den uden sammenligning vigtigste fiskeæder var toppet lappedykker (figur 3.6.7). Med antal på 40–75 fugle blev artens forekomst i Bagsværd Sø stort set kun overgået af forekomsten i Furesøen.

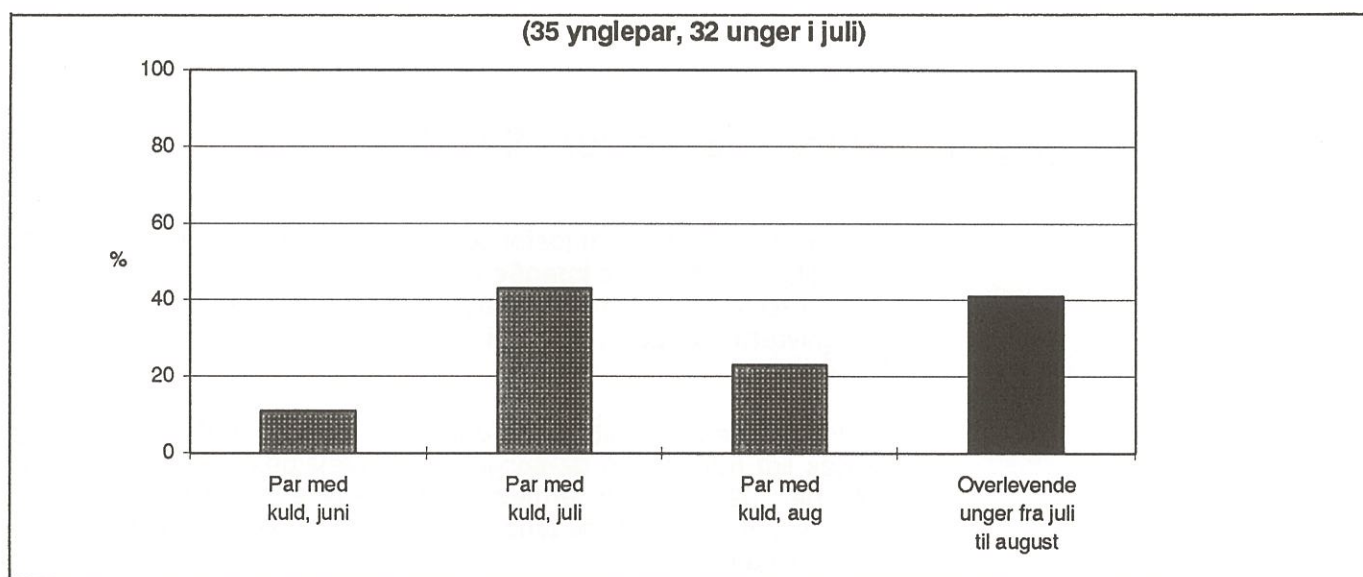


Figur 3.6.8 Den procentvise andel af fiskeædere blandt indikatorarterne i Bagsværd Sø gennem 1995. Til sammenligning vises Gentofte Sø som et udtryk for en tilstand nær basistilstanden.

Antallet af toppet lappedykker steg jævnt frem til september som et resultat af ungeproduktionen. Herefter begyndte fuglene at forlade søen, der isdækkes 100 % i vintre som den efterfølgende (1995–1996).

Bagsværd Sø bød toppet lappedykker gode levemuligheder. I august kunne det således konstateres, at 62 % af yngleparrene havde kuld, og at den gennemsnitlige kuldstørrelse var 2,6 unger. Begge tal er relativt høje.

Den absolut vigtigste af de øvrige indikatorarter var blishøne, der tegnede sig for 20 % af observationerne (figur 3.6.7). I Bagsværd Sø sås arten oftest fødesøgende på land, hvor den åd græs. Fødesøgning i selve søen forekom kun sjældent. I absolutte tal lå blishønenes forekomst i Bagsværd Sø ret konstant omkring 50 fugle, og heller ikke i forlængelse af yngleperioden steg antallet, hvilket vidner om en ringe ynglesucces. Fra juli til august faldt andelen af ynglepar med kuld således fra 43 % til 23 % (figur 3.6.9), og den gennemsnitlige kuldstørrelse var kun 1,6 kyllinger. Alt i alt synes Bagsværd Sø ikke egnet som fødesøgningslokalitet for blishøne, udover hvad græsarealerne tilbyder.

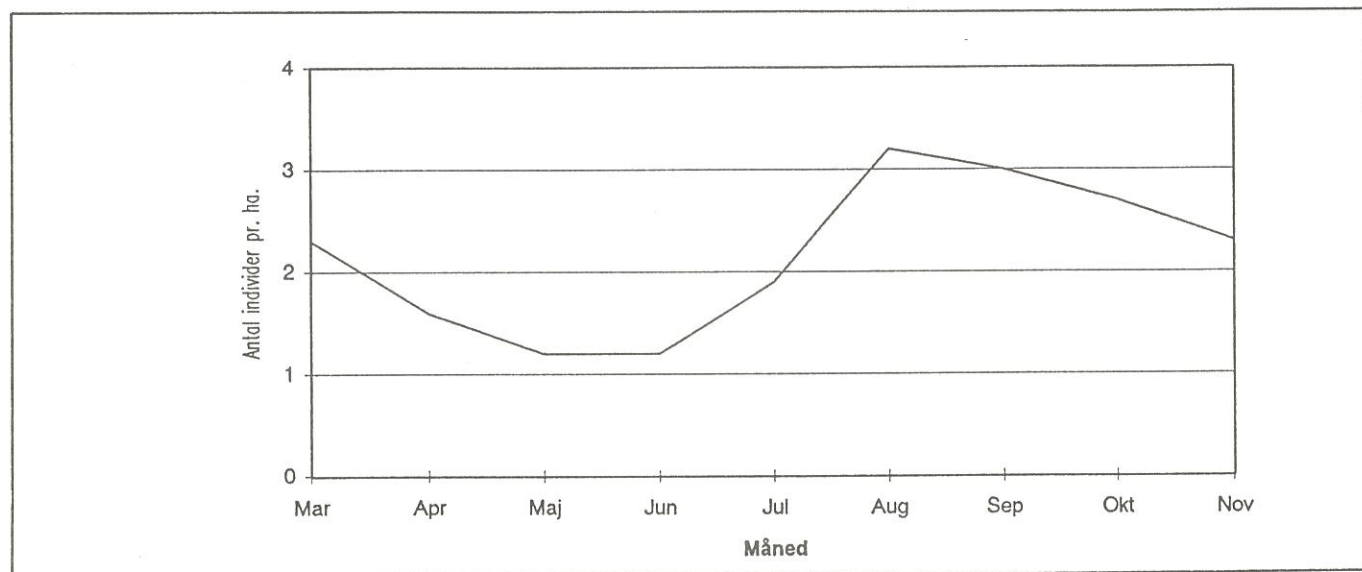


Figur 3.6.9 Blishønes ynglesucces i Bagsværd Sø 1995.

Fuglenes betydning for sømiljøet

Bagsværd Sø rummede i 1995 forholdsvis få vandfugle i forhold til sin størrelse, 1–3 fugle pr. ha. vandoverflade med toppunkt i august (figur 3.6.10). Fuglene påvirkede derfor sandsynligvis ikke sømiljøet væsentligt hvad næringstilførsel angår. Heller ikke fuglenes fødeindtag har spillet nogen større rolle, da de dominerende arter, gråand og hættemåge, søger hovedparten af føden uden for søens økosystem.

Søens bestand af toppet lappedykker har dog gjort et indhug på småfiskebestanden i størrelsesordenen knapt 3 tons fisk (vådvægt) på årsbasis, hvilket tilsyneladende ikke har forrykket søens tilstand.



Figur 3.6.10 Antal fugle pr. ha vandoverflade i Bagsværd Sø 1995.

3.7. Samlet vurdering af tilstanden i Bagsværd Sø, 1995

Bagsværd Søes indhold af fosfor og kvælstof har i 1993 og 1994 været væsentligt lavere end de foregående år. Dette er i de tidligere rapporter vurderet som forårsaget af klimatiske faktorer, hvilket underbygges af, at Bagsværd Sø udfra opgørelse af massebalance ikke synes at aflaste.

Vandets årsgennemsnitlige fosforindhold i 1995 var 0,23 mg P/l og således lidt højere end de tidligere år. Kvælstofkoncentrationen var i 1995 på 1,92 mg N/l og dermed på samme niveau som i årene 1989–1992, dvs. at den faldende tendens er ophørt, hvilket støtter vurderingen af klimatisk styring.

Den årsgennemsnitlige sigtdybde var på 0,6 m, sommersigtdybden var på 0,44 m og dermed på niveau med tidligere år.

Undersøgelser af sedimentets næringsstofpulje viste ingen tegn på aflastning. Aflastning kunne imidlertid forventes eftersom søen frem til 1960'erne har været belastet med mekanisk rensset spildevand fra renseanlæg. På grund af kraftig vandindvinding i oplandet til Bagsværd Sø finder der tilbageløb sted fra afløbet med fosforholdigt vand fra Furesø. Dette modsvarer den aflastning, der i følge massebalanceopgørelse ville finde sted uden tilbageløb.

Plante- og dyreplanktonbiomassen var i 1995 rekordstor. Der sås kun korte perioder med mulig P-begrænsning af planteplanktonvæksten. Kvælstof og lysbegrænsning kan have spillet en rolle midt på sommeren. I august–september reduceredes planteplanktonbiomassen som resultat af dyreplanktongræsning.

Fuglebestanden domineredes af gråand, hættemåge, blishøne og toppet lappedykker. Fuglebestanden skønnes ikke at have påvirket miljøtilstanden væsentligt.

Recipientkravet til den årgennemsnitlige fosforkoncentration lyder på under 0,04 mg P/l. Belastningen af søen med opspædet spildevand vil blive reduceret med 95% i løbet af de kommende år ved udbygning af eksisterende bassin ved overløbsbygværket.

Den samlede belastning af Bagsværd Sø med fosfor og kvælstof er ikke reduceret i løbet af overvågningsperioden. Derfor vurderes udsving i sigtdybde, i koncentrationer af fosfor, kvælstof og klorofyl-a og i biomasser af plante- og dyreplankton overordnet set at være klimatisk styret, ligesom stofmængderne, der ledes til søen ved tilbageløb, vil være mindre i nedbørsrige år.

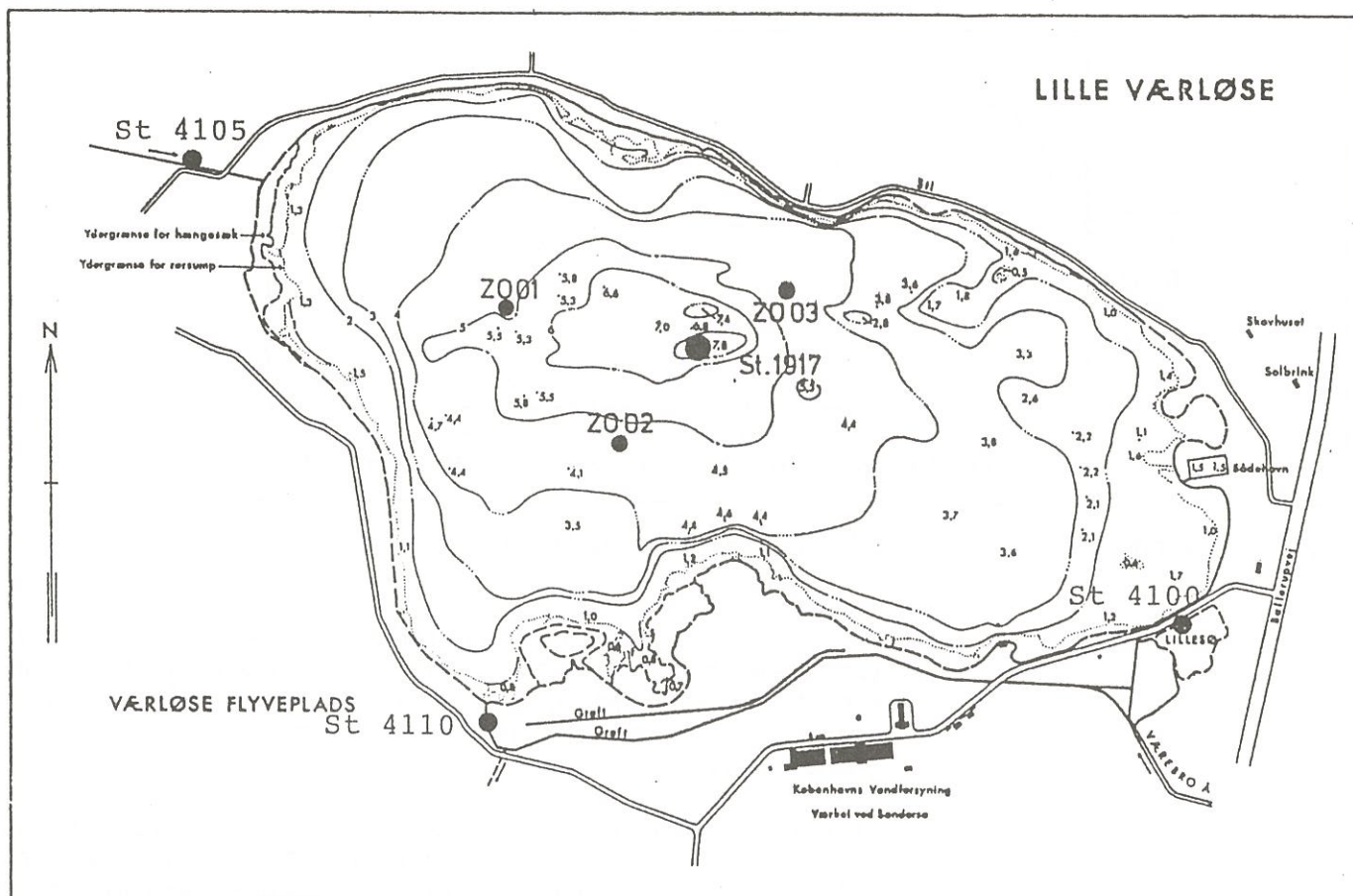
Da den manglende aflastning af fosfor skyldes tilbageløb, vil en reduktion i næringskoncentrationerne i Furesø og dermed det tilbageløbende vand sammen med en reduktion af belastningen fra overløbsbygværket være afgørende for ændring af næringskoncentrationerne i Bagsværd Sø og dermed for tilstanden i søen.

Den overordnede strategi for en forbedring af tilstanden i Bagsværd Sø er at sikre en god kvalitet i Furesø opstrøms Bagsværd og Lyngby Sø. Dette vil tillige få en gunstig effekt på såvel Lyngby Sø som mølledammene langs Mølleåen.

4.0 SØNDERSØ

4.1 Indledning

I afsnit 1 er der foretaget en beskrivelse af Søndersø's morfometriske, planmæssige og oplandsmæssige forudsætninger.



Figur 4.1.1 Kort over Søndersø med placering af stationerne.

4.2 Vandbalance

4.2.1 Vandføring i til- og afløb, 1995

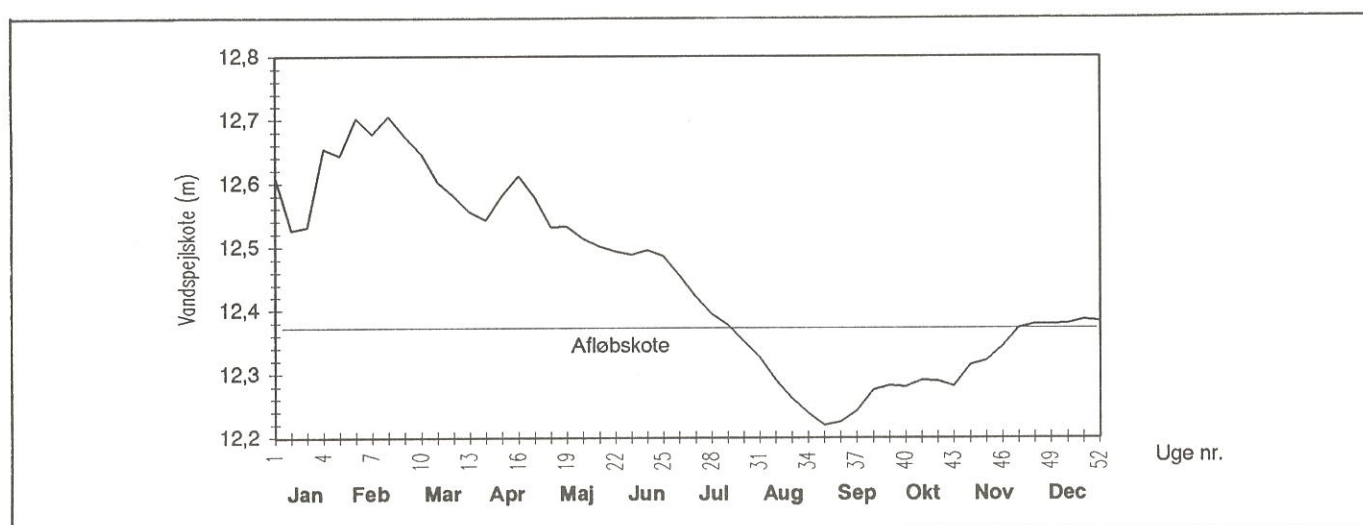
Tidligere var der to betydelige tilløb til søen, hvorfra vandet pumpedes ind i søen, idet områderne ligger lavere end vandspejlsniveauet i søen.

I oplandet til det vestlige tilløb fra Kirke Værløse er der gennemført et naturgenopretningsprojekt. Vandstanden i Præstesøen er blevet hævet, hvilket har medført, at der ikke pumpes vand mere fra dette lavtliggende område. Efter at oppumpningen er ophørt, er det ikke muligt at bestemme vandføringen med tilstrækkelig sikkerhed på grund af de ringe faldforhold. Bestemmelser af vandføringen og dermed stoftransporten er derved ikke mulig fra og med dette års rapportering.

Oplandet udgår dermed af overvågningsprogrammet.

Derimod er der på sædvanlig måde bestemt vandføringen fra oplandet ved Lillesø.

Vandstanden i afløbet registreres kontinuerligt af en vandstandsmåler. I 1995 var afløbet tørlagt fra midt i juli til midt i november. Dette forhold er også observeret øvrige år, omend periodens udstrækning er to måneder længere end i 1994.



Figur 4.2.1 Vandstanden i Søndersø 1995, registreret i søafløbet.

På figur 4.2.1 er tillige indtegnet afløbskoten. Det ses af figuren at vandspejlet nåede op i kote 12,70 i starten af februar. De højeste vandstande i søen var dermed på samme niveau som året før. Disse høje vandstande i 1994 og 1995 er 10–15 cm højere end i de foregående vintre.

Figur 4.2.1 viser endvidere, at vandspejlet i søen steg med omkring 10 cm i løbet af fire dage i forbindelse med en kraftige nedbør i slutningen af januar måned. De store nedbørsmængder i september måned giver sig ikke udslag i markant stigende vandspejlskoter, i modsætning til 1994, hvor et kraftigt regnvejr i løbet af få dage hævede vandspejlet med 20 cm.

Vandføringen i afløbet er beregnet på baggrund af data fra en målestation placeret i afløbet (HU 52.45)

4.2.2 Hydraulisk opholdstid

Vandvoluminet i søen er 4,1 mill. m³, og i 1995 strømmede der 1,51 mill. m³ ud af søen. Den gennemsnitlige opholdstid for vandmassen bliver dermed på 2,7 år, hvilket er det halve af den gennemsnitlige opholdstid i perioden fra 1989. Vandføringen er altså fordoblet i 1995 i forhold til den foregående periode. Der er imidlertid stor variation på opholdstiden i denne periode.

1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
10,4	8,3 år	3,4 år	6,2 år	3,5 år	3,0 år	2,7 år

Tabel 4.2.1. Hydraulisk opholdstid i Søndersø i perioden 1989–95.

Tabellen viser, at opholdstiden generelt har været faldende igennem perioden. Dette er et tegn på en stigende mængde nedbør i de senere år. I 1993 og 1994 var der også en lavere vandindvinding på grund af arbejder i Københavns Vandforsyning lednings- og pumpesystem langs søen. Dette forhold kan også have medvirket til en kortere opholdstid i søen.

Minimum for den beregnede hydrauliske opholdstid er i februar måned, hvor den er 0,7 år, mens den maximale opholdstid er i august, september og oktober er uendelig på grund af tørlægning af afløbet.

Et simpelt regnskab over vandtilførslen til Søndersø i 1995 ser ud som følger :

Målt opland : Lillesø	520.000 m ³
Umålt opland	403.000 m ³
Separat kloakeret	79.000 m ³
Atmosfærisk bidrag	938.000 m ³
Samlet tilførsel	1.940.000 m ³

Tabel 4.2.2. Tilført vandmængde i 1995.

Vandtilførslen fra det umålte opland er beregnet med baggrund i den arealspecifikke afstrømning fra henholdsvis Lille Vejle å som landbrugsopland og Dumpedalsrenden som et naturopland. Nedbøren er den beregnede værdi tillagt 16 % på grund af metodiske fejl ved al nedbørsmåling. Tabellen viser, at nedbøren direkte på søen er det absolut største enkeltbidrag i balancen.

Den månedlige fordeling og vandmængde fra det separat kloakerede opland, er beregnet ud fra samme fordelingsmønster som nedbøren.

	Vandmængde 1000 m ³ /år
Tilførsel	1939,4
Fraførsel	2384,0
Difference	- 444,6
Magasinændring	264,3
Usikkerhed / grundvandstilstrømning	180,3

Tabel 4.2.3. Samlet vandbalance i 1995.

Fraførslen af vand er 444.600 m³ større end tilførslen. Ved årets udgang er der magasineret 264.300 m³ mindre vand i søen end ved årets begyndelse. Der er således en samlet forskel på 180.300 m³.

Denne forskel kan skyldes usikkerhed i vandbalancen eller et reelt tilskud af grundvand. Da der foregår en massiv grundvandsindvinding i søens umiddelbare opland kunne man formode at forskellen skyldes grundvandstilstrømning.

De tidligere år har der været et meget uensartet mønster, hvorfor variationerne nok bedst har kunnet karakteriseres som et udtryk for usikkerhed i vandbalancen. I 1995 er der et mere ensartet mønster. I efterårs- og vintermånederne kunne der være tegn på at vandbevægelsen var fra søbund til grundvand, mens den var modsat i sommerperioden.

Den samlede forskel i løbet af året 1995 udgør 9 % af vandtilførselen. Visse af de indgående elementer i vandbalancen er bestemt med en betydelig usikkerhed. Hvorvidt der er tale om grundvandstilstrømning kan derfor ikke afgøres på det foreliggende grundlag. Det formodes at hovedparten skyldes usikkerheder i vandbalancen.

4.3 Belastningsopgørelse

4.3.1 Søtilløb samt den øvrige belastning

Belastningen til søen udgøres af følgende bidrag :

- 1 – målt opland : Lillesø
- 2 – regnvand fra befæstede arealer
- 3 – det umålte opland
- 4 – atmosfærisk deposition
- 5 – intern belastning fra sedimentet
- 6 – kvælstoffixering af blågrønalger
- 7 – ind/udsivende grundvand

Den oprindelige opgørelse over arealanvendelsen i 1989 fra Arealdatakontoret var misvisende, og derfor har der siden været anvendt amtets egen opgørelse, som omtalt især i 1989-rapporten. Det samlede opland til søen er forøget med 100 ha ved den nylige CORINE opgørelse. I foråret 1996 gennemføres en yderst detaljeret opgørelse i oplandet til søerne, den såkaldte CORINE plusopgørelse.

En kritisk vurdering af arealanvendelsen afventer denne opgørelse, og indtil videre tages fordelingen af de forskellige anvendelsestyper og oplandenes størrelse udgangspunkt i CORINE opgørelsen.

ad 1 : Målt opland

Der er foretaget beregninger på belastningen med næringsstoffer fra oplandet fra Lillesø. Dette opland udgør 307 ha. Et mindre opland fra Kirke Værløse på 88 ha indgik tidligere i opgørelsen, men som omtalt tidligere er dette opland overgået til at indgå i det umålte opland.

Det samlede opland til søen var tidligere bestemt til 790 ha, og de målte oplande udgjorde 390 ha, eller ca. halvdelen af oplandet. På baggrund af den gennemførte CORINE-opgørelse er oplandet til søen forøget med 100 ha til ialt 888 ha. Da oplandet fra Kirke Værløse

overgår til det umålte opland, reduceres det målte opland til 307 ha, og udgør derefter kun godt 1/3 af det samlede opland.

	1989-91	1992	1993	1994	1995
Total-N kg/år	311	217	477	1808	1307
Total-P kg/år	90	18	42	62	37

Tabel 4.3.1. Belastningen fra det målte opland til Søndersø 1989 – 95.

Tabellen viser en forøget belastning med kvælstof i de mere nedbørsrige år fra 1993. I 1990 blev der foretaget afskæring af spildevand fra enkeltudledere i oplandet. Dette har resulteret i en lavere fosforbelastning siden afskæringen. Fosfortilførslen er blevet halveret.

ad 2 : Befæstede arealer

Belastningen fra de separat kloakerede oplande er beregnet ud fra arealenhedstal, baseret på Søborgregnsreren i 1995. På denne baggrund er det beregnet, at der blev udledt 158 kg total-N og 40 kg total-P gennem U10 og U11 i 1995.

I de centrale dele af Værløse er spildevandssystemet fælles kloakeret og vandet ledes derfor ud af Søndersø-oplandet. I alt drejer det sig om ca. 320 ha eller ca. 36 % af det topografiske opland, der på denne måde ikke regnes med i belastningsopgørelsen.

ad 3 : Umålte oplande

Det umålte opland udgør 580 ha.

Åben bebyggelse	Dyrket land	Blandet landbrug og natur	Løvskov	Blandet skov og krat-skov
325 ha	171 ha	29 ha	6 ha	49 ha

Tabel 4.3.2 Arealfordelingen i det umålte opland ifølge CORINE kortlægning.

Belastningen fra det bebyggede areal er omtalt ovenfor og udgør dermed af det umålte opland.

Belastningen for de umålte oplande regnes på baggrund af arealkoefficienter fra repræsentative oplande i 1995.

For landbrugsoplande benyttes følgende værdier:

Total-N 17,26 kg/ha/år
Total-P 0,12 kg/ha/år

For naturoplande benyttes følgende værdier :

Total-N 1,76 kg/ha/år
Total-P 0,03 kg/ha/år

For typen af blandet landbrug og natur skønnes det, at 50 % er landbrugsopland og de resterende 50 % er naturopland.

Den samlede belastning fra det umålte opland bliver dermed 3402 kg total-N og 25 kg total-P.

	Den månedsvise fordeling, er foretaget ud fra stoftransporten fra Lillesø.				
ad 4 : Atmosfærisk bidrag	Ved beregning af det atmosfæriske bidrag er der benyttet værdier, målt ved Strødam i forbindelse med udarbejdelsen af recipientkvalitetsplanen for Mølleåsystemet. Følgende værdier er benyttet : <table><tr><td>Total-N</td><td>20,0 kg/ha/år</td></tr><tr><td>Total-P</td><td>0,55 kg/ha/år</td></tr></table> Den atmosfæriske deposition bliver dermed 2460 kg total-N og 68 kg total-P. Den månedsvise fordeling er foretaget i forhold til nedbørsmængderne i de enkelte måneder.	Total-N	20,0 kg/ha/år	Total-P	0,55 kg/ha/år
Total-N	20,0 kg/ha/år				
Total-P	0,55 kg/ha/år				
ad 5 : Intern belastning	Denne opgøres ikke specifikt, og der henvises til afsnit 4.8.2 i 1991-rapporten.				
ad 6 : Kvælstoffixerende alger	Det er ikke muligt at bestemme kvælstofbidraget ud fra planktonundersøgelserne. Men blågrønalgerne udgjorde en stor del af den totale algebiomasse i perioden august-november, heraf flere potentielt kvælstoffixerende arter. Muligheden for et kvælstoftilskud fra algerne er således til stede.				
ad 7 : Ind/udsivende grundvand	I forrige afsnit blev det godtgjort at den eventuelle grundvandstilstrømning er meget begrænset, set i forhold til den samlede usikkerhed på de enkelte led i vandbalancen. Der ses derfor bort fra en eventuel til-/fraførsel af grundvand.				
Samlet belastning	Den samlede belastning til Søndersø kan herefter opgøres, som det fremgår af tabel 4.3.3.				

Periode	Kvælstof kg/år		
	1989 –93	1994	1995
Lillesø	372	1808	1307
K.Værløse	290	158	0
Befæstede arealer	152	210	159
Umålte oplande	755	1140	3402
Atmosfærisk bidrag	2460	2460	2460
Samlet belastning	4029	5777	7328

Tabel 4.3.3 Kvælstofbelastningen til Søndersø i perioden 1989 til 1995.

Kvælstofbelastningen er steget i forhold til de tidligere år. Belastningen hænger sammen med den forøgede vandtilførsel. Tabellen viser at belastningen fra det umålte opland er steget voldsomt. Denne stigning har antagelig regnetekniske årsager. Dels er oplandet fra K. Værløse overført til denne kategori, dels er det samlede umålte opland forøget med 100 ha i forhold til tidligere opgørelser og dels er landbrugsarealet og dermed belastningen forøget i CORINE-opgørelsen. CORINE plus-opgørelsen vil kunne ændre på sidstnævnte forhold.

Det atmosfæriske bidrag med omkring 35 % af kvælstofbelastningen, mens belastningen fra kontrollerbare kilder udgør mindre end 5 % af den samlede belastning. Den samlede belastning udgør 6 g kvælstof pr. m² søoverflade.

	Fosfor kg/år		
	1989 –93	1994	1995
Lillesø	66	62	37
K.Værløse	15	10	0
Befæstede arealer	38	50	40
Umålte oplande	18	15	25
Atmosfærisk bidrag	68	68	68
Samlet belastning	205	204	170

Tabel 4.3.4 Fosforbelastningen til Søndersø i perioden 1989 til 1995.

Det fremgår af tabel 4.3.4 at der i 1995 er tilført en 15 % mindre mængde fosfor til søen i forhold til de foregående år. Faldet skyldes primært den lavere belastning fra Lillesø.

4.3.2 Søafløb

Stoftransporten i søafløbet er gennem årene bestemt til følgende:

	1989-93	1994	1995
Total-N (kg)	692	1228	1114
Total-P (kg)	38	62	78

Tabel 4.3.5 Den samlede stoftransport i afløbet fra 1989 til 1995.

Afstrømningen af kvælstof var dobbelt så stor i 1994 og 1995 som den har været de foregående år. Dette forhold hænger sammen med den store vandafstrømning. Fosfortransporten var også øget væsentligt i 1994 og 1995 sammenlignet med de foregående år.

4.3.3 Massebalance

Med baggrund i stofbelastningen og stoftransporten i afløbet kan der opstilles en simpel massebalance for Søndersø.

	Kvælstof kg/år		
År	1989-93	1994	1995
Samlet belastning	3969	5777	7328
Samlet fraførsel	692	1228	1114
Retentionsprocent	82 %	79 %	85 %

Tabel 4.3.6 Massebalance for kvælstof i Søndersø.

Tabellen viser at selvom belastningen og fraførslen er fordoblet i 1994 og 1995 er den andel der tilbageholdes i søen (retentionsprocenten) konstant på ca. 80 - 85 %. Dette tyder på, at den relative kvælstofomsætning i søen er direkte koblet til belastningen, således at den interne kvælstofomsætning "fjerner" en konstant andel af belastningen hvert år uanset belastningens størrelse.

	Fosfor kg/år		
År	1989-93	1994	1995
Samlet belastning	202	204	170
Samlet fraførsel	38	62	78
Retentionsprocent	81 %	70 %	54 %

Tabel 4.3.7 Massebalance for fosfor i Søndersø.

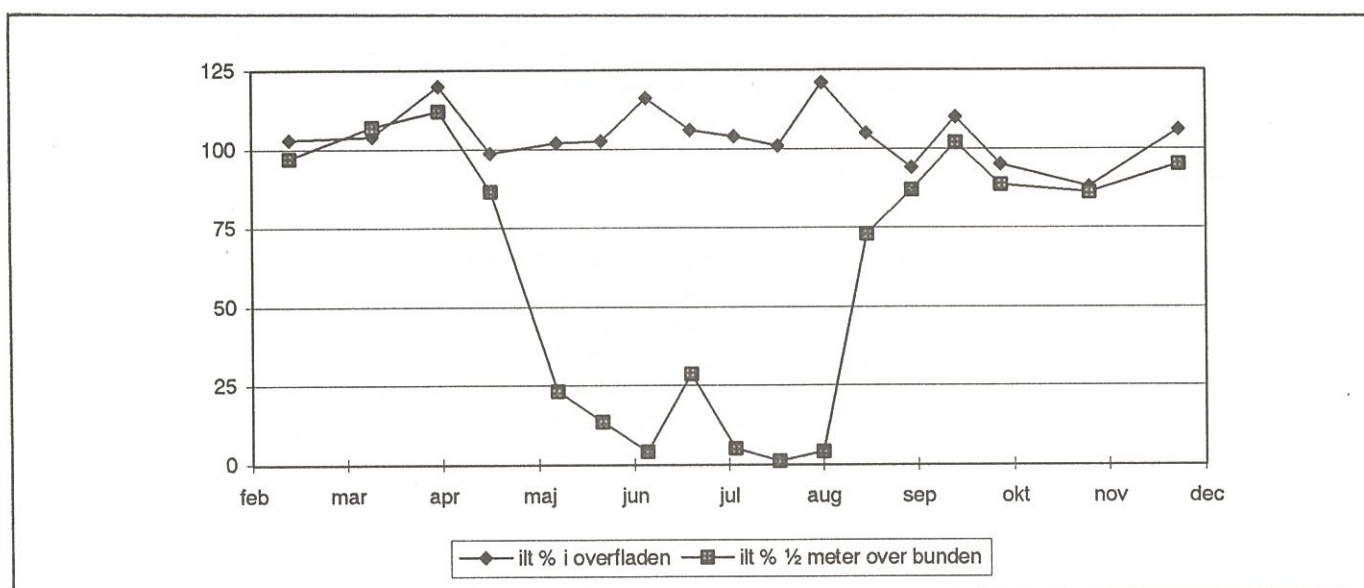
Tabellen viser en faldende belastning og en forøget fraførsel, hvorved tilbageholdelsen i søen falder. Denne positive udvikling er med til at forbedre miljøtilstanden i søen.

4.4. Fysiske og vandkemiske målinger i søen i 1995

4.4.1. Undersøgte parametre

Temperatur og ilt

Søndersø var isdækket de første måneder af året. Det første tilsyn var i marts. Af figur 4.4.1 ses, at der fra slutningen af maj til omkring september var stor forskel mellem iltforholdene i overfladen og en halv meter over bunden. Sommerstagnationen varede i alt 84 dage i 1995.

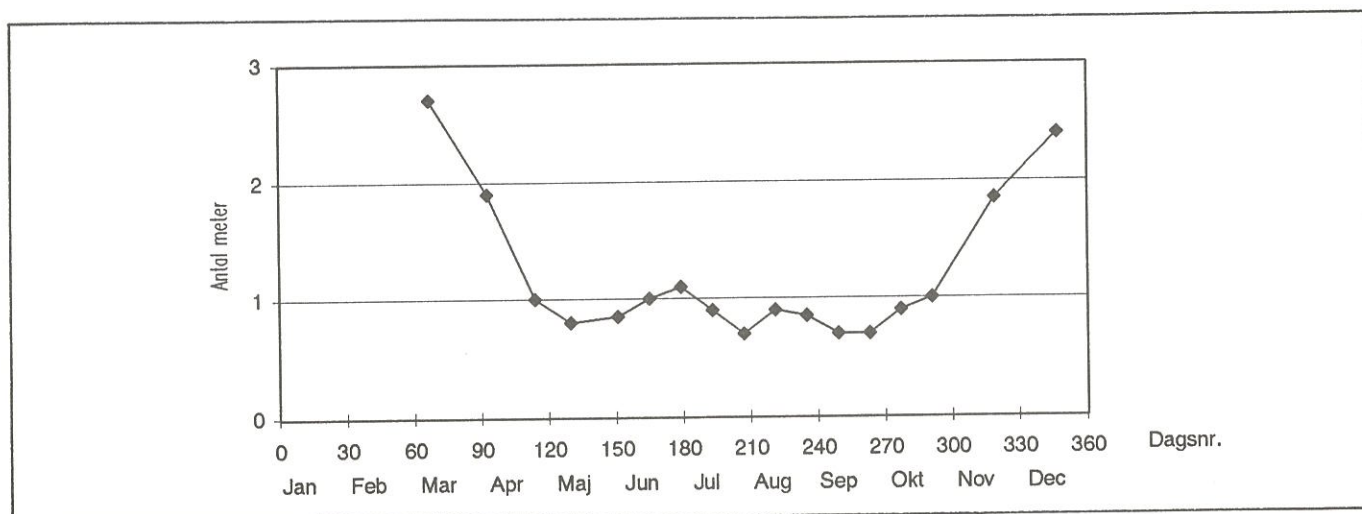


Figur 4.4.1 Iltindhold ved vandoverfladen og en halv meter over bunden i Sønder sø, 1995.

Sigtdybde

Ved første tilsyn i marts var sigtdybden på 2,7 meter, hvilket var årsmaksimum. Herefter aftog sigtdybden til 0,7–0,8 meter fra april til september. Årsgennemsnittet for sigtdybden var 1,22 meter og sommersigtdybden var 0,94 meter. Dette var lidt mere end i 1994, hvor sigtdybden var 0,63 meter, hvilket var det lavest i måleperioden fra 1989–1995.

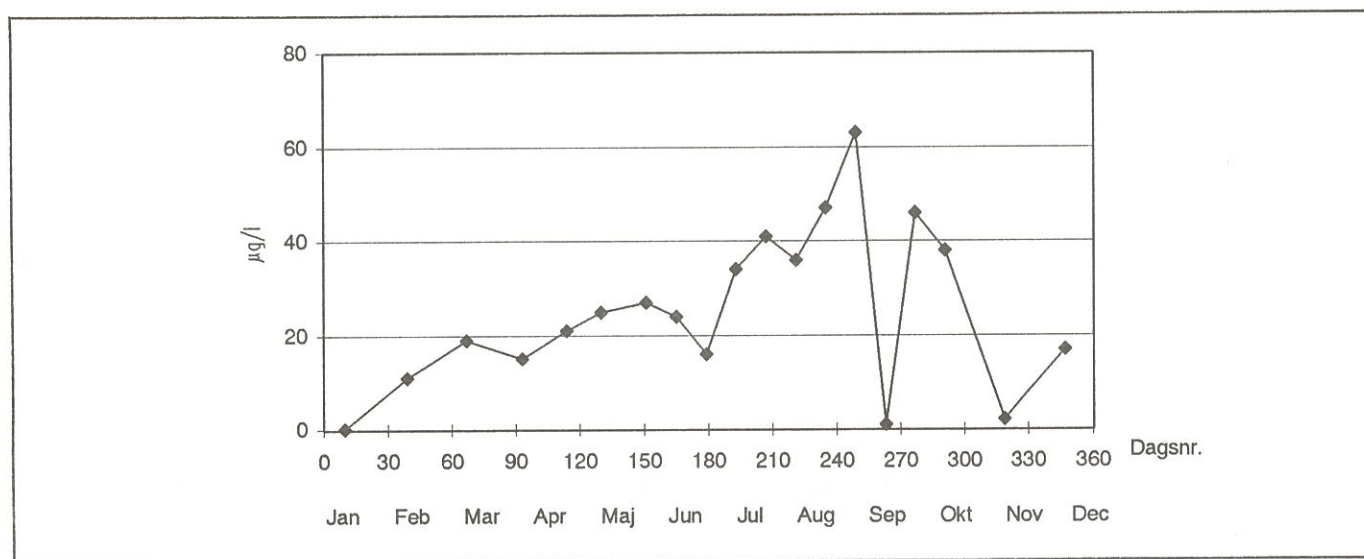
I hovedparten af den produktive periode, med undtagelse af enkelte målinger i slutning af perioden, svinger sigtdybden modsat klorofylkoncentrationen.



Figur 4.4.2. Sigtdybden i Sønder sø, 1995

Klorofyl

Koncentrationen af klorofyl-a var ligesom i slutningen af 1994 meget lav. Fra isafgangen steg koncentrationen og nåede et maximum på 63 mg/l i begyndelsen af august. Dette maksimum var forholdsvis lavt i forhold til tidligere år. I slutningen af september var der et meget markant fald i klorofyl-a koncentration. I samme periode var der en reduktion i antallet af furealger og blågrønalger.



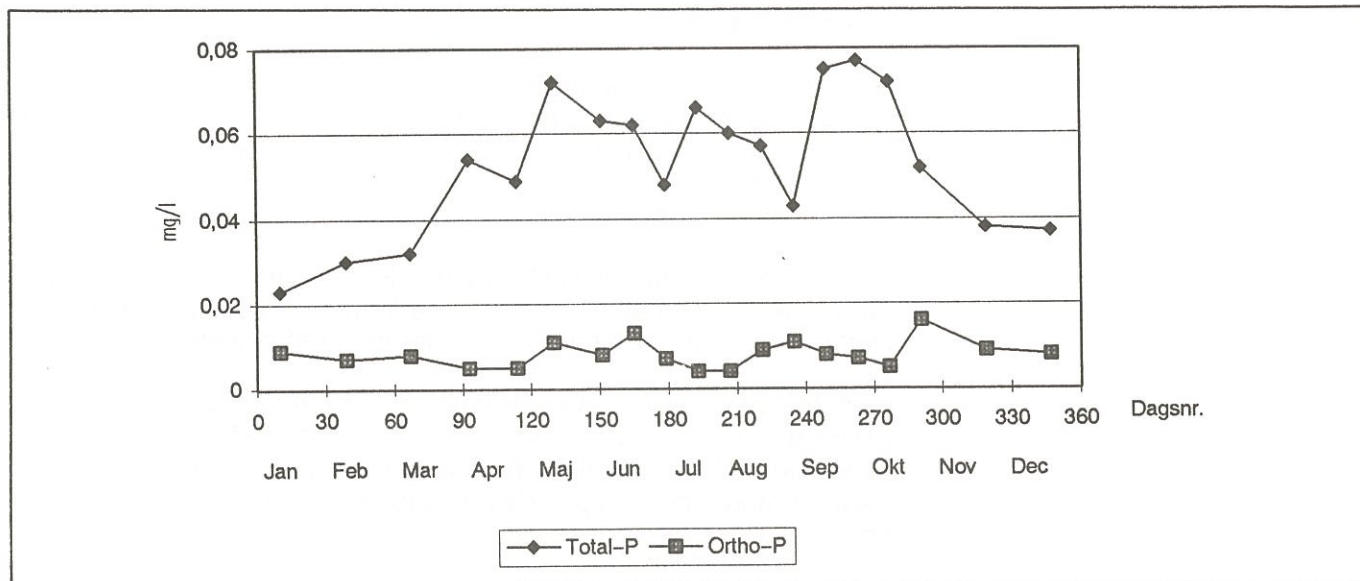
4.4.3. Klorofyl-a koncentrationen i Sønder sø, 1995.

Fosfor

Efter et vinterniveau for totalfosfor på omkring 0,03 mgP/l steg koncentrationen til 0,08 mgP/l i slutningen af maj. Fosfor er antagelig begrænsende for planteplankton

Ortho-fosfat koncentrationen er i lighed med tidligere år lav og kommer i enkelte tilfælde tæt på detektionsgrænsen.

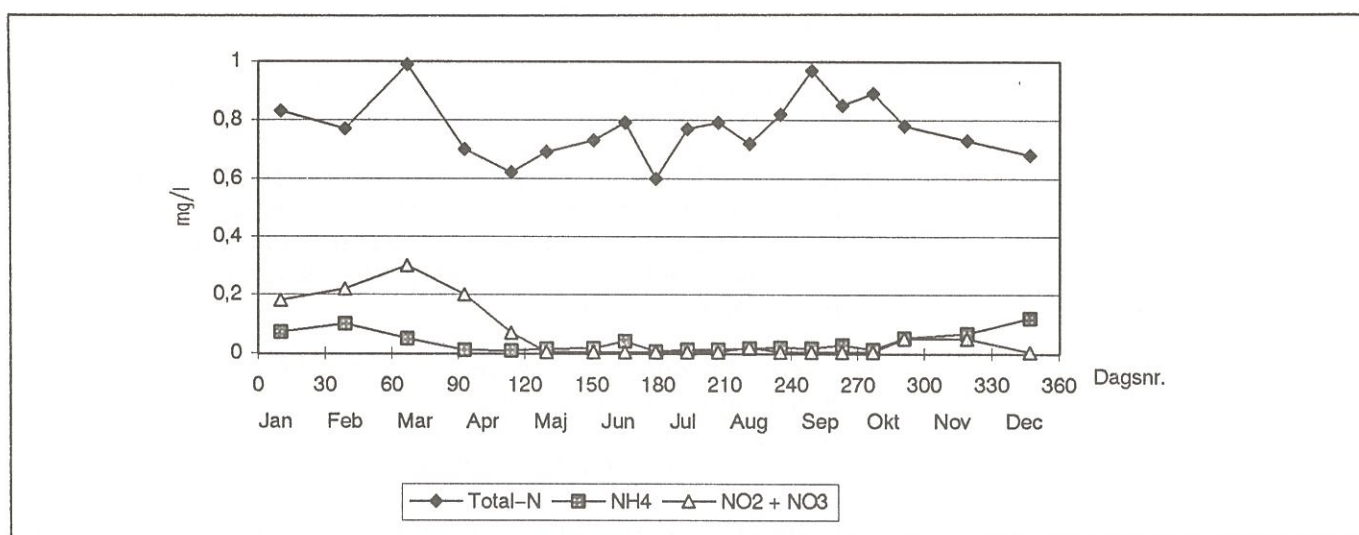
I perioden med sommerstagnation blev der udtaget prøver over og under springlaget. Der blev målt højere fosforkoncentrationer under springlaget end over springlaget, hvilket kan tilskrives en vis fosforfrigivelse fra sedimentet i perioden med sommerstagnation.



Figur 4.4.4 Total-P og ortho-P koncentrationer i Sønder sø, 1995.

Kvælstof

Koncentrationen af Total-N varierer fra 0,6 mg N/l til 1 mg N/l med et årgennemsnit på 0,78 mg N/l og et sommergennemsnit på 0,86 mg N/l. Som det fremgår af figur 4.4.5 er der i foråret tilstrækkeligt med uorganiske kvælstofforbindelser til, at det ikke bliver en begrænsende faktor for planteplankton. Fra medio maj til oktober tyder det på en periodevis kvælstofbegrænsning i søen.



Figur 4.4.5 Total-N og de uorganiske kvælstoffraktioner i Sønder sø, 1995.

4.4.2 Sedimentundersøgelse i Søndersø

Prøvetagning

I december 1995 blev der udtaget prøver af sedimentet på 3,5 meter vanddybde. Der blev udtaget 3 prøver i den nordvestlige del, 3 i den nordøstlige del samt 3 i den centrale sydlige del.

Det lykkedes at udtage meget dybe prøver, som i gennemsnit var 65 cm dybe. Generelt bestod de øverste 20–30 cm af lysebrunt materiale, med en tydelig grænse ned til det underliggende lag. Dette havde en tykkelse på 10–20 cm og en ensartet lysegrå farve. På dybder større end 50 cm var materialet sort.

Der var dog en tendens til at prøverne fra den vestlige del af søen var mere lyse og kompakte end prøverne fra de to øvrige prøvestationer. Dette kunne tyde på en heterogen fordeling af sedimentet i søen.

Resultater

Indholdet af kvælstof (14 mg N/g ts) og jern (18 mg Fe/g ts) er normalt i forhold til andre undersøgte søer. Indholdet af calcium er derimod højt, med en koncentration på 180 mg Ca/g ts, hvor et indhold på det halve er mere almindeligt. I de østdanske søer findes idag ofte meget høje koncentrationer af calcium i sedimentet.

Fosfor

Der er stor forskel på indholdet af fosfor i søbunden. På den vestlige station er indholdet det halve i forhold til de to andre stationer. Dette er også tilfældet når der korrigeres for forskellene i tørstofindholdet. Det laveste indhold i overfladesedimentet blev fundet i det nordvestlige hjørne (0,5 mg TP/g ts), mens den højeste værdi blev fundet i det nordøstlige hjørne (1,1 mg P/g ts). Dette kan hænge sammen med det forhold, at det er i den østlige del af søen, at det største og mest belastede tilløb har fundet sted i gennem årene.

En gennemsnitlig værdi for de tre stationer i Søndersø er 0,9 mg TP/g ts, som er det halve af medianen for danske søers overfladesedimenter. Tilsvarende er fosforindholdet i dybere lag end 20–30 cm kun halvdelen af medianværdien.

I sammenligning med Furesø og Bagsværd sø er fosforindholdet i Søndersø det laveste.

I forhold til undersøgelsen i 1990 er kvælstofindholdet reduceret med 1/3 og fosforindholdet reduceret til halvdelen. Det faldende fosforindhold hænger sammen med den reducerede spildevandsbelastning fra Lillesø samt at der har været en faldende tilbageholdelse af fosfor i søen i perioden fra 1989.

Det mindre fosforindhold kan imidlertid også tilskrives usikkerheder i prøvetagningen. Fosforindholdet i de dybeste lag, dybere end 50 cm, har nemlig tilsvarende udvist en halvering. Det skønnes urealistisk, at der finder en frigivelse sted fra disse dybe sedimentlag.

Undersøgelsen viser at den største del af fosfor er bundet relativt stabilt i sedimentet. Hovedparten er bundet til calcium–magnesiumfraktionen og den organiske del. Der findes næsten intet fosfor i porevandet og kun en mindre del er bundet til jern. Tilsvarende forhold findes i Store Kalv i Furesø, som sedimentet i Søndersø i øvrigt har flere fællestræk med.

Bakterier

Undersøgelsen af de tarmlevende bakterier viser et ensartet forløb ned igennem sedimentet med små mængder af bakterier. Dette er i overensstemmelse med den stærkt begrænsede spildevandsbelastning over årene. Søen er udlagt som råvandsreservior til hovedstadens vandforsyning siden starten af dette århundrede.

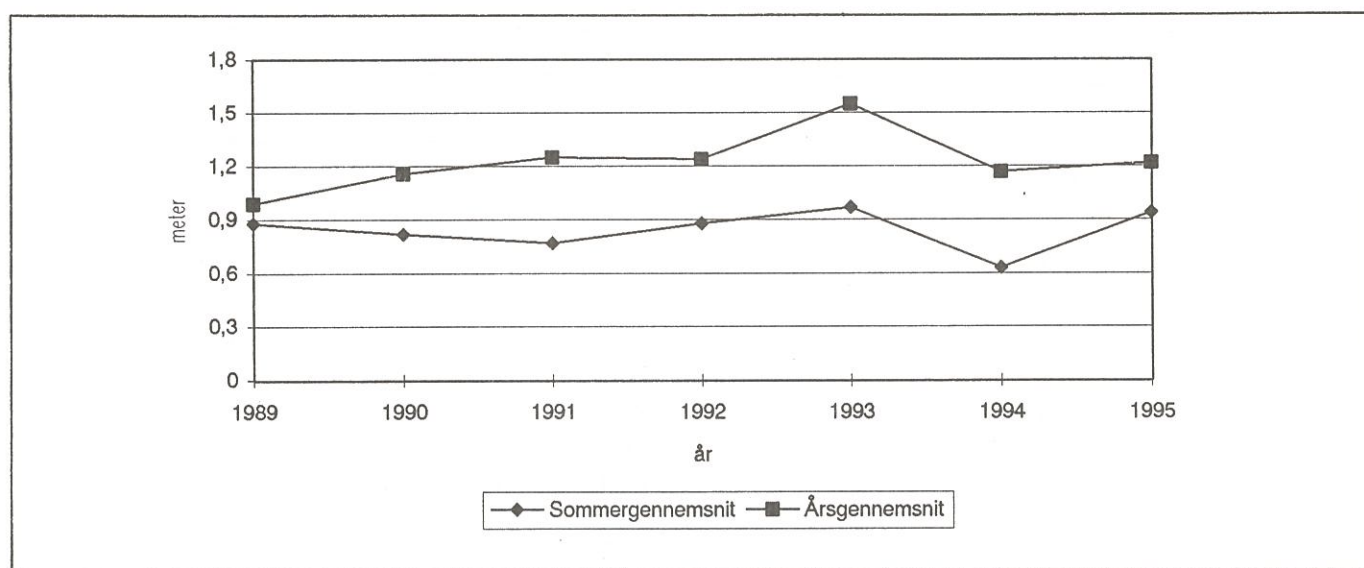
Fe/P forhold

I de øverste 10 cm af sedimentet er forholdet mellem jern og fosfor i gennemsnit 24 (vægtbasis). Dette er en stigning i forhold til 1990-undersøgelsen. Da jernindholdet er konstant i søen, mens fosforindholdet tilsyneladende er faldende forøges Fe/P forholdet. Dette tyder på at den interne fosforbelastning ikke spiller nogen rolle i Sønder sø.

4.5. Udviklingen fra 1989-95

Sigtdybde

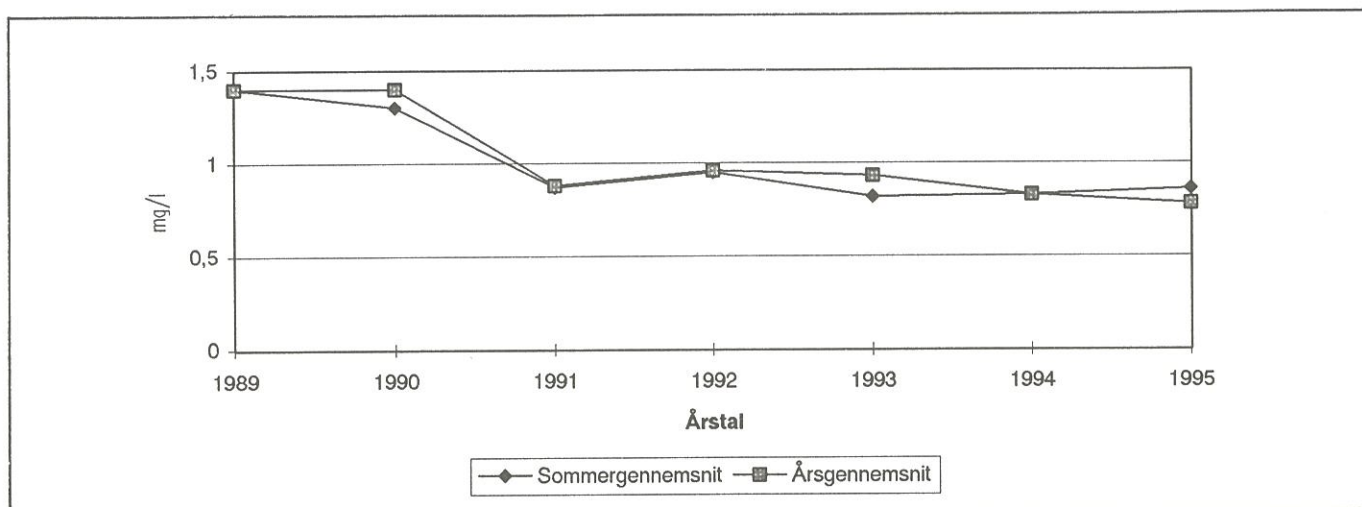
Sigtdybden har været svagt stigende fra 1989 til 1993. Imidlertid aftog sigtdybden kraftigt i 1994. I 1995 har der været en svag stigning i årgennemsnittet og en større stigning i gennemsnittet for sommersigtdybden. Sigtdybden er lille, når der sammenlignes med andre søer med samme fosforkoncentration.



Figur 4.5.1 Sigtdybden i Sønder sø fra 1989 til 1995.

Kvælstof

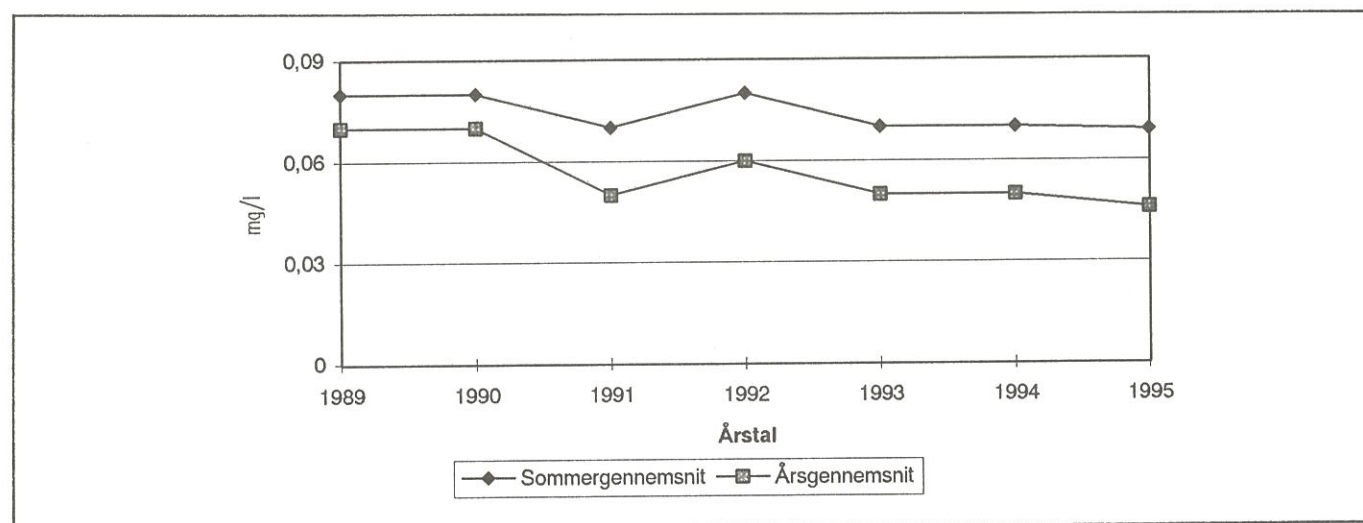
Totalkvælstofkoncentrationen i vækstsæsonen har haft en faldende tendens siden 1989. De sidste 3 år har ændringerne i total kvælstofkoncentrationen været meget små.



Figur 4.5.2. Kvælstofkoncentrationen i Sønder sø fra 1989 til 1995.

Fosfor

Totalfosforkoncentrationen i vækstsæsonen har en svagt faldende tendens fra 1989 til 1995. Den har siden 1991 været teoretisk begrænsende for fytoplanktonvæksten om vinteren og om foråret. I 1995 var fytoplanktonvæksten også P-begrænset om sommeren formentlig på grund af lagdeling i en længere periode.

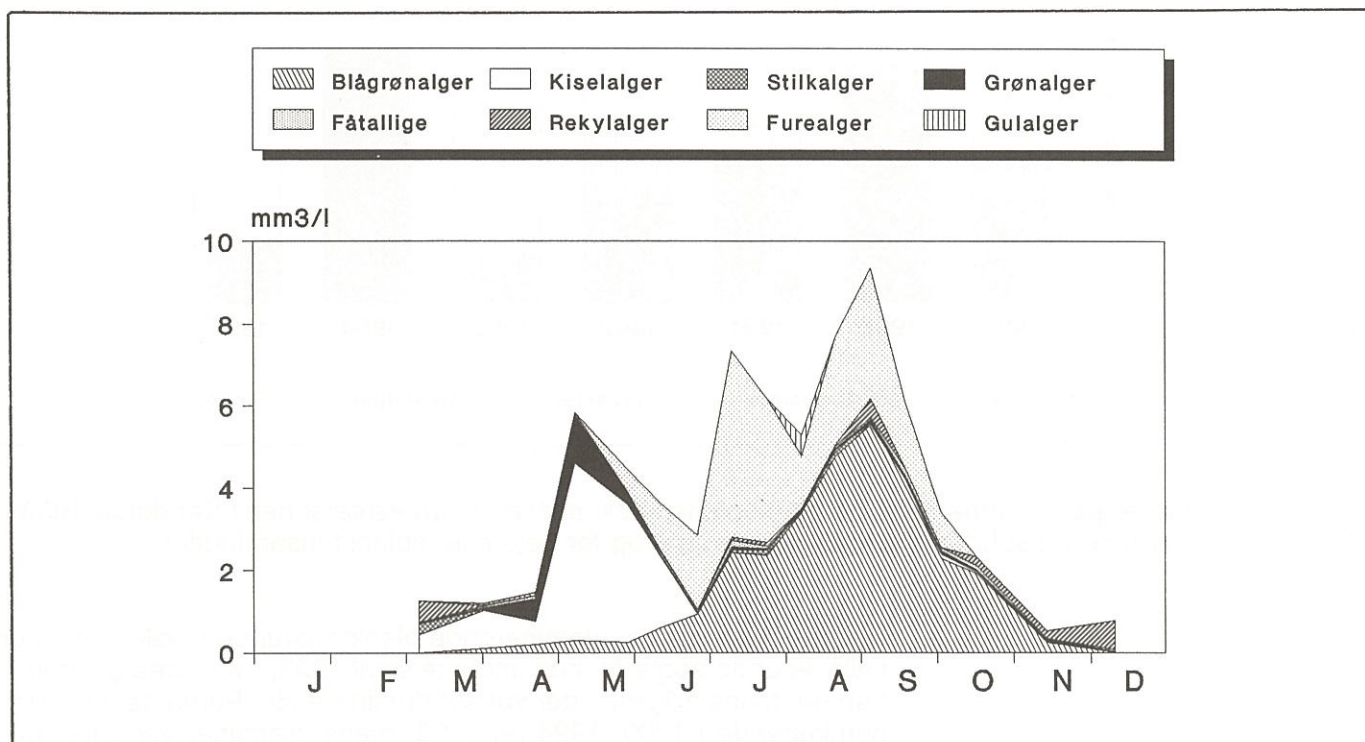


Figur 4.5.3. Fosforkoncentrationen i Sønder sø fra 1989 til 1995.

4.6 Biologiske data

4.6.1 Planteplankton

Status 1995



Figur 4.6.1 Planteplanktonbiomassens udvikling og sammensætning i Sønderø 1995.

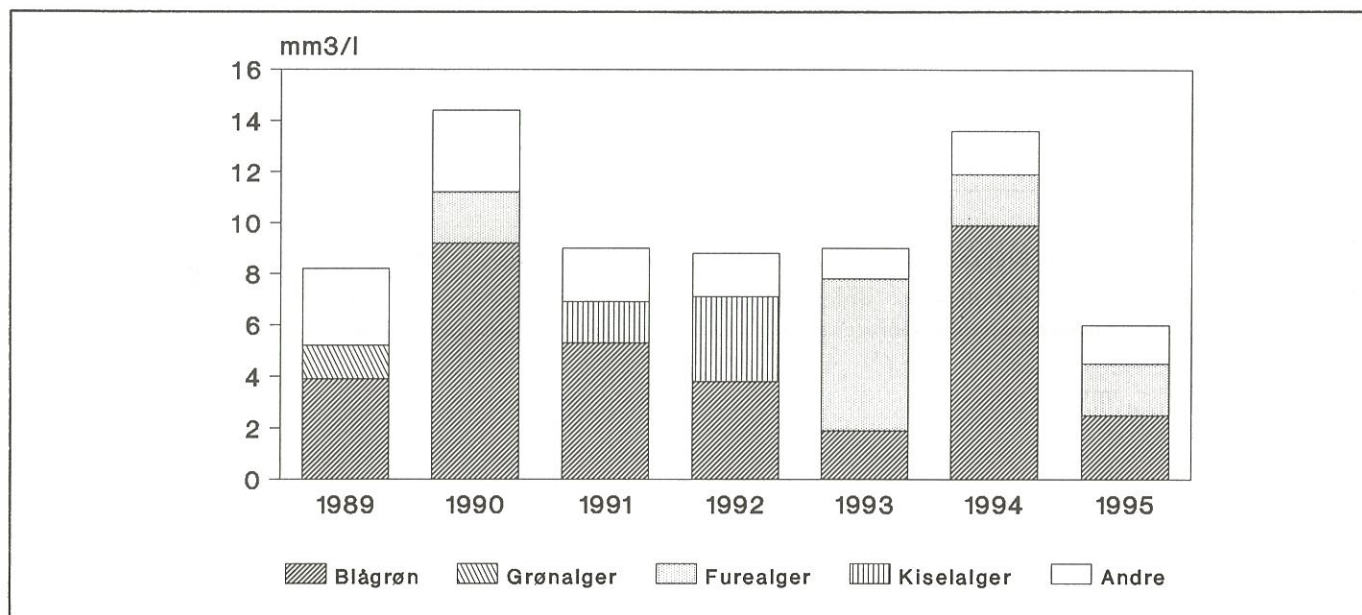
Planteplanktonbiomassen i Sønderø var lav i marts og april, men steg i maj til et forårsmaksimum domineret af kisælalger ($6 \text{ mm}^3/\text{l}$). Sommermaksimum var 2-toppet. Det første mindre maksimum fandtes i juni og var domineret af furealger. Det andet og største maksimum forekom i september og var domineret af blågrønalger ($9 \text{ mm}^3/\text{l}$). Fra september var biomassen faldende til lave værdier i november og december måned.

Den tidsvægtede gennemsnitlige biomasse for vækstsæsonen (1/5-30/9) og hele året var henholdsvis 6 og $3 \text{ mm}^3/\text{l}$. Planteplanktonbiomassen i Sønderø var i samme størrelsesorden som i andre danske søer med tilsvarende fosforkoncentration og væsentlige forekomster af blågrønalger.

Fra marts til juni var planteplankton domineret af små centriske kisælalger med en diameter på $10\text{-}20 \mu\text{m}$ og i juni og juli dominerede store furealger af slægten *Ceratium*. Fra august til november var biomassen domineret af blågrønalger, dels trådformede blågrønalger af slægterne *Aphanizomenon* og *Planktolyngbya* og dels koloniale af slægterne *Microcystis* og *Woronichinia*.

Udvikling 1989-95

Den tidsvægtede gennemsnitlige planteplanktonbiomasse for vækstsæsonen i Sønderø var i 1995 den hidtil laveste i perioden. Der har ikke været nogen generel udviklingstendens i biomassen i denne periode.



Figur 4.6.2 Tidsvægtede gennemsnitlige planteplanktonbiomasser for vækstsæsonen i Sønderø 1989 – 95. For dominerende og subdominerende algegruppe og for hele planteplanktonsamfundet.

Blågrønalger var den dominerende planktongruppe i vækstsæsonen i alle de undersøgte år med undtagelse af 1993, hvor furealger dominerede, mens blågrønalger var subdominerende. Furealger var subdominerende i 1990, 1994 og 1995, mens grønalger var subdominerende i 1989 og kiselalger i 1991 og 1992.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maksimum (mm ³ /l)	14,7	44,5	17,1	14,1	19,0	86,6	9,4
Måned	Aug.	Aug.	Aug.	Sept.	Aug.	Sept.	Sept.

Tabel 4.6.1 Maksimal planteplanktonbiomasse og måneden, hvor den fandtes i Sønderø 1989 til 1995.

Der har ikke været nogen generel udviklingstendens i de maksimale planteplanktonbiomasser fra 1989 til 1995. I 1995 var biomassen det hidtil laveste registreret. Den maksimale biomasse fandtes alle årene i august eller september måned.

De maksimale biomasser er afgørende for størrelsen af de gennemsnitlige planktonbiomasser på årsbasis og i vækstsæsonen. I år med store maksima er de gennemsnitlige biomasser også høje. I perioderne uden for maksima er biomassen alle år på samme niveau.

Det er ikke muligt på det foreliggende grundlag at udpege de faktorer, der betinger udviklingen af de store biomassemaksima i 1990 og 1994.

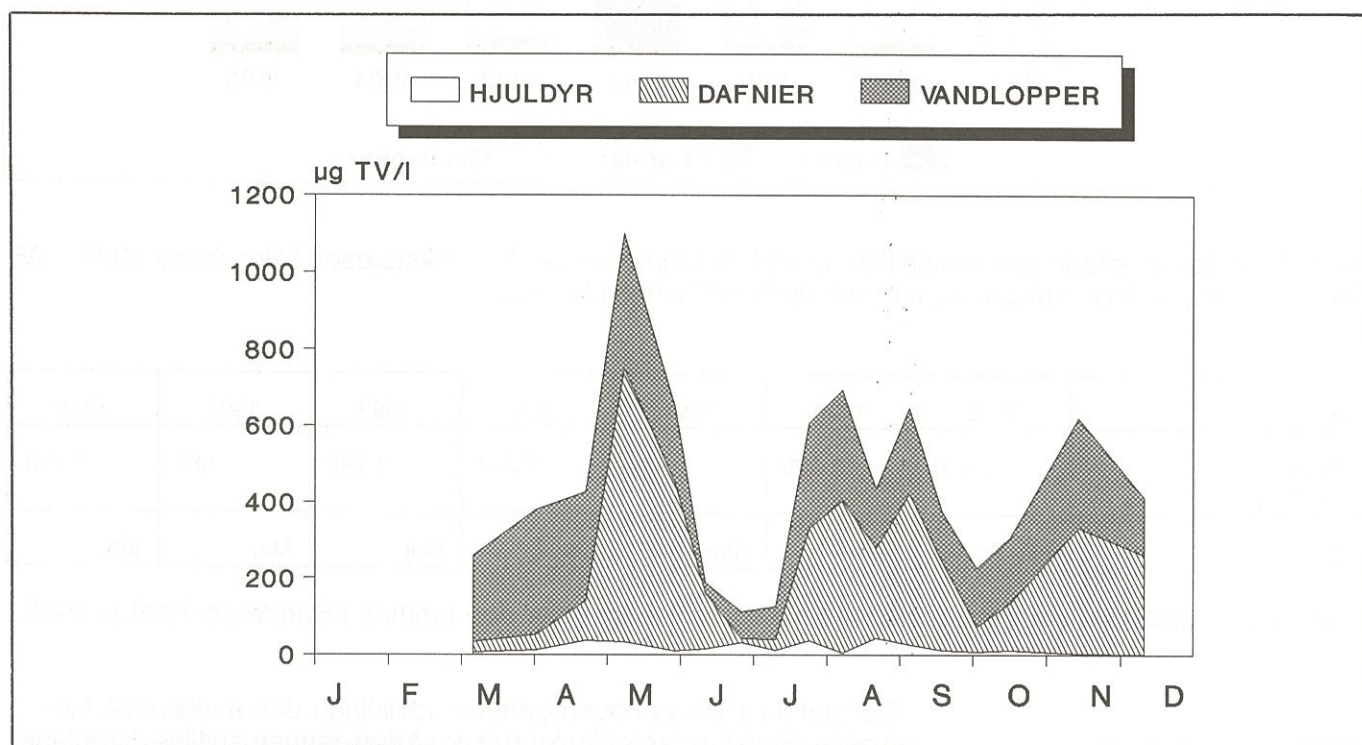
Mange faktorer kan have betydning hvordan de meteorologiske forhold, primært nedbør, indstråling og vindomrøring samt deres tidsmæssige sammenfald med planteplanktonsamfundets udvikling. Det har også betydning, om prøvetagningen er sammenfaldende med kulminationen

af et maksimum. Både i 1990 og 1994 var biomassen kun meget høj ved én prøvetagning. Umiddelbart før og efter var biomassen på samme niveau som ved biomassemaksimum de øvrige år.

4.6.2 Dyreplankton

Status 1995

Dyreplanktonbiomassen var fra begyndelsen af marts stigende til forårsmaksimum i maj (1100 μg tørvægt/l). Sommermaksimum var 2-toppet og fandtes i august (694 μg TV/l) og september (647 μg TV/l), og et sent efterårsmaksimum fandtes i november (619 μg TV/l).



Figur 4.6.3 Dyreplanktonbiomassens udvikling og sammensætning i Sønder sø 1995.

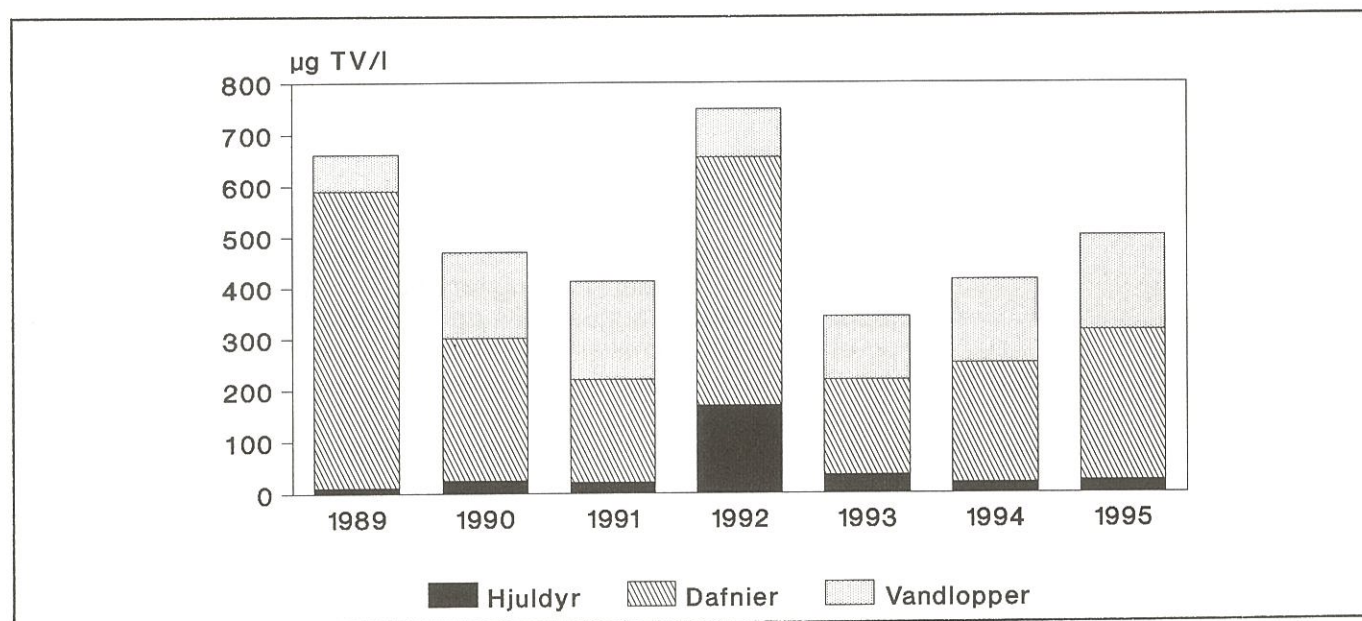
Den tidsvægtede gennemsnitlige biomasse for vækstsæsonen og året som helhed var henholdsvis 500 og 421 μg TV/l. Sammenlignet med de øvrige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var dyreplanktonbiomassen i Sønder sø forholdsvis lav.

Vandlopper dominerede først på året og i perioderne mellem de 3 biomassemaksima. Den dominerende vandloppe var den calanoide *Eudiaptomus graciloides*.

Dafnier dominerede ved de 3 biomassemaksima. Den dominerende dafnieart var *Daphnia cucullata*, der er den mindste af de almindelige arter af slægten *Daphnia*.

Udvikling 1989–95

Der har heller ikke været nogen generel udvikling i den tidsvægtede gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse og dens sammensætning i vækstsæsonerne 1989–95. Biomassen var høj i 1989 og 1992, og har været stigende siden 1993, hvor den nåede det laveste niveau i måleperioden.



Figur 4.6.4 Tidsvægtede gennemsnitlige dyreplanktonbiomasser for vækstsæson i Søndersø 1989 – 95. For de 3 dyreplanktongrupper og for hele dyreplanktonsamfundet.

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Maksimum (µg TV/l)	2.020	1.080	970	2.034	1.240	985	1.100
Måned	Maj	Maj	Maj	Maj	Maj	Maj	Maj

Tabel 4.6.2. Maksimal dyreplanktonbiomasse og måneden, hvor den fandtes i Søndersø 1989 til 1995.

Der har ikke været nogen generel udvikling i den maksimale biomasse. Som for planteplankton er også den gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse meget "følsom" over for størrelsen af og varigheden af maksima. I perioder uden for maksima var dyreplanktonbiomassen på samme niveau alle år med undtagelse af i 1992, hvor der målt et mindre cladocemaksimum sent på efteråret.

Den maksimale dyreplanktonbiomasse fandtes alle årene i maj og var domineret af dafnier. Dafnier dominerede også de tidsvægtede gennemsnitlige biomasser for vækstsæsonen i alle årene fra 1989 til 1995. Vandlopper var subdominerende med undtagelse af i 1992, hvor hjuldyr var den næstvigtigste gruppe.

Den væsentligste faktor for udviklingen af dyreplanktonbiomassen og dens variation fra år til år er sandsynligvis prædationstrykket fra fisk, specielt årsyngel.

Der var ingen generel udviklingstendens i biomassen af dyreplankton og dens sammensætning, men antallet af *Daphnia spp.* og de små cladoceer har været faldende.

4.6.3 Fiskeundersøgelse

Feltundersøgelsen

Fiskebestanden blev undersøgt i dagene fra den 22.– 30. august 1995. Fiskeriet blev udført med 54 garnsætninger (biologiske oversigtsgarn) fordelt på søens forskellige biotoper og med 12 elektrobefiskninger i bredzonen. De enkelte arters tæthed og trivsel blev vurderet og sammenlignet med tilsvarende undersøgelser foretaget i søen i 1990 samt i en række andre danske søer.

Der blev i alt registreret 11 arter og en hybrid i fangsten: Skalle, brasen, aborre, hork, rudskalle, gedde, sandart, ål, karusse, suder, spejlkarpe og brasenskalle. Ud fra skælprøver blev væksten hos skalle, brasen, aborre, rudskalle og gedde bedømt.

Den samlede fangst

Der er i alt fanget 18.474 fisk ved undersøgelsen svarende til ca. 410 kg i de 54 garn og 12 elbefiskninger fordelt på 11 arter og en hybrid. I 1990 blev der fanget 19.883 fisk med en samlet vægt på 535 kg.

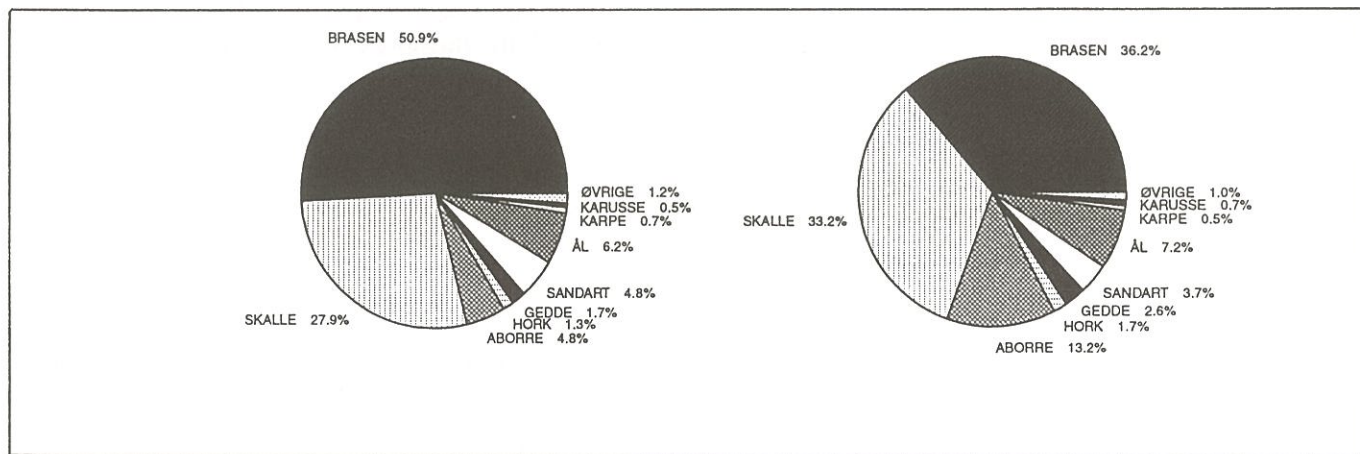
Fiskebestandens samlede biomasse i 1995 var skønsvist 545 kg/ha, hvoraf de 164 kg/ha var småfisk, hvilket er noget mindre end i 1990, hvor fiskebestandens samlede biomasse var 722 kg/ha. Samlet er fiskebestandens skønnede biomasse således reduceret fra 89 tons i 1990 til 67 tons i 1995.

Den skønnede biomasse af de enkelte arter i 1990 og i 1995 er vist i tabel 4.6.3

Biomasse i tons	Småfisk < 10 cm		Fisk > 10 cm		Sum	
Art	1990	1995	1990	1995	1990	1995
Brasen	0,2	0,6	45,1	23,7	45,4	24,3
Skalle	9,4	11,4	15,5	10,9	24,9	22,3
Aborre	2,7	5,9	1,6	3,0	4,3	8,9
Hork	1,1	1,1	< 0,1	< 0,1	1,2	1,1
Rudskalle	< 0,1	< 0,1	0,2	0,5	0,2	0,6
Karusse			0,4	0,4	0,4	0,4
Smelt	0,5		< 0,1		0,5	
Suder		< 0,1		< 0,1		< 0,1
Gedde			1,6	1,7	1,6	1,7
Sandart	2,0	1,2	2,3	1,3	4,3	2,5
Ål			5,5	4,8	5,5	4,8
Spejlkarpe			0,6	0,4	0,6	0,4
Brasenskalle		< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Total	17,9	20,1	73,0	47,0	90,8	67,1

Tabel 4.6.3 Den beregnede biomasse af de enkelte arter i Sønder sø 1990 og 1995.

Fra 1990 til 1995 er biomassen af brasener blevet reduceret markant fra 45,4 tons til 24,3 tons, hvorimod skallebestandens biomasse er næsten uændret, idet en reduktion i mængden af store skaller næsten opvejes af en øget mængde småskaller. En mere væsentlig ændring i forhold til 1990 er en markant forøgelse af aborrebestanden, idet aborrernes biomasse er fordoblet fra 4,3 tons i 1990 til 8,9 tons i 1995, hvorimod sandarternes skønnede biomasse er noget mindre i 1995 end i 1990. Bortset fra, at smelten tilsyneladende er forsvundet fra søen, er der ikke sket væsentlige ændringer hos de øvrige arter.



Figur 4.6.5 Den procentuelle fordeling af den beregnede biomasse i Sønder sø 1990 og 1995.

Forskydningerne i de enkelte arters biomasse gennem perioden har bevirket en ændring i fiskebestandens artssammensætning, idet brasener med 36,2 % er væsentligt mindre dominerende i 1995 end i 1990, hvor de med 50,9 % udgjorde mere end halvdelen af fiskebiomassen. Mest markant er aborrernes tiltagende betydning, idet deres biomasseandel er øget fra 4,8 % i 1990 til 13,2 % i 1995.

Der er ofte en sammenhæng mellem søers produktivitet og fiskebestandens tæthed. Sammenholdes fiskebestandens tæthed målt som gennemsnitlige volumenvægtede garnfangster med søers næringsniveau målt som den sommergennemsnitlige koncentration af totalfosfor i søvandet ses, at garnfangsterne generelt øges ved stigende næringsniveau indtil ca. 400 $\mu\text{g P/l}$, hvorefter fangsterne svinger. I Sønder sø var fisketætheden bedømt ud fra garnfangsterne i på niveau med – eller lidt større end i flertallet af de øvrige søer med fosforkoncentrationer på 60–80 $\mu\text{g P/l}$, og fangsten var noget mindre i 1995 end i 1990 i overensstemmelse med en aftagende totalfosforkoncentration gennem perioden.

Fiskebestandens karakter

Sønder sø's lave næringsniveau og efter danske forhold betydelige middeldybde skulle erfaringsmæssigt kunne danne rammen om en stabil fiskebestand domineret af store aborrer blandt rovfiskene og af store skaller blandt fredfiskene, men både i 1990 og ved nærværende undersøgelse havde fiskebestanden karaktertræk tilfælles med fiskebestande fundet i væsentligt mere næringsrige søer. Rovfiskebestanden i søen er således beskeden og uden klare dominansforhold, fredfiskebestanden er som i de mere næringsrige søer domineret af brasener og småskaller, og vækstforholdene er gennemgående ringe, hvilket vidner om en hård fødekongurrence.

Fiskebestandens regulering

Søens forholdsvis udstrakte rørsump giver især brasenerne gode gydeforhold, og i år med ideelle klimatiske forhold giver dette anledning til usædvanlig store årgange af brasener. Netop den intense fødekongurrence fra de mange brasener og skaller er sammen med geddernes og sandarternes rov antagelig hovedansvarlige for søens beskedne bestand af store, rovlevende aborrer, idet kun få aborrer overlever den langsomme opvækst til en størrelse, hvor de foretrækker fisk som føde. Fredfiskebestanden i Sønder sø reguleres derfor i større udstrækning af svingende årgangsstyrker og en heraf betinget varierende knaphed på føde end fiskebestandene i de fleste øvrige moderat næringsrige søer, hvor rovaborrernes prædation spiller en større rolle.

Fiskebestandens udvikling

I de seneste fem år har der dog været en tendens til en positiv udvikling, idet aborrebestanden er øget, mens brasenbestanden er reduceret, og vækstforholdene hos fredfiskene har været over middel i perioden 1990–93. Meget store årgange af skaller og brasener i 1994 har dog tilsyneladende påny øget fødekongurrencen, og med tanke på de mange opvoksede skaller og brasener er det muligt, at bestanden påny forringes i de kommende år.

Fiskebestandens stabilitet

Selvom der er sket forskydninger i fiskebestandens sammensætning har fiskebestanden ikke ændret karakter siden undersøgelsen i 1990, og bestanden er tilsyneladende forholdsvis stabil, set i lyset af uoverensstemmelsen mellem søens morfometri og vandkemi og fiskebestandens karakter. Søen synes således at være fastlåst i en tilstand, hvor en stabil og til tider stor rekruttering af småfisk opretholder en hård fødekongurrence blandt hovedparten af søens fisk.

Fiskebestanden vil næppe af sig selv ændres i de kommende år, da en meget væsentlig reduktion i fødekongurrencen erfaringsmæssigt er en afgørende forudsætning for den hurtige opvækst hos aborrerne, som kan forskyde fiskebestandens karakter i retning mod tilstanden fundet i de typiske "aborresøer" med mange rovlevende aborrer og få, men store fredfisk.

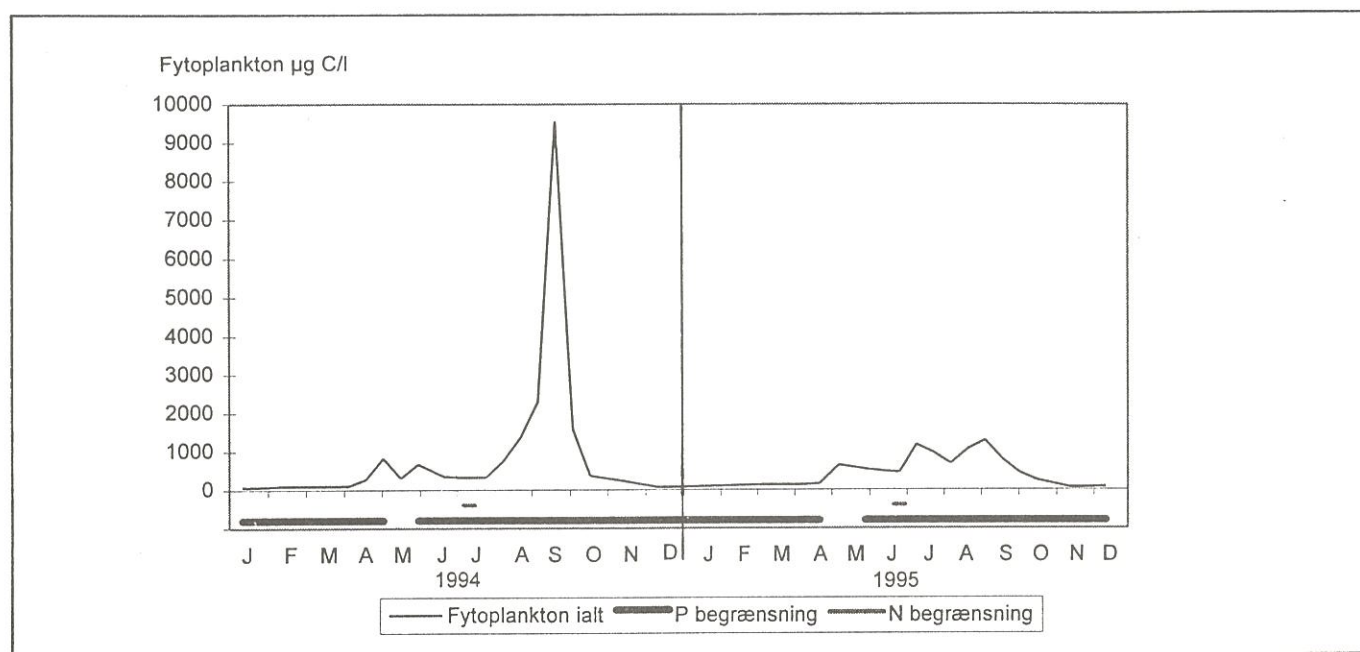
4.6.4 Styrende faktorer

Begrænsning af planteplankton

Fosforbegrænsning		Kvælstofbegrænsning	
Total-P	< 0,05 mg/l		
Ortho-P	< 0,01 mg/l	Uorganisk-N	< 0,02 mg/l
Total-N/total-P	> 10	Total-N/total-P	< 5

Tabel 4.6.4 Kriterier for teoretisk næringssaltbegrænsning af planteplanktonvækst.

Planteplankton var teoretisk begrænset af fosfor gennem hele 1995 undtagen i en kort periode om foråret. Kvælstof var kun teoretisk begrænsende for planteplanktonvæksten i en kort periode om sommeren i 1995.

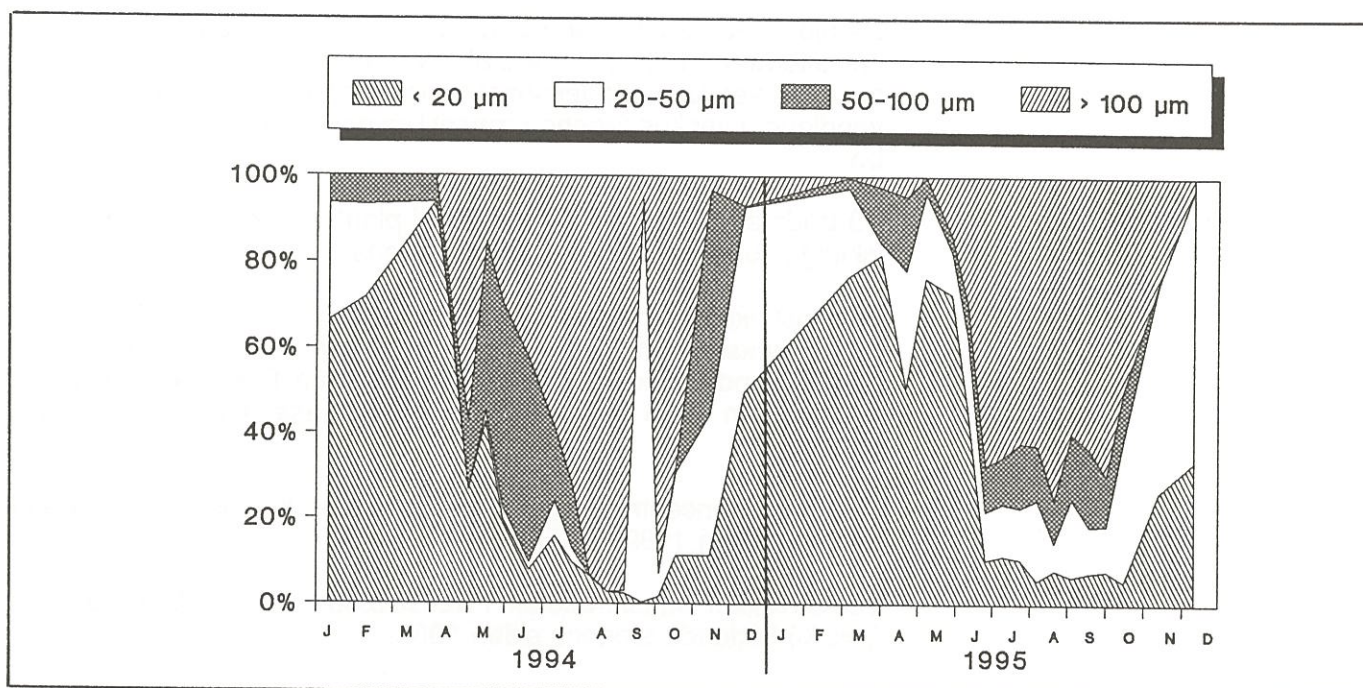


Figur 4.6.6 Perioder med teoretisk næringssaltbegrænsning af planteplanktonvæksten og den totale planteplanktonbiomasse. De anvendte kriterier for næringssaltbegrænsning er anført i tabel 4.6.4.

Når den teoretiske fosforbegrænsning tilsyneladende alligevel ikke begrænser udviklingen i planteplanktonbiomassen om sommeren, kan det skyldes flere forhold: Nogle planteplanktonarter kan ophobe fosfor i cellerne til senere forbrug (luxusoptagelse) f.eks. arter af blågrønalgeslægterne *Microcystis* og *Woronichinia*. Andre planteplanktonarter kan hente næringsstoffer i de dybere vandlag under springlaget, hvor fosforkoncentrationen er meget højere, da de er selvbevægelige f.eks. furealger af slægten *Ceratium*. Disse slægter er rigt repræsenteret i planteplanktonsamfundet om sommeren og efteråret i Sønder sø. Endelig kan planteplanktonsamfundet bestå af arter, der har lavere grænse for fosforbegrænsning end det kriterium, der generelt er stillet op for vurderingen.

Størrelsessammensætning

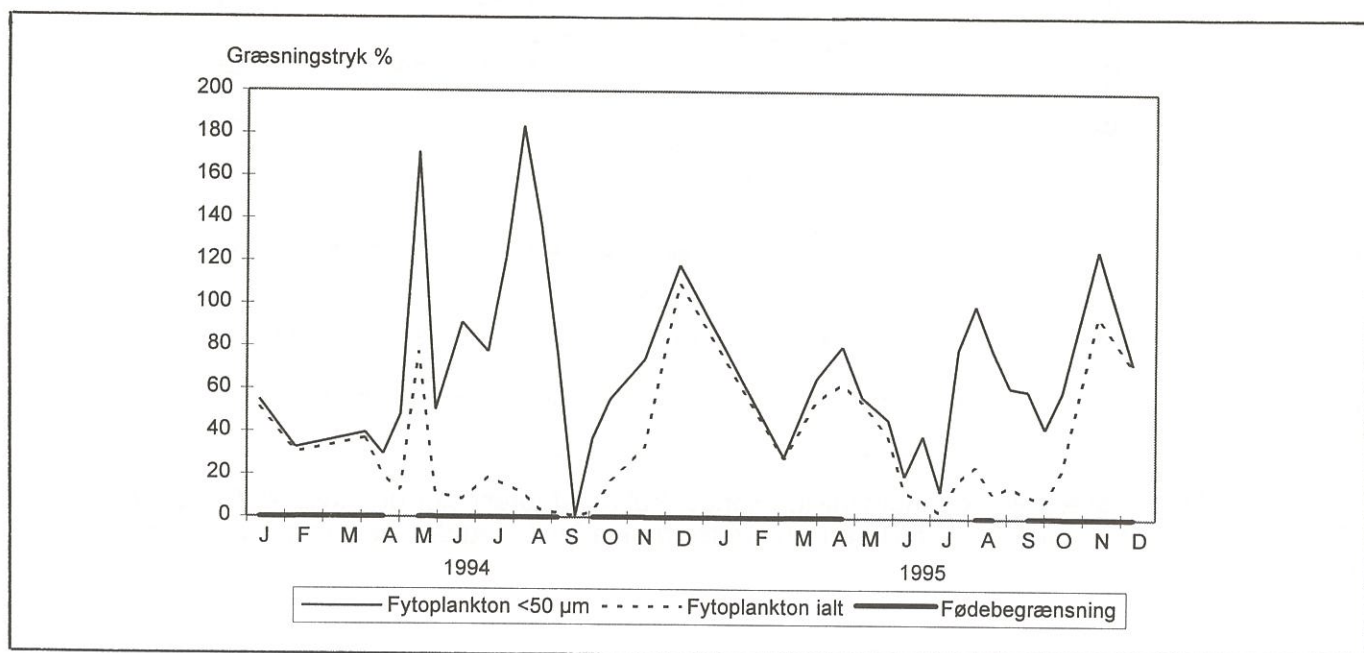
Planteplankton i Sønder sø bestod i 1995 fra januar til maj af mindre arter, der er lette at spise for dyreplankton. Fra juni til oktober dominerede store planteplanktonformer med ringe fødeværdi for dyreplankton.



Figur 4.6.7 Planteplanktonbiomassens fordeling på størrelsesklasser i Sønder sø 1994 og 1995.

Græsning

Den beregnede dyreplanktongræsning havde generelt ringe regulerende effekt på planteplanktonbiomassen i 1995.



Figur 4.6.8 Det beregnede græsningstryk på planteplankton mindre end 50 µm og på den samlede planteplanktonbiomasse samt perioder med fødebegrænsning for dafnier.

I april og november kan dyreplanktons græsning dog have begrænset planteplanktonbiomassen og reguleret dens størrelsessammensætning. I juli og august kan dyreplanktons græsning have reguleret planteplanktons størrelsessammensætning. Den gennemsnitlige græsning i vækstsæsonen lå tæt på gennemsnittet for de øvrige søer, der indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Dafnierne var fødebegrænset om vinteren, første halvdel af foråret og om efteråret i 1995 (figur 4.6.8). De calanoide vandlopper fødebegrænses ved lavere fødekonzentrationer end dafnierne. De calanoide vandlopper var kun fødebegrænset i en periode fra oktober til december.

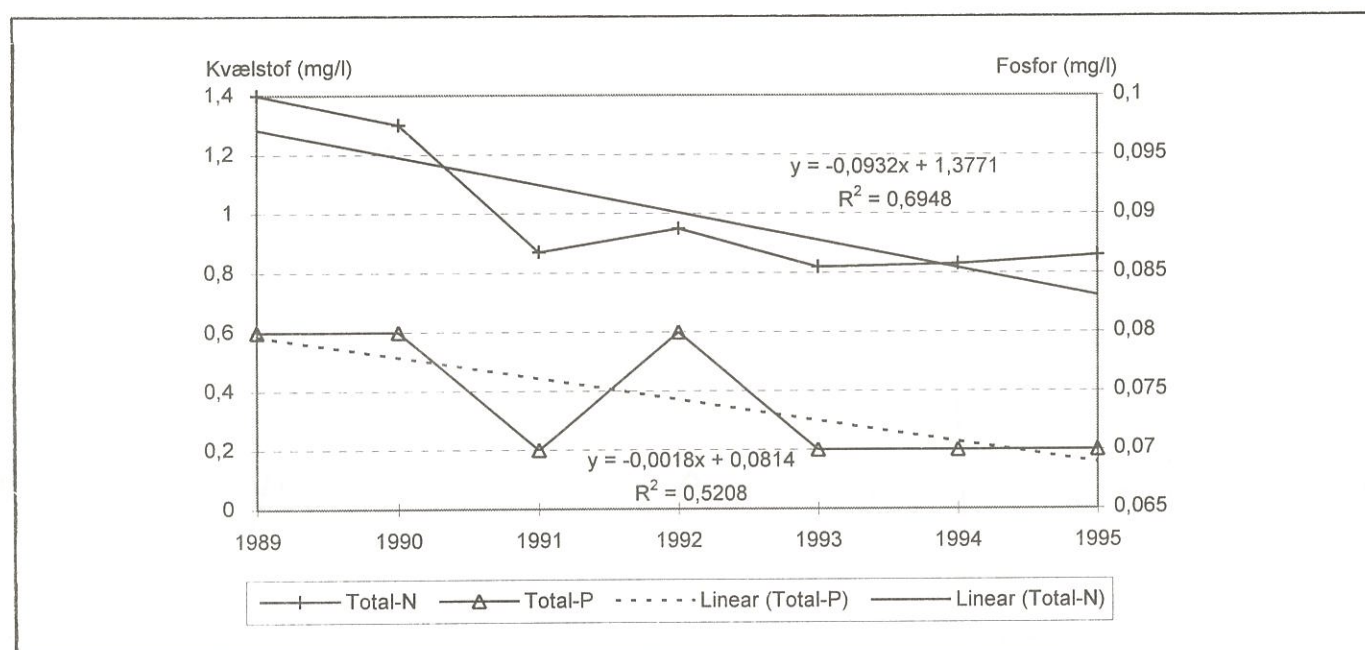
Udvikling 1989–95

På trods af den væsentlige forskel i planteplanktonbiomassens udvikling i 1994 og 1995 var forløbene ens.

Totalfosforkonzentrationen har siden 1991 været teoretisk begrænsende for væksten om vinteren og først på foråret. I 1995 var den også begrænsende i enkelte tilfælde om sommeren. Fosforbegrænsningen i sommeren 1995 kan skyldes, at vandmasserne var lagdelt i en periode.

Totalfosforkonzentrationen i vækstsæsonen har udvist en faldende tendens siden 1989.

Totalkvælstofkoncentrationen i vækstsæsonen har haft en signifikant ($p < 5\%$) faldende tendens siden 1989.



Figur 4.6.9 Den tidsvægtede gennemsnitlige koncentration af totalfosfor og -kvælstof i vækstsæsonen i Sønderø 1989–95. Linien for den lineære regression med formel og den beskrevne variation (R^2) er vist på figuren.

De sidste 3 år har ændringerne i totalkvælstofkoncentrationen i vækstsæsonen været meget små.

Størrelsessammensætning

Størrelsesfordelingen af planteplankton i Sønderø i 1994 lignede den i 1995, men i 1994 dominerede de store arter i en længere periode, fra maj til oktober.

Siden 1989 har der ikke været nogen generel udviklingstendens i biomassen af planteplankton i størrelsesgrupperne $< 20 \mu\text{m}$, $20\text{--}50 \mu\text{m}$ og $> 50 \mu\text{m}$.

Græsning

Den beregnede dyreplanktongræsning havde generelt ringe regulerende effekt på planteplanktonbiomassen i 1995. Dette ligner meget forholdet i 1994. Græsningen fra dyreplankton kan dog have påvirket planteplanktonsamfundets størrelsesfordeling i perioden maj–oktober og muligvis også mængden af planteplankton i maj og om efteråret.

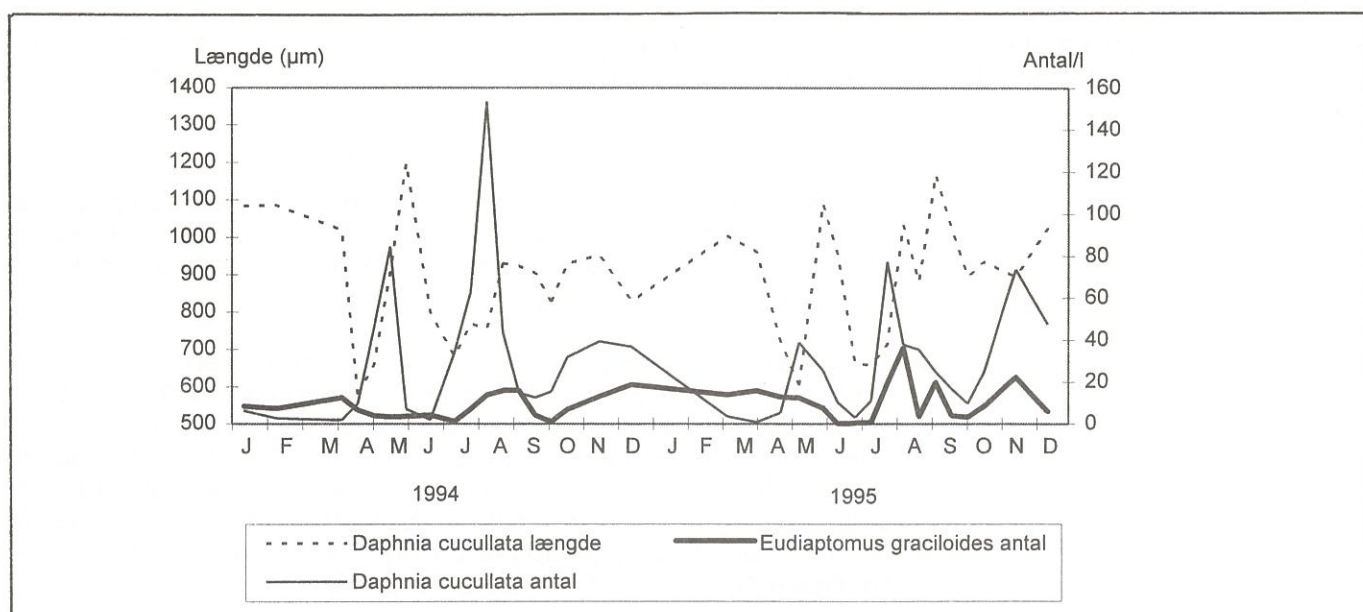
Dafnierne var fødebegrænset det meste af 1994, undtagen korte perioder om foråret og efteråret. De calanoide vandlopper var fødebegrænset hele vinteren og hele sommeren. Det er betydeligt længere end i 1995 (figur 4.6.8).

Længden af *Daphnia*

Den gennemsnitlige længde af *Daphnia spp.* synes umiddelbart at være stigende for perioden 1989–95. Dette skyldes større længder i 1994 og 1995. Disse forskelle er ikke reelle, men skyldes at den fulde længde af dafnierne siden 1994 er blevet målt ifølge anbefalingerne fra DMU. Tidligere blev der kun målt til øjet. Hvis længden af dafnierne korrigeres for størrelsen af "hatten" (længden fra øjet til toppen af hovedet) ved at fratrække 1/3 af total længden for *Daphnia cucullata*, hvilket er et konservativt estimat for sommerperioden, fås en gennemsnitlig længde i henholdsvis 1994 og 1995 på 0,87 og 0,85 mm, og der er ingen signifikant udvikling i den gennemsnitlige længde af *Daphnia spp.*

Prædationstryk fra fisk

Når dyreplankton ikke er i stand til at udvikle store populationer, der kan regulere planteplankton over en større del af året, kan det skyldes et kraftigt prædationstryk på dyreplankton fra årsyngel af specielt skalle og aborre. Årsyngel forekommer normalt omkring juni måned og foretrækker store planktonorganismer, der ikke bevæger sig for hurtigt. Derfor er store dafnier og calanoide vandlopper en yndet føde.



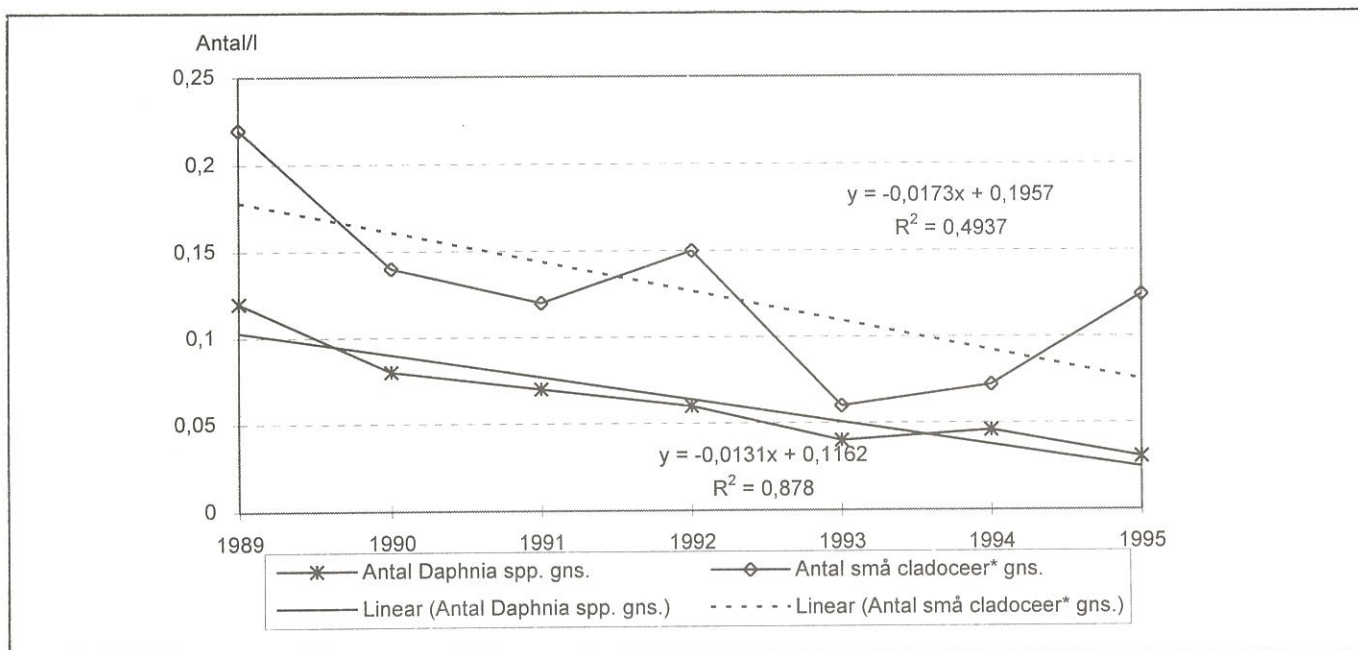
Figur 4.6.10 Den gennemsnitlige længde af *Daphnia cucullata* samt antallet af *Daphnia cucullata* og *Eudiaptomus graciloides* i Sønder Sø 1994–95.

Ud fra gennemsnitslængden og antallet af *Daphnia cucullata* og *Eudiaptomus graciloides* i Sønder sø 1994–95 ses det, at alle 3 værdier er lave samtidigt sidst i juni og først i juli, både i 1994 og 1995. Dette er en kraftig indikation af et prædationstryk fra fisk.

Undersøgelsen af fiskebestanden viste samtidig, at vækstforholdene generelt var ringe, hvilket indikerer en kraftig konkurrence om føden. Prædationstrykket fra fisk kan altså have reguleret dyreplanktonsamfundets størrelse og sammensætning.

Færre Daphnia

I de sidste 7 år har det tidsvægtede gennemsnitlige antal *Daphnia* spp. været signifikant ($p < 1\%$) faldende.



Figur 4.6.11 Det tidsvægtede gennemsnitlige antal *Daphnia* spp. og små cladoceer i vækstsæsonen i Sønder sø 1989–95. Linien for den lineære regression med formel og den beskrevne variation (R^2) er vist på figuren.

Antallet af små cladoceer, primært af slægterne *Chydorus* og *Bosmina*, har også været faldende de sidste 7 år ($p < 10\%$). Det er muligt, at denne udvikling kan tilskrives øget prædationstryk fra fiskeyngel, men rovlevende bunddyr kan også have indflydelse.

Ændret størrelses- og artssammensætning af planteplankton og lav koncentration af mindre planteplanktonarter vil også påvirke dafnierne, da de ikke kan håndtere store alger, og da de fødebegrænses ved højere planteplanktonkoncentrationer end de calanoide vandlopper. Der har ikke været nogen signifikant udvikling i størrelses- og artssammensætningen af planteplanktonsamfundet i Sønder sø. Det synes sandsynligt, at det er et stigende prædationstryk fra fisk, der er den væsentligste årsag til det faldende antal dafnier.

Fiskenes betydning for vandmiljøet

Der er god grund til at tro, at fiskebestandens størrelse og sammensætning både i 1990 og i 1995 har været en kraftig medvirkende årsag til søns ringe sigtddybde over sommeren gennem hele perioden. Hyppige forekomster af store årgange af skaller og brasener sikrer, at fiskebestanden vedvarende er meget talrig, og den heraf betingede

hårde fødekongurrence skaber et stort, størrelsesselektivt prædations-tryk på dyreplanktonet, som forringer dyreplankton muligheder for at begrænse algevæksten over sommeren.

Bio-manipulation

En gennemgribende regulering af fiskebestanden vil sandsynligvis kunne bevirke en markant forbedring af vandkvaliteten. Søens beskudne næringsniveau vil formodentlig medvirke til, at en relativ stor andel af fredfiskebestanden skal fjernes, men netop søvandets beskudne fosforindhold sammenholdt med søens dybdeforhold vil antageligt tillige betyde, at ændringerne mod en rentvandstilstand bliver permanente. Et intensivt vødfiskeri gennem 2–3 år samt en begrænsning af fredfiskenes gydesucces ved brug af gællegarn i gydetiden vil antageligt kunne skabe den nødvendige ændring i fiskebestandens sammensætning.

Effekt

Det umiddelbare resultat af en nedfiskning af fredfiskebestanden i Søndersø afhænger antageligt primært af reduktionens omfang. Tidligere erfaringer fra blandt andet Væng Sø, Engelsholm Sø og Arreskov Sø, som alle er væsentligt mere næringsrige end Søndersø, har vist, at ændringerne i vandmiljøet efter en kraftig reduktion i fredfiskebestanden er sket meget hurtigt, når først en tilstrækkelig – og ofte meget stor andel af fredfiskene er fjernet. Erfaringer fra bio-manipulation i den mere næringsfattige Skærsø har derimod indtil dato ikke resulteret i markante forbedringer i sigtddybden, og det kan ikke udelukkes, at netop en begrænset potentiel fødeproduktion i de mere næringsbegrænsede søer kan bevirke, at en relativt større andel af fiskebiomassen skal fjernes, før indgrebet vil have den ønskede effekt.

En markant reduceret fødekongurrence hos fredfiskebestanden er en betingelse for en succesfuld bio-manipulation. I de ovenfor nævnte søer, hvor bio-manipulation har været gennemført med held, har en kraftig reduktion i fødekongurrencen hos fredfiskebestanden skabt basis for en fremkomst af store dafnier, som har holdt algemængden nede på et lavt niveau gennem sommeren. Samtidig har den reducerede fødekongurrence bevirket en overraskende hurtig fremkomst af en bestand af store rovlevende aborrer formidlet gennem helt ekstreme vækstrater hos de opvoksende aborrer. Erfaringer fra Engelsholm Sø og Arreskov Sø har således vist, at en kraftig reduktion i fødekongurrencen har medført, at aborre ynglen på 2½ år har nået en længde på ca. 25 cm, hvor den lever af rov. Denne udvikling er af stor betydning for forløbet af sørestaureringen, idet en rovlevende aborrebestand antageligt er en betingelse for, at rekrutteringen hos karpefiskene begrænses i de efterfølgende år. En reduktion i fredfiskebestanden kan således formidle et tilstandsskift, ikke blot i fiskebestandens struktur, men i hele søens økologi, mod en klart vandstilstand, som er karakteristisk for aborresøer.

Disse iagttagelser stemmer overens med de senere års forskning indenfor søernes økologi, som har sandsynliggjort, at søer med moderat fosforbelastning har to relativt stabile tilstande, nemlig dels en klart vandstilstand med en dominerende aborrebestand, få dyreplanktonædende fisk og en god udbredelse af undervandsplanter og dels en tilstand med uklart vand med få rovlevende aborrer, mange dyreplanktonædende fisk og næsten ingen undervandsplanter.

Da fødekongurrencen hos fredfiskebestanden ikke blot er et resultat af mængden af fisk, men tillige et resultat af den potentielle fødeproduktion i søen, kan en generel lav produktivitet i de mere næringsbe-

grænsede søer bevirke en større træghed i det biologiske system, og ændringer som følge af opfiskning af fredfisk kan derfor tænkes at indfinde sig senere og langsommere. Selvom en relativ stor del af fredfiskene i Søndersø måske skal fjernes, for at opnå en effekt, er det dog overvejende sandsynligt, at en effektiv reduktion af fredfiskebestanden vil medføre en markant forbedring af søens vandmiljø.

Varige effekter

Hvor et lavt næringsniveau måske kan medføre en større træghed i forbindelse med en biomanipulation, vil det til gengæld sandsynligvis bevirke en langt større stabilitet efter et tilstandsskift mod en rentvandstilstand. Fiskebestandens potentielle indflydelse på vandkvaliteten i årene efter en biomanipulation skal således ses i lyset af søens morfometri og vandkemi, som sætter rammerne for, hvilken stabil fiskebestand søen vil kunne rumme. Søens dybdeforhold og relativt lave sommergennemsnitlige totalfosforkoncentration på 60–80 µg P/l vil empirisk set begunstige en stabil fiskebestand karakteristisk for en "aborresø", hvor fiskebestandens negative indflydelse på vandkvaliteten er minimal.

Stabiliteten i søen efter en udvikling i retning af en klartvandstilstand er antagelig betinget af en betydelig udbredelse af undervandsplanter, som både vil stabilisere sedimentet, danne skjul for dyreplanktonet og give aborrerne en konkurrencemæssig fordel i forhold til karpefiskene. I Søndersø blev der ved fiskeundersøgelsen modsat i mange mere næringsrige søer konstateret en del undervandsvegetation på lavt vand, hvilket vil have betydning for en hurtig rekolonisation af undervandsplanter i den øvrige del af søen. Søens relativ store dybde, beskedne næringsniveau og nuværende udbredelse af undervandsplanter gør det derfor overvejende sandsynligt, at en biomanipulation vil resultere i en stabil forbedring af vandmiljøet.

Opfiskning

De praktiske muligheder for at gennemføre en effektiv biomanipulation afhænger af de anvendte ressourcer, både tidsmæssigt og redskabsmæssigt, set i forhold til fredfiskebestandens størrelse, produktivitet og fangbarhed.

Skalle- og brasenbestandens biomasse i Søndersø er henholdsvis 22 tons og 24 tons, hvoraf en væsentlig andel af især skallebestanden består af unge fisk. Regnes der med en reduktion på mindst 90 % skal der således fjernes ca. 41 tons skidtfisk. Dette forudsætter dog, at reduktionen sker over en meget kort periode, da fiskene vil kompensere for opfiskningen gennem en forøget vækstrate. De aktuelle vækstrater hos fredfiskebestanden er beskedne, hvilket vidner om en betydelig fødebegrænsning, men reduceres bestanden, vil vækstraten erfaringsmæssigt kunne øges markant, således at de enkelte fisk mangedobler deres biomasse på et år.

I denne sammenhæng er fiskebestandens størrelsesstruktur afgørende, idet erfaringer fra andre biomanipulationsforsøg har vist, at etårige skaller og brasener formår at tidoble deres vægt eller mere på et år, mens tilvæksten hos de ældre fisk er mere beskedne. Da en relativ stor del af skalle- og brasenbestanden i Søndersø i dag består af unge fisk, skal fiskeriet derfor ikke blot rettes mod den stående biomasse, men tillige tage højde for den løbende produktion. En hurtig og effektiv indsats er derfor helt nødvendig såfremt en biomanipulation skal kunne realiseres indenfor en overskuelig periode.

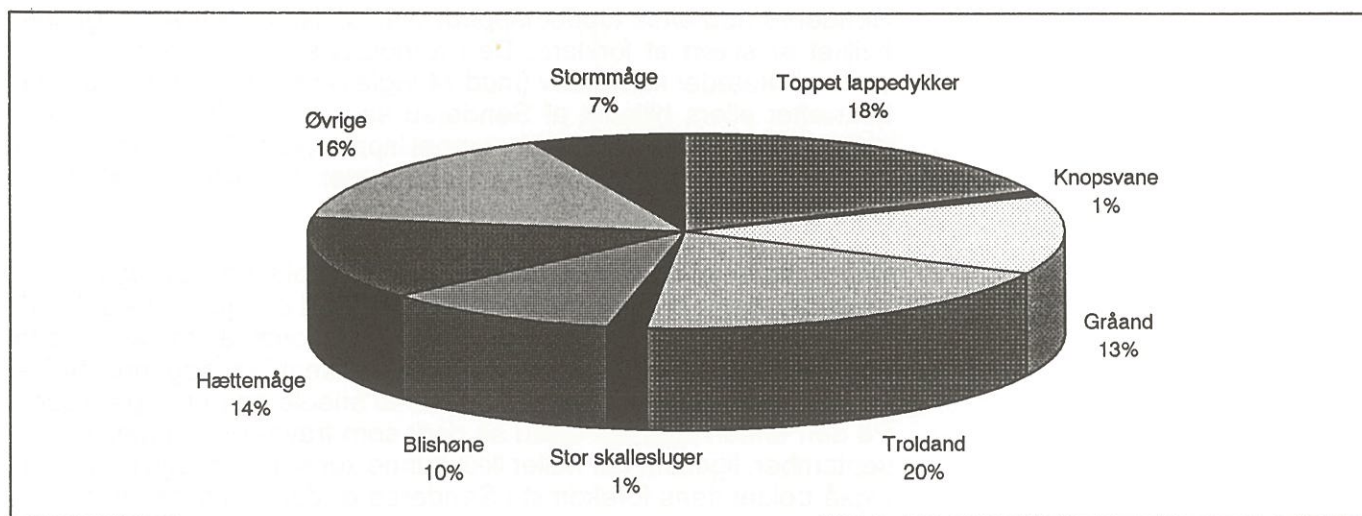
Fiskeritrykket skal derfor antageligt helst være større end 80 % årligt, for at reduktionen skal kunne gennemføres på 2–3 år. Heri er dog ikke medregnet den naturlige dødelighed foranlediget af sandarternes og geddernes rov, som kan have en afgørende effekt på især skallebestanden, når bestanden formindskes radikalt, idet rovfiskenes vil æde en stadig større relativ andel af den resterende del af bestanden, når bestanden reduceres.

Brasenerne er i højere grad beskyttet mod rovfiskene i kraft af deres størrelse og kropsform, og fiskeriet bør derfor primært rettes mod brasenbestanden, da rovfiskebestanden i højere grad vil have mulighed for at regulere skallebestanden. Det er desuden afgørende at begrænse fredfiskenes rekrutteringssucces, da en stor mængde småskaller og småbrasener vil kunne påvirke dyreplanktonet negativt. Sandarter og gedder vil erfaringsmæssigt ikke være i stand til at regulere mængden af småfisk, og det er derfor nødvendigt at begrænse fredfiskenes rekrutteringssucces gennem et aktivt fiskeri før – og under skallernes- og brasenernes gydeperiode. En effektiv begrænsning af fredfiskeynglen vil dog formodentlig først finde sted, når bestanden af store rovlevende aborrer er øget væsentligt som følge af en mindsket fødekongurrence. I den forbindelse er det antageligt især afgørende, at brasenbestanden bliver reduceret.

4.6.5 Sønder søs fuglebestande

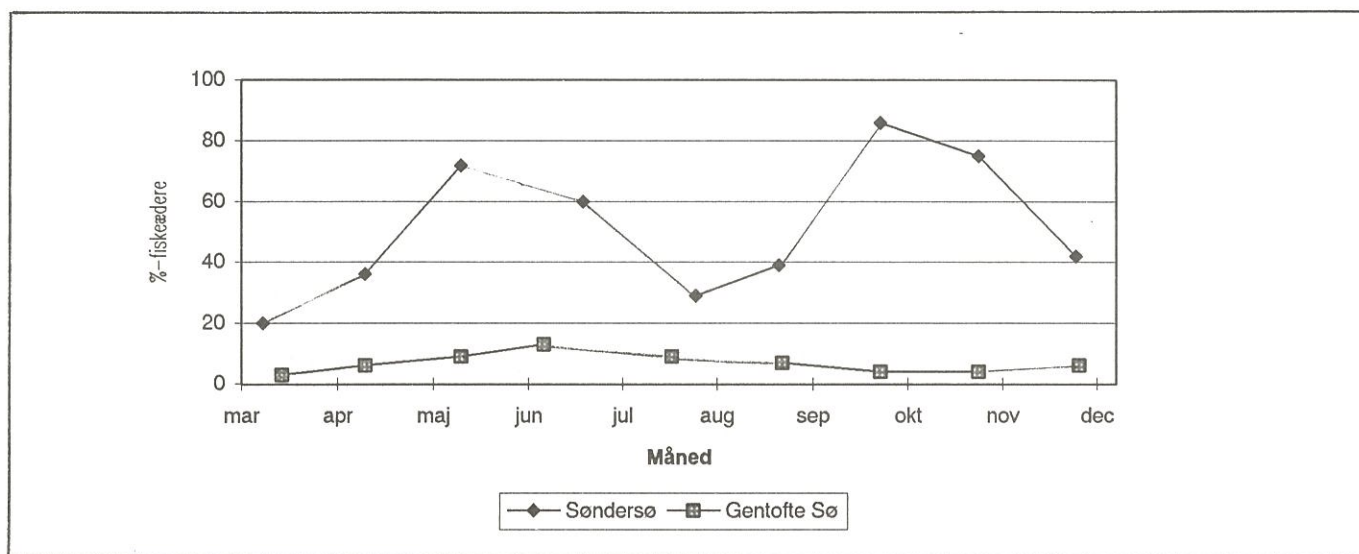
Sømiljøets betydning for fuglene

Som figur 4.6.12 viser, domineredes Sønder sø i 1995 ikke af nogen bestemt art. Troidand, toppet lappedykker, hættemåge, gråand og blyshøne stod tilsammen for godt tre fjerdedele af observationerne.



Figur 4.6.12 Den procentvise fordeling af arternes forekomst i Sønder sø 1995. Kun talrige arter og vigtige indikatorarter er vist særskilt.

Andelen af fiskeædere blandt indikatorarterne var særdeles svingende i Sønder sø; i maj og september nåede den således op mellem 70 og 90 %, mens den i marts, juli og november var nede på 20–40 % (figur 4.6.13), primært grundet større forekomster af troidand, hvis forekomst nærmest spejles af fiskeæder-kurven.



Figur 4.6.13 Den procentvise andel af fiskeædere blandt indikatorarterne i Sønder sø gennem 1995. Til sammenligning vises Gentofte Sø som et udtryk for en tilstand nær basistilstanden.

Den uden sammenligning vigtigste fiskeæder var toppet lappedykker (figur 4.6.12), omend arten ikke forekom i antal på over 40 fugle. I perioden april-oktober lå antallet uændret mellem 25 og 40 fugle; de lavere antal uden for denne periode skyldes, at fuglene forlod søen, der isdækkes 100 % i vintre som den efterfølgende (1995-1996). Det uændrede antal gennem yngleperioden vidner om artens ringe ynglesucces i Sønder sø; kun 2 ud af 23 ynglepar (9 %) havde kuld i juli-august, og kuldene bestod af kun én unge hver.

Sønder sø bød altså toppet lappedykker tvivlsomme levedmuligheder, hvilket er svært at forklare. Den forholdsvis store forekomst af en anden fiskeæder som skarv (med 14 fugle i august som højeste antal) bekræfter ellers billedet af Sønder sø som en "skidtfiskesø", hvilket plejer at betyde gode forhold for toppet lappedykker. Fødekongurrence mellem toppet lappedykker og skarv udgør muligvis en del af forklaringen.

Den vigtigste af de øvrige indikatorarter var trolldand, der tegnede sig for knapt 20 % af observationerne (figur 4.6.12). I juli-august havde Sønder sø med 70-75 fugle den højeste forekomst af trolldand i de tre søer på det tidspunkt, og arten sås ikke sjældent fødesøgende, hvilket umiddelbart indikerer en god bestand af snegle og muslinger i søen. På den anden side var arten så godt som fraværende i maj-juni og september, ligesom der heller ikke kunne konstateres tegn på ynglen. Også trolldandens forekomst i Sønder sø er dermed svært at tolke.

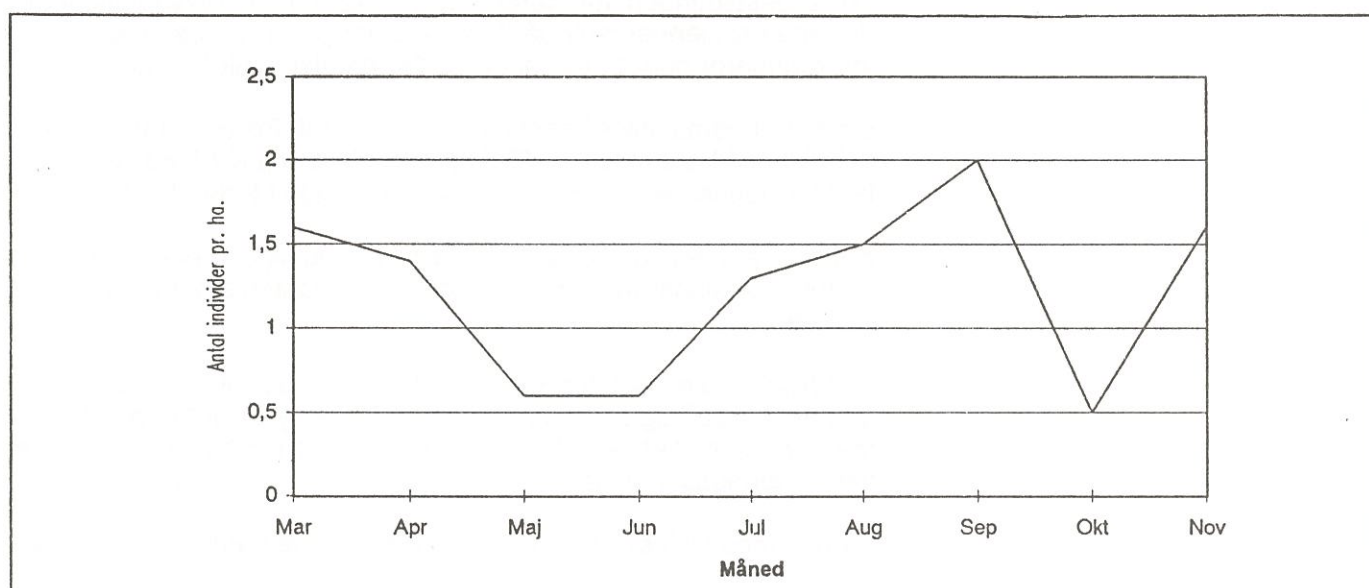
Af øvrige indikatorarter bør nævnes blishøne med godt 10 % af observationerne. I absolutte tal var blishønens forekomst i Sønder sø dog mindre end i de øvrige søer og næsten konstant faldende, fra 44 fugle i marts til højst 5 fugle i september-november.

Fra maj til juni steg antallet af blishøns en smule, fordi 7 af søens kun 10 ynglepar fik i alt 10 kyllinger (1,4 pr. kuld). I juli var antallet af kuld imidlertid reduceret til 5 med kun én kylling i hvert, hvilket er en relativt ringe ynglesucces.

Alt i alt synes Søndersø ikke egnet som levested for blishøne, sandsynligvis på grund af mangel på vandplanter. En anden årsag kan være manglen på græsarealer ned til søen, som øjensynligt er den faktor, der betinger blishønens forekomst i Bagsværd Sø, se afsnit 3.6.5. De nævnte forhold betyder tillige, at en art som knopsvane næsten ikke optrådte i Søndersø (figur 4.6.12).

Fuglenes betydning for sømiljøet

Søndersø rummede i 1995 få vandfugle i forhold til sin størrelse, 0,5–2 fugle pr. ha. vandoverflade med toppunkt i september (figur 4.6.14). Fuglene påvirkede derfor sandsynligvis ikke sømiljøet væsentligt, hvad næringstilførsel angår.



Figur 4.6.14 Antal fugle pr. ha vandoverflade i Søndersø 1995.

De relativt store bestande af toppet lappedykker og skarv har gjort et indhug på småfiskebestanden i størrelsesordenen 2,5 tons, hvoraf toppet lappedykker står for $\frac{2}{3}$. Dette har ikke forrykket søens tilstand, selv om fuglenes indtag skulle svare til hele 12 vægt-% af søens bestand af småfisk.

Heller ikke bestanden af blishøne i Søndersø var i 1995 så stor, at den skønnes at have udøvet en væsentlig påvirkning af søens økosystem.

Gråand og hættemåge henter som nævnt hovedparten af føden uden for søens økosystem og spiller derfor ingen væsentlig rolle i fødekæden.

4.7 Samlet vurdering af tilstanden i Søndersø, 1995

På grund af den store afstrømning i 1995 blev vandets opholdstid i søen 2,7 år, og dermed den korteste i de seks år overvågningsprogrammet har været i drift.

Den samlede belastning af kvælstof til Søndersø var i 1995 på 7328 kg kvælstof, og er dermed 25 % større end i 1994. Det er især belastningen fra landbrugsarealet, der er steget, hvilket skyldes den større afstrømning, eller ændringer i opgørelsen af det umålteopland. Fosforbelastningen har været relativt stabil i hele overvågningsperioden med et gennemsnit på 203 kg fosfor pr. år. Belastningen i 1995 var reduceret noget i forhold til dette, nemlig til alt 170 kg.

De årsgennemsnitlige koncentrationer af total-fosfor og total-kvælstof lå i 1995 på henholdsvis 0,05 mg P/l og 0,78 mg N/l. Dette er et svagt fald for begge næringsstoffers vedkommende i forhold til tidligere år.

Koncentrationen af de umiddelbart tilgængelige næringsstoffer var under detektionsgrænsen i en stor del af planteplanktonnets vækstperiode.

Sigtedybden blev lidt forbedret i 1995 i forhold til året før, der var usædvanligt dårligt. Især sommersigten blev tydeligt forbedret. Sommergennemsnittet på 0,94 meter er dog ringe i forhold til søen relativt ringe næringsstofniveau.

I lighed med tidligere år blev der ikke påvist klarvandsperioder i søen.

I juni – august var der dårlige iltforhold i bundvandet, men på grund af søens "tragtformede" morfometri, var det kun et begrænset areal af søbunden, der var påvirket af de dårlige forhold. Imidlertid ses en stigende fosforkoncentration i denne periode som tegn på en vis frigivelse fra sedimentet.

Fytoplanktonbiomassen var den laveste i perioden siden 1989. Blågrønalger dominerede fytoplanktonbiomassen ligesom i årene 1989–92 og 1994.

Den væsentligste styrende faktor for fytoplanktonbiomassens udvikling i Søndersø i 1995 var sandsynligvis fosforbegrænsning.

Zooplanktonbiomassen var steget svagt i forhold til 1994, men var på samme niveau som de øvrige år i perioden. Som de øvrige år dominerede dafnier zooplanktonbiomassen. Zooplanktonbiomassen i Søndersø var i 1995 sandsynligvis primært reguleret af prædation fra fisk, især årsyngel, men i perioder kan mængden af tilgængelig føde også have haft betydning.

Det lave næringsniveau skulle danne rammen om en stabil fiskebestand domineret af store aborrer og af store skaller, men både i 1990 og i 1995 havde fiskebestanden karaktertræk tilfælles med fiskebestande fundet i væsentligt mere næringsrige søer.

