

*TPI*

R o s k i l d e

A m t



## Borup Sø 1989-99



Teknisk  
Forvaltning

**V** VANDMILJØ  
overvågning



**VANDMILJØovervågning**

**Borup Sø**

**1989-99**

**Titel:** VANDMILJØovervågning. Borup Sø 1989-99

**Udarbejdet af:** Fiskeøkologisk Laboratorium  
*Konsulent:* Jens Peter Müller, Jens Gerup & Helle Jerl Jensen

**Udarbejdet for:** Roskilde Amt, Teknisk Forvaltning

**Kortmateriale:** Udsnit af kort- og Matrikelstyrelsens kort er gengivet med copyright Kort- og Matrikelstyrelsens tilladelse. Kort- og Matrikelstyrelsen 1992/KD.86.1035.

**Tryk:** 1. oplag 50 stk.

**ISBN:** 87-7800-410-1

**Købes hos:** Roskilde Amt, Biblioteket, Køgevej 80, 4000 Roskilde,  
Tlf.: 46 30 35 52

**Pris:** 50 kr.

## Forord

I 1987 vedtog Folketinget Vandmiljøplanen, hvis formål er at reducere udledningen af næringsstoffer til vandmiljøet. Målet med Vandmiljøplanen var en reduktion af fosforudledningerne med 80% og kvælstofudledningerne med 50%. For at kunne følge effekterne af den forventede reduktion i næringsstofudledningen, blev der i 1989 iværksat et intensivt overvågningsprogram af grundvand, spildevand, overfladevand og atmosfæren.

Som en del af dette program er 37 søer udpeget som overvågnings søer. Søerne blev udvalgt således, at de er repræsentative for de øvrige danske søer. I Roskilde Amt er udvalgt to overvågnings søer, Gundsømagle Sø og Borup Sø.

Ved revisionen af overvågningsprogrammet i 1998 ændredes overvågningen fra specifikt at være rettet mod at opgøre effekterne af de reduktionsmål, der bl.a. blev opstillet i Vandmiljøplanen, til at omfatte vandmiljøets tilstand i en bredere forstand. Eksempelvis er overvågningen af tungmetaller og miljøfremmede stoffer nu integreret i overvågningsprogrammet. Samtidig ændrede overvågningsprogrammet navn fra "Vandmiljøplanens Overvågningsprogram" til "Nationalt Program for Overvågning af Vandmiljøet 1998-2003", i daglig tale blot NOVA-2003.

Som regionale myndigheder er det amternes opgave at føre tilsynet med overvågnings søerne. Amterne behandler de indsamlede data og udgiver årligt rapporter om tilstanden og udviklingen i de enkelte overvågnings søer. De indsamlede data overføres endvidere til DMU, der på baggrund af disse data og amternes rapporter sammenfatter resultaterne fra alle søerne i en årlig statusrapport.

Nærværende rapport omhandler tilstanden i Borup Sø samt udviklingen i perioden 1989-99.

# Indholdsfortegnelse

- 1. Sammenfatning 5**
- 2. Indledning 9**
- 3. Klimatiske forhold 11**
- 4. Sø- og oplandsbeskrivelse samt målsætning 13**
- 5. Søtilløb - vandføring og stofkoncentrationer 16**
  - 5.1 Vandføring 16
  - 5.2 Fosfor 17
  - 5.3 Kvælstof 19
- 6. Vandbalance 20**
- 7. Stofbalance 23**
  - 7.1 Fosfor 23
  - 7.2 Kvælstof 26
  - 7.3 Jern 28
- 8. Fysisk-kemiske målinger i søen 30**
  - 8.1 Næringsstoffer 30
  - 8.2 Øvrige målinger i søvandet 33
- 9. Biologiske målinger i søen 35**
  - 9.1 Planteplankton 35
  - 9.2 Dyreplankton 37
  - 9.3 Fiskebestand 40
  - 9.4 Samspillet mellem stofkoncentrationer, plankton og fiskebestand 44
- 10. Konklusion 47**
- 11. Referencer 48**
- 12. Bilagsfortegnelse 51**

# 1. Sammenfatning

<i>Vandtilførsel</i>	Vandtilførslen var i 1999 på 2,10 mill. m <sup>3</sup> , hvilket er i samme niveau som året før og ca. 20% over gennemsnittet for perioden 1989-98. Vandtilførslen var især stor i årets tre første måneder.
<i>Fosfortilførsel</i>	Den samlede fosfortilførsel var i 1999 med 188 kg lidt under middelværdien for overvågningsperioden og en del under fosfortilførslen i 1998, hvor bidraget fra dyrkede arealer var væsentligt større end i 1999.
<i>Fosfortilbageholdelse</i>	Søen tilbageholdte også i 1999 en del af den tilførte fosfor, hvorved søsedimentets fosforpulje fortsatte med at blive forøget. Tilbageholdelsen var dog med 9% væsentligt mindre end i hovedparten af de øvrige år i overvågningsperioden.
<i>Kvælstoftilførsel</i>	Den samlede kvælstoftilførsel var i 1999 med 12,9 ton noget mindre end i 1998 og i niveau med gennemsnittet for hele perioden 1989-98.
<i>Søvandskoncentrationer - næringsstoffer</i>	Fosforindholdet i søvandet var øget som årgennemsnit, men faldet en smule som sommergennemsnit sammenlignet med året før. Både års- og sommergennemsnittet var dog som i 1998 med henholdsvis 0,129 mg P/l og 0,176 mg P/l under gennemsnittet set i forhold til hele perioden 1989-98.  Års- og sommermiddelkoncentrationen af totalkvælstof var med henholdsvis 3,66 mg N/l og 2,30 mg N/l faldet i forhold til i 1998 og under gennemsnittet for årene 1989-98.  Set for hele perioden 1989-99 er der sket et signifikant fald i koncentrationerne af både kvælstof og fosfor i søvandet som sommergennemsnit.
<i>Sommersigt dybde</i>	Både sommermiddelsigt dybden på 0,59 m og den årgennemsnitlige sigt dybde på 0,74 m var forringet i forhold til i 1998. Sigt dybden var dermed den ringeste indenfor de sidste fire år.
<i>Plankton - påny blågrønalger i 1999</i>	Sommermiddelbiomassen af planteplankton var i 1999 med 18,3 mm <sup>3</sup> /l i samme niveau som i året før og lidt under middelbiomassen i overvågningsperioden. Planteplanktonet var som i 1998 domineret af kiselalger, men i modsætning til i de foregående to år forekom en massiv opblomstring af blågrønalger i sensommeren 1999, som ligeledes har været kendetegnende for årene før 1997.  Der kan ikke påvises nogen signifikant udvikling i planteplanktonbiomassen gennem overvågningsperioden.
<i>- færre dafnier i 1999</i>	Gennem overvågningsperioden er der sket et signifikant fald i dyreplanktonbiomassen primært forårsaget af en signifikant nedgang i dafniernes biomasse. I 1999 var sommermiddelbiomassen faldet i forhold til i 1998 til 451 µg tv/l, hovedsageligt som følge af en ringe mængde dafnier, som optrådte med samme ringe biomasse som i årene 1996-97. Bortset fra en stor forekomst af små dafnier i slutningen af maj og i starten af juni dominerede vandlopper og hjuldyr dyreplanktonet gennem det meste af sommeren.
<i>Fiskebestand</i>	I 1996 blev der indledt en opfiskning af søens store fredfiskebestand med det formål, at fremskynde en positiv udvikling i søen. Siden opfiskningen blev

påbegyndt, er der fjernet omkring 6,6 ton skaller og brasener fra søen samtidig med, at der årligt er udsat omkring 25-30.000 stk. geddeyngel.

Resultatet af fiskeundersøgelsen i 1999 viste kun mindre ændringer i fiskebestanden i forhold til året før. På trods af fiskeriet var både antallet og biomassen af søens skaller og brasener dog øget i forhold til året før som følge af en usædvanlig effektiv rekruttering hos begge arter. Årets fiskeyngelundersøgelse viste samstemmende en stor mængde årsyngel og etårsfisk af især skaller og regnløjer.

Fiskenes kondition var generelt blevet forværret, og aborrebestanden var som tidligere ringe, og søen rummer vedvarende en stor mængde dyreplanktonædende småfisk. Disse forhold tyder på en til dato meget begrænset effekt af opfiskningen. For at overkomme trægheden i fiskebestanden intensiveres opfiskningen i 2000, og udsætning af geddeyngel fortsætter.

### *Samlet vurdering og konklusion*

Søens miljøtilstand blev i perioden 1989-96 forværret væsentligt, med stigende planteplanktonbiomasser og stigende dominans af blågrønalger. Samtidig faldt dyreplanktonbiomassen støt gennem perioden og dyreplanktonets evne til at regulere planteplanktonet faldt tilsvarende.

I 1997 faldt algebiomassen blandt andet på grund af en væsentlig reduktion i mængden af blågrønalger, og sigtddybden steg markant. Den positive udvikling kunne primært tilskrives en ringe tilførsel af næringssalte og en nedsat resuspension.

I 1998 fik søen tilført en relativ stor fosformængde i forårsperioden, hvilket antageligt var medvirkende til en øget fosforkoncentration over sommeren. Algebiomassen steg igen i 1998, men som i 1997 udeblev masseopblomstringen af blågrønalger, muligvis som følge af en kold sommer. Mængden af suspenderet stof forblev dog lav, hvilket bevirkede en forholdsvis god sigtddybde især forår og efterår.

I 1999 forværredes tilstanden. Sigtddybden faldt igen og for første gang siden 1996 forekom en masseopblomstring af blågrønalger i sensommeren. Hos dyreplanktonet faldt især dafniernes biomasse, hvilket resulterede i et meget ringe græsningstryk på algerne. Forværringen er sammenfaldende med en negativ udvikling i fiskebestanden, hvor især en forøgelse af brasenbestanden kan have haft en negativ effekt. Fiskene begrænser antageligt vedvarende dyreplanktonets muligheder for at nedgræsse planteplanktonet, og en væsentlig forbedring kan ikke opnås før tætheden af fredfisk nedbringes til et væsentligt lavere niveau end hidtil.

Borup Sø er generelt målsat (B) hvilket bl.a. indebærer krav til en gennemsnitlig fosforkoncentration mindre end 100-150 µg P/l og en sigtddybde ikke under 1 meter, begge beregnet som sommergennemsnit. Desuden er der krav om en udbredt undervandsvegetation og en varieret og alsidig fiskebestand uden masseforekomst af fredfisk.

For nærværende er ingen af kravene opfyldt, men en væsentlig intensivering af opfiskningen vil dog formodentligt kunne starte en positiv udvikling. Helt afgørende for søens udvikling i de kommende år er det imidlertid, hvorvidt det lykkes at reducere næringsstofftilførslen til søen i et tilstrækkeligt omfang.

### *Nøgleparametre*

Udviklingen gennem hele overvågningsperioden for udvalgte nøgleparametre er summarisk angivet i tabel 1. Eventuelle udviklingstendenser for hele



*perioden 1989-99* er undersøgt ved hjælp af lineær regressionsanalyse og resultaterne af denne analyse er angivet ved hjælp af symboler. Det skal bemærkes, at da den foretagne analyse som nævnt er baseret på hele overvågningsperioden, vil en eventuel ny udvikling inden for de sidste par år ikke nødvendigvis statistisk slå igennem.

**Tabel 1.** Nøgleparametre i 1999 samt udvikling i 1989-99 i belastningsforhold, vandkemi og biologiske parametre. Evt. statistisk signifikante ændringer er undersøgt vha. lineær regressionsanalyse. +/-, ++/- - og +++/--- svarer til en stigning/reduktion på henholdsvis 5%, 1% og 0,1% signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

Parameter	Enhed	1999	Udvikling
Opholdstid	år	0.042	0
Fosforbelastning	t/år	0.112	0
Indløbskoncentration	mg/m <sup>2</sup> /dag	3.24	0
P-retention	mg P/l	0.089	0
	mg/m <sup>2</sup> /dag	0.46	0
	%	8.3	0
Kvælstofbelastning	t/år	12.896	0
	mg/m <sup>2</sup> /dag	371.9	0
Indløbskoncentration	mg N/l	6.13	0
N-retention	mg/m <sup>2</sup> /dag	10.65	0
	%	7.8	0
Sediment PTOT (0-2 cm dybde)	mg P/g tv		
Sediment NTOT (0-2 cm dybde)	mg N/g tv		
Fe:P (0-2 cm dybde)			
P total år	mg P/l	0.129	0
P total sommer	mg P/l	0.176	-
PO4-P år	mg P/l	0.016	0
PO4-P sommer	mg P/l	0.009	-
N total år	mg N/l	3.66	0
N total sommer	mg N/l	2.30	-
Uorganisk N år	mg N/l	1.913	0
Uorganisk N sommer	mg N/l	0.044	0
pH år		8.3	0
pH sommer		8.4	0
Sigt dybde år	m	0.74	0
Sigt dybde sommer	m	0.59	0
Klorofyl år	µg/l	68	0
Klorofyl sommer	µg/l	100	0
Suspenderet stof år	mg SS/l	17.6	0
Suspenderet stof sommer	mg SS/l	25.5	0
Planteplanktonbiomasse år	mm <sup>3</sup> /l	11.6	0
Planteplanktonbiomasse sommer	mm <sup>3</sup> /l	18.3	0
% blågrønalger sommer	%	19.7	0
% kiselalger sommer	%	40.6	0
% grønalger sommer	%	15.0	0
Dyreplanktonbiomasse år	µg TV/l	262	--
Dyreplanktonbiomasse sommer	µg TV/l	451	---
% hjuldyr sommer	%	34.2	0
% vandlopper sommer	%	34.7	0
% cladoceer sommer	%	31.0	0
% Daphnia af cladoceer	%		
Middelvægt af daphnia			
Middelvægt af cladoceer			
Græsningstryk sommer			
Pot. græsning			
% af planteplanktonbiomasse	%	9.1	-
% af planteplanktonbiomasse < 50 µm	%	12.7	--
Fisk			
Total antal (CPUE-garn)	stk.	356	0
Total vægt (CPUE-garn)	kg	7.352	0
% rovfisk i antal (CPUE-garn)	%		
% rovfisk i vægt (CPUE-garn)	%		
Fiskeyngel i littoralen	stk./m <sup>3</sup>	4.6	0
Fiskeyngel i pelagiet	stk./m <sup>3</sup>	2.0	0
Undervandsplanter			
Max. dybdegrænse	m		
Dybdegrænse for ægte vandplanter	m		
% RPA			
% RPV			

## 2. Indledning

Borup Sø indgår under det nationale overvågningsprogram af vandmiljøet (NOVA) og er udvalgt som repræsentant for den type af søer, hvor næringssaltbelastningen primært stammer fra landbrugsdrift.

Siden Vandmiljøplanen blev indledt i 1989 har Roskilde Amt årligt udarbejdet en rapport om tilstanden og udviklingen i søen.

Den første rapport beskriver tilstand og udvikling i perioden 1983-89 /1/. Rapporten omfatter desuden en detaljeret beskrivelse af overvågningens måleprogram, søens topografiske opland, belastningskilderne og de fysisk/kemiske forhold i søvandet inden for perioden.

Den anden rapport dækker perioden 1989-91 og omfatter en præsentation og vurdering af tilstand og udvikling i stofbelastning, fysisk-kemiske forhold i søvandet, sedimentkemi samt tilstand og udvikling i søens biologiske forhold - henholdsvis planteplankton og dyreplankton, bund og bredfauna samt fiskebestand /2/.

Den tredje rapport omhandler udviklingen i stofbelastningen, de fysisk/kemiske forhold i søvandet samt udviklingen i plante- og dyreplanktonsamfundet i 1989-92 /3/. I rapporten er der endvidere fokuseret på samspillet mellem stofbalance, vandkvalitet og planktonets mængde og forekomst.

Den fjerde rapport omhandler resultaterne af undersøgelserne i 1993 og udviklingen i stofbelastning og fysisk/kemiske forhold i søvandet /4/. Endvidere beskrives tilstanden og udviklingen i søens biologiske forhold - planteplankton, dyreplankton, bund- og bredfauna samt fiskebestand. Resultaterne vedrørende fiskeundersøgelsen i 1993 er udgivet i en særskilt rapport /5/ og er derfor kun kortfattet omtalt. I rapporten er endvidere vurderet den "naturgivne" stoftilførsel til søen samt søtilstanden, såfremt søen ikke var påvirket af den kulturbetingede næringsstofftilførsel. Herunder hvilke tiltag der er nødvendige for at bringe søens tilstand i overensstemmelse med målsætningen.

Den femte rapport omhandler resultaterne fra overvågningen i 1994 samt udviklingen i perioden fra 1989-94 /6/. Det overordnede tema for årets rapportering er grundvand og der er derfor i rapporten fokuseret på vandudvekslingen mellem søen og grundvandet. Endvidere er der i rapporten fokuseret på samspillet mellem næringssaltkoncentrationer, planteplankton, dyreplankton og fiskebestand samt markante ændringer i overvågningsperioden 1989-94.

Den sjette rapport om Borup Sø omhandler resultaterne fra overvågningen i 1995 og udviklingen i perioden 1989-95 /7/. Dette år er der i overensstemmelse med det udsendte paradigme ikke et fællestema inden for søovervågningen og denne rapport har derfor karakter af en "normalrapportering".

Den syvende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen i 1996 samt udviklingen i perioden 1989-96 /8/. Fællestemaet for årets rapportering er *ferskvand* og i overensstemmelse med paradigmet er tilstanden og udviklingen i amtets to overvågnings søer Gundsømagle Sø og Borup Sø, tillige med en status over tilstanden og udviklingen i amtets øvrige søer, samlet i én rapport. Formålet med at inddrage det regionale søtilsyn i årets rapportering

er dels at få et mere dækkende billede af søernes tilstand på landsplan og dels at få en status over tilstanden og udviklingen i søerne på regionalt plan. I rapporten redegøres bl.a. for målsætningerne for amtets søer samt hvorvidt de enkelte søer opfylder de tildelte målsætninger. Endelig redegøres der i rapporten for de tiltag, der er iværksat eller planlagt iværksat for de søer, der endnu ikke opfylder målsætningerne. For overvågningssøernes vedkommende er der i rapporten mere fokuseret på udviklingen i perioden 1989-96 fremfor på årstidsvariationer i de enkelte år. En række mere generelle forhold, bl.a. vedrørende årstidssvingninger i de vandkemiske forhold, er derfor udeladt i rapporten og der henvises i stedet til tidligere års rapporter. Udover det faste årlige tilsyn er der dette år i Gundsømagle sø foretaget en fiskeundersøgelse samt en undersøgelse af søens sediment. Resultaterne fra fiskeundersøgelsen er udsendt i en særskilt rapport /9/, men de vigtigste resultater og konklusioner er sammenfattet i rapporten. Resultaterne fra sedimentundersøgelsen foreligger som en intern rapport, der er gengivet i bilagsdelen. I Borup Sø er der dette år iværksat et indgreb i fiskebestanden med det formål, at fremskynde en forbedring i søens tilstand. De foreløbige resultater herfra er sammenfattet i rapporten.

Den ottende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Borup Sø i 1997 samt udviklingen siden 1989 /10/. I overensstemmelse med det udsendte paradigma er der tale om en "normalrapportering" og der er generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-97. Ud over det faste tilsyn er der i 1997 foretaget en undersøgelse af søens sediment samt en reduceret fiskeundersøgelse med henblik på at følge effekterne af den opfiskning, der blev indledt i 1996.

Den niende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Borup Sø i 1998 samt udviklingen siden 1989 /11/. Det er den første rapport under det nye nationale overvågningsprogram for overvågning af vandmiljøet 1998-2003 (NOVA 2003). Overvågningsprogrammet indeholder mindre ændringer i forhold til det foregående program, idet overvågningen dog nu bl.a. også omfatter årlige fiskeyngelundersøgelser samt undersøgelser af miljøfremmede stoffer i bl.a. Borup Sø. Der er generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-98, og som i 1997 er der ud over det faste tilsyn foretaget en fiskeundersøgelse med henblik på at følge effekterne af den opfiskning, der blev indledt i 1996.

Nærværende rapport omhandler resultaterne fra overvågningen af Borup Sø i 1999 samt udviklingen siden 1989. Der er generelt fokuseret på eventuelle udviklingstendenser i perioden 1989-99, og som i 1998 er der ud over det faste tilsyn foretaget en fiskeundersøgelse med henblik på stadig at følge effekterne af den opfiskning, der blev indledt i 1996. Der er ligesom i 1998 foretaget en fiskeyngelundersøgelse, hvorimod forekomst af miljøfremmede stoffer ikke er undersøgt.

### 3. Klimatiske forhold

*Klimatiske forhold spiller en væsentlig rolle*

Klimatiske forhold påvirker både direkte og indirekte de vandkemiske og biologiske forhold i en sø. Store nedbørsmængder, specielt i vinterhalvåret, betyder eksempelvis generelt en større udvaskning af næringsstoffer fra dyrkede arealer og dermed en tilsvarende større transport af disse næringsstoffer til søen.

På tilsvarende vis spiller temperaturen, samt variationen i denne, eksempelvis en rolle for udviklingen af plante- og dyreplanktonet over året. Derfor er klimatiske forskelle fra år til år af væsentlig betydning for tolkningen af årets måleresultater.

I det følgende beskrives temperatur- og nedbørsforholdene i 1999, og der sammenlignes dels med overvågningsperioden, der startede i 1989 og dels med en længere årrække. Års- og månedsmidler for temperatur, nedbør og fordampning findes i bilag 1.

#### Temperatur

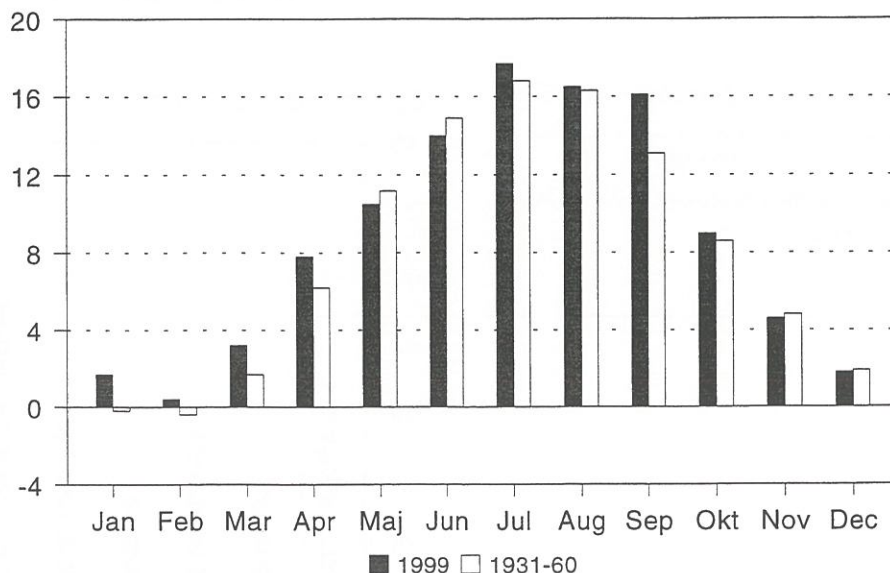
*- et varmt forår og en varm sensommer*

Sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1931-60 var årets første måneder noget varmere, og frem til og med april måned var temperaturen over normalen (fig. 1). Resten af året var temperaturen tæt på normalen, på nær en usædvanlig varm september, hvor middeltemperaturen var 3,0°C over normalen.

Samlet blev årets middeltemperatur 8,6°C mod et gennemsnit på 7,9°C for perioden 1931-60.

**Figur 1.** Gennemsnitlig månedstemperatur i 1999 sammenlignet med perioden 1931-60. Målinger fra målestationen Roskilde Syd.

#### Lufttemperatur (C°)



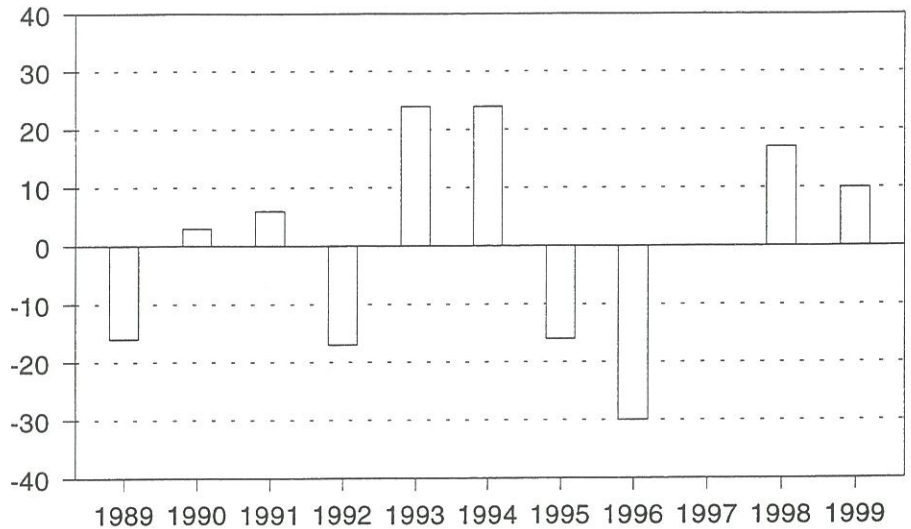
## Nedbør

- nedbørsmængden i 1999 over normalen

Med en årsnedbør på 699 mm (målestation Roskilde Syd) var 1999 lidt mere regnfuld end gennemsnittet på 633 mm beregnet for perioden 1980-90. Som det fremgår af figur 2, har nedbørsmængden varieret betydeligt gennem de seneste 10 år med 1993, 1994, 1998 og 1999 som regnfulde år og 1989, 1992, 1995 og 1996 som tørre år.

**Figur 2.** Afvigelse i procent for årsnedbøren i 1989-99 i forhold til "normalnedbøren" beregnet som et gennemsnit for perioden 1980-90. Data fra målestationen "Roskilde Lufthavn".

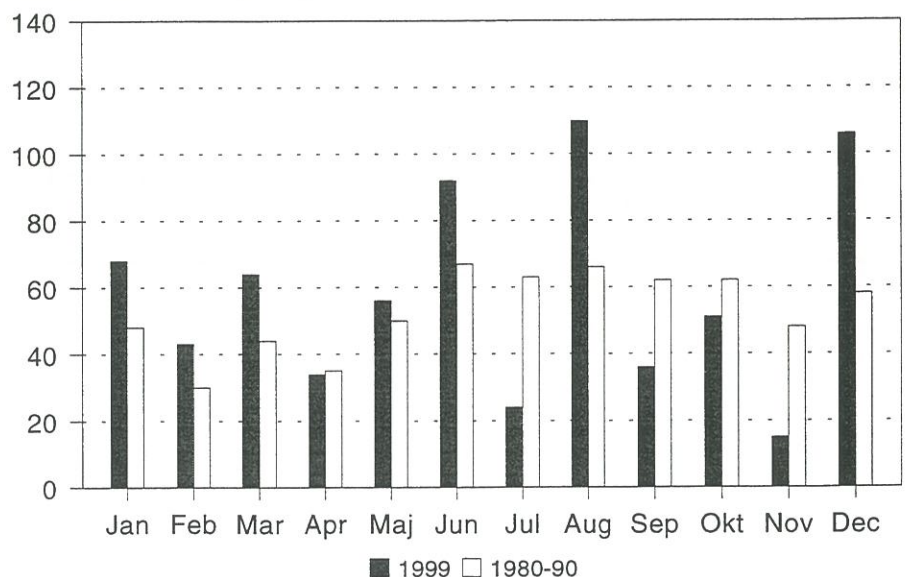
### Afvigelse fra normalnedbør (%)



Betragtes nedbøren i 1999 på månedsbasis ses, at nedbøren var ujævnt fordelt over året (fig.3). Januar-marts var således nedbørsrige, hvorimod april-maj var i niveau med gennemsnittet. I juni faldt der mere regn end normalt, hvorimod juli måned var usædvanlig tør, med en nedbørsmængde på ca. en tredjedel af normalen. Efter en særdeles regnfuld august kom et forholdsvis tørt efterår efterfulgt af en meget regnfuld december.

**Figur 3.** Månedsnedbøren i 1999 sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1980-90. Data fra målestationen "Roskilde Lufthavn".

### Månedsnedbør (mm)



## 4. Sø- og oplandsbeskrivelse samt målsætning

I dette afsnit er søen og dens opland kort beskrevet. For en mere detaljeret beskrivelse henvises til tidligere rapporter. Søen og dens historie er desuden udførligt beskrevet af Thorkild Høy og Jørgen Dahl i 3. bind af serien om Danmarks søer /12/.

### Søbeskrivelse

Borup Sø er beliggende umiddelbart vest for Borup by i Skovbo Kommune. Søen er omkranset af pilekrat og i den vestlige ende ellesump. Langs bredden er en veludviklet rørsump, hovedsageligt bestående af tagrør og uden for rørsumpen findes mange åkander. Der er ikke registreret undervandsvegetation i søen ved nogen af undersøgelserne, der startede i 1983.

Søens eneste egentlige tilløb er Borup Bæk, der løber til i den vestlige ende og i søens nordøstlige ende også fungerer som afløb. Borup Bæk har øst for Borup forbindelse med Kimmerslev Møllebæk, der via Kimmerslev Sø har afløb til Køge Å. Kort over søen og dens opland samt placeringen af de anvendte målestationer er vist i figur 4. De vigtigste morfometriske data for søen er vist i tabel 2. Mere udførlige data vedrørende søens dybdeforhold og morfometri findes i bilag 2.

**Tabel 2.** Borup Sø, morfometriske forhold.

Overfladeareal (ha)	9,5
Maksimal vanddybde (m)	2,0
Gennemsnitlig vanddybde (m)	1,05
Vandvolumen (m <sup>3</sup> )	100.000
Gennemsnitlig hydraulisk opholdstid i 1999 (dage)	16

### Topografisk opland

Det samlede topografiske opland til søen udgør 757 ha og består af deloplandet til søens tilløb, Borup Bæk, samt det direkte opland til søen. Hovedparten af oplandet (61,6%) består af landbrugsområder, mens skovområder udgør 37,4%. Ferskvandsområder og befæstede arealer udgør med henholdsvis 0,9 og 0,1% kun en meget lille del af oplandet. Set i forhold til den gennemsnitlige arealudnyttelse for hele landet, er søens opland forholdsvis skovrigt, idet skovområderne på landsplan kun udgør omkring 11% af det samlede areal. En detaljeret opgørelse over jordtypefordeling og arealudnyttelse i oplandet findes i bilag 3.

### Oplandsanalyse

I forbindelse med NOVA programmet skal der i perioden 1998-2003 ske en løbende indsamling af oplandsdata fra de 31 søoplande. Det overordnede formål med at indsamle data vedrørende eksempelvis oplandsafgrænsning, jordbundsforhold og arealanvendelse er, at opnå en større viden om vand- og næringsstoftransporten i de forskellige søoplande. Ud fra oplandsanalyserne er det målet, at opstille modeller der mere præcist kan simulere betydningen af forskellige tiltag overfor kvælstof- og fosforbelastningen samt dokumentere og forklare udviklingen heri /35/.

### - enkeltejendomme

I oplandet til Borup Sø er der ved udgangen af 1999 registreret 24 enkeltejendomme, hvoraf de 23 er helårshuse. Antallet af PE er opgjort til 60, mens den samlede belastning fra disse ejendomme er opgjort til 15 kg fosfor, 70 kg kvælstof samt 328 kg BI<sub>5</sub>. Der er ingen direkte punktkilder i oplandet til søen.

*- beregningsmetode*

I forbindelse med oplandsanalysen er der udarbejdet en standardiseret metode dels til opgørelse af vand- og stoftilførsel fra umålte søoplande og dels til kildeopsplitning af næringstransport /35/. Disse metoder er identiske med de metoder, der hidtil er anvendt i Roskilde Amt.

*Målsætning for søen*

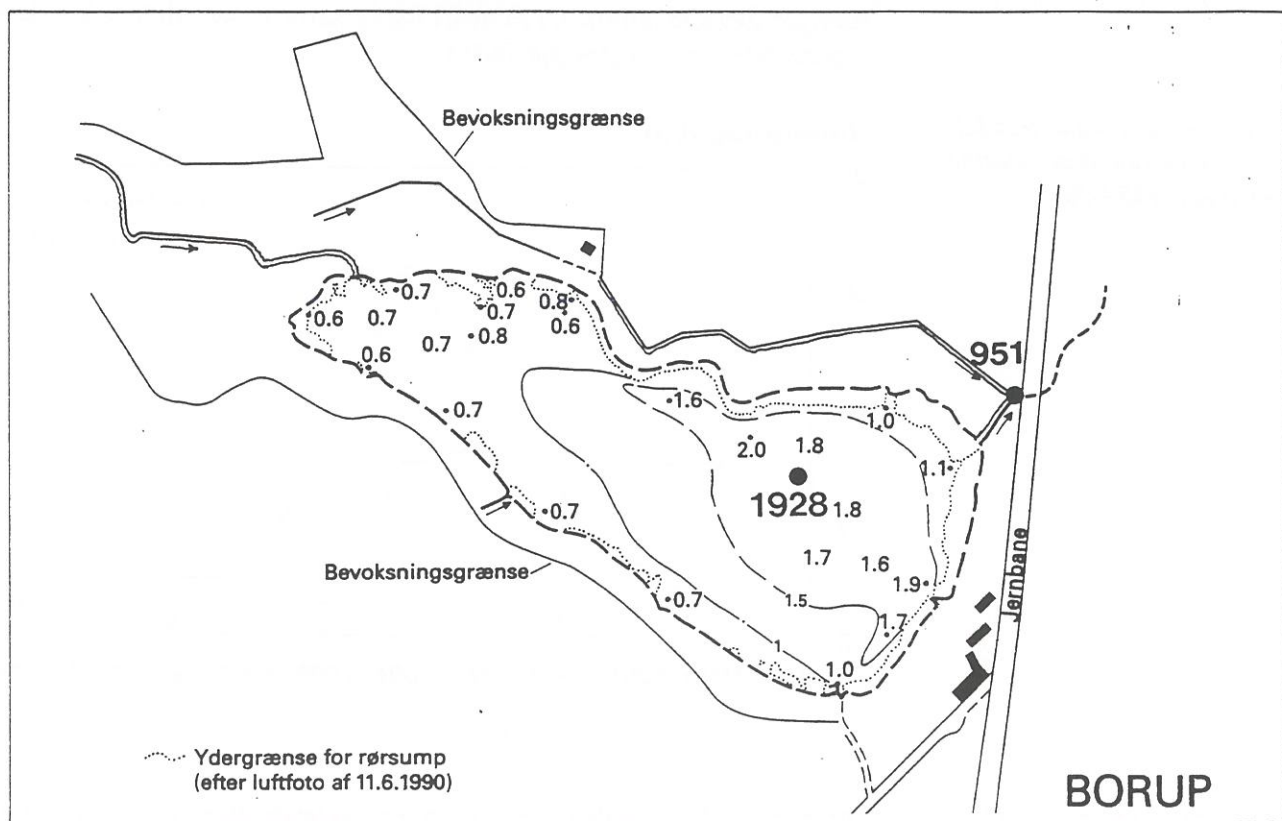
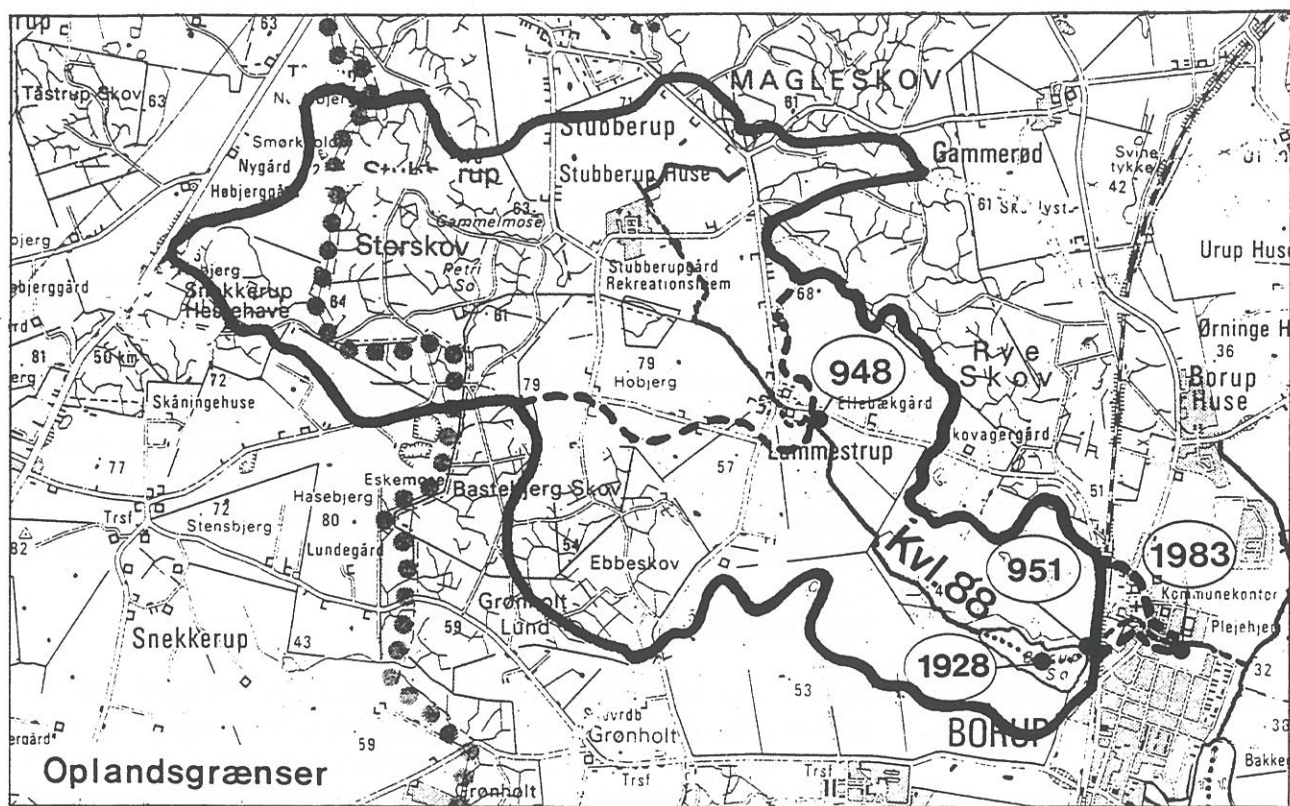
Borup Sø er tildelt en generel målsætning (B) svarende til en vandkvalitet, der er upåvirket/svagt påvirket af menneskelige aktiviteter. For at opfylde denne målsætning skal følgende krav være opfyldt:

*- Sigtdybden skal være over 1 meter og total-fosforkoncentrationen mindre end 100-150 µg P/l. Begge parametre målt som sommergennemsnit.*

*- Der skal sikres en alsidig og varieret fiskefauna, uden masseforekomst af fredfisk og med et indslag af større rovfisk.*

*- Der skal være en undervandsvegetation, hvor dybdeudbredelsen mindst svarer til gennemsnittet for sommersigtdybden.*





Figur 4. Kort over Borup sø med topografisk opland samt tilløb og afløb. De anvendte målestationer er angivet på kortet.

## 5. Søtilløb - vandføring og stofkoncentrationer

Borup Bæk st. 948

Målinger af vandføring og stofkoncentration er foretaget på station 948 i Borup Bæk, der er det eneste egentlige tilløb til Borup Sø. Ud af det samlede opland til Borup Sø på 757 ha, dækker målestationen et opland på 420 ha, svarende til en fordeling af målt og umålt opland på henholdsvis 55,5% og 44,5%. Vandføringen er siden 1989 målt kontinuerligt på stationen, mens vandprøver til bestemmelse af stofkoncentrationer er udtaget 26 gange årligt.

Samleskema for års- og sommermiddelværdier i tilløbet på station 948 for henholdsvis vandføring, fosfor- og kvælstofkoncentrationer findes i bilag 4.

- intensiv station

Siden begyndelsen af 1993 har station 948 desuden fungeret som intensiv station under overvågningsprogrammet, idet der er opstillet en automatisk prøvetager på stationen. I beregningerne af fosfortransporten til Borup Sø er resultaterne fra den almindelige prøvetagning (26 gange årligt) anvendt. Når resultaterne fra den almindelige prøvetagning er anvendt, skyldes det bl.a., at den intensive station i kortere eller længere perioder har været ude af drift.

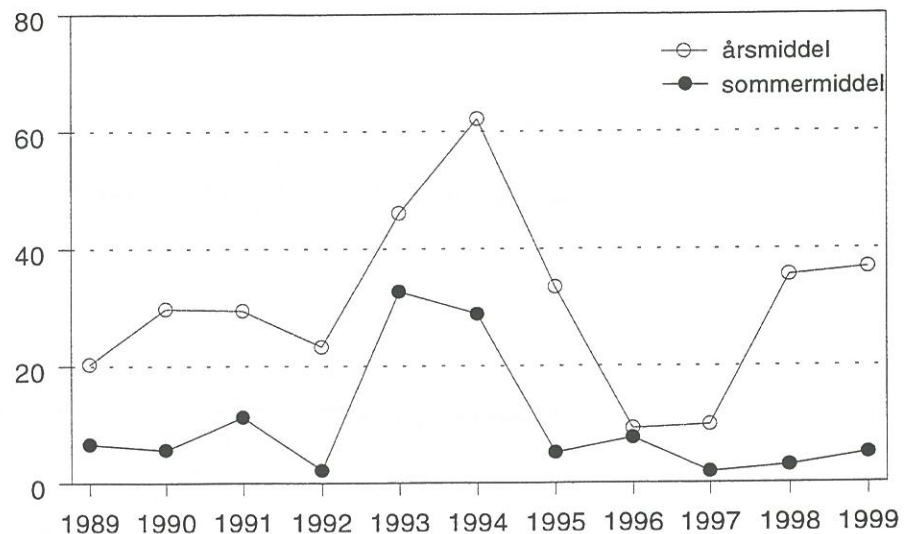
### 5.1 Vandføring

Vandføringen i Borup Bæk

Figur 5 viser vandføringen i Borup Bæk på station 948 i perioden 1989-99 angivet som tidsvægtede års- og sommermidler. Som følge af en relativ høj nedbørsmængde i 1999, lå årsmiddelvandføringen med 36,8 l/s i niveau med 1998 hvor nedbørsmængden ligeledes lå over normalen. Sommermiddelvandføringen steg kun lidt fra 3,0 l/s til 5,1 l/s, og hører dermed til blandt de lavest registrerede i overvågningsperioden.

**Figur 5.** Års- og sommermiddelvandføring i Borup Bæk, station 948, i perioden 1989-99.

#### Vandføring (l/s)



- lav sommervandføring i 1999

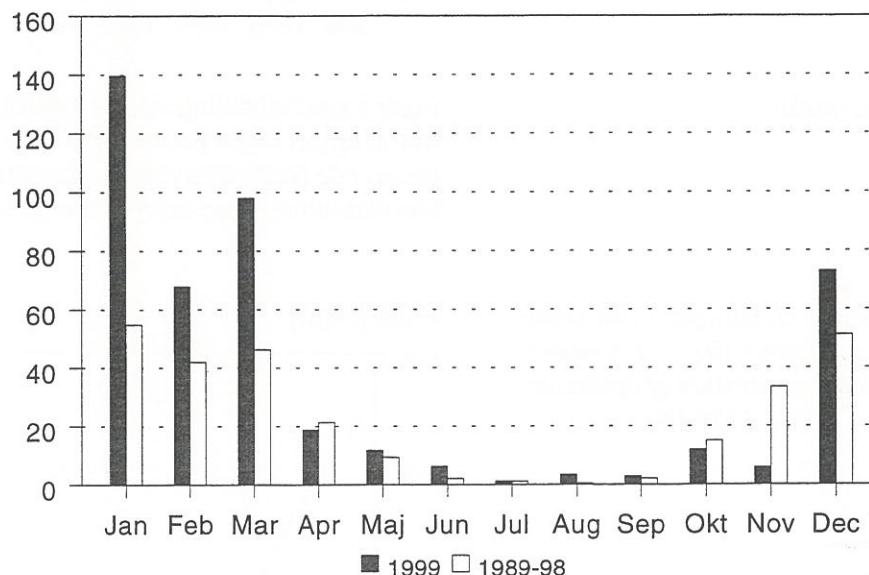
I gennemsnit for perioden 1989-99 har årsmiddelvandføringen på station 948 været 30,6 l/s (median 29,8 l/s), mens den tilsvarende sommermiddelvandføring har været på 10,0 l/s (median 5,7 l/s). På trods af en normal årsmiddelvandføring har sommermiddelvandføringen således i 1999 været lidt under gennemsnittet for den foregående periode.

Som nævnt i afsnit 3 var nedbøren ujævnt fordelt i 1999 med megen regn i det tidlige forår og igen i december, men med en relativ tør sensommer og efterår, og da vandføringen i tilløbet primært er styret af overfladeafstrømningen (og dermed af forholdet mellem nedbørsmængde, fordampning og nedsivning), svingede månedsmiddelvandføringen i tilløbet ligeledes meget i 1999 (fig.6). Som det ses på figuren, var middelvandføringen i januar-marts og igen i december usædvanlig stor sammenlignet med medianmiddelvandføringen for perioden 1989-98.

Af figuren ses endvidere, at vandføringen normalt varierer karakteristisk over året, med en relativ høj vandføring i vinterperioden og en lav vandføring i sommerperioden.

**Figur 6.** Vandføringen i tilløbet Borup Bæk, station 948, angivet som månedsmidler for 1999 og som medianværdier for perioden 1989-98.

**Månedsvandføring (l/s)**



*Fosforkoncentrationen i tilløbet varierer med vandføringen.*

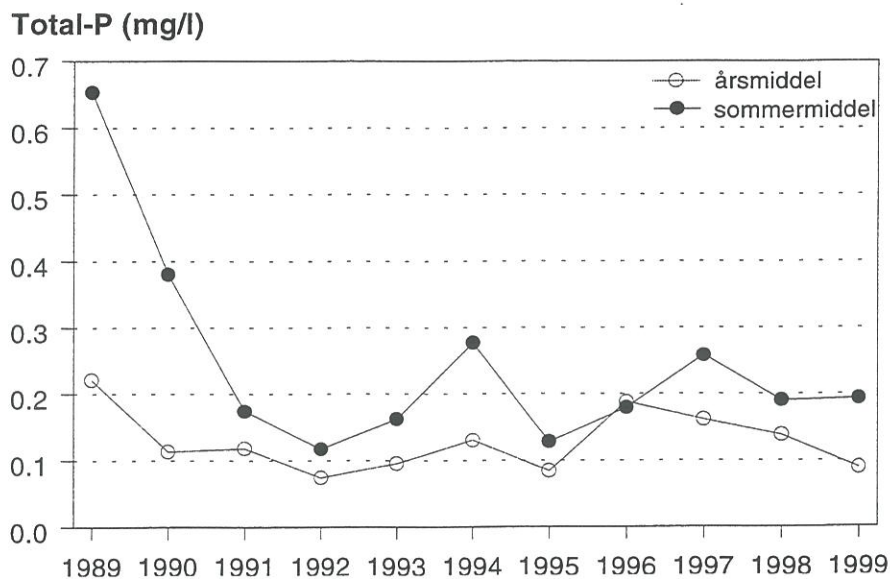
*- fald i den vandføringsvægtede sommermiddelkoncentration af totalfosfor i starten af perioden*

## 5.2 Fosfor

Koncentrationen af totalfosfor i tilløbet følger i vid udstrækning vandføringen. I vinterperioden, hvor vandføringen er størst, ligger fosforkoncentrationen ret konstant omkring 50-100 µg P/l. I sommerperioden stiger fosforkoncentrationen derimod i takt med at vandføringen falder. Denne stigning skyldes primært det forhold, at fosforudledningen fra enkeltejendomme ikke fortyndes i samme grad i sommerperioden som følge af den lavere vandføring.

Figur 7 viser den vandføringsvægtede koncentration af totalfosfor beregnet som års- og sommermidler for perioden 1989-99. Bortset fra et fald i den vandføringsvægtede sommermiddelkoncentration i de første år af overvågningsperioden, har der ikke været tydelige udviklingstendenser i fosforkoncentrationen i tilløbet. I 1999 faldt årsmiddelkoncentrationen i forhold til året før fra 138 µg P/l til 89 µg P/l, hvilket er under medianværdien for perioden 1989-99. Sommermiddelkoncentrationen var med 193 µg P/l i niveau med koncentrationen i 1998 og tæt på medianværdien for perioden.

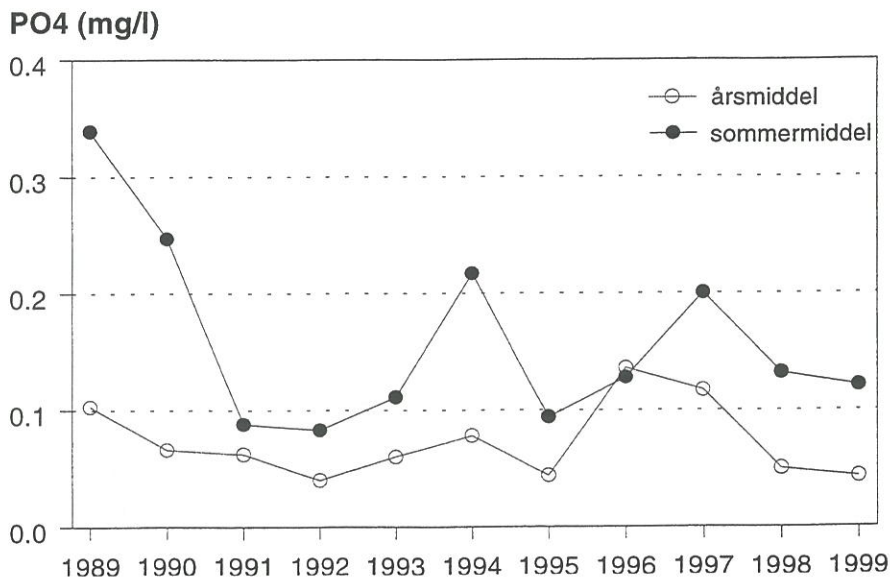
**Figur 7.** *Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalfosfor i perioden 1989-99.*



*Opløst fosfat*

**Figur 8.** *Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst fosfat i perioden 1989-99.*

Figur 8 viser udviklingen i den vandføringsvægtede sommerrmiddelkoncentration af opløst fosfat gennem perioden. Også her er der sket et fald i koncentrationen i de første overvågningsår, men hverken for sommer- eller årsmiddelkoncentrationen kan der for hele perioden påvises en signifikant udvikling.



Som følge af en større vandføring i 1998 og 1999 faldt årsmiddelkoncentrationen af opløst fosfat sammenlignet med de to foregående år. Sommerrmiddelkoncentrationen var i 1999 tæt på medianværdien for overvågningsperioden.

### 5.3 Kvælstof

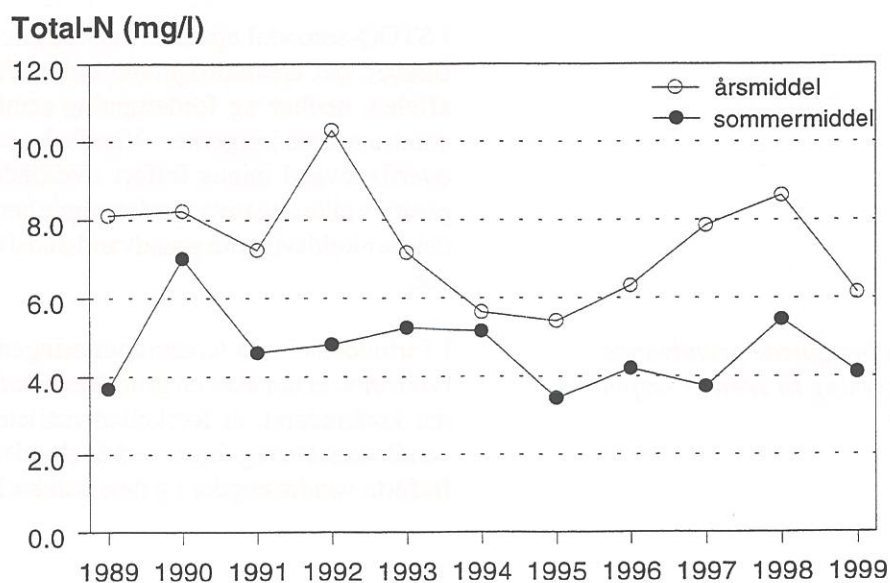
Høje kvælstofkoncentrationer i vinterperioden

- ingen udvikling i den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration.

Modsat fosforkoncentrationen er kvælstofkoncentrationen i tilløbet generelt højest om vinteren og lavest i sommerperioden.

Figur 9 viser udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i tilløbet på målestation 948. På nær i 1992, hvor årsmidlen med 10,5 mg N/l var den hidtil højeste, har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration været svagt faldende i perioden 1989-95. Årsmiddelkoncentrationen steg imidlertid igen fra 1996-98, men er faldet til 6,1 mg N/l i 1999. Sommermiddelkoncentrationen i 1999 var med 4,0 mg N/l lidt mindre end medianværdien for perioden 1989-99. Set for hele overvågningsperioden 1989-99 kan der således hverken for års- eller sommermiddelkoncentrationen af kvælstof i tilløbet påvises en udvikling.

**Figur 9.** Udviklingen i den vandføringsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af total-kvælstof i perioden 1989-99.



## 6. Vandbalance

### Beregningsgrundlag

Vandbalancerne for 1989-97 er beregnet ved brug af EDB-programmet STOQ-sømodul, version 3.30, mens der i 1998 og 1999 er anvendt henholdsvis STOQ-sømodul windows vers. 4.0 og 4.4. De beregnede vandbalancer fra 1989-99 opdelt på månedsbasis findes i bilag 5. Et samleskema over periodens karakteristiske års- og sommerværdier findes i bilag 6.

*Stor usikkerhed på vandtilførslen før 1989*

Vandføringen er siden 1989 målt kontinuerligt i tilløbet (st. 948) og afløbet (st. 1983) vha. Q/H målere. Ved undersøgelserne i 1983 og 1988 blev vandføringen målt med vingemåler i forbindelse med udtagning af vandprøver. På baggrund af den dermed forbundne store usikkerhed på vandbalancen i 1983 og 1988 er vand- og stofbalancer fra disse år ikke vurderet nærmere.

I STOQ-sømodul opstilles vandbalancen på baggrund af det målte bidrag fra tilløbet, det arealkorrigerede bidrag fra umålt opland, den målte fraførsel i afløbet, nedbør og fordampning samt magasineringen i søen som følge af vandstandsændringerne. Vandbalancen afstemmes herefter som tilført overfladevand minus fraført overfladevand, hvor den eventuelt resterende positive eller negative vandmængde henregnes som udveksling med grundvandet, henholdsvis som grundvandsindsivning eller som udsivning til grundvandet.

*Den beregnede grundvandsindsivning til søen er næppe reel.*

I forbindelse med temarapporteringen i 1995 blev det vurderet som meget tvivlsomt, at der sker en grundvandsindsivning til søen. På den baggrund blev det konkluderet, at forskellen mellem tilført og fraført overfladevand ved vandbalanceberegningerne dels skyldes usikkerhed på opgørelsen af de til- og fraførte vandmængder og dels usikkerhed på magasinændringer i søen.

### Årlige til- og fraførsler

Årlige til- og fraførsler af vand angivet i henholdsvis mill. m<sup>3</sup> og som afstrømningshøjder (m/år) er vist i tabel 3 og figur 10. I tabellen er endvidere angivet den beregnede indsivning/udsivning af grundvand, der som nævnt skal betragtes som usikkerheden på vandbalancen.

**Tabel 3.** Årlige eksterne til- og fraførsler af vand samt "grundvandsbidraget" i perioden 1989-99.

Borup Sø, vandbalance	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Samlet ekst. tilførsel (mill. m <sup>3</sup> )	1,14	1,70	1,69	1,31	2,63	3,55	1,90	0,51	0,58	2,05	2,10
Samlet ekst. fraførsel (mill. m <sup>3</sup> )	1,09	2,13	1,84	1,38	2,65	3,30	2,09	0,62	0,76	1,98	1,96
+/- "Grundvand" (mill. m <sup>3</sup> )	-0,05	0,45	0,14	0,07	0,02	-0,26	0,17	0,12	0,19	-0,05	0,15

*Stor vandtilførsel i 1999*

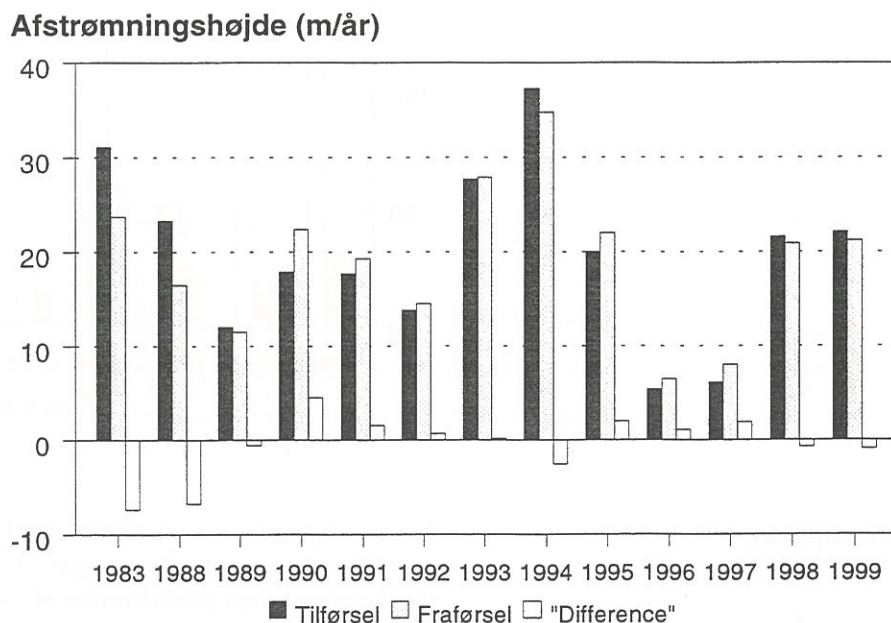
Vandtilførslen var i 1999 med 2,1 mill. m<sup>3</sup> stort set den samme som i 1998, svarende til ca. 20% over gennemsnittet for overvågningsperioden.

*Stor variation i vandtilførslen fra år til år*

Som det endvidere fremgår af tabellen, varierer vandtilførslen meget fra år til år afhængig af nedbørmængden i det enkelte år. Største vandtilførsler var i 1994, hvor søen modtog 3,55 mill. m<sup>3</sup> vand, eller omkring syv gange vandmængden i de tørre år 1996 og 1997.

I figur 10 er vist den årlige eksterne til- og fraførsel af vand angivet som afstrømningshøjder (m/år). Tallene for 1983 og 1988 skal som tidligere nævnt tages med forbehold, idet vandføringen disse år kun er målt med vingemåler i forbindelse med udtagning af vandkempiprøver. På figuren ses tydeligt de store år til år variationer i vandtilførslen, hvor 1999 dog ikke adskiller sig væsentligt fra det foregående år.

**Figur 10.** Årlig ekstern til- og fraførsel angivet som afstrømningshøjder (m/år) for 1983 og 1988-99.



### Hydraulisk opholdstid

*Opholdstiden i søen følger nedbørsmængden*

Den hydrauliske opholdstid for søvandet afhænger af vandføringen i tilløbet, og dermed i høj grad af nedbørsmængden. I år med en stor nedbørsmængde er opholdstiden derfor normalt kort og omvendt lang i nedbørsfattige år.

I 1999 var den gennemsnitlige opholdstid på årsbasis 15 dage og dermed forholdsvis kort i forhold til en middelværdi for perioden 1989-98 på 24 dage (tabel 4). Den gennemsnitlige opholdstid har i overvågningsperioden varieret betydeligt fra 10 dage i 1994 til 53 dage i 1996.

**Tabel 4.** Den hydrauliske opholdstid i perioden 1989-99 beregnet som henholdsvis gennemsnitligt antal dage og år<sup>-1</sup>.

Opholdstid	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Antal dage	30	16	21	22	15	10	15	53	45	16	15
År <sup>-1</sup>	0,082	0,044	0,058	0,060	0,041	0,027	0,041	0,144	0,124	0,045	0,042

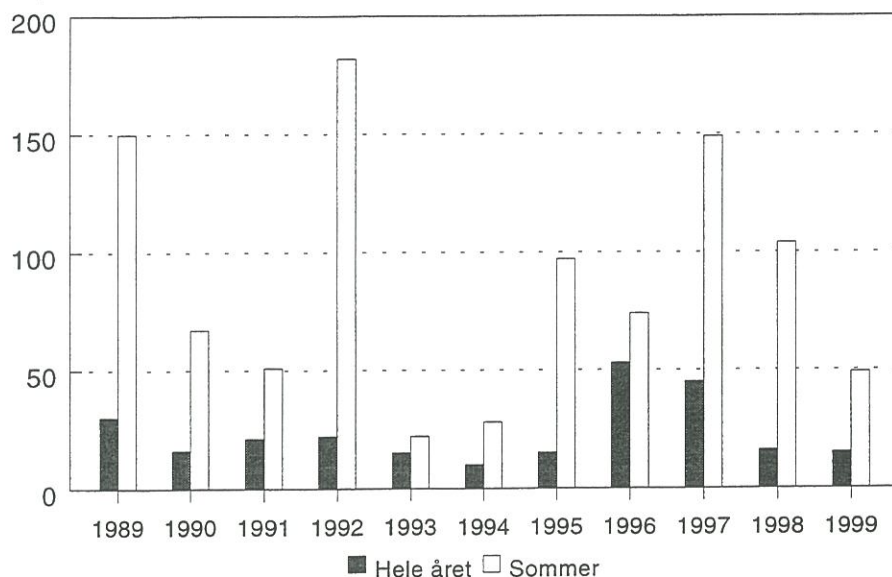
*Opholdstiden er generelt kort i vinterperioden og lang i sommerperioden*

Som følge af den tidligere omtalte karakteristiske årstidsvariation i vandføringen i tilløbet, er den gennemsnitlige opholdstid i sommerperioden normalt langt større end opholdstiden på årsbasis (fig. 11). I de år, hvor nedbørsmængden og nedbørsfordelingen har været tættest på normalen, har opholdstiden i sommerperioden været omkring 50-75 dage. I de tørre somre 1989 og 1992 var opholdstiden meget lang, omkring 150-200 dage, mens opholdstiden i regnfulde somre er nede omkring 25 dage. I 1999 var sommeropholdstiden

med 48 dage lidt mindre end normalt i søen.

**Figur 11.** Års- og sommergennemsnitlig opholdstid i perioden 1989-99.

### Opholdstid (dage)



### Sammenfatning

Sammenfattende er vandtilførslen til Borup Sø karakteriseret ved en relativ stor tilførsel i vinterperioden og en lav tilførsel i sommerperioden. Vandtilførslen består næsten udelukkende af overfladeafstrømning samt drænvand fra dyrkede arealer, og varierer dermed med nedbørsforholdene. Vandtilførslen stiger nærmest momentant med nedbørshændelser og i tørre sommerperioder udtørrer vandløbet som følge af manglen på egentlige punktkilder. Opholdstiden er normalt kort i vinterhalvåret og lang i sommerhalvåret.

Som følge af en stor nedbørsmængde i flere af vintermånederne og i flere af sommermånederne var vandtilførslen i 1999 over gennemsnittet for overvågningsperioden. Vandets opholdstid i søen var dermed noget mindre end normalt for søen i overvågningsperioden både betragtet over året og over sommeren.



## 7. Stofbalance

### Beregningsgrundlag

Stofbalanceberegningen for 1989-97 er foretaget vha. EDB-programmet STOQ-sømodul, version 3.30, mens der i 1998 og 1999 er anvendt henholdsvis STOQ-sømodul windows vers. 4.0 og 4.4. Stofbalanceberegninger omfatter totalfosfor, totalkvælstof og totaljern.

Stofbalancerne på måneds- og årsbasis beregnet som arealspecifikke rater ( $\text{mg}/\text{m}^2/\text{dag}$  og  $\text{g}/\text{m}^2/\text{år}$ ) findes i bilag 5. Årlige stofmængder i absolutte tal samt vandføringsvægtede indløbskoncentrationer for de nævnte parametre findes i samleskemaer i bilag 6. Da de vandføringsvægtede indløbskoncentrationer til søen er identiske med koncentrationerne i tilløbet Borup Bæk, vil de ikke blive nærmere behandlet i dette afsnit. Der henvises i stedet til afsnit 5 om tilløbet.

*Ændret prøvetagningsstrategi i 1993 og i 1998*

I 1993 blev prøvetagningsstrategien ændret i forhold til de foregående år. Tidligere blev der udtaget prøver i sø og afløb sideløbende, men i perioden 1993-97 er prøverne i vinterperioden skiftevis udtaget i søen og i afløbet, mens der i sommerperioden ikke er udtaget afløbsprøver. Siden 1998 er der igen udtaget separate prøver i afløbet svarende til det normale program (26 prøver/år).

I beregningerne er stoftransporten fra det umålte opland fundet ved at arealkorrigerer med det målte opland. Det er dermed antaget, at stofkoncentrationerne fra det målte og umålte opland er ens.

*Anvendt metode ved beregning af stofmængder fra "ind- og udsivende grundvand"*

Ved beregningsmetoden er det endvidere antaget, at de ind- og udsivende grundvandsmængder, som STOQ-sømodul programmet beregner, primært er et udtryk for usikkerheden på vandbalancen. Det betyder, at der reelt er tale om overfladevand. Stofbidraget fra "indsivende grundvand" til søen er derfor beregnet ved brug af vandføringsvægtede stofkoncentrationer i det målte tilløb (station 948). Dette svarer til de anbefalinger, som en teknisk arbejdsgruppe med repræsentanter fra amterne og Danmarks Miljøundersøgelser har givet /13/. Da beregningsprogrammet STOQ-sømodul tidligere kun kunne anvende en enkelt værdi pr. år for stofkoncentrationen i det indsvivende "grundvand", er der i beregningerne 1989-1998 anvendt vandføringsvægtede årsmidler af stofkoncentrationen i tilløbet. I 1999 er anvendt de målte stofkoncentrationer i tilløbet. Stoftransporten fra søen via udsivende "grundvand" er beregnet ved brug af interpolerede stofkoncentrationer i søvandet.

### 7.1 Fosfor

#### Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

*Størst fosfortilførsel i de nedbørsrige år*

Den årlige samlede til- og fraførsel af totalfosfor angivet som arealkoefficienter ( $\text{g tot-P}/\text{m}^2$  søareal/år) samt den beregnede tilbageholdelse i søen er vist i figur 12. Fosfortilførslen har gennem perioden 1989-99 svinget mellem ca. 1-5  $\text{g P}/\text{m}^2/\text{år}$ , med de største tilførsler i de nedbørsrige år og laveste tilførsler i de nedbørsfattige år. Fosfortilførslen i 1999 var med 1,97  $\text{g P}/\text{m}^2/\text{år}$  lidt under middelværdien på 2,33  $\text{g P}/\text{m}^2/\text{år}$  for perioden 1989-98.

Opgørelsen før 1989 er behæftet med stor usikkerhed

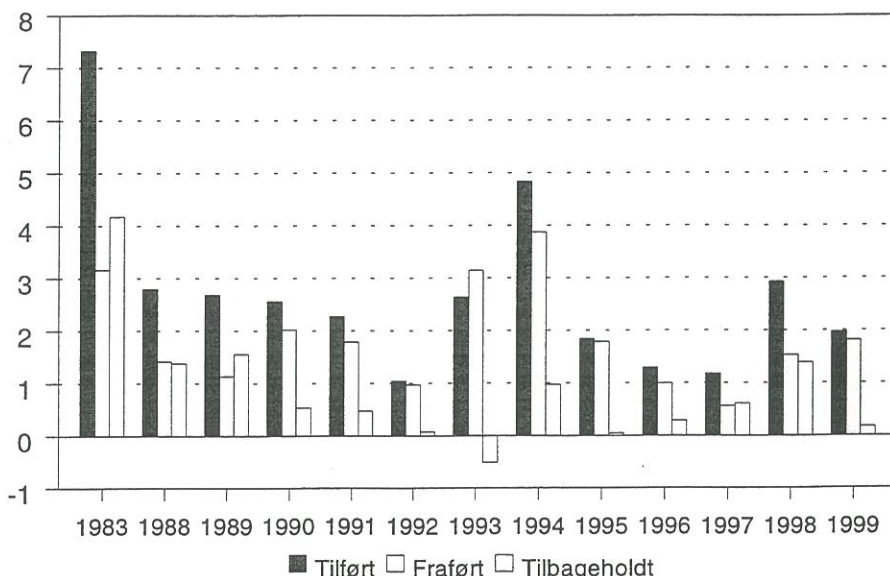
I 1983 var den beregnede fosfortilførsel med 7-8 g P/m<sup>2</sup> /år væsentligt højere end i nogen af de efterfølgende år. Denne meget store fosfortilførsel er næppe reel, men fremkommet som følge af den usikre opgørelse af vandtilførslen dette år, hvor vandføringen i tilløbet er beregnet ud fra et beskedent antal vandføringsmålinger udført med vingemåler.

Ingen markante ændringer i fosfortilførslen 1989-99

Der kan ikke statistisk påvises ændringer i fosfortilførslen i overvågningsperioden.

**Figur 12.** Fosforbalance for Borup Sø 1983 og 1988-99. Værdier angivet som stofmængder i g pr. m<sup>2</sup> søareal pr. år.

**Fosfor (g/m<sup>2</sup>/år)**



Til- og fraførslen af fosfor følger til dels årets nedbørsmængde

I tabel 5 er vist de samlede årlige til- og fraførsler af fosfor til søen i kg samt den beregnede tilbageholdelse i både kg og som procentdel af den eksterne tilførsel. Største tilførsel på 460 kg fandt sted i 1994, der var et meget nedbørsrigt år, mens laveste tilførsel på 100 kg fandt sted i 1992, der omvendt var et meget nedbørsfattigt år. Tilførslen i 1999 var med 188 kg væsentlig lavere end i 1998, men stadig markant større end i årene 1996-97.

**Tabel 5.** Årlig til- og fraførsel samt tilbageholdelse af fosfor i Borup Sø i perioden 1989-99.

Borup Sø, stofbalance total-P	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Samlet tilførsel (kg)	256	243	216	100	250	460	175	123	112	278	188
Samlet fraførsel (kg)	108	192	170	92	299	368	170	95	54	146	172
Tilbageholdelse (kg)	148	52	46	8	-48	92	5	27	58	132	16
Tilbageholdelse (%)	58	21	21	8	-19	23	3	22	52	48	9

Søen tilbageholder fosfor

På nær i 1993, hvor gennemskylningen af søen begyndte i det meget tidlige efterår, har søen hvert år tilbageholdt fosfor. Denne tilbageholdelse har som maksimum været op til ca. 150 kg, svarende til 1,5 g P/m<sup>2</sup>. I hovedparten af årene har tilbageholdelsen dog været væsentligt mindre med et gennemsnit for årene 1989-98 på 0,55 g P/m<sup>2</sup> svarende til ca. 50 kg årligt (tab. 5 og fig.13). Efter overvågningsperiodens næststørste tilbageholdelse i 1998 på 132 kg var tilbageholdelsen i 1999 med 16 kg svarende til 0,17 g P/m<sup>2</sup> blandt de laveste.

- ingen signifikant udvikling i fosforretentionen

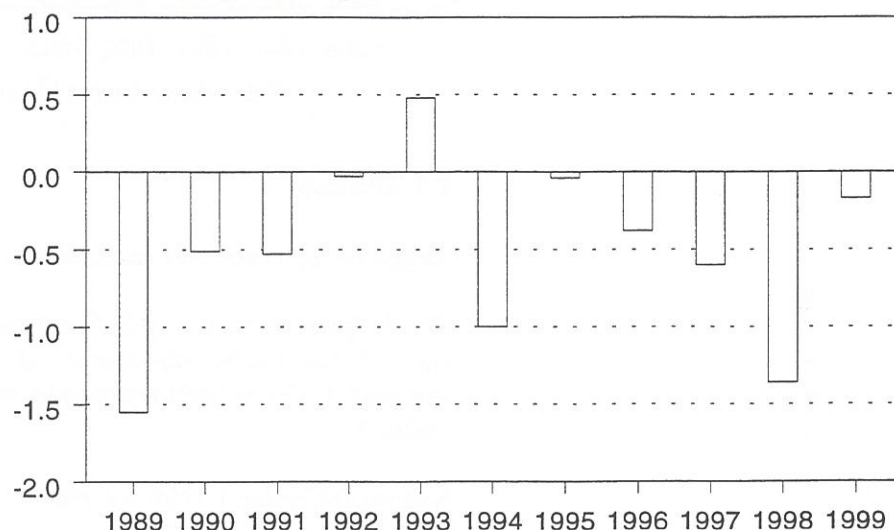
- fosforfrigivelse fra søsedimentet i foråret

Statistisk kan der ikke påvises en udvikling i fosforretentionen. Samlet er sedimentets fosforpulje i perioden 1989-99 øget med ca. 5,7 g P/m<sup>2</sup> svarende til, at der er lagt yderligere godt og vel et halvt ton til søsedimentets fosforpulje siden 1989.

Fosfortilbageholdelsen finder typisk sted i 1. samt 3.-4. kvartal. I 2. kvartal frigives derimod normalt fosfor fra sedimentet, og det er i høj grad denne årligt tilbagevendende fosforfrigivelse i det sene forår og forsommeren, der styrer søvandets fosforkoncentration i sommerperioden, hvor der føres meget lidt fosfor til søen via tilløbet. Frigivelsen af fosfor i det sene forår og forsommeren er antageligt primært betinget af temperaturstigningen, der medfører forøget biologisk aktivitet i sedimentet.

**Figur 13.** Beregnet fosforfrigivelse og fosfortilbageholdelse i g pr. m<sup>2</sup> søareal pr. år for perioden 1989-99.

### Intern fosforfrigivelse (g/m<sup>2</sup>/år)



### Kildeopsplitning

Den årlige eksterne tilførsel af fosfor i kg opdelt på belastningskilder fremgår af bilag 7, der endvidere indeholder den anvendte beregningsmetode.

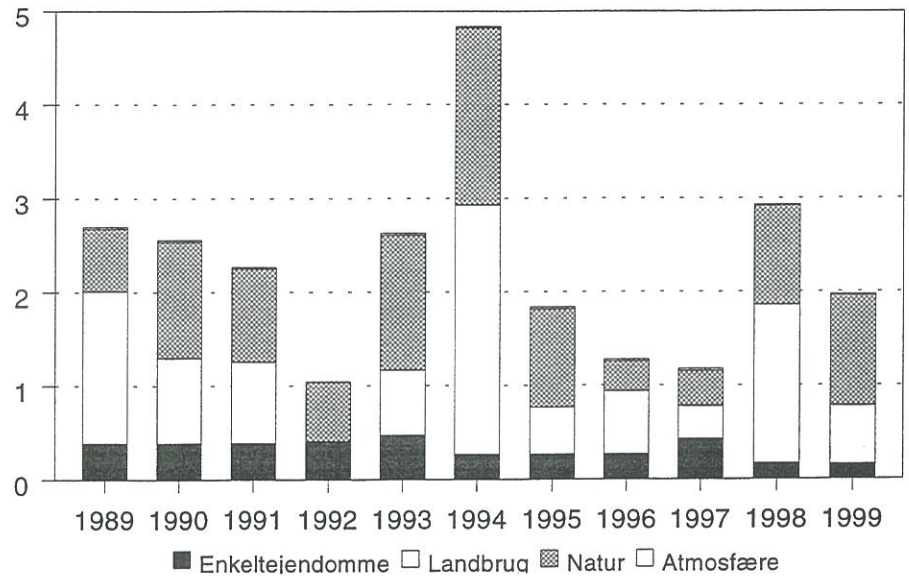
I figur 14 er vist de enkelte kilders bidrag til fosfortilførslen på årsbasis angivet som arealkoefficienter. Atmosfærebidraget er som det fremgår af figuren af en meget beskedent størrelse, hvorfor der reelt kun er 3 fosforkilder tilbage af betydning, - bidraget fra enkeltejendomme, bidraget fra landbrug samt naturbidraget (basisbidraget).

I 1999 udgjorde naturbidraget 60% af den samlede fosfortilførsel, landbrugsbidraget udgjorde 32% og bidraget fra enkeltejendomme udgjorde 8%. Det er således især naturbidraget, som har resulteret i en relativ stor fosfortilførsel til søen i 1999, men også bidraget fra de dyrkede arealer var betydelig.

Som gennemsnit for perioden 1989-98 har landbrugsbidraget tegnet sig for 38% af den samlede fosfortilførsel, mens bidraget fra enkeltejendomme har udgjort 19%. Naturbidraget og det atmosfæriske bidrag har i gennemsnit udgjort henholdsvis 42% og 1%.

**Figur 14.** Fosfortilførslen til Borup Sø fordelt på belastningskilder.

### Fosfor (g/m<sup>2</sup>/år)



## 7.2 Kvælstof

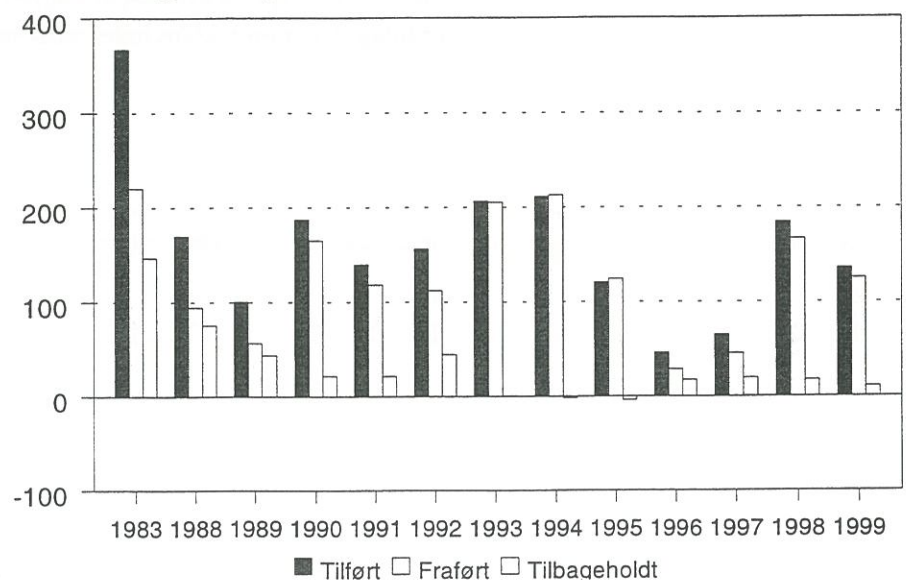
### Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

Den årlige eksterne til- og fraførsel samt tilbageholdelse af kvælstof er vist i figur 15. De enkelte størrelser er angivet som arealkoefficienter (g tot-N/m<sup>2</sup> søareal/år). Til- og fraførte mængder samt tilbageholdelse angivet i ton er vist i tabel 6.

Kvælstoftilførslen i 1999 var med 12,9 ton, svarende til 136 g N/m<sup>2</sup>, noget mindre end i 1998, og dermed i niveau med gennemsnittet for perioden 1989-98 på ca. 13,5 ton.

**Figur 15.** Kvælstofbalance for Borup Sø 1983 og 1988-99. Værdier angivet som stofmængder i gram pr. m<sup>2</sup> søareal pr. år.

### Kvælstof (g/m<sup>2</sup>/år)



*Kvælstoftilførslen følger i vid udstrækning nedbørsmængden*

Kvælstoftilførslen har i gennem perioden 1989-99 svinget mellem 46 og 206 g N/m<sup>2</sup>, afhængig af nedbørsmængden og -fordelingen i de enkelte år. Størst tilførsel har der været i de nedbørsrige år og specielt i de år, hvor der er faldet ekstraordinært store nedbørsmængder i vinterhalvåret. Dette års forholdsvis høje kvælstoftilførsel skyldes først og fremmest den store nedbørsmængde i årets første 3-4 måneder og den dermed forbundne øgede udvaskning af kvælstof fra de dyrkede arealer.

Variationen i kvælstoftilførslen er således primært styret af de klimatiske forhold, og statistisk kan der da heller ikke påvises en egentlig udvikling i kvælstoftilførslen for hele perioden 1989-99.

*Kvælstoftilførslen i 1983 er usikkert bestemt*

Den tilsyneladende meget store kvælstoftilførsel i 1983 skal tages med et stort forbehold som følge af, at vandtilførslen dette år er meget usikkert bestemt.

I tabel 6 er vist den årlige til- og fraførsel af kvælstof til søen i ton samt den beregnede tilbageholdelse dels i ton og dels som procentdel af tilførslen. Den samlede tilførsel har i perioden som nævnt varieret overordentligt meget, fra 4,4 t i 1996 til godt 20 t i 1994.

**Tabel 6.** Årlig til- og fraførsel samt tilbageholdelse af kvælstof i Borup Sø i perioden 1989-99.

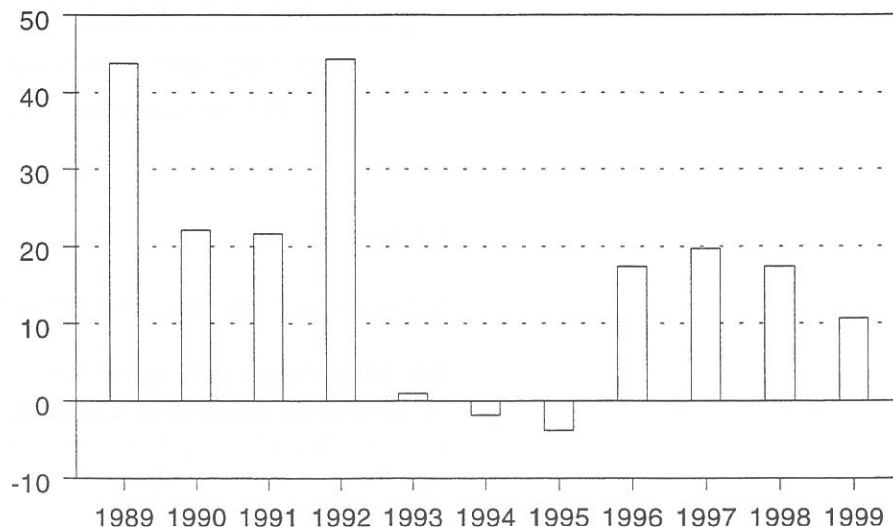
Borup Sø, stofbalance total-N	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Samlet tilførsel (ton)	9,6	17,8	13,3	14,9	19,6	20,1	11,5	4,4	6,2	17,5	12,9
Samlet fraførsel (ton)	5,4	15,7	11,2	10,6	19,5	20,2	11,8	2,7	4,3	15,9	11,9
Tilbageholdelse (ton)	4,2	2,1	2,1	4,2	0,1	-0,2	-0,4	1,7	1,9	1,7	1,0
Tilbageholdelse (%)	44	12	16	28	< 1	< -1	-3	38	30	9	8

*1,0 ton kvælstof tilbageholdt i 1999*

Søen tilbageholdte i 1999 ca. 1,0 ton kvælstof svarende til 10,8 g pr. m<sup>2</sup> søareal eller ca 8% af den tilførte kvælstofmængde. Som gennemsnit for perioden 1989-98 har tilbageholdelsen været på 17% af den tilførte kvælstofmængde, men med meget store variationer fra år til år, som det fremgår af tabel 6 og figur 16. I de nedbørsmæssigt mest normale år 1990 og -91, tilbageholdte søen omkring 20 g N/m<sup>2</sup>/år, mens der i de tørre somre 1989 og -92 blev tilbageholdt omkring det dobbelte (ca. 45 g N/m<sup>2</sup>/år).

**Figur 16.** Beregnet kvælstoftilbageholdelse i g pr. m<sup>2</sup> søareal pr. år for perioden 1989-99.

**Kvælstoftilbageholdelse (g/m<sup>2</sup>/år)**



Kvælstoftilbageholdelsen udviser ikke samme tydelige årstidsmønster som for fosfors vedkommende. Årsagen hertil er, at tilbageholdelsen primært er styret af opholdstiden i søen og dermed af vandtilførslen, der som tidligere nævnt varierer overordentligt meget.

Statistisk kan der ikke påvises en udvikling i kvælstoftilbageholdelsen set for hele overvågningsperioden 1989-99.

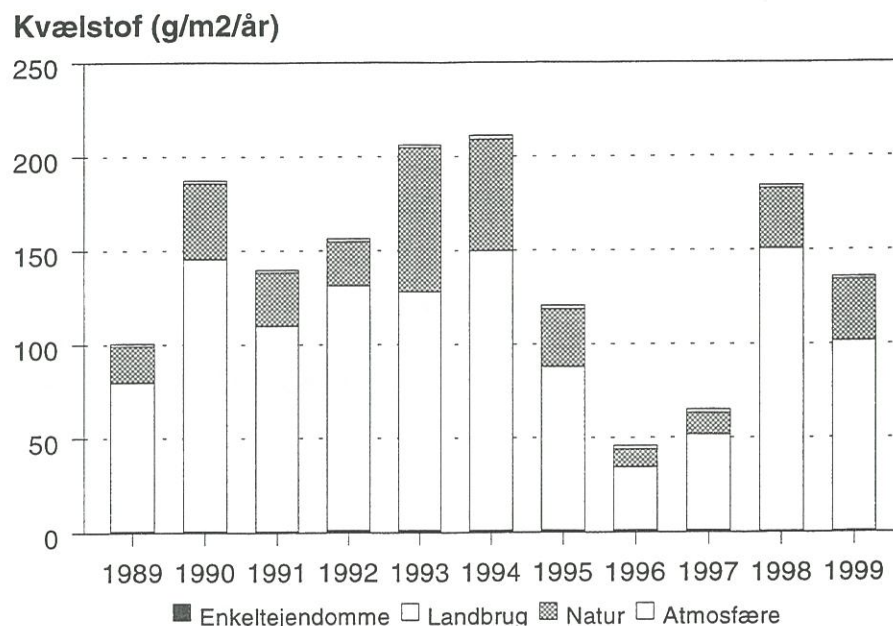
### Kildeopsplitning

Fordelingen af den tilførte kvælstof på belastningskilder angivet som arealkoefficienter er vist i figur 17. Absolutte tal samt beregningsgrundlag findes i bilag 7.

*Hovedparten af den tilførte kvælstof stammer fra dyrkede arealer*

I 1999 udgjorde bidraget fra landbrugsarealer med 74% af det samlede bidrag langt hovedparten af den tilførte kvælstofmængde. Dette har været tilfældet i hele overvågningsperioden, hvor bidraget fra de dyrkede arealer har udgjort mellem 61% og 83% af kvælstoftilførslen. Den resterende del stammer stort set fra naturbidraget, mens både det atmosfæriske bidrag og bidraget fra enkeltejendomme kun har marginal betydning.

**Figur 17.** Kvælstoftilførslen til Borup Sø fordelt på belastningskilder.



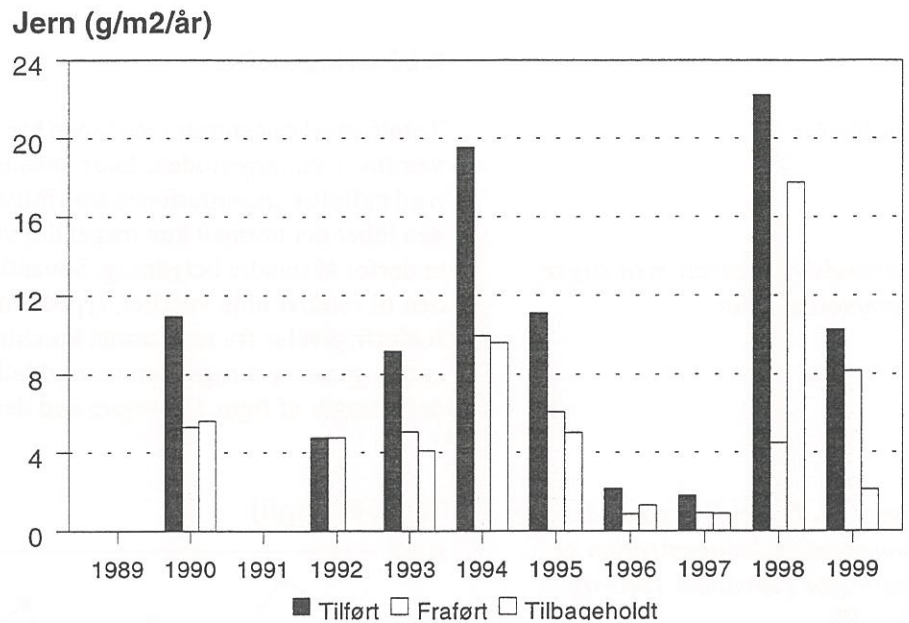
## 7.3 Jern

### Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse

Den årlige eksterne til- og fraførsel samt tilbageholdelse af jern er vist i figur 18. De enkelte størrelser er angivet som arealkoefficienter (g total-Fe/m<sup>2</sup> sø-areal/år). Der er ikke opstillet jernbalancer for 1989 og -91, hvor der ikke blev målt for jernindhold i tilløbet. Årlige til- og fraførsler samt tilbageholdelse i ton er angivet i tabel 7.

Tilførslen af jern var i 1999 på 975 kg svarende til 10,3 g/m<sup>2</sup> søareal. Tilførslen var dermed mere end halveret i forhold til 1998, og således i niveau med årsgennemsnittet for 1989-98, som er på 971 kg svarende til 10,2 g/m<sup>2</sup> søareal.

**Figur 18.** Jernbalance for Borup Sø 1990 og 1992-99. Værdier angivet som stofmængder i g pr. m<sup>2</sup> søareal pr. år.



**Tabel 7.** Årlig til- og fråførsel samt tilbageholdelse af jern i Borup Sø i 1990 og 1992-99.

Borup Sø, stofbalance jern	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Samlet tilførsel (ton)		1,04		0,45	0,87	1,86	1,05	0,21	0,17	2,11	0,98
Samlet fråførsel (ton)		0,50		0,45	0,48	0,95	0,58	0,08	0,09	0,43	0,77
Tilbageholdelse (ton)		0,53		0	0,39	0,91	0,48	0,12	0,08	1,68	0,20
Tilbageholdelse (%)		51		<1	45	49	45	60	49	80	21

*Omkring halvdelen af den tilførte jernmængde tilbageholdes i søen*

Søen tilbageholdte 21% af den tilførte jernmængde, hvilket er en væsentligt mindre andel end i de øvrige år, hvor jernbalancen er målt. Tilbageholdelsen har således i de fleste år været på omkring halvdelen af den tilførte jernmængde. 1992 skiller sig dog markant ud i forhold til de øvrige år, idet de til- og fråførte mængder dette år stort set var i samme størrelsesorden. Samlet betød tilbageholdelsen i 1999, at sedimentets jernpulje blev øget med ca. 2 g jern pr. m<sup>2</sup>.

*Lavt jern-fosfor forhold i søsedimentet*

Sedimentundersøgelsen i 1997 viste et jern-fosfor forhold i de øverste 10 cm af sedimentet på knap 7:1 mod et tilsvarende forhold i 1990 på ca 6:1. Selv om jern-fosfor forholdet er steget en smule siden 1990, er der stadig lang vej op til det jern-fosfor forhold på over 15:1, hvor jernindholdet under iltede forhold i sedimentet kan spille en væsentlig rolle for fosforfrigivelsen /14/.

## 8. Fysisk-kemiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres nogle af de målte parametre i søvandet i 1999 og en eventuel udvikling i perioden 1989-99 er vurderet. Års- og sommermidler for samtlige målte parametre i søvandet samt figurer over udviklingsforløb findes i bilag 8.

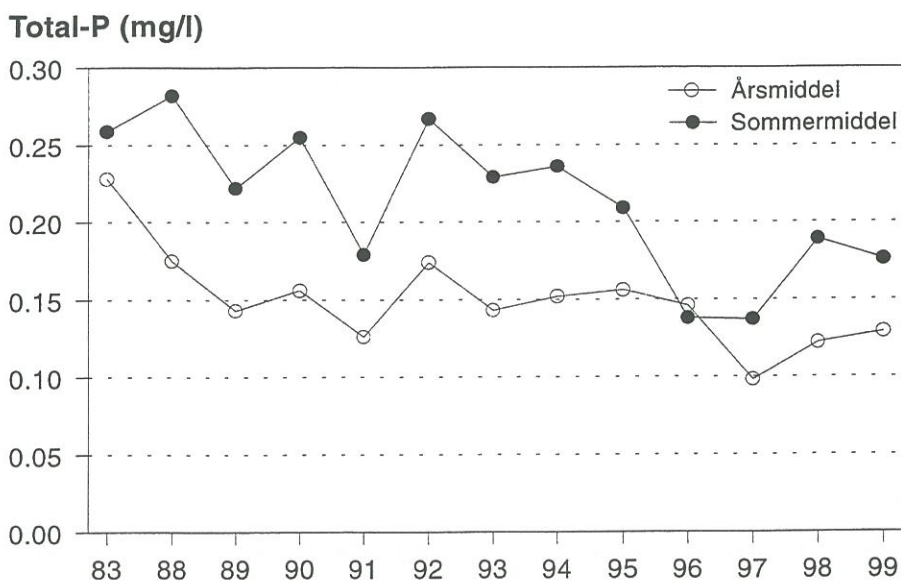
### 8.1 Næringsstoffer

#### Totalfosfor

- søvandskoncentrationen stiger i sommerhalvåret

Totalfosforkoncentrationen i søen har i alle årene været karakteriseret ved lave værdier i vinterperioden, hvor søvandskoncentrationen stort set er identisk med indløbskoncentrationen som følge af den korte opholdstid. I sommerperioden løber der normalt kun meget lidt vand til søen, og indløbskoncentrationen er derfor af mindre betydning. Søvandskoncentrationen stiger i sommerperioden til relativt høje værdier, typisk omkring 200-300 µg P/l, som følge af en fosforfrigivelse fra sedimentet kombineret med den lange opholdstid. Derfor er den gennemsnitlige sommermiddelkoncentration af fosfor i søvandet, som det fremgår af figur 19, højere end den tilsvarende årsmiddelkoncentration.

**Figur 19.** Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalfosfor i søvandet 1983 og 1988-99.



I 1999 var den tidsvægtede årsmiddelkoncentration af totalfosfor med 0,129 mg P/l i niveau med 1998, men dog stadig lavere end i årene før 1997. Den sommergennemsnitlige fosforkoncentration var med 0,176 mg P/l ligeledes i niveau med 1998, hvor fosforindholdet var relativt høj efter en stadig nedgang i koncentrationen siden 1992.

Årsagen til søvandets relativt høje fosforindhold i de seneste to år hænger antageligt primært sammen med den store afstrømning i det tidlige forår begge år, som har medført en øget tilførsel af fosfor til søen sammenlignet med årene inden.

- fosforkoncentrationen er faldet i de sidste år

Set for perioden 1989-99 kan der statistisk ikke påvises en udvikling i årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor i søvandet, hvorimod faldet i sommermiddelkoncentrationen fra 1989 til 1999 er signifikant på 5 % niveauet.

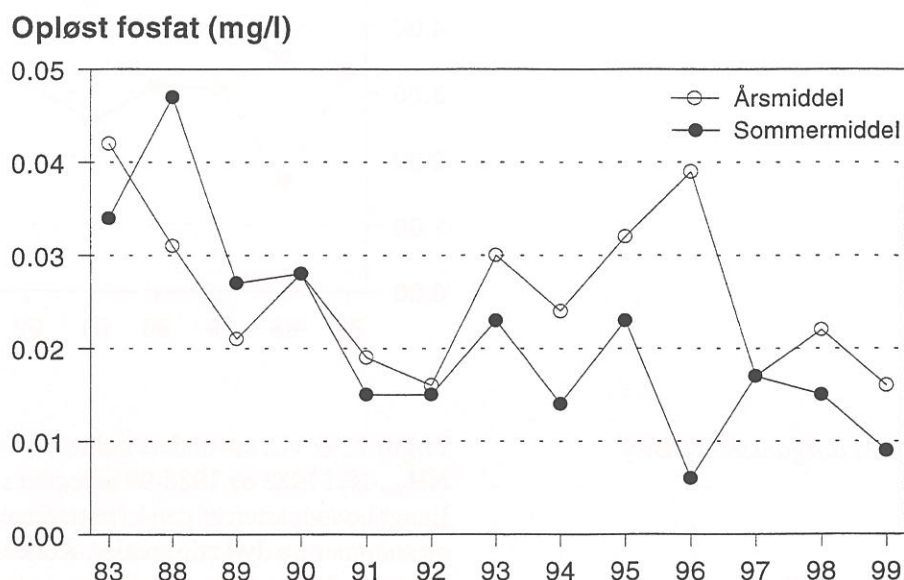
#### Opløst fosfat

Søvandets indhold af opløst fosfat (PO<sub>4</sub>-P) angivet som tidsvægtede års- og



sommergennemsnit for 1983 og 1988-99 er vist i figur 20. Koncentrationen af opløst fosfat er både på års- og sommerbasis meget lille, under 30  $\mu\text{g P/l}$ , og i sommerperioden i længere perioder under detektionsgrænsen. Opløst fosfat er derfor en potentiel begrænsende faktor for planteplanktonet i perioder hver sommer.

**Figur 20.** Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst fosfat i søvandet 1983 og 1988-99.



I 1999 var den tidsvægtede sommermiddelkoncentration med 9  $\mu\text{g P/l}$  den næstlaveste i perioden, og mængden af opløst fosfat var også i 1999 i store perioder under detektionsgrænsen og dermed en potentiel vigtig faktor i begrænsningen af sommerens planteplankton.

- signifikant fald i sommermiddelkoncentrationen

Set over hele perioden 1989-99 kan der ikke umiddelbart påvises signifikante ændringer i årsmiddelkoncentrationen af opløst fosfat i søvandet, derimod er der et signifikant fald (på 5 % niveau) i sommermiddelkoncentrationen af opløst fosfat i søvandet i perioden 1989-99. De perioder, hvor søvandets indhold af opløst fosfat har været nede omkring detektionsgrænsen, og en dermed potentielt begrænsende faktor, er imidlertid generelt blevet længere op gennem overvågningsperioden.

*Kvælstof*

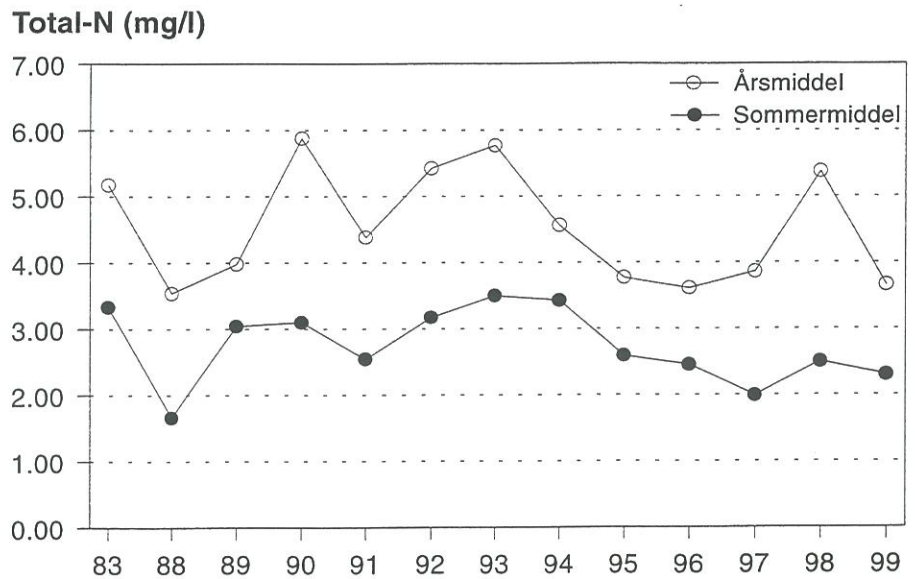
Omvendt af fosforkoncentrationen i søvandet, er kvælstofkoncentrationen sædvanligvis højest i vinterperioden som følge af de høje kvælstofkoncentrationer i tilløbet i denne periode.

-Koncentrationen af totalkvælstof faldet i 1999

Søvandets indhold af totalkvælstof beregnet som henholdsvis års- og sommermidler i 1983 og 1988-99 er vist i figur 21. I 1999 var årsmiddelkoncentrationen 3,66 mg N/l, hvilket er lavere end i 1998 og ligeledes lavere end gennemsnittet for perioden 1989-98 på 4,66 mg N/l. Sommermiddelkoncentrationen af totalkvælstof i 1999 var med 2,3 mg N/l ligeledes faldet i forhold til i 1998, og stadig under gennemsnittet på 2,83 mg N/l for perioden 1989-98. Det registrerede fald i kvælstofindholdet i søvandet gennem sommeren fra 1993 til 1997 er således atter fortsat i 1999 efter stigningen i 1998.

Set for perioden hele perioden 1989-99 er der statistisk et fald sommermiddelkoncentrationen af kvælstof i søvandet på 5 %-niveauet.

**Figur 21.** Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af totalkvælstof i søvandet 1983 og 1988-99.



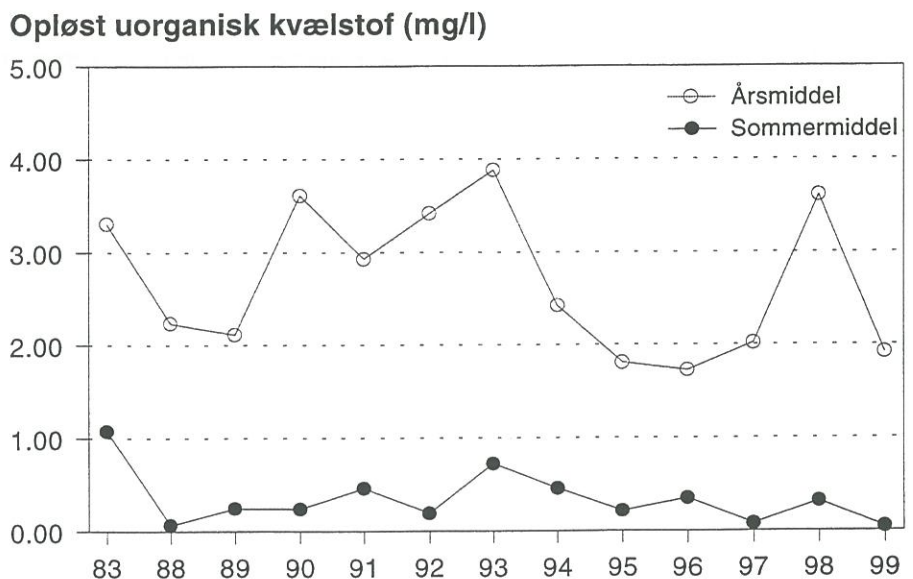
### Opløst uorganisk kvælstof

I figur 22 er vist søvandets indhold af opløst uorganisk kvælstof ( $\text{NO}_{2+3}\text{-N}$  og  $\text{NH}_{3+4}\text{-N}$ ) i 1983 og 1988-99 beregnet som tidsvægtede års- og sommermidler. Langt hovedparten af den kvælstofmængde der tilføres søen, er på nitratform og stammer fra dyrkede arealer. Koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof i søen er derfor sædvanligvis høj i vinterperioden, hvor udvaskningen fra de dyrkede arealer er størst. I sommerperioden falder koncentrationen af opløst uorganisk kvælstof i søvandet dels som følge af en lav tilførsel og dels som følge af denitrifikation samt algerne optag. Derfor falder koncentrationen af uopløst kvælstof i perioder om sommeren til så lave værdier, at opløst kvælstof kan være potentielt begrænsende for planteplanktonet.

- ingen markante ændringer i koncentrationerne 1989-99

Årsmidlen for opløst uorganisk kvælstof i 1999 var med 1,9 mg N/l faldet siden 1998 og på niveau med perioden 1994-97, mens sommermiddelkoncentrationen med 0,044 mg N/l var lidt under gennemsnittet for perioden 1989-98.

**Figur 22.** Den tidsvægtede års- og sommermiddelkoncentration af opløst uorganisk kvælstof ( $\text{NO}_{2+3}\text{-N}$  og  $\text{NH}_{3+4}\text{-N}$ ) i søvandet 1983 og 1988-99.



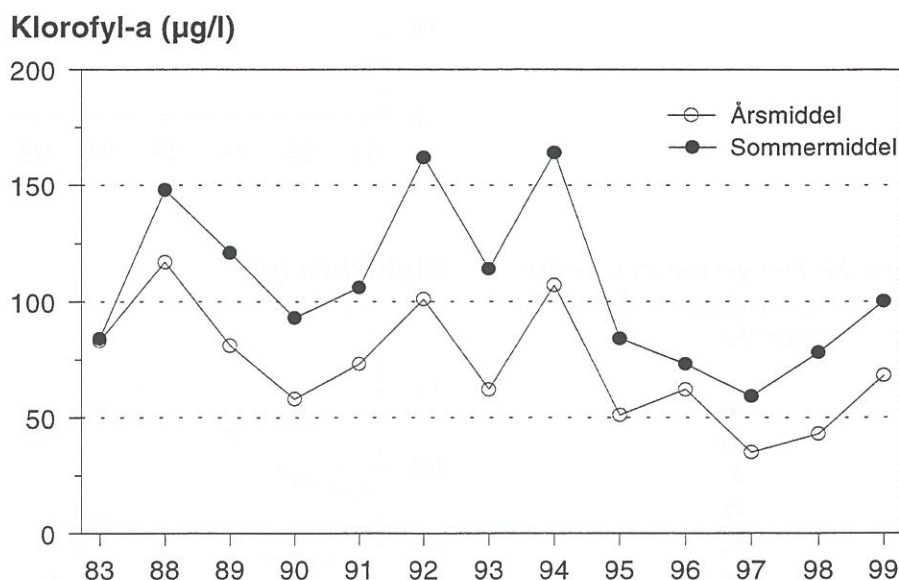
## 8.2 Øvrige målinger i søvandet

### Klorofyl a

Søvandets indhold af klorofyl a i 1983 og 1988-99 er vist i figur 23. Både det års- og sommergennemsnitlige klorofylindhold steg i forhold til 1998 til henholdsvis 68 og 100 µg/l, og lå dermed i niveau med gennemsnittet for perioden 1989-98 på henholdsvis 67 og 105 µg/l.

Dermed er det fald i det sommergennemsnitlige klorofylindhold, der tilsyneladende blev indledt i 1995, stoppet.

**Figur 23.** Søvandets indhold af klorofyl a i 1983 og 1988-99.



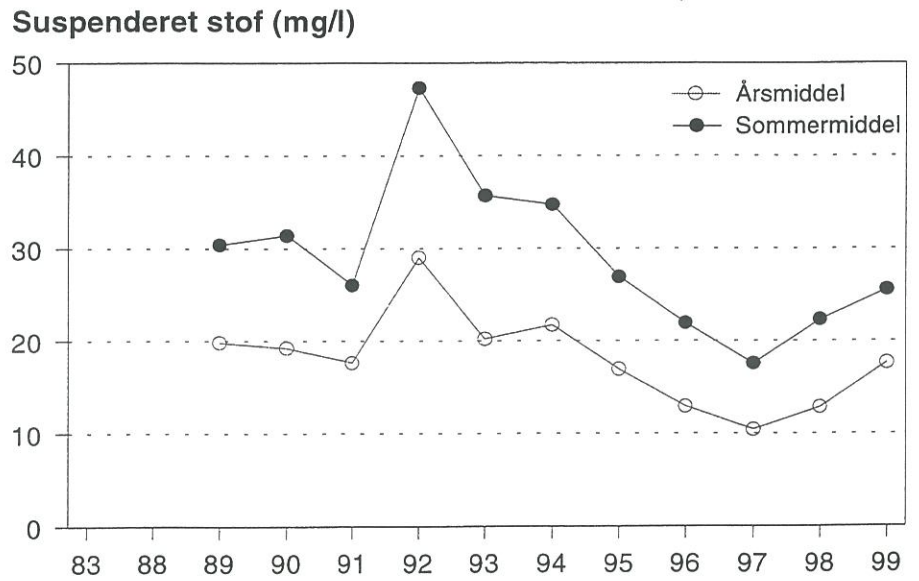
### Suspenderet stof

Mængden af suspenderet stof var med års- og sommergennemsnittet på henholdsvis 17,6 mg/l og 25,5 mg/l øget lidt i forhold til i 1998, men dog stadig lavt sammenlignet med værdierne målt i starten af perioden (fig.24). Udover mængden af planteplankton, er søvandets indhold af suspenderet stof tillige forbundet med ophvirvlet materiale fra søbunden (resuspension). Da Borup Sø er lavvand og uden undervandsplanter, kan resuspension i perioder udgøre en væsentlig del af den suspenderede stofmængde i søvandet.

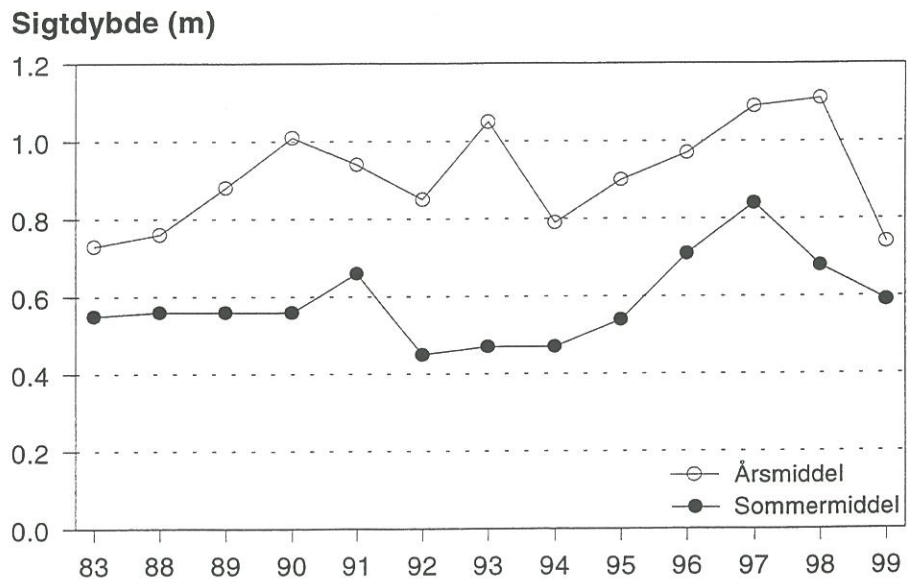
### Sigt dybde

Den gennemsnitlige sommersigt dybde var i perioden op til 1990 meget konstant omkring 0,55 m (fig.25). I 1991 steg sommersigt dybden en smule til 0,66 m for herefter at falde markant året efter. Sommersigt dybden lå i de følgende år omkring 0,45 m, men steg herefter og nåede i 1997 op på 0,87 m. I 1998 var sommersigt dybden faldet til 0,68 m og dette fald er forsat i 1999 hvor den var på 0,59 m. Årsgennemsnittet faldt ligeledes fra 1,11 m i 1998 til 0,74 m i 1999, hvilket er blandt de laveste i perioden. Der kan ikke påvises nogen udvikling statistisk i hverken års- eller sommermiddelsigt dybden i perioden, og det ser ud til at den forbedring i sigt dybden der var fra 1995-97 muligvis er ved at vende.

**Figur 24.** Søvandets indhold af suspenderet stof i 1989-99.



**Figur 25.** Den gennemsnitlige års- og sommersigt dybde i Borup Sø 1983 og 1988-99.



I 1997 blev der foretaget en analyse af sammenhængen mellem sommersigt dybden og en række øvrige parametre (rapport /8/). Resultatet af denne analyse viste, at der var en stærk sammenhæng mellem mængden af suspenderet stof i søvandet og sigt dybden. Mulige årsager til ændringerne i henholdsvis mængden af suspenderet stof og sigt dybden er nærmere diskuteret i afsnit 9.4.

## 9. Biologiske målinger i søen

I dette afsnit præsenteres resultaterne af de biologiske undersøgelser i 1999 samt udviklingen i perioden 1989-99. Søens plante- og dyreplankton er siden 1989 blevet undersøgt efter Miljøstyrelsens retningslinier /15,16/. Hvert års undersøgelser med artslistor, volumenberegninger osv. er udarbejdet som interne rapporter /17-27/. Vigtige nøgletal for planktonet i perioden 1989-99 findes i bilag 9.

Årstidsvariationer inden for plante- og dyreplanktonets biomasser og artssammensætning er detaljeret beskrevet i tidligere rapporter. I det følgende er der derfor primært fokuseret på markante ændringer i perioden 1989-99. Til vurderingen af hvorvidt der er sket signifikante ændringer, er anvendt lineær regressionsanalyse mellem tiden (år) og års- og sommergennemsnit af planktonbiomassen og -sammensætningen.

Søens fiskebestand er undersøgt i 1988 og 1993 efter retningslinierne angivet i vejledningen for fiskeundersøgelser fra DMU /28/. Undersøgelserne er særskilt rapporteret i /29/ og /5/, og resultaterne er endvidere resumeret i rapporten for året 1996 /8/. I 1996 blev der iværksat et indgreb i fiskebestanden med det formål, at forkorte indsvingningstiden efter den planlagte reduktion i fosfortilførslen. De foreløbige resultater af opfiskningen er ligeledes vurderet i dette afsnit. Endelig er søens fiskeyngel undersøgt i juli 1998 samt i juli 1999 efter retningslinierne i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser fra DMU /30/.

### 9.1 Planteplankton

#### Udvikling i biomasse og artssammensætning

##### *Sommermiddelbiomasse*

Sommermiddelbiomassen af planteplankton steg i perioden 1989-91 jævnt, fra 12,4 til 15,0 mm<sup>3</sup>/l, for herefter i 1992 at stige brat til 29,7 mm<sup>3</sup>/l, dels som følge af et mindre græsningstryk dette år og dels som følge af en varm sommer, der gav algerne gode vækstbetingelser (fig.26). I 1993 faldt sommerkiddelbiomassen igen som følge af en kølig sommer samt en stor gennemstrømning af søen allerede i september måned. Året efter steg sommerkiddelbiomassen atter bla. som følge af en varm sommer og et lavt græsningstryk og nåede med 29,2 mm<sup>3</sup>/l op på samme høje niveau som i 1992. I 1995 faldt sommerkiddelbiomassen igen som følge af dels en kølig forsommer og dels et øget græsningstryk. I 1996 steg sommerkiddelbiomassen til 26,7 mm<sup>3</sup>/l trods lave planteplanktonbiomasser i maj og juni måned. Årsagen til den relativ høje sommerkiddelbiomasse i 1996 var den varme og tørre august måned, der skabte basis for en rekordhøj blågrønalgbiomasse, der midt i måneden nåede et ekstremt højt niveau på 173 mm<sup>3</sup>/l. I 1997 faldt sommerkiddelbiomassen til 10,9 mm<sup>3</sup>/l, det hidtil laveste sommergennemsnit i hele overvågningsperioden. Årsagen til dette fald var primært udeblivelsen af den massive blågrønalgopblomstring, der de senere år har fundet sted omkring august måned. I 1998 steg sommerkiddelbiomassen til 18,5 mm<sup>3</sup>/l, og forøgelsen skyldtes primært en stigning i mængden af kiselalger og rekylalger i forhold til året før.

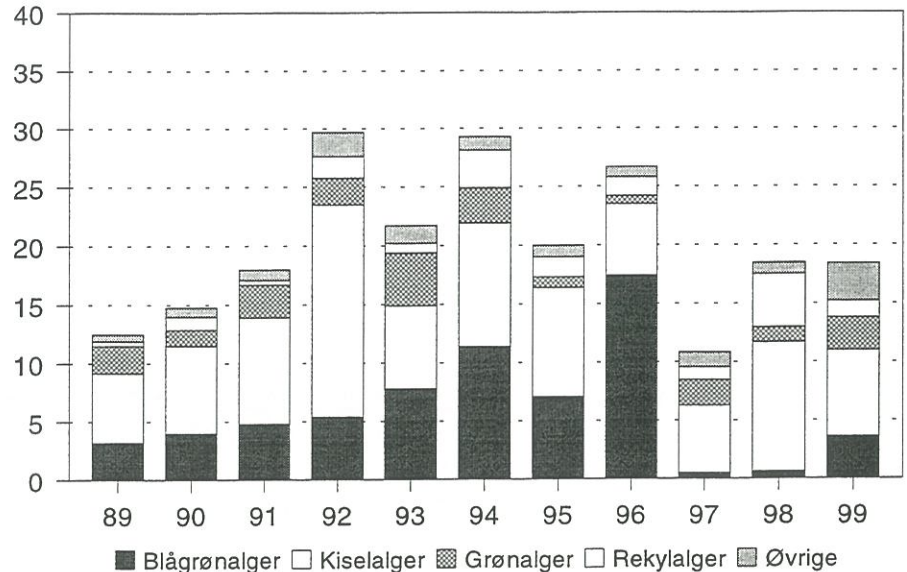
I 1999 lå sommerkiddelbiomassen med 18,3 mm<sup>3</sup>/l i niveau med biomassen i 1998 og ligeledes tæt på gennemsnittet for perioden 1989-98 på 20,2 mm<sup>3</sup>/l.

- ingen signifikante udviklingstendenser i sommermiddelbiomassen

Sommermiddelbiomassen af planteplankton har i perioden 1989-96 været svagt stigende, men det bratte fald i 1997 og de moderate værdier i 1998 og 1999 betyder, at der ikke længere kan påvises en statistisk udvikling i sommermiddelbiomassen for hele perioden 1989-98. Tendensen til høje totalbiomasser fra 1992-96 synes dog at være vendt, således at niveauet de sidste tre år svarer til undersøgelsesperiodens første tre år.

**Figur 26.** Tidsvægtede sommermiddelbiomasser af planteplankton 1989-99.

**Planteplanktonbiomasse (mm<sup>3</sup>/l)**

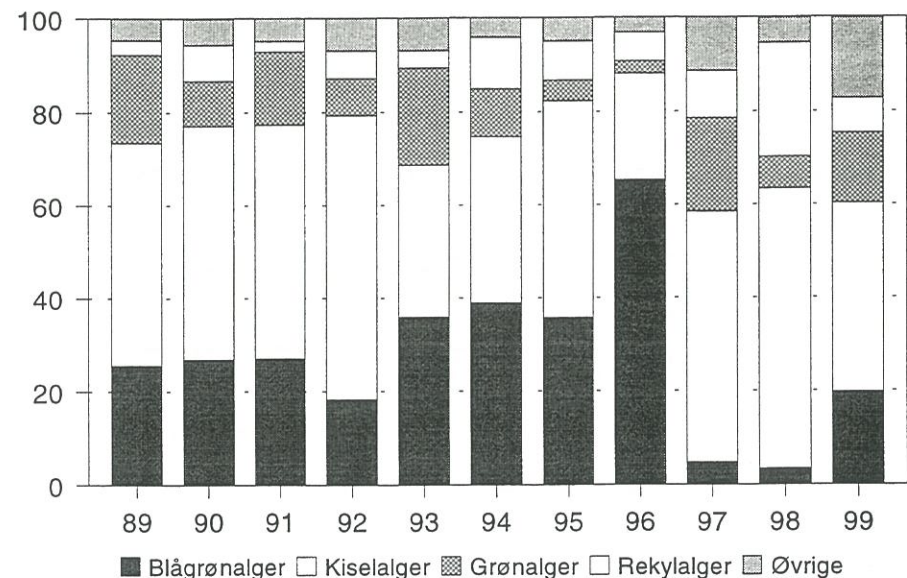


*De enkelte algegrupperes procentandel af sommermiddelbiomassen*

Betragtes de enkelte algegrupperes procentvise andel af biomassen i vækstsæsonen, har blågrønalgerne procentandel været stigende frem til 1996, men de små blågrønalgeforekomster i 1997-99 betyder, at der ikke længere for perioden 1989-99 statistisk kan påvises en signifikant udvikling (fig.27). De seneste tre år har kiselalger således været dominerende som de var det i starten af overvågningsperioden fra 1989-91.

**Figur 27.** De enkelte algegrupperes procentandel af planteplanktonbiomassen i sommerperioden 1989-99.

**Planteplanktonbiomasse (%)**



## Status 1999

*Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 1999*

*- atter blågrønalgopblomstring i september-oktober i 1999*

Udviklingen i planteplanktonbiomassen i 1999 er vist i figur 28. I marts var planteplanktonet domineret af en blanding af rekyalger, gulalger og kiselalger. Planteplanktonbiomassen var fra april til og med august domineret af kiselalger, med undtagelse af sidst i juni hvor flere forskellige algeklasser udgjorde størstedelen af planteplanktonbiomassen.

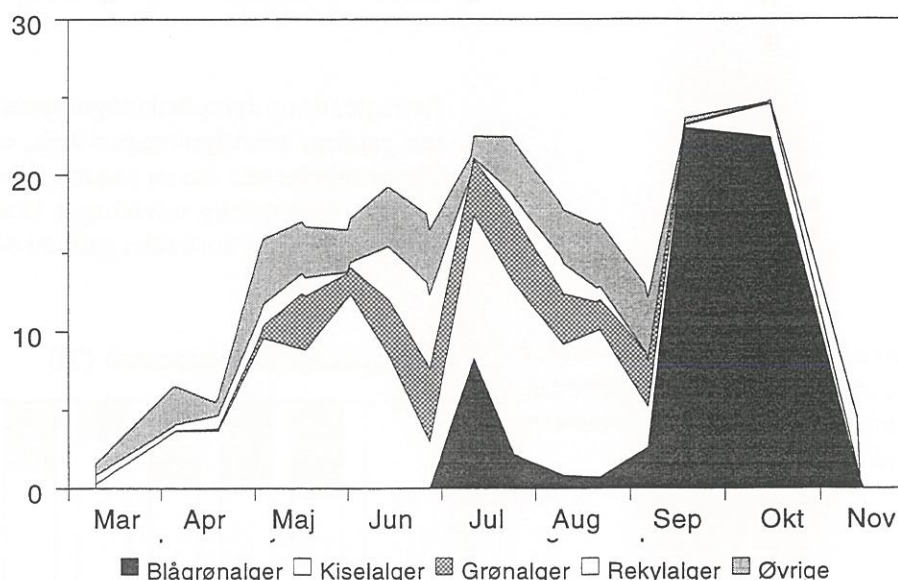
Fra starten af september skete en betydelig opblomstring af blågrønalger, som kulminerede fra midten af september frem til midten af oktober, hvor blågrønalger helt dominerede algebiomassen, som i denne periode opnåede et maksimum på 24 mm<sup>3</sup>/l.

I løbet af oktober-november klingede algebiomassen af og nåede i starten af november ned på meget lave værdier.

Udviklingen adskiller sig fra de to seneste år ved at blågrønalgerne igen er subdominerende i søen, hvilket antageligt skyldes den varme sensommer i 1999. I 1998 var rekyalger subdominerende og i 1997 var grønalger den subdominerende algeklasse.

**Figur 28.** Udviklingen i planteplanktonbiomassen 1999.

### Planteplanktonbiomasse (mm<sup>3</sup>/l)



## 9.2 Dyreplankton

### Udvikling i biomasse og artssammensætning

*Sommermiddelbiomasser*

*- signifikant fald i dyreplanktonbiomassen 1989-99*

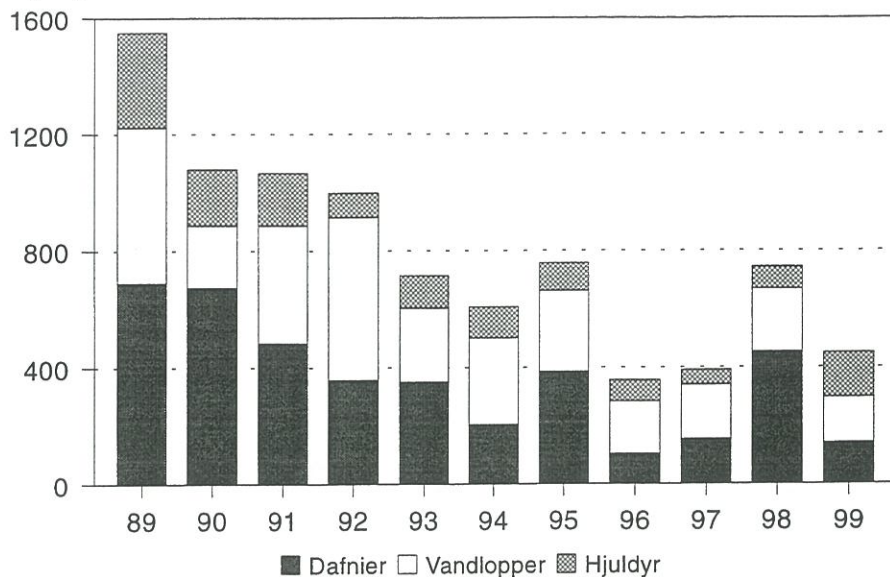
Dyreplanktonbiomassen har generelt været faldende gennem overvågningsperioden (fig.29). Fra en sommermiddelbiomasse i 1989 på 1551 µg tv/l nåede biomassen i 1996 et minimum på 357 µg tv/l, men er siden steget til en sommermiddelbiomassen i 1999 på 450 µg tv/l. Statistisk er faldet i års- og sommermiddelbiomassen signifikant på henholdsvis 1%- og 0,1 %-niveauet.

- generel tilbagegang for alle dyreplanktongrupper

Nedgangen i dyreplanktonets sommermiddelbiomasse skyldes først og fremmest en nedgang i dafniebiomassen i første halvdel af overvågningsperioden, men også for hjuldyrenes og vandlopperens vedkommende er der tale om et fald i biomassen siden 1989.

**Figur 29.** Udviklingen i den sommergennemsnitlige dyreplanktonbiomasse 1989-99.

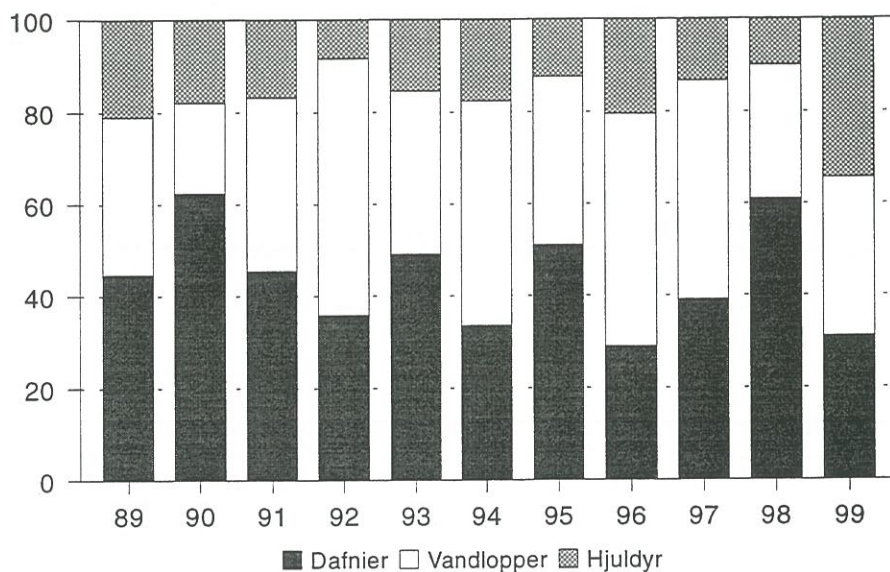
### Dyreplanktonbiomasse ( $\mu$ TV/l)



Betragtes de tre dyreplanktongruppers procentandel af sommermiddelbiomassen gennem overvågningsperioden, er der ikke sket signifikante ændringer. Der er således tale om en generel tilbagegang for alle tre grupper (fig.30). Der er ingen tydelig udvikling i biomassen af de enkelte grupper, således varierer dominansforholdet mellem dafnier og vandlopper fra år til år.

**Figur 30.** Udviklingen i de forskellige dyreplanktongruppers procentandel af sommermiddelbiomassen 1989-99.

### Dyreplanktonbiomasse (%)





## Status 1999

### Udviklingen i 1999

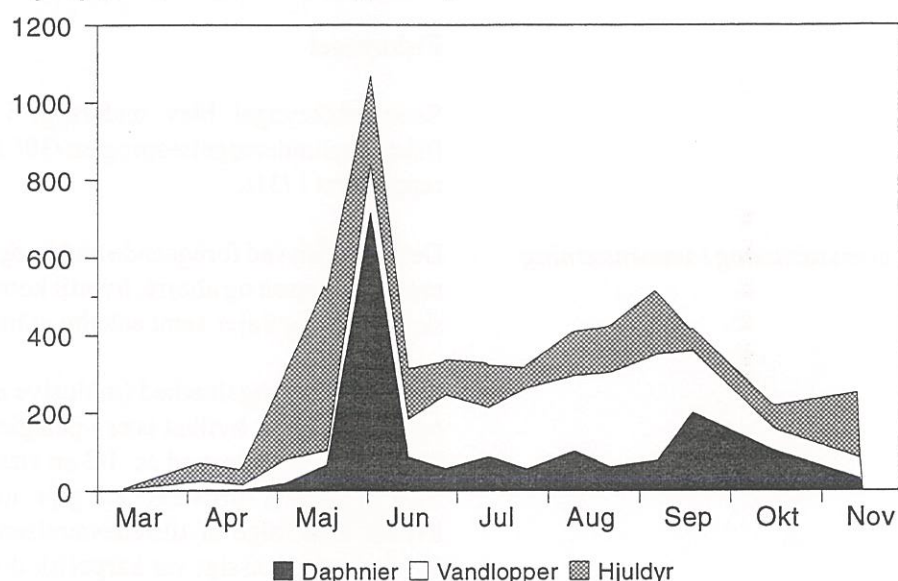
Udviklingen i dyreplanktonbiomassen over året i 1999 er vist i figur 31. Dyreplanktonbiomassen var lav fra marts til midt i april, men fra slutningen af april og frem til midten af juni blev der opbygget en betydelig biomasse af hovedsageligt hjuldyr og dafnier, hvoraf hjuldyret *Keratella quadrata* og dafnierne *Daphnia cucullata* og snabeldafnien *Bosmina longirostris* var mest betydende. Efter at have kulmineret med en biomasse på 1077  $\mu\text{g tv/l}$  faldt biomassen af især dafnier i løbet af juni, og fra sidst i juni til først i september dominerede vandlopper biomassen. Den vigtigste vandloppe var den cyklopoide vandloppe *Mesocyclops leuckarti* som med 23-39 % af den totale dyreplanktonbiomasse dominerede fra juli til først i september, hvor et efterårsmaksimum på 515  $\mu\text{g tv/l}$  blev målt. Herefter aftog biomassen af alle grupper gradvist frem til midten af oktober.

*Biomassen af dafnier og vandlopper blandt de laveste i overvågningsperioden*

Sammenfattende var biomassen af dafnier og vandlopper i Borup Sø i 1999 blandt de lavest registrerede i overvågningsperioden, hvorimod biomassen af hjuldyr var relativt høj.

**Figur 31.** Udviklingen i dyreplanktonbiomassen i 1999.

### Dyreplanktonbiomasse ( $\mu\text{ TV/l}$ )



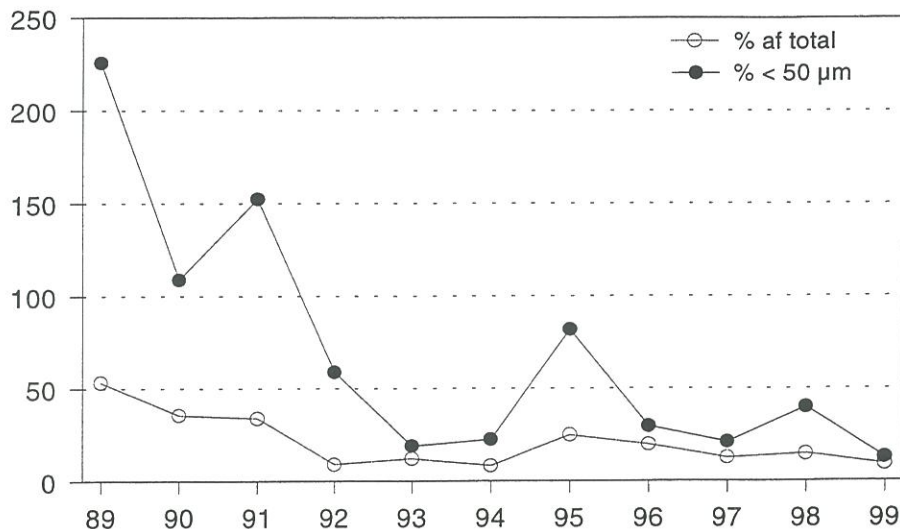
## Græsning

Udviklingen i dyreplanktonets potentielle græsningstryk på planteplanktonet i perioden 1989-99 er vist i figur 32. På figuren er dels angivet det potentielle græsningstryk på hele planteplanktonet og dels det potentielle græsningstryk på den del af algerne, der umiddelbart er spiseligt for dyreplanktonet (alger < 50  $\mu\text{m}$ ). De viste værdier på figuren er sommermidler for de enkelte år.

Som det fremgår af figuren, er græsningstrykket faldet både totalt (signifikant på 5%-niveau) og på algefraktionen mindre end 50  $\mu\text{m}$  (signifikant på 1%-niveau). Faldet er stort set sket i den første halvdel af overvågningsperioden, hvorefter græsningstrykket gennemgående har været lavt i den anden halvdel af perioden.

**Figur 32.** *Udviklingen i det sommergennemsnitlige græsningstryk 1989-99.*

### Potentielt græsningstryk (%)



## 9.3 Fiskebestand

### Fiskeyngel

Søens fiskeyngel blev undersøgt i juli 1999 efter det standardiserede fiskeyngelundersøgelsesprogram /30/. Resultaterne er medtaget i bilag 10 samt rapporteret i /31/.

#### *Ynglens tæthed og sammensætning*

Der blev som ved foregående undersøgelse konstateret yngel fra 4 arter; skalle, regnløje, brasen og aborre, hvortil kommer en ikke ubetydelig mængde etårige skaller og regnløjer samt enkelte etårige brasener.

Den samlede yngeltæthed (inklusive etårige) var 4,6 pr m<sup>3</sup> i littoralen og 2,0 pr m<sup>3</sup> i pelagiet, hvilket især i pelagiet var noget mindre end i 1998. Etårige karpfisk udgjorde med ca. 1/3 en væsentlig andel af fangsten. Vægtmæssigt var tætheden (i spritvægt) 2,2 g pr. m<sup>3</sup> i littoralen og 1,3 g pr m<sup>3</sup> i pelagiet, hvilket som følge af tilstedeværelsen af etårige fisk var noget større end i 1998. Antalmæssigt var karpfisk dominerende i littoralen, mens karpfisk og aborrefisk udgjorde omtrent samme andel i pelagiet. Vægtmæssigt dominerede karpfisk over hele søen.

Sammenlignet med 12 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser de to seneste år, var tætheden af både karpfisk og aborrefisk i Borup Sø i 1999 betydelig, og vægtmæssigt var tætheden som følge af de mange etårige fisk næststørst både i littoralen og i pelagiet.

**Tabel 8**

Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.

Antal/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	3,374	0,999	73	51
Aborrefisk	1,255	0,966	27	49
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	4,629	1,966	100	100

**Tabel 9**

Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.

Spritvægt g/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	1,504	0,817	69	62
Aborrefisk	0,661	0,509	31	38
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	2,165	1,326	100	100

#### Størrelse

Fiskeynglens størrelse adskilte sig ikke i Borup Sø fra de øvrige søer undersøgt på samme tidspunkt.

#### Påvirkning af dyreplanktonet

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårige karpefisk) omkring 1. juli var med 35 mg tv/m<sup>3</sup>/d rekordstor sammenlignet med 12 andre undersøgte søer, og en smule større end i 1998. Dette skyldtes både de store årgange af skaller og regnløjer fra 1998 og en stor årgang af aborre yngel i 1999. Medregnes de ældre planktonædende karpefisk må fiskenes prædationstryk på dyreplanktonet antages ligesom i 1998 at have være meget betydeligt i juli 1999.

#### Øvrige fiskebestand

Søens fiskebestand er undersøgt i 1988 og 1993 efter det standardiserede fiskeprogram. I forbindelse med den opfiskning, der blev indledt i foråret 1996, er fiskebestanden tillige undersøgt i efteråret 1996, 1997, 1998 og 1999 efter et reduceret undersøgelsesprogram. Formålet med disse undersøgelser er løbende at følge udviklingen i fiskebestanden under opfiskningen.

Udviklingen i fiskebestanden fra 1988 og frem til 1996 er udførligt beskrevet i 1996-rapporten /8/, og fiskebestandens sammensætning og udvikling i 1997, 1998 og 1999 er på baggrund af de udførte fiskeundersøgelser beskrevet i tre interne notater /32/33/34/, hvoraf sidstnævnte findes i bilag 11. I det følgende gives et kort resume af fiskebestandens udvikling i perioden 1988-1999 samt en beskrivelse af fiskebestandens aktuelle størrelse og sammensætning i 1999.

#### Artssammensætning

Søen rummer i alt 10 arter: Skalle, brasen, aborre, regnløje, rudskalle, sandart, gedde, suder, ål og spejlkarpe, hvoraf sidstnævnte første gang er registreret i søen i 1996.

Fiskebestanden var både i 1988 og i 1993 karakteristisk for en mindre, lavvandet og næringsrig sø med en ringe sigtdybde: med en udpræget dominans af småskaller og mindre brasener, med en til tider talrig bestand af regnløjer og med gedden som dominerende rovfisk.

Fiskebiomassen var med skønsmæssigt 40-50 g vådvægt/m<sup>3</sup> forholdsvis høj i overensstemmelse med søens høje næringsniveau, og rovfisk udgjorde med 9-12% kun en beskedne andel af fiskebiomassen.

## Opfiskning

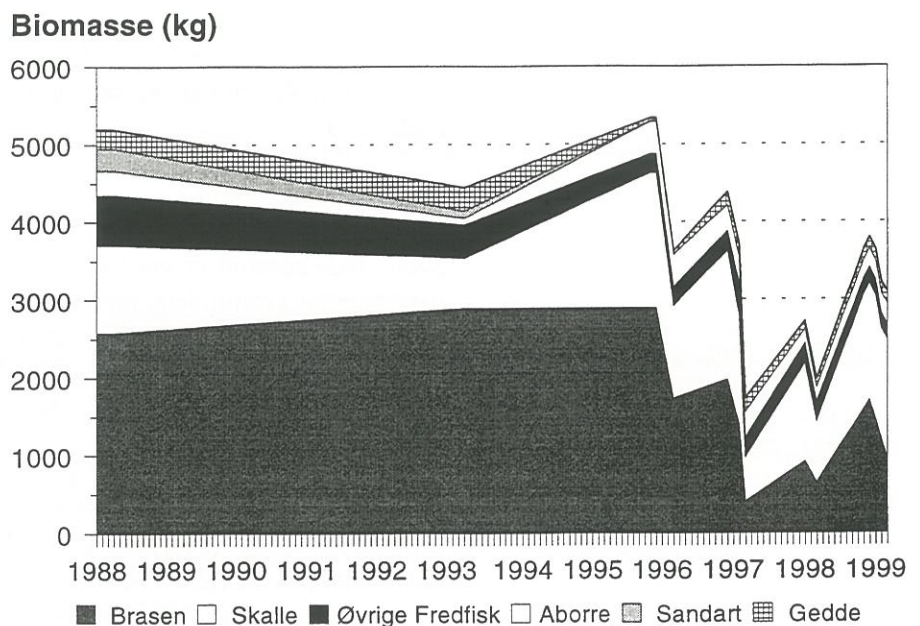
I foråret 1996 indledtes opfiskningen af fredfisk, og siden starten i 1996 er der i alt opfisket 6587 kg fisk i søen fordelt på 2627 kg skaller og 3960 kg brasener (tabel 10). Opfiskningen overstiger dermed fiskebestandens samlede biomasse før fiskeriet.

**Tabel 10.** Oversigt over opfiskningen i perioden 1996 - 1999.

Periode	Skalle (kg)	Brasen (kg)	Total (kg)
1996	550	1.160	1.710
1997	1.085	1.570	2.655
1998	480	270	750
1999	512	960	1.472
Total	2.627	3.960	6.587

Som det fremgår af figur 33 har opfiskningen tydeligt præget fiskebestandens udvikling frem til i dag.

**Figur 33.** Udviklingen i biomassen af de respektive fiskearter perioden 1988-1999. Biomassen er vurderet ud fra resultaterne af fiskeundersøgelserne korrigeret med de opfiskede mængder.



På trods af en betydelig nedfiskning har fredfiskebestanden dog efter hver opfiskning hurtigt formået at gendanne en væsentlig del af den opfiskede biomasse. Især har skallerne udvist en stor evne til hurtigt at erstatte den tabte biomasse, mens brasenerne kun i mindre omfang har formået at overkomme

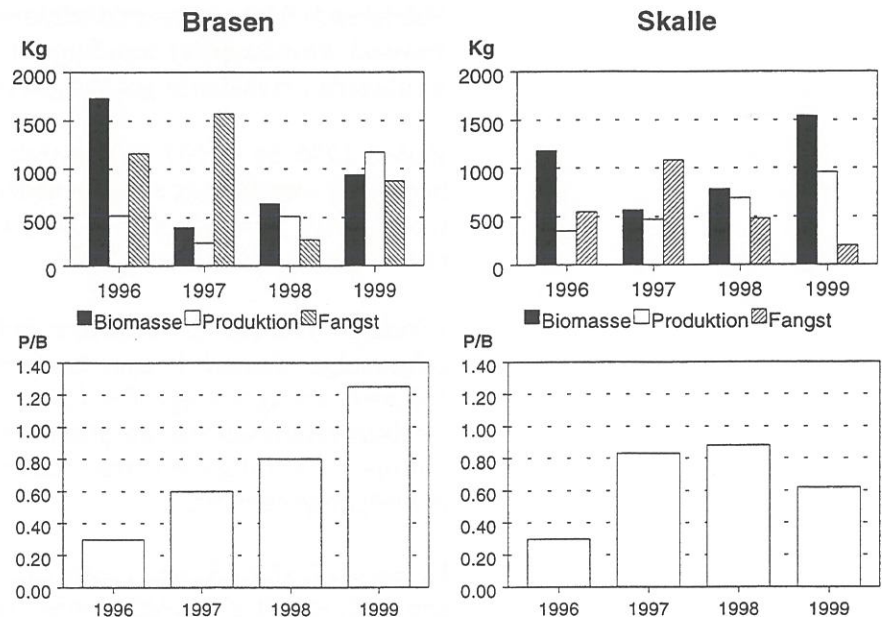
fiskeriet, blandt andet som følge af større fiskeritryk.

Ved den seneste fiskeundersøgelse i 1999 var skallerens biomasse således højere end biomassen i 1988, mens brasenerens biomasse var reduceret til omkring en tredjedel af biomassen før fiskeriet.

På trods af den foreløbige opfiskning på mere end 6 ton, hvor søens fiskebiomasse gentagne gange er blevet væsentligt reduceret, svarer fiskebestandens aktuelle biomasse i 1999 til ca. 50-60% af fiskebiomassen før indgrebet, og skaller og brasener udgør fortsat med mere end 80 % en dominerende andel af fiskebiomassen.

Som vist i figur 34 har både brasenbestanden og skallebestanden formået at øge biomassen i de seneste to år, idet nettoproduktionen har overskredet den opfiskede mængde. Skallerens betydelige evne til at erstatte den opfiskede mængde skyldes primært usædvanligt gode rekrutteringsforhold, som vedvarende bevirker en talrig skallebestand, mens brasenerens regeneration i højere grad skyldes en hurtig opvækst hos de unge brasener, for hvilke søens små snabeldafnier er et ideelt fødegrundlag.

**Figur 34.** Biomasse, nettoproduktion og fangst samt forholdet mellem nettoproduktion og biomasse i perioden 1996-99.



*Status 1999*

Fiskeundersøgelsen i 1999 viste kun ringe ændringer i forhold til i 1998. Som følge af opfiskningen af hovedsageligt ældre fisk bestod både skalle- og brasenbestanden næsten udelukkende af unge 0-3 årige fisk, og hos de øvrige fredfisk var bestandene omtrent uændrede.

Aborrebestanden var som tidligere meget ringe med meget få aborrer større end 15 cm. Geddebestanden er nu mere talrig end før indgrebet, og væksten og overlevelsen blandt de udsatte gedder har været relativ god. Den skønnede biomasse af gedder er dog stadig lidt mindre end før opfiskningen, og udsætningerne har tilsyneladende ikke haft den tilsigtede effekt at begrænse mængden af karpfiskeyngel. Geddernes kondition var i efteråret 1999 markant under middel, hvilket også var tilfældet i 1997-98.

Opfiskningen af skaller og brasener har kun kortvarigt givet bedre vækst og

konditionsforhold blandt fredfiskene, og den forværrede trivsel fiskene udviser i 1999 sideløbende med en betydelig genvækst blandt skaller og brasener mere end antyder et utilstrækkeligt fiskeritryk.

For at overkomme trægheden i fiskebestanden vil intensiteten i fiskeriet vil blive øget væsentligt i 2000.

#### **9.4 Samspillet mellem stofkoncentrationer, plante- og dyreplankton samt fiskebestand.**

I dette afsnit er udviklingen gennem perioden og de vigtigste styrende faktorer kort resumeret, og mulige effekter af den igangværende opfiskning er vurderet.

Sommermiddelbiomassen af planteplankton var i perioden 1989-1992 kraftigt stigende, primært som følge af en stigning i biomassen af kiselalger. I perioden 1993-96 varierede biomassen en del, men forblev generelt på et højt niveau. Gennem hele perioden 1989-96 steg blågrønalgerne biomasse og nåede et foreløbigt maksimum i 1996, hvor de helt dominerede biomassen af alger i søen.

Sideløbende faldt sommermiddelbiomassen af dyreplankton gennem perioden 1989-96, hovedsageligt som følge af et fald i biomassen af dafnier, hvilket resulterede i et faldende græsningstryk på algerne.

Både i 1996 og i 1997 var tilførslen af næringssalte til søen forholdsvis begrænset som følge af en ringe nedbørsmængde, hvilket kan have været en medvirkende årsag til at fosforkoncentrationen i søvandet faldt til et lavt niveau over sommeren i begge år.

I foråret 1996 blev opfiskningen indledt, og på trods af en stor mængde blågrønalger samme år steg sommersigtdybden primært som følge af en reduceret mængde suspenderet stof. Sigtdybden steg yderligere i 1997, og algebiomassen faldt markant primært som følge af en meget ringe blågrønalgebiomasse. Samtidig nåede mængden af suspenderet stof det laveste niveau i overvågningsperioden.

I 1998 var fosfortilførslen relativ stor i foråret, hvilket muligvis var medvirkende til, at fosforkoncentrationen i søvandet over sommeren var større end i de foregående to år. Antageligt af samme grund steg algebiomassen ligeledes, men masseopblomstringen af blågrønalger udeblev, muligvis som følge af en kold sommer. Mængden af suspenderet stof var dog stadig forholdsvis beskedent, og sigt dybden var især i forårs- og efterårsperioden god.

I 1998 steg dyreplanktonbiomassen igen sammenlignet med de to foregående år, men græsningstrykket på algerne forblev forholdsvis lavt. På trods af opfiskningen var antallet af skaller og brasener øget i forhold til året før.

I 1999 var fosfortilførslen noget mindre end i 1998, men stadig større end i årene 1996-97. Fosforkoncentrationen i søvandet og algebiomassen var på niveau med algebiomassen i 1998 over sommeren, men modsat i 1998 skete en masseopblomstring af blågrønalger i september/oktober antageligt som følge af en usædvanlig varm sensommer. Mængden af suspenderet stof var øget lidt i forhold til i 1998, men dog stadig lavt sammenlignet med værdierne målt i starten af overvågningsperioden, og både årsmiddel- og sommersigt dybden var faldet lidt siden 1998. Dyreplanktonbiomassen var lavere i 1999 end

i 1998, og sammenfattende var biomassen af dafnier og vandlopper i Borup Sø i 1999 blandt de lavest registrerede i overvågningsperioden, hvorimod biomassen af hjuldyr var relativt høj. Græsningstrykket på algerne var således vedblivende lavt i 1999. På trods af et vedvarende fiskeri var tætheden af skaller og brasener på ny øget som følge af en usædvanlig effektiv rekruttering, og begge bestande bestod hovedsageligt af unge fisk.

Borup Sø har gennem hele overvågningsperioden været i en uklar fase, hvor algeudviklingen primært har været styret af tilgængelige næringsstoffer og af klimatiske forhold. Dyreplanktonet har gennemgående været ringe udviklet med en dominans af små former som følge af et vedblivende stort prædationstryk fra søens fisk, og dyreplanktonets græsning på planteplanktonet har især i de senere år haft meget ringe betydning.

Forholdene afspejles i tabel 11, som viser signifikansværdier for korrelationer mellem sommermiddelværdier af sigtddybde, suspenderet stof, totalfosfor, dyre- og planteplankton og antallet af fredfisk i søen. De mindre ændringer i sommermiddelsigtddybden, som er registreret gennem perioden, har således gennemgående været korreleret med ændringer i mængden af suspenderet stof og i koncentrationen af totalfosfor. Flere brasener har været sammenfaldende med en forøget mængde suspenderet stof og mere uklart vand, hvorimod ændringer i tætheden af de øvrige karpfisk ikke har været korreleret med signifikante ændringer i de øvrige parametre.

**Tabel 11.** *Oversigt signifikansniveau for korrelation mellem sommergennemsnit af sigtddybde (SD), suspenderet stof (SS), fosfor (P), dyreplankton (DP), planteplankton (PP), antal skaller og regnløjer (SK+RL) og antal brasener (BR) pr. garn ved fiskeundersøgelserne. +/-, ++/- - og +++/--- svarer til henholdsvis 5%, 1% og 0,1% signifikansniveau, og 0 angiver at der ikke er signifikant sammenhæng.*

	SD	SS	P	DP	PP	SK+RL	BR
SD		---	---	0	0	0	-
SS	---		+++	0	0	0	+
P	---	+++		++	0	0	0
DP	0	0	++		0	0	0
PP	0	0	0	0		0	0
SK+RL	0	0	0	0	0		0
BR	-	+	0	0	0	0	

### *Effekter af opfiskning*

Opfiskningen, som indledtes i 1996, har således ikke formået at ændre den biologiske struktur i søen. De mindre forbedringer i sigtddybden, som blev konstateret i 1996 og 1997 har tilsyneladende overvejende været betinget af en beskedne fosfortilførsel og af en reduktion i mængden af suspenderet stof som følge af en reduceret bestand af større brasener.

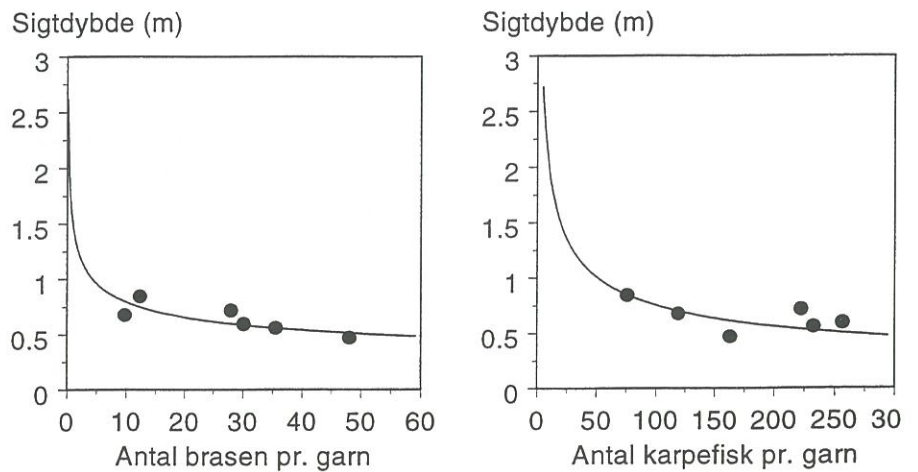
Efter opfiskningens start har dyreplanktonet på intet tidspunkt evnet at nedgræsse planteplanktonet, og fiskenes prædationstryk har antageligt vedvarende været tilstrækkeligt til at regulere både mængden og arten af søens dyreplankton.

Opfiskningen har især i de første år hovedsageligt været rettet mod søens

større fredfisk, hvilket har bevirket at søen idag overvejende rummer unge skaller og brasener. Rekruttering af meget store årgange af skaller i de seneste år, og en meget effektiv opvækst hos søens unge brasener har bevirket, at søen idag på trods af fiskeriet rummer en talrig bestand af fredfisk, som i antal endog overskrider tætheden før opfiskningen. Ringe vækstforhold hos søens skaller og aborrer og generelt ringe konditionsforhold i sensommeren vidner om en betydelig fødekonkurrence hos søens fredfisk, som understreger tilstedeværelsen af et stort og regulerende prædationstryk på søens dyreplankton.

Borup Sø er vedvarende i en uklar fase med en ringe græsningskontrol på planteplanktonet. Som antydnet i figur 35 kan et markant skifte til en klarvandet fase i følge empiriske sammenhænge ikke forventes, før mængden af fredfisk er reduceret til et niveau svarende til en fangst på under under 50 karpefisk pr. garn heraf højst 5 brasener ved fiskeundersøgelserne.

**Figur 35.** Sammenhæng mellem A) antal brasener og B) samlet antal karpefisk pr. garn og sommersigt-dybden i en række danske søer og i Borup Sø 1988-1999.



Fiskene har gode rekrutteringsmuligheder i Borup Sø, hvilket især for skallerne vedkommende resulterer i store årgange, som det blev afsløret ved fiskeyngelundersøgelserne i 1998 og 1999. For at imødegå disse forhold bør opfiskningen derfor yderligere intensiveres i den kommende periode.



## 10. Konklusion

Set for hele perioden 1989-99 kan der ikke konstateres et fald i hverken fosfor- eller kvælstoftilførslen til Borup Sø. De betydelige variationer årene imellem i tilførslen af både fosfor og kvælstof kan stort set tilskrives variationer i vandtilførsel til søen i de respektive år. Mængden af tilført fosfor er stadig større end den fosformængde, der fraføres søen, hvorfor søens interne fosforpulje stadig øges.

Resultaterne fra overvågningen i 1999 viser en generel tilbagegang i forhold til den positive udvikling, som blev konstateret i årene frem til 1997. Den negative udvikling, som blev indledt i 1998, er således blevet forstærket, idet sigtddybden er blevet yderligere forringet, og mængden af suspenderet stof og klorofyl a er øget på trods af en lidt mindre tilførsel af fosfor sammenlignet med året før.

Modsat de to foregående år forekom en masseopblomstring af blågrønalger i sensommeren, og mængden af dafnier var reduceret i forhold til året før, hvilket var medvirkende til et meget ringe potentielt græsningstryk på planteplanktonet i 1999.

I 1996 blev der indledt et restaureringsprojekt for søen baseret på en opfiskning af søens meget store fredfiskebestand, men på trods af en samlet fjernelse af 6,6 tons har opfiskningen endnu ikke haft den ønskede effekt. En usædvanlig effektiv rekruttering hos fredfiskebestanden har løbende erstattet fangsten, og fisketrykket har derfor været for ringe til at nedbringe bestanden effektivt.

Borup Sø er generelt målsat (B) hvilket bl.a. indebærer krav til en gennemsnitlig fosforkoncentration mindre end 100-150  $\mu\text{g P/l}$  og en sigtdybde ikke under 1 meter, begge beregnet som sommergennemsnit. Desuden er der krav om en udbredt undervandsvegetation og en varieret og alsidig fiskebestand uden masseforekomst af fredfisk.

For nærværende er ingen af kravene opfyldt. En intensivering af opfiskningen vil dog formodentligt både kunne bringe de vandkemiske forhold og forholdene vedrørende fiskebestandens sammensætning nærmere målsætningen, og fastholdes en positiv udvikling vil undervandsvegetationen igen ad åre kunne dække en stor del af søbunden, og søen også på dette punkt kunne opfylde målsætningen. Helt afgørende for søens udvikling i de kommende år er det imidlertid, hvorvidt det lykkes at reducere næringsstofftilførslen til søen i et tilstrækkeligt omfang.

## 11. Referencer

- 1/ Roskilde Amt (1990). Vandmiljøovervågning. Søovervågning: Gundsømagle Sø og Borup Sø.
- 2/ Roskilde Amt (1992). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-91.
- 3/ Roskilde Amt (1993). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-92.
- 4/ Roskilde Amt (1994). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-93.
- 5/ Roskilde Amt (1994). Fiskebestanden i Borup Sø, August 1993. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 6/ Roskilde Amt (1995). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-94.
- 7/ Roskilde Amt (1996). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-95.
- 8/ Roskilde Amt (1997). Vandmiljøovervågning. Overvågning af søer 1996 samt temarapportering regionale søer. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 9/ Roskilde Amt (1997). Fiskebestanden i Borup Sø, september 1996. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 10/ Roskilde Amt (1998). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-97. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 11/ Roskilde Amt (1999). Vandmiljøovervågning. Borup Sø 1989-98. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 12/ Høy, T. og J. Dahl (1995). Danmarks søer. Søerne i Roskilde Amt, Københavns Kommune og Københavns Amt. Strandbergs Forlag.
- 13/ Danmarks Miljøundersøgelser (1994). Notat fra arbejdsgruppe vedrørende beregning af den diffuse tilførsel af total N og total P fra umålte oplande i overvågningsprogrammet.
- 14/ Kristensen, P., Jensen, J.P. & E. Jeppesen (1990). Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. C9.
- 15/ Olrik, K. (1991). Planteplankton-metoder. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af planteplankton i søer og marine områder. Miljøprojekt nr. 187. Miljøstyrelsen.
- 16/ Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann & P. Andersen (1992). Zooplankton i søer - metoder og artslistes. Miljøprojekt 205. Miljøstyrelsen.
- 17/ Carl Bro as (1990). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1989. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.

- 18/ Carl Bro as (1991). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1990. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 19/ Carl Bro as (1992). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1991. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 20/ Carl Bro as (1993). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1992. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 21/ Carl Bro as (1994). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1993. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 22/ Carl Bro as (1995). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1994. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 23/ Carl Bro as (1996). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1995. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 24/ Carl Bro as (1997). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1996. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 25/ Carl Bro as (1998). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1997. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 26/ Carl Bro as (1999). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1998. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 27/ Carl Bro as (2000). Fyto- og zooplankton i Borup og Gundsømagle sø 1999. Rapport udarbejdet af Carl Bro as for Roskilde Amt.
- 28/ Mortensen, E., H.J. Jensen, J.P. Müller & M. Timmermann (1990). Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgellesprogram, fiskeredskaber og metoder. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU, nr. 3.
- 29/ Roskilde Amt (1989). Fiskeribiologisk undersøgelse af Borup Sø, august 1988. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 30/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer. - Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- 31/ Roskilde Amt (upubl.). Fiskeynglen i Borup Sø juli. Notat udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 32/ Roskilde Amt (upubl.). Notat vedr. fiskebestanden i Borup Sø september 1997. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 33/ Roskilde Amt (upubl.). Notat vedr. fiskebestanden i Borup Sø september 1998. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.
- 34/ Roskilde Amt (upubl.). Notat vedr. fiskebestanden i Borup Sø september 1999. Rapport udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium for Roskilde Amt.

- 35/ Danmarks Miljøundersøgelser (1999). Oplandsanalyse af vandløbs- og søoplade 1998-2003. Vandløb og søer. Teknisk anvisning fra DMU nr. 15.

## 12. Bilagsoversigt

1. Klimadata for perioden 1989-99.
2. Søkort og morfometriske data.
3. Oplandsstørrelse, areal- og jordtypefordeling.
4. Samleskema for vandføring og stofkoncentrationer i tilløbet Borup Bæk, station 948, i perioden 1989-99.
5. Vand- og stofbalanceberegninger for 1999 opgjort på månedsbasis.
6. Samleskemaer for vand og stof 1989-99. Års- og sommerværdier.
7. Kildeopsplitning.
8. Samleskema for fysisk-kemiske målinger 1989-99.
9. Samleskemaer for plankton.
10. Fiskeyngelundersøgelse 1999.
11. Fiskeundersøgelse 1999.
12. Oversigt over udførte undersøgelser i søen.



# **Bilag 1**

*- Borup sø*





Nedbør (Roskilde Syd)  
Månedsmiddel i mm

	1980-90	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jan	48	7	52	58	40	91	96	88	5	4	51	68
Feb	30	22	65	27	26	20	46	61	24	50	50	43
Mar	44	45	32	12	64	10	84	33	9	20	64	64
Apr	35	32	31	56	38	5	44	59	24	31	80	34
Maj	50	15	29	32	10	21	43	53	62	63	18	56
Jun	67	36	61	138	0	37	48	41	20	128	74	92
Jul	63	45	30	76	51	141	4	12	51	39	99	24
Aug	66	150	60	41	61	90	64	26	41	55	48	110
Sep	62	21	126	67	34	144	158	71	34	21	38	36
Okt	62	84	62	35	63	69	41	35	54	121	111	51
Nov	48	17	63	74	100	66	65	24	91	50	55	15
Dec	58	58	38	54	39	92	93	27	25	49	55	106
<b>Sum</b>	<b>633</b>	<b>532</b>	<b>649</b>	<b>670</b>	<b>526</b>	<b>786</b>	<b>786</b>	<b>530</b>	<b>440</b>	<b>631</b>	<b>743</b>	<b>699</b>

Potentiel fordampning (Roskilde Forsøgsstation)  
Månedsmiddel i mm

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jan	7	5	8	7	8	5	4	5	0	2	4
Feb	12	15	13	12	11	9	14	9	14	10	9
Mar	30	37	28	29	33	27	34	21	32	27	22
Apr	60	70	54	48	69	55	58	66	59	38	55
Maj	111	105	92	117	104	90	87	67	81	87	81
Jun	116	94	72	137	105	100	97	90	94	81	84
Jul	117	111	114	120	79	135	124	104	103	76	105
Aug	78	92	90	80	71	93	114	109	96	70	80
Sep	56	48	56	52	33	40	41	52	48	36	49
Okt	24	23	26	24	22	23	18	16	14	18	19
Nov	11	10	9	9	6	10	7	8	5	2	5
Dec	5	5	5	5	4	5	2	1	1	2	3
<b>Sum</b>	<b>625</b>	<b>615</b>	<b>567</b>	<b>641</b>	<b>545</b>	<b>592</b>	<b>600</b>	<b>548</b>	<b>547</b>	<b>447</b>	<b>514</b>

Lufttemperatur (Roskilde Lufthavn)  
Månedsmiddel i grader C

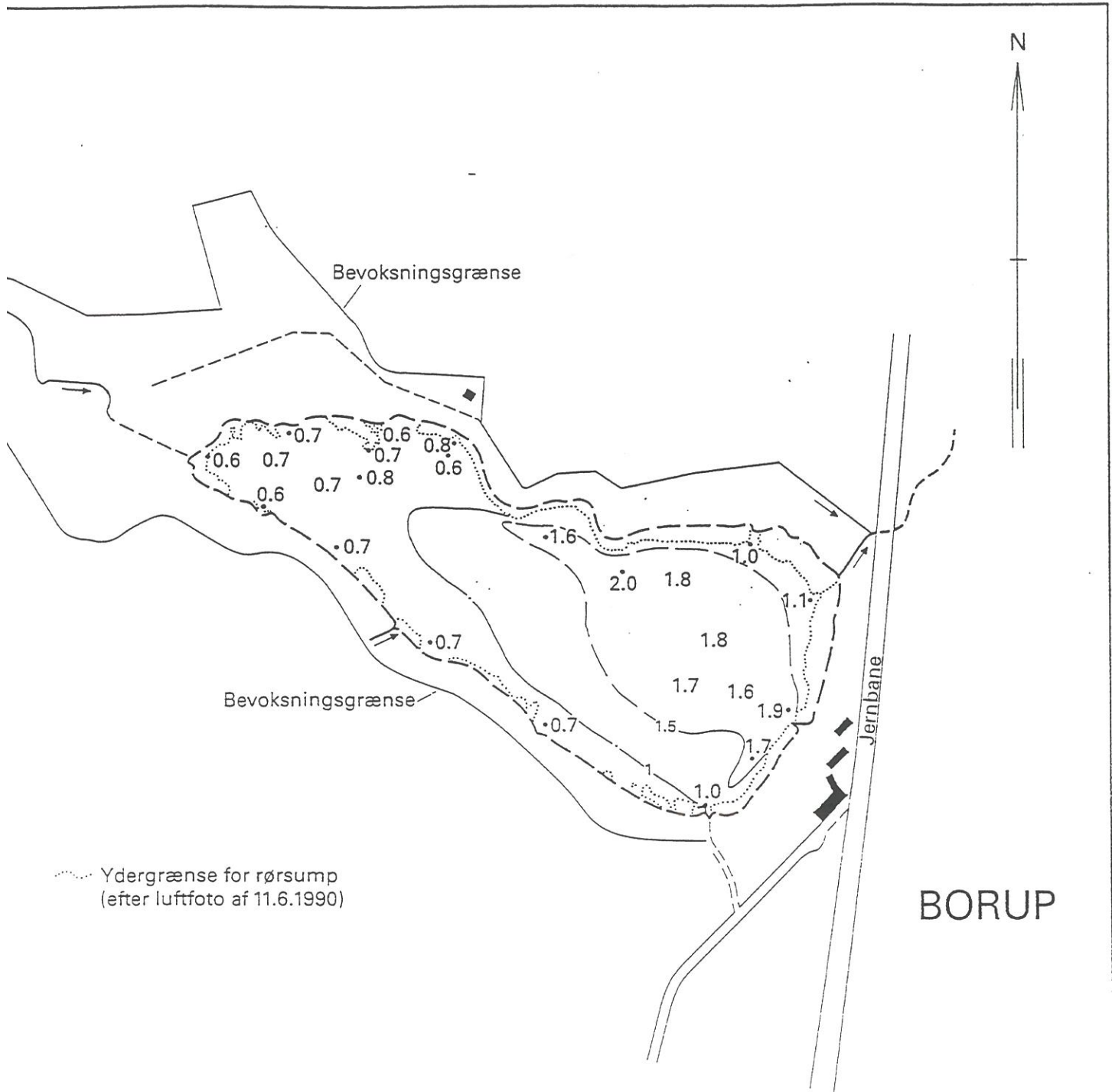
	1931-60	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Jan	-0,2	4,1	3,6	1,5	1,9	1,6	2,2	-0,4	-2,0	-2,1	1,8	1,7
Feb	-0,4	4,0	5,1	-1,2	2,8	0,6	-1,5	3,3	-3,3	2,7	4,9	0,4
Mar	1,7	5,0	5,6	3,8	3,7	2,4	3,1	2,6	-0,5	3,5	3,0	3,2
Apr	6,2	5,7	7,5	5,8	5,9	6,9	7,1	6,1	6,3	5,3	6,7	7,8
Maj	11,2	11,5	12,1	9,3	12,4	12,9	10,0	9,6	8,6	9,8	12,0	10,5
Jun	14,9	14,9	15,0	11,9	17,4	13,8	13,0	13,8	13,0	14,8	14,2	14,0
Jul	16,8	17,0	15,9	17,4	17,6	14,6	19,3	17,3	14,4	17,5	14,6	17,7
Aug	16,3	15,4	16,9	16,7	16,4	13,8	16,9	18,1	16,9	20,5	14,9	16,5
Sep	13,1	13,1	11,4	12,9	12,5	10,5	12,6	12,7	10,3	13,3	13,3	16,1
Okt	8,6	9,8	9,4	8,4	5,9	6,6	7,4	10,7	9,3	7,4	8,3	9,0
Nov	4,8	3,3	3,7	4,6	4,4	1,8	6,1	2,8	4,6	4,5	1,5	4,6
Dec	1,9	1,7	1,9	2,2	2,3	2,0	3,7	-2,7	-1,3	2,4	0,8	1,8
<b>Årsmiddel</b>	<b>7,9</b>	<b>8,8</b>	<b>9,0</b>	<b>7,8</b>	<b>8,6</b>	<b>7,3</b>	<b>8,3</b>	<b>7,8</b>	<b>6,4</b>	<b>8,3</b>	<b>8,0</b>	<b>8,6</b>



## **Bilag 2**

*- Borup sø*

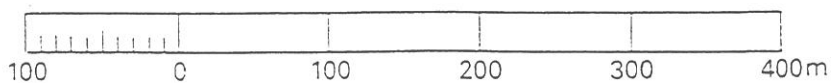




# BORUP SØ

SKOVBO KOMMUNE, ROSKILDE AMT

1:5000



Ekkolodning foretaget maj 1991  
ved vandspejl 40,0 m over DNN (GI)  
Måling og udarbejdelse: Landinspektør Thorkild Høy  
2. udg. juni 1991 på basis af fuldstændig nymåling.

© THORKILD HØY

BORUP SØ

Morfometriske data bestemt efter kort i 1:5000 udarbejdet af under  
tegnede:

Areal: 9,5 ha

Volumen:

I dybdeintervallet 0-1 m	74.000 m <sup>3</sup>
1-1,5 m	20.000 "
1,5-2,0 m	6000 "

---

Volumen i alt 100.000 m<sup>3</sup>

Middeldybde: 1,05 m

*Thorvald Høy*

## **Bilag 3**

*- Borup sø*





**BORUP SØ. Topografisk opland, jordtypefordeling og arealudnyttelse opgjort i maj 1990.**

OPLAND TIL:	Delopland til Borup Bæk, st. 948		Delopland direkte til sø		Samlet opland	
	ha	%	ha	%	ha	%
<b>TOTAL AREAL:</b>	420	100	337	100	757	100
<b>JORDTYPEFORDELING:</b>						
1) Grovsandet jord	-	-	-	-	-	-
2) Finsandet jord	-	-	-	-	-	-
3) Lerblandet sandjord	3	1.4	-	-	3	0.6
4) Sandblandet lerjord	202	91.8	200	81.3	402	86.3
5) Lerjord	15	6.8	46	18.7	61	13.1
6) Svær lerjord	-	-	-	-	-	-
7) Humus	-	-	-	-	-	-
8) Kalkrig jord	-	-	-	-	-	-
<b>AREALUDNYTTELSE:</b>						
Dyrket areal	220	52.4	246	73.0	466	61.6
Skovareal	192	45.7	91	27.0	283	37.4
Ferskvandsareal	7	1.7	-	-	7	0.9
Byzoneareal	-	-	-	-	-	-
Befæstet areal	1	0.2	-	-	1	0.1
Andre arealer	-	-	-	-	-	-
<b>CORINE:</b>						
2110 Dyrket areal	225	53.6	251	74.5	476	62.9
3130 Blandet skov	195	46.4	86	25.5	281	37.1



## **Bilag 4**

*- Borup sø*



Borup Bæk, station 948	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
<b>Vandføring</b>											
Årsmiddel (l/s)	20,3	29,8	29,5	23,3	46	62,1	33,5	9,3	10,0	35,5	36,8
Sommermiddel (l/s)	6,6	5,7	11,3	2,2	32,7	28,9	5,2	7,7	1,9	3,0	5,1
<b>Total-P</b>											
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,346	0,305	0,206	0,300	0,154	0,242	0,303	0,395	0,337	0,203	0,176
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,504	0,588	0,339	0,501	0,278	0,441	0,476	0,462	0,388	0,284	0,272
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,221	0,113	0,118	0,074	0,095	0,130	0,084	0,188	0,161	0,138	0,089
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,653	0,380	0,174	0,117	0,162	0,277	0,128	0,179	0,258	0,190	0,193
Årlig stoftransport (kg)	141,3	105,9	109,5	54,7	138,1	254,5	89,0	55,2	50,9	153,9	102,8
Sommer stoftransport (kg)	57,3	28,8	25,9	3,4	69,8	106,1	8,7	18,3	6,3	7,4	13,0
<b>Opløst fosfatfosfor</b>											
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,182	0,217	0,109	0,246	0,117	0,186	0,238	0,332	0,269	0,127	0,104
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,325	0,440	0,180	0,435	0,227	0,375	0,378	0,404	0,309	0,221	0,175
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,103	0,066	0,062	0,040	0,060	0,078	0,044	0,136	0,117	0,050	0,043
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,339	0,247	0,088	0,083	0,111	0,217	0,094	0,128	0,200	0,132	0,121
Årlig stoftransport (kg)	66,0	62,4	57,9	29,4	87,6	152,2	46,0	40,0	37,0	56,5	49,5
Sommer stoftransport (kg)	29,4	18,5	13,1	2,4	47,9	82,4	6,4	13,0	5,0	5,2	8,1
<b>Part.-P</b>											
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	0,164	0,088	0,097	0,054	0,037	0,056	0,065	0,063	0,068	0,076	0,072
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	0,179	0,148	0,159	0,066	0,051	0,066	0,098	0,058	0,079	0,063	0,097
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	0,118	0,046	0,055	0,034	0,035	0,052	0,041	0,051	0,044	0,087	0,046
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	0,322	0,138	0,086	0,035	0,051	0,062	0,034	0,049	0,040	0,053	0,072
Årlig stoftransport (kg)	75,4	43,5	51,6	25,3	50,5	102,3	43,0	15,0	14,0	97,3	53,3
Sommer stoftransport (kg)	27,9	10,3	12,8	1,0	21,9	23,6	2,3	5,0	1,0	2,1	4,8
<b>Total-N</b>											
Årsmiddelkoncentration (mg/l)	6,417	6,651	6,067	7,829	7,274	5,108	4,617	5,909	6,260	6,872	5,080
Sommermiddelkoncentration (mg/l)	4,345	5,024	4,684	5,283	5,416	4,635	3,747	4,745	4,463	5,049	4,657
Vandføringsvægtet årsmiddelkonc. (mg/l)	8,108	8,222	7,228	10,294	7,164	5,637	5,404	6,310	7,857	8,624	6,129
Vandføringsvægtet sommermiddelkonc. (mg/l)	3,683	7,014	4,605	4,812	5,240	5,154	3,439	4,198	3,738	5,451	4,098
Årlig stoftransport (kg)	5.195	7.736	6.729	7.573	10.391	11.044	5.715	1.848	2.490	9.646	7.113
Sommer stoftransport (kg)	323	532	685	138	2.264	1.971	235	429	92	213	277



## **Bilag 5**

*- Borup sø*





## Vandbalance Borup Sø 1999

Alle værdier i 1000m3

	Nedbør x søareal	Fordampn. x søareal	Direkte tilførsel	Målt tilløb	Umålt opland	Samlet ekstern tilførsel	Fraførsel (i søafløb)	Magasin	*Grundvand* (+ indsvivning - udsivning)	Samlet tilførsel (ekstern + indsvivning)	Samlet fraførsel (søafløb + udsivning)
Jan	7,5	0,4	0,0	374,3	296,8	678,2	539,6	-2,2	-140,7	678,2	680,3
Feb	4,7	0,9	0,0	164,4	130,3	298,5	265,0	1,7	-31,8	298,5	296,8
Mar	7,0	2,3	0,0	262,7	208,3	475,7	408,7	-19,3	-86,4	475,7	495,1
Apr	3,7	5,7	0,0	48,7	38,7	85,4	95,3	-8,6	1,2	86,6	95,3
Maj	6,2	8,4	0,0	31,5	25,0	54,3	70,1	-4,0	11,8	66,1	70,1
Jun	10,1	8,8	0,0	16,3	12,9	30,5	46,8	0,8	17,1	47,6	46,8
Jul	2,6	11,0	0,0	3,2	2,6	-2,6	28,7	-9,5	21,6	19,0	28,7
Aug	12,1	8,3	0,0	9,1	7,2	20,1	37,4	4,6	21,9	42,0	37,4
Sep	4,0	5,1	0,0	7,4	5,9	12,2	34,1	1,4	23,5	35,7	34,1
Okt	5,6	2,0	0,0	32,1	25,5	61,2	71,2	9,6	19,6	80,8	71,2
Nov	1,7	0,5	0,0	15,2	12,0	28,4	45,3	11,9	28,8	57,2	45,3
Dec	11,7	0,3	0,0	195,8	155,3	362,5	313,9	13,7	-34,8	362,5	348,7
År	77,0	53,8	0,0	1.160,6	920,3	2.104,4	1.956,2	0,1	-147,9	2.104,4	2.104,1
Sommer	35,0	41,6	0,0	67,5	53,5	114,5	217,1	-6,7	96,0	210,5	217,1

## Stofbalance Borup Sø 1999

## TOTAL FOSFOR

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fraløb (kg)	*Grundvand* (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	0,1	20,5	25,9	41,5	-8,8	-2,0	-1,8	-3,8
Feb	0,1	9,2	11,6	17,7	-2,4	1,4	-0,6	0,8
Mar	0,1	18,9	23,8	27,6	-6,7	-3,6	12,1	8,5
Apr	0,1	6,7	8,5	5,7	0,1	2,8	6,9	9,7
Maj	0,1	3,1	3,9	6,9	1,1	4,4	-3,1	1,3
Jun	0,1	2,8	3,6	5,9	4,2	3,7	1,1	4,8
Jul	0,1	0,9	1,2	5,0	4,2	-2,4	3,8	1,4
Aug	0,1	1,9	2,4	7,3	4,2	1,1	0,2	1,3
Sep	0,1	1,5	1,9	6,0	4,4	0,3	1,6	1,9
Okt	0,1	4,4	5,5	12,6	3,4	-3,2	4,0	0,8
Nov	0,1	1,4	1,7	3,2	2,7	-1,4	4,1	2,7
Dec	0,1	10,2	12,8	32,4	-4,1	-1,0	-12,4	-13,4
År	0,9	81,5	102,8	171,8	2,3	0,1	15,9	16,0
Sommer	0,4	10,2	13,0	31,1	18,1	7,1	3,6	10,7

## Stofbalance Borup Sø 1999

## TOTAL KVÆLSTOF

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fraløb (kg)	*Grundvand* (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	11,9	1.993,9	2.514,6	3.530,6	-1.029,5	21,2	-60,9	-39,7
Feb	11,9	729,5	920,0	1.642,4	-205,6	-77,4	-109,2	-186,6
Mar	11,9	1.228,2	1.548,9	2.281,3	-463,9	-317,4	361,2	43,8
Apr	11,9	170,2	214,7	272,1	3,6	-219,7	348,0	128,3
Maj	11,9	84,5	106,5	119,1	20,0	-27,5	131,3	103,8
Jun	11,9	55,2	69,6	76,7	28,8	8,6	80,2	88,8
Jul	11,9	13,8	17,4	63,6	53,6	42,7	-9,6	33,1
Aug	11,9	38,2	48,2	101,4	63,2	3,2	56,9	60,1
Sep	11,9	27,7	34,9	77,6	64,6	21,9	39,6	61,5
Okt	11,9	113,5	143,1	204,2	57,6	-1,7	123,6	121,9
Nov	11,9	44,8	56,5	101,9	56,9	167,1	-98,9	68,2
Dec	11,9	1.140,7	1.438,6	1.872,9	-200,1	350,8	167,4	518,2
År	142,8	5.640,2	7.113,0	10.343,8	-1.550,8	-28,2	1.029,6	1.001,4
Sommer	59,5	219,4	276,6	438,4	230,2	48,9	298,4	347,3

## Stofbalance Borup Sø 1999

## JERN

Alle værdier i kg

	Atm. deposition (kg)	Umålt opland (kg)	Målt tilløb (kg)	Fraløb (kg)	*Grundvand* (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)
Jan	0,0	110,6	139,5	216,0	-33,3	-17,2	18,0	0,8
Feb	0,0	55,2	69,6	102,2	-10,6	29,1	-17,1	12,0
Mar	0,0	144,9	182,7	173,3	-42,8	-41,9	153,4	111,5
Apr	0,0	46,2	58,2	9,2	0,1	-2,2	97,5	95,3
Maj	0,0	9,1	11,5	7,8	1,5	3,3	11,0	14,3
Jun	0,0	4,5	5,7	4,3	1,8	-11,3	19,0	7,7
Jul	0,0	1,4	1,8	2,0	2,4	1,0	2,6	3,6
Aug	0,0	3,8	4,8	3,8	2,3	3,2	3,9	7,1
Sep	0,0	2,4	3,0	3,4	3,4	-1,6	7,0	5,4
Okt	0,0	9,2	11,6	7,4	2,0	0,4	15,0	15,4
Nov	0,0	2,9	3,6	5,2	3,8	15,3	-10,2	5,1
Dec	0,0	41,2	51,9	154,5	-12,3	9,8	-83,5	-73,7
År	0,0	431,4	543,9	689,1	-81,7	-12,1	216,6	204,5
Sommer	0,0	21,2	26,8	21,3	11,4	-5,4	43,5	38,1



## **Bilag 6**

*- Borup sø*



## Borup Sø - Vand- og stofbalanceberegninger

Vand- og stofbalanceberegningerne er for 1989-97 udført ved hjælp af EDB-programmet STOQ-sømodul version 3.30, i 1998 og 1999 er anvendt henholdsvis vers. 4.0 og 4.5.

De anvendte beregningsmetoder er udførligt beskrevet i de tidligere års rapporter, eksempelvis i rapporten "Borup Sø 1989-95". For en gennemgang af programmets beregningsmetoder henvises der derfor til eksempelvis nævnte rapport.

Til de beregnede værdier i samleskemaerne knytter sig følgende forklaringer:

### Vandbalancer

1. Vandbalancer for perioden 1989-99 er beregnet under hensyntagen til vandstandsændringer, nedbør og fordampning.
2. Opholdstiden er beregnet på grundlag af fraførte vandmængder.

### Stofbalancer

1. I 1989-99 er indsvivet stofmængde via grundvandsindsivning lagt til tilførslen; udsivet stofmængde via grundvandsudsivning er lagt til fraførslen.
2. I 1989-99 er tilbageholdelsen beregnet som tilført stofmængde - fraført stofmængde, hvor tilført stofmængde er:

*transport fra målt opland + transport fra umålt opland + atm. deposition  
+ transport i grundvand*

og fraført stofmængde er:

*transport i søafløb*

Tilbageholdelsen svarer til retentionen + magasinændringen.

3. Vandføringsvægtet indløbskoncentration er beregnet som periodens stoftilførsel i målt opland / periodens vandtilførsel ligeledes i målt opland.



Årsopgørelse TOTAL-P

Borup Sø

År	Alm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m <sup>2</sup> /år)	Retention (g/m <sup>2</sup> /år)	Magasin + retention (g/m <sup>2</sup> /år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1983									396	56,9	696	300	7,33	0,235
1988									131	49,2	266	135	2,80	0,120
1989									148	57,7	256	108	1,55	1,56
1990									52	21,2	243	192	2,56	0,54
1991									46	21,3	216	170	2,27	0,48
1992									8	2,8	100	92	1,05	0,08
1993									-48	-19,3	250	264	-0,48	-0,51
1994									92	20,0	460	368	4,84	0,97
1995									5	2,2	175	170	1,84	0,05
1996									27	29,8	123	95	1,29	0,29
1997									58	50,8	112	54	1,18	0,61
1998									132	46,4	278	146	2,93	1,39
1999									16	8,5	188	172	1,97	0,17

Sommeropgørelse TOTAL-P

Borup Sø

År	Alm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fraførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m <sup>2</sup> /år)	Retention (g/m <sup>2</sup> /år)	Magasin + retention (g/m <sup>2</sup> /år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)
1983									-21	-32,8	64	85	-0,61	0,101
1988									36	75,0	48	12	1,04	0,260
1989									70	64,9	104	34	1,94	0,653
1990									5	6,8	60	56	0,64	0,05
1991									4	0,8	48	44	0,01	0,174
1992									-4	-92,8	7	11	-0,06	-0,05
1993									-15	-16,3	126	141	-0,22	0,162
1994									51	24,8	192	141	1,37	0,53
1995									-6	-58,8	16	23	-0,10	-0,07
1996									14	42,7	34	20	0,35	0,14
1997									7	52,6	17	10	0,18	0,258
1998									3	-8,0	14	11	-0,01	0,190
1999									11	25,7	42	31	0,44	0,193

Borup Sø

Årsoppgørelse TOTAL-N

Borup Sø

Åtm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund-vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
										13.951	40,0	34.879	20.928	367,15			
1983										7.176	44,5	16.139	8.963	169,88			
1988										4.163	43,6	9.554	5.391	100,56	44,21	121,12	43,82
1989	131	4.156	5.195	5.391	72	-37	4.200	44,0	44,0	2.098	7,7	17.814	15.716	187,51	14,52	39,77	22,09
1990	131	6.189	7.736	15.716	3.758	719	1.379	2,098	7,7	2.057	19,1	11.233	11.233	139,90	26,78	73,38	21,66
1991	131	5.383	6.729	11.233	1.046	-487	2.544	19,1	19,1	4.216	24,4	14.859	10.644	156,41	38,22	104,72	44,37
1992	143	6.058	7.573	10.644	1.086	585	3.631	24,4	24,4	94	3,6	19.605	19.511	206,37	7,53	20,62	0,99
1993	142	8.313	10.391	19.511	758	-621	715	3,6	3,6	-171	-0,9	20.070	20.242	211,26	-2,00	-5,47	-1,80
1994	190	8.836	11.044	19.678	-564	18	-190	-0,9	-0,9	-360	0,9	11.466	11.826	120,70	1,05	2,88	-3,79
1995	190	4.572	5.715	11.826	989	-459	100	0,9	0,9	1.650	33,5	4.370	2.721	46,00	15,40	42,19	17,37
1996	190	1.479	1.848	2.721	853	187	1.463	33,5	33,5	1.872	21,3	6.186	4.313	65,11	13,90	38,07	19,71
1997	190	1.992	2.490	4.313	1.513	552	1.320	21,3	21,3	1.651	10,9	17.528	15.877	184,50	20,19	55,31	17,37
1998	143	7.740	9.646	15.698	-179	-267	1.918	10,9	10,9	1.001	8,0	12.896	11.895	135,75	10,84	29,69	10,54
1999	143	5.640	7.113	10.344	-1.551	-28	1.030	8,0	8,0								

Sommeropgørelse TOTAL-N

Borup Sø

Åtm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grund-vand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtet indløbskoncentration (mg/l)	
										1.359	31,3	4.338	2.979	45,66			
1983										843	89,1	946	103	9,96			
1988										253	39,8	636	383	6,70	-0,71	-1,94	2,67
1989	55	258	323	250	-132	-163	-67	-10,6	-10,6	750	46,3	1.618	868	17,03	3,05	8,36	7,89
1990	55	426	532	868	605	460	290	17,9	17,9	759	60,4	1.452	694	15,29	9,23	25,29	7,99
1991	55	548	685	694	164	-118	877	60,4	60,4	158	140,0	326	169	3,44	4,81	13,18	1,66
1992	60	1.110	138	169	19	-299	457	140,0	140,0	68	-11,2	4.134	4.067	43,52	-4,85	-13,30	0,71
1993	60	1.811	2.264	3.625	-442	529	-461	68	68	920	22,7	3.627	2.707	38,18	8,67	23,75	9,68
1994	80	1.576	1.971	1.781	-925	96	823	22,7	22,7	163	32,5	502	339	5,29	3,05	8,34	1,72
1995	80	188	235	286	-53	-126	289	57,6	57,6	438	50,2	873	435	9,19	6,30	17,26	4,61
1996	79	343	429	435	22	-160	598	68,5	68,5	339	68,6	494	155	5,20	4,09	11,21	3,57
1997	80	73	92	155	250	-50	389	78,6	78,6	208	46,9	443	235	4,66	5,20	14,24	2,19
1998	60	171	213	216	-19	-286	494	111,5	111,5	347	44,2	786	438	8,27	3,14	8,61	3,66
1999	60	219	277	438	230	49	298	38,0	38,0								

Borup Sø



Årsopgørelse TOTAL-JERN

Borup Sø

År	Alm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtlet indløbskoncentration (mg/l)
1983																		
1988																		
1989																		
1990	0	256	320	504	463	-3	538	534	51,8	51,4	1.039	504	10,93	5,66	15,51	5,62	0,340	
1991																		
1992	0	202	252	436	-16	-3	5	2	1,1	0,4	454	452	4,78	0,05	0,14	0,02	0,343	
1993	0	381	476	481	15	29	361	390	41,5	44,8	871	481	9,17	3,80	10,42	4,11	0,328	
1994	0	813	1.016	946	29	-4	916	911	49,3	49,1	1.857	946	19,55	9,64	26,40	9,59	0,518	
1995	0	425	532	578	98	-44	521	477	49,4	45,2	1.055	578	11,10	5,48	15,03	5,02	0,503	
1996	0	72	90	83	45	-1	125	124	60,5	60,1	207	83	2,18	1,32	3,61	1,31	0,307	
1997	0	57	71	87	43	-0	84	84	49,2	49,0	171	87	1,80	0,89	2,43	0,88	0,225	
1998	0	927	1.156	427	31	37	1.650	1.687	78,0	79,8	2.114	427	22,25	17,37	47,58	17,76	1,033	
1999	0	431	544	689	-82	-12	217	204	22,2	21,0	975	771	10,27	2,28	6,25	2,15	0,469	

Sommeropgørelse TOTAL-JERN

Borup Sø

År	Alm. dep. (kg)	Umålt opland (kg)	Tilløb (kg)	Fraløb (kg)	"Grundvand" (kg)	Magasin (kg)	Retention (kg)	Magasin + retention (kg)	Retention %	Magasin + retention %	Samlet tilførsel (kg)	Samlet fratørsel (kg)	Samlet tilførsel (g/m2/år)	Retention (g/m2/år)	Retention (mg/m2/dag)	Magasin + retention (g/m2/år)	Vandføringsvægtlet indløbskoncentration (mg/l)	
1983																		
1988																		
1989																		
1990	0	61	76	212	74	30	-31	-1	-14,7	-0,3	211	212	2,22	-0,33	-0,89	-0,01	1,004	
1991																		
1992	0	5	6	11	-12	101	-113	-12	-1,011,1	-103,4	11	23	0,12	-1,19	-3,25	-0,12	0,216	
1993	0	93	117	99	-32	27	51	79	24,4	37,5	210	131	2,21	0,54	1,48	0,83	0,270	
1994	0	83	103	98	-45	3	40	43	21,2	23,1	186	143	1,96	0,42	1,14	0,45	0,271	
1995	0	13	16	25	-4	-0	-0	-1	-0,9	-2,1	28	29	0,30	-0,00	-0,01	-0,01	0,230	
1996	0	16	21	23	1	-6	21	15	54,1	38,6	38	23	0,40	0,22	0,60	0,16	0,202	
1997	0	6	7	10	7	-6	15	10	76,8	48,2	20	10	0,21	0,16	0,44	0,10	0,299	
1998	0	9	11	5	-0	-8	22	14	112,6	72,8	19	5	0,20	0,23	0,62	0,15	0,272	
1999	0	21	27	21	11	-5	44	38	73,2	64,1	59	21	0,63	0,46	1,25	0,40	0,397	

Borup Sø



## **Bilag 7**

*- Borup sø*



## Borup Sø - kildeopsplitning af kvælstof (N) og fosfor (P)

Forklaring til kildeopsplitningen:

Naturbidraget er beregnet ved multiplikation af den årlige vandtilførsel til søen og vandføringsvægtede mediankoncentrationer, anbefalet af DMU. De anbefalede værdier er:

1989:	Tot-P:	0,055	mg P/l	Tot-N:	1,6	mg N/l
1990:	Tot-P:	0,055	mg P/l	Tot-N:	1,8	mg N/l
1991:	Tot-P:	0,052	mg P/l	Tot-N:	1,5	mg N/l
1992:	Tot-P:	0,050	mg P/l	Tot-N:	1,61	mg N/l
1993:	Tot-P:	0,052	mg P/l	Tot-N:	2,77	mg N/l
1994:	Tot-P:	0,051	mg P/l	Tot-N:	1,6	mg N/l
1995:	Tot-P:	0,048	mg P/l	Tot-N:	1,4	mg N/l
1996:	Tot-P:	0,048	mg P/l	Tot-N:	1,4	mg N/l
1997:	Tot-P:	0,048	mg P/l	Tot-N:	1,4	mg N/l
1998:	Tot-P:	0,050	mg P/l	Tot-N:	1,52	mg N/l
1999:	Tot-P:	0,054	mg P/l	Tot-N:	1,49	mg N/l

For årene 1989-91 blev antal enkeltejendomme og PE i oplandet til søen opgjort til henholdsvis 19 stk. og 2,6 PE/enkeltejendom. I 1992 blev antallet korrigeret til 21 stk. enkeltejendomme og 2,6 PE/enkeltejendom i forbindelse med kommunernes registrering af enkeltejendomme efter Miljøstyrelsens retningslinier. Antallet af enkeltejendomme er i 1994 justeret til 25 og 2,0 PE/enkeltejendom.

En mere detaljeret registrering foretaget af kommunerne i foråret 1999 har medført en ny justering af antallet af enkeltejendomme og PE i oplandet til henholdsvis 26 og 62.

Siden 1994 er 1 PE ændret i forhold til tidligere:

1 PE = 1,0 kg/P pr. år og 4,4 kg/N pr. år.

### Bemærk:

Bidraget fra enkeltejendomme i 1997 er incl. den anslåede fosformængde på 15 kg, der i januar førtes til Borup Bæk via overløb fra kloakledning. Det reelle bidrag fra enkeltejendomme i 1997 er således uændret 26 kg fosfor.

Borup Sø: Kildeopsplitning af Fosfor (P)

- alle tal i kg

	Enkeltejendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	37	154	63	1	256
1990	37	86	118	2	243
1991	37	83	94	1	216
1992	45	-16	70	1	100
1993	45	67	137	2	250
1994	26	252	180	2	460
1995	26	47	100	2	175
1996	26	64	31	2	123
1997	41	33	37	2	112
1998	16	161	101	1	278
1999	15	59	112	1	188

Borup Sø: Kildeopsplitning af Kvælstof (N)

- alle tal i kg

	Enkeltejendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	92	7.485	1.845	131	9.554
1990	92	13.729	3.862	131	17.814
1991	92	10.346	2.721	131	13.290
1992	132	12.342	2.243	143	14.859
1993	132	12.035	7.295	142	19.605
1994	116	14.121	5.643	190	20.070
1995	116	8.253	2.907	190	11.466
1996	116	3.164	900	190	4.370
1997	116	4.815	1.065	190	6.186
1998	75	14.246	3.064	143	17.528
1999	70	9.583	3.101	143	12.896

Borup Sø: Kildeopsplitning af Fosfor (P)

- alle tal i %

	Enkeltejendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	14,5	60,2	24,8	0,6	100
1990	15,2	35,5	48,5	0,8	100
1991	17,1	38,5	43,7	0,7	100
1992	38,8	0,0	60,0	1,2	100
1993	18,0	26,6	54,7	0,8	100
1994	5,7	54,8	39,1	0,4	100
1995	14,9	27,1	56,9	1,1	100
1996	21,2	52,0	25,2	1,6	100
1997	36,3	29,5	32,5	1,7	100
1998	5,8	57,7	36,2	0,3	100
1999	8,0	31,6	59,9	0,5	100

Borup Sø: Kildeopsplitning af Kvælstof (N)

- alle tal i %

	Enkeltejendomme	Landbrug	Natur	Atm. dep.	Samlet tilførsel
1989	1,0	78,4	19,3	1,4	100
1990	0,5	77,1	21,7	0,7	100
1991	0,7	77,8	20,5	1,0	100
1992	0,9	83,1	15,1	1,0	100
1993	0,7	61,4	37,2	0,7	100
1994	0,6	70,4	28,1	0,9	100
1995	1,0	72,0	25,4	1,7	100
1996	2,7	72,4	20,6	4,3	100
1997	1,9	77,8	17,2	3,1	100
1998	0,4	81,3	17,5	0,8	100
1999	0,5	74,3	24,0	1,1	100

## **Bilag 8**

*- Borup sø*





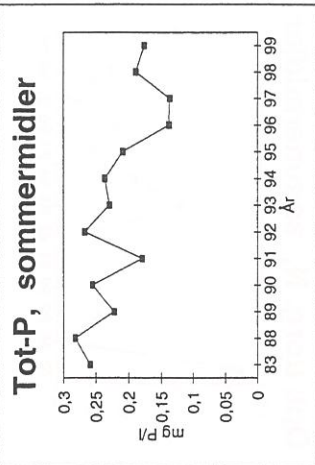
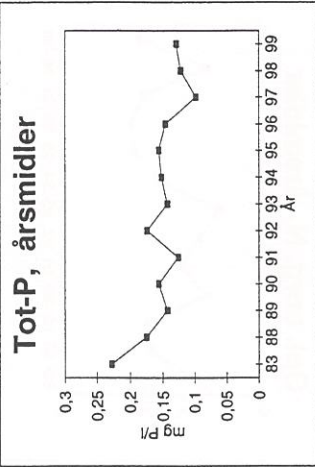
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

Total-P mg/l	År	År		Sommer		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.
	83	0,228	0,259	0,082	0,520	0,120	0,520
	88	0,175	0,282	0,064	0,400	0,130	0,400
	89	0,143	0,222	0,051	0,310	0,120	0,310
	90	0,156	0,255	0,048	0,400	0,180	0,400
	91	0,126	0,179	0,042	0,270	0,100	0,270
	92	0,174	0,267	0,064	0,370	0,180	0,370
	93	0,143	0,229	0,045	0,340	0,120	0,340
	94	0,152	0,236	0,045	0,309	0,113	0,309
	95	0,156	0,209	0,049	0,284	0,081	0,284
	96	0,146	0,138	0,061	0,271	0,061	0,196
	97	0,098	0,137	0,033	0,250	0,066	0,250
	98	0,122	0,189	0,040	0,274	0,093	0,274
	99	0,129	0,176	0,054	0,243	0,093	0,243



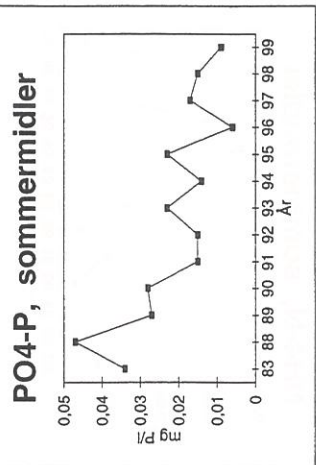
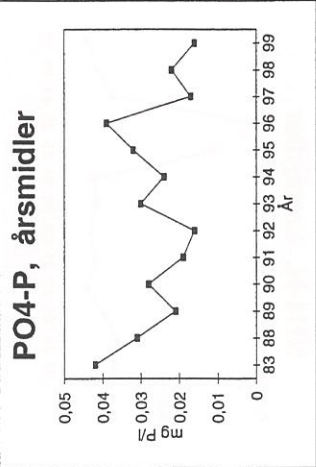
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

PO4-P mg/l	År	År		Sommer		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.
	83	0,042	0,034	0,010	0,160	0,010	0,160
	88	0,031	0,047	0,010	0,100	0,010	0,100
	89	0,021	0,027	0,004	0,060	0,004	0,060
	90	0,028	0,028	0,010	0,120	0,010	0,120
	91	0,019	0,015	0,010	0,055	0,010	0,045
	92	0,016	0,015	0,010	0,047	0,010	0,047
	93	0,030	0,023	0,005	0,085	0,005	0,085
	94	0,024	0,014	0,004	0,056	0,004	0,056
	95	0,032	0,023	0,004	0,072	0,004	0,065
	96	0,039	0,006	0,004	0,181	0,004	0,112
	97	0,017	0,017	0,004	0,060	0,004	0,060
	98	0,022	0,015	0,004	0,063	0,004	0,048
	99	0,016	0,009	0,004	0,035	0,004	0,024



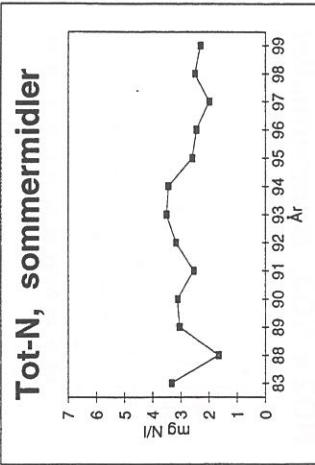
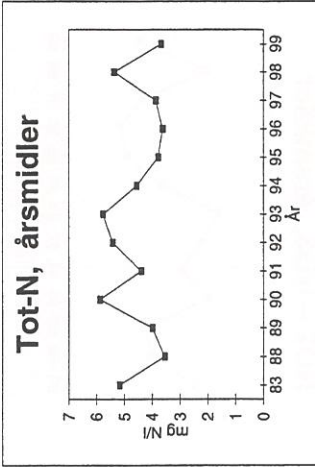
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

Total-N mg/l	År	År		Sommer		Sommer	
		1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.
	83	5,17	3,33	1,50	7,80	1,50	5,60
	88	3,54	1,66	1,50	7,90	1,50	2,70
	89	3,98	3,04	1,80	7,60	1,80	4,80
	90	5,88	3,11	2,20	11,00	2,20	3,80
	91	4,38	2,54	1,40	10,00	1,40	4,30
	92	5,42	3,17	1,50	14,40	1,50	4,90
	93	5,77	3,50	2,14	11,40	2,14	6,15
	94	4,56	3,43	2,28	7,60	2,28	5,58
	95	3,77	2,59	1,56	7,77	1,56	3,55
	96	3,61	2,45	1,83	6,68	1,83	3,08
	97	3,86	1,99	1,49	8,94	1,49	3,13
	98	5,37	2,50	1,75	11,60	1,75	4,28
	99	3,66	2,30	1,65	7,41	1,65	3,13



**Parameter**

NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub>  
mg/l

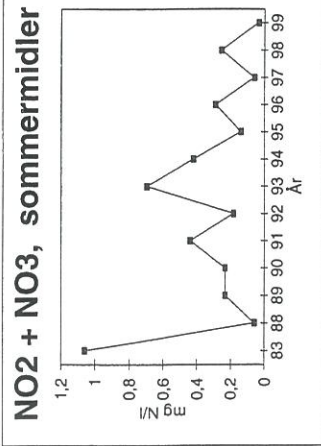
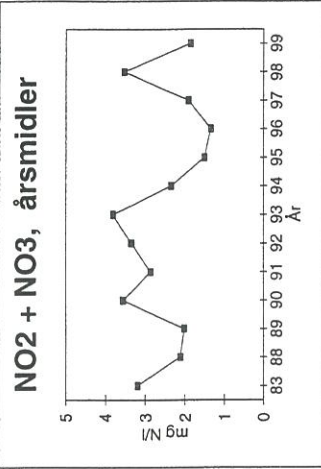
**Tidsvægtede års- og sommermidler**

ÅR	År		Sommer		År		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.
83	3,202	1,060	0,005	0,005	0,005	7,200	0,005	3,300
88	2,121	0,057	0,005	0,005	0,005	7,200	0,005	0,450
89	2,023	0,232	0,005	0,005	0,005	6,800	0,005	1,400
90	3,560	0,232	0,005	0,005	0,005	8,700	0,005	0,013
91	2,862	0,440	0,005	0,005	0,005	9,300	0,005	2,600
92	3,357	0,183	0,005	0,005	0,005	13,200	0,005	1,000
93	3,812	0,695	0,005	0,005	0,005	10,200	0,005	4,300
94	2,350	0,421	0,005	0,005	0,005	6,130	0,005	3,460
95	1,504	0,138	0,005	0,005	0,005	6,550	0,005	1,500
96	1,343	0,290	0,005	0,005	0,005	4,290	0,005	0,898
97	1,915	0,057	0,005	0,005	0,005	6,350	0,005	0,308
98	3,534	0,254	0,005	0,005	0,005	9,380	0,005	2,390
99	1,863	0,033	0,005	0,005	0,005	6,620	0,005	0,231

**Statistik - års- og sommermidler**

Type	Periode	Niveau	Symbol
Lin. reg.		%	(+/-)
År	1989-99		0
Sommer	1989-99		0

**Grafik**



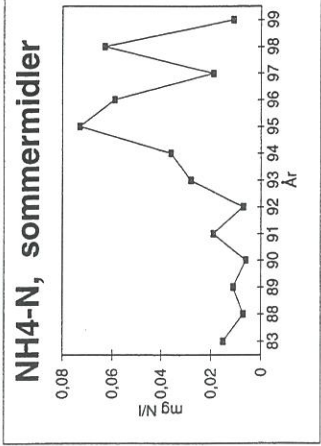
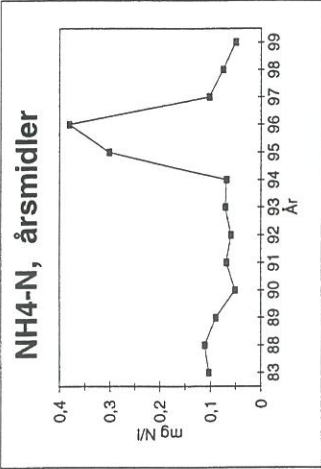
**Parameter**

NH<sub>4</sub>-N  
mg/l

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

ÅR	År		Sommer		År		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.
83	0,103	0,015	0,002	0,002	0,002	0,580	0,007	0,038
88	0,111	0,007	0,004	0,004	0,004	0,540	0,004	0,012
89	0,089	0,011	0,002	0,002	0,002	0,430	0,002	0,036
90	0,051	0,006	0,001	0,001	0,001	0,180	0,001	0,008
91	0,068	0,019	0,001	0,001	0,001	0,250	0,001	0,033
92	0,059	0,007	0,001	0,001	0,001	0,250	0,001	0,013
93	0,070	0,028	0,001	0,001	0,001	0,280	0,001	0,120
94	0,068	0,036	0,005	0,005	0,005	0,248	0,005	0,248
95	0,301	0,073	0,006	0,006	0,006	1,190	0,008	0,254
96	0,381	0,059	0,005	0,005	0,005	1,570	0,005	0,318
97	0,102	0,019	0,005	0,005	0,005	0,378	0,005	0,079
98	0,075	0,063	0,005	0,005	0,005	0,231	0,005	0,231
99	0,050	0,011	0,005	0,005	0,005	0,253	0,005	0,040

**Grafik**



**Parameter**

Opl. uorg. N  
mg/l

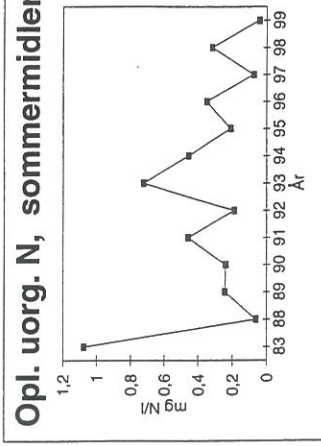
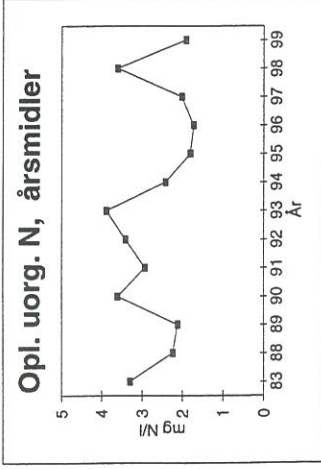
**Tidsvægtede års- og sommermidler**

ÅR	År		Sommer		År		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	1/5-30/9	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.
83	3,305	1,075	0,007	0,007	0,012	7,760	0,012	3,338
88	2,282	0,064	0,009	0,009	0,009	7,740	0,009	0,462
89	2,112	0,243	0,007	0,007	0,007	7,230	0,007	1,436
90	3,611	0,238	0,006	0,006	0,006	8,880	0,006	0,021
91	2,930	0,459	0,006	0,006	0,006	9,550	0,006	2,633
92	3,416	0,190	0,006	0,006	0,006	13,450	0,006	1,013
93	3,882	0,723	0,006	0,006	0,006	10,480	0,006	4,420
94	2,418	0,457	0,010	0,010	0,010	6,378	0,010	3,708
95	1,805	0,211	0,011	0,011	0,011	7,740	0,011	1,754
96	1,724	0,349	0,010	0,010	0,010	5,860	0,010	1,216
97	2,017	0,076	0,010	0,010	0,010	6,728	0,010	0,367
98	3,609	0,317	0,010	0,010	0,010	9,611	0,010	2,621
99	1,913	0,044	0,010	0,010	0,010	6,873	0,010	0,271

**Statistik - års- og sommermidler**

Type	Periode	Niveau	Symbol
Lin. reg.		%	(+/-)
År	1989-99		0
Sommer	1989-99		0

**Grafik**



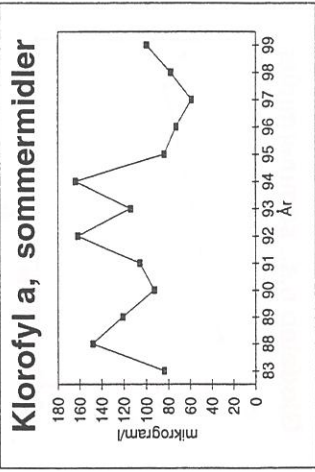
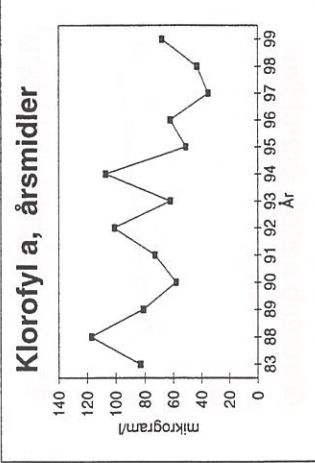
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		År		Sommer	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
83	83	84	25	240	48	116	
88	117	148	8	290	95	290	
89	81	121	16	310	39	310	
90	58	93	5	210	38	210	
91	73	106	4	220	74	220	
92	101	162	9	260	85	260	
93	62	114	9	200	25	200	
94	107	164	1	284	63	251	
95	51	84	4	150	20	150	
96	62	73	17	195	17	165	
97	35	59	5	99	19	99	
98	43	78	1	155	14	155	
99	68	100	5	202	30	173	

**Grafik**



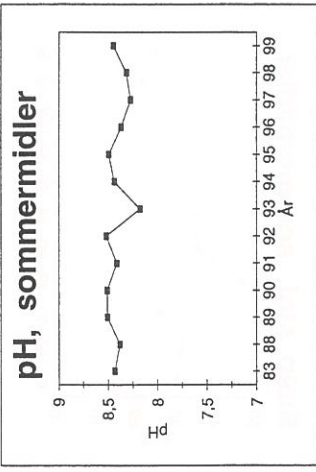
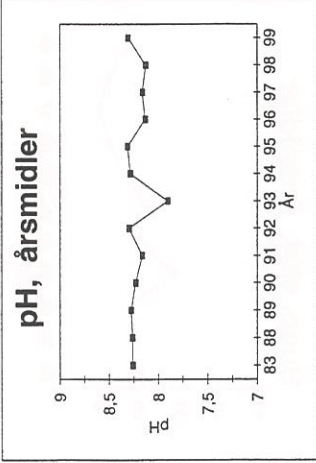
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		År		Sommer	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
83	8,3	8,4	7,8	8,8	7,9	8,7	
88	8,3	8,4	7,9	8,7	8,3	8,7	
89	8,3	8,5	7,7	8,9	8,1	8,9	
90	8,2	8,5	7,6	8,9	8,0	8,9	
91	8,2	8,4	7,3	8,7	8,2	8,7	
92	8,3	8,5	7,9	9,0	8,1	9,0	
93	7,9	8,2	7,2	8,7	7,4	8,7	
94	8,3	8,4	7,7	9,0	8,0	8,7	
95	8,3	8,5	7,8	8,9	8,1	8,9	
96	8,1	8,4	7,7	8,6	8,2	8,6	
97	8,2	8,3	7,7	8,5	8,1	8,4	
98	8,1	8,3	7,5	8,6	8,0	8,6	
99	8,3	8,4	7,9	8,7	8,3	8,7	

**Grafik**



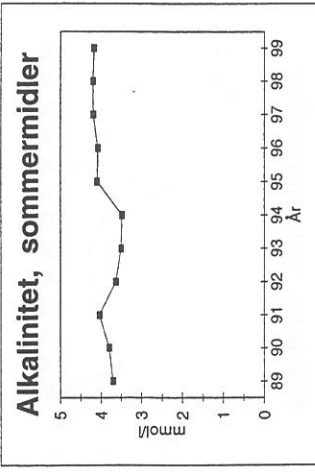
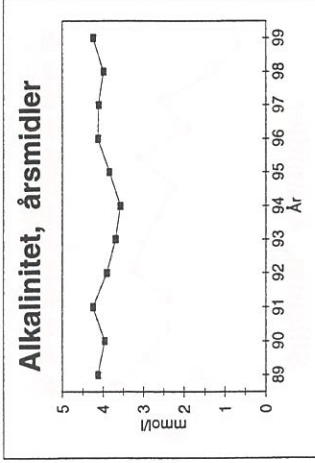
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

ÅR	År 1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		År		Sommer	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
83							
88	4,126	3,701	3,010	5,030	3,010	4,380	
89	3,958	3,796	3,410	4,340	3,410	4,220	
90	4,247	4,033	3,170	4,900	3,170	4,750	
92	3,907	3,632	2,770	4,550	2,770	4,340	
93	3,690	3,503	2,790	4,400	2,790	3,960	
94	3,568	3,480	2,940	4,180	2,940	4,180	
95	3,843	4,096	3,370	4,720	3,470	4,720	
96	4,129	4,076	3,220	5,070	3,560	4,460	
97	4,109	4,192	3,310	5,230	3,790	4,430	
98	3,991	4,197	3,200	4,800	3,870	4,800	
99	4,244	4,179	3,400	5,140	3,910	4,460	

**Grafik**



**Parameter**

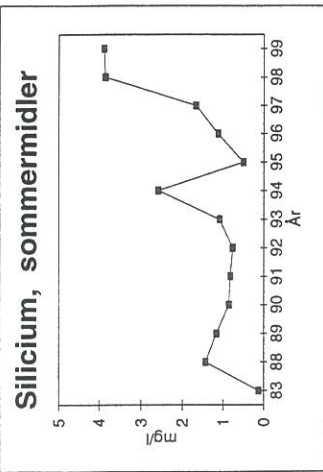
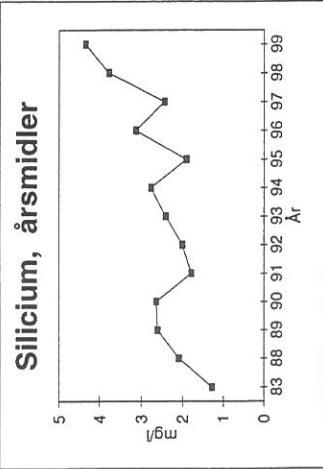
**Tidsvægtede års- og sommermidler BORUP SØ**

**Statistik - års- og sommermidler**

Silicium mg/l	År	Sommer		År	Sommer		
		1/1-31/12	1/5-30/9		Min.	Max.	Min.
	83	1,273	0,127	0,028	2,900	0,028	0,250
	88	2,088	1,427	0,050	4,800	0,050	4,800
	89	2,604	1,161	0,040	6,700	0,040	3,900
	90	2,635	0,859	0,020	5,300	0,020	4,200
	91	1,780	0,822	0,033	4,500	0,033	3,200
	92	2,001	0,761	0,040	4,900	0,040	3,700
	93	2,403	1,085	0,070	5,000	0,070	3,100
	94	2,763	2,582	0,170	6,600	0,310	6,600
	95	1,903	0,499	0,030	4,400	0,030	1,700
	96	3,129	1,124	0,030	6,700	0,030	2,600
	97	2,434	1,666	0,050	5,900	0,050	5,900
	98	3,768	3,854	0,030	9,300	0,030	9,300
	99	4,340	3,879	0,070	7,800	0,070	7,800

Type	Periode	Niveau	Symbol
Lin. reg.	År	%	(+/-)
	1989-99	5%	+
	Sommer	5%	+

**Grafik**



**Parameter**

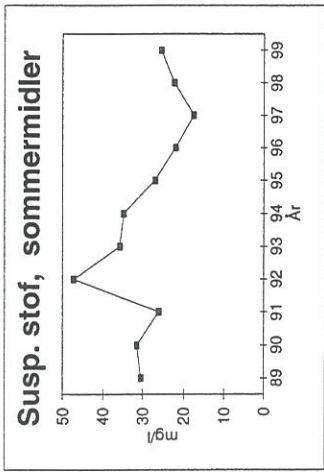
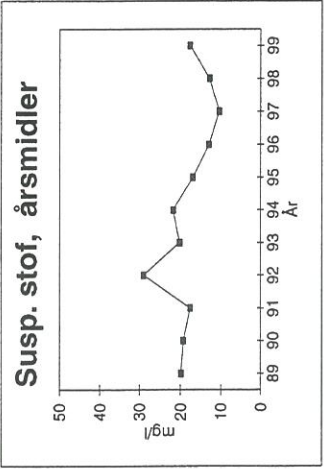
**Tidsvægtede års- og sommermidler BORUP SØ**

**Statistik - års- og sommermidler**

Suspenderet stof mg/l	År	Sommer		År	Sommer		
		1/1-31/12	1/5-30/9		Min.	Max.	Min.
	83						
	88	19,8	30,4	6,0	50,0	18,0	50,0
	89	19,2	31,4	5,0	47,0	20,0	47,0
	90	17,6	26,0	4,0	35,0	14,0	35,0
	91	29,0	47,3	5,0	68,0	30,0	68,0
	92	20,2	35,7	3,0	51,0	17,0	51,0
	93	21,7	34,7	5,6	52,0	14,0	52,0
	94	16,9	26,9	2,2	44,0	14,0	44,0
	95	12,9	21,9	2,4	37,0	14,0	37,0
	96	10,4	17,5	2,0	36,0	9,5	36,0
	97	12,8	22,3	3,0	49,0	13,0	49,0
	98	17,6	25,5	2,4	36,0	15,0	36,0

Type	Periode	Niveau	Symbol
Lin. reg.	År	%	(+/-)
	1989-99	0	0
	Sommer	0	0

**Grafik**



**Parameter**

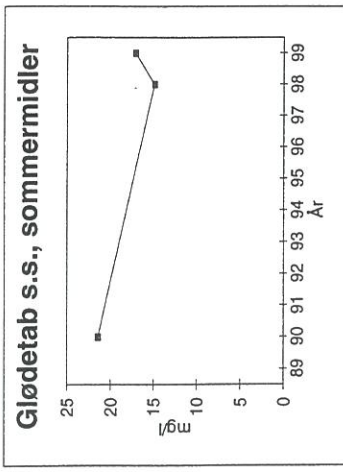
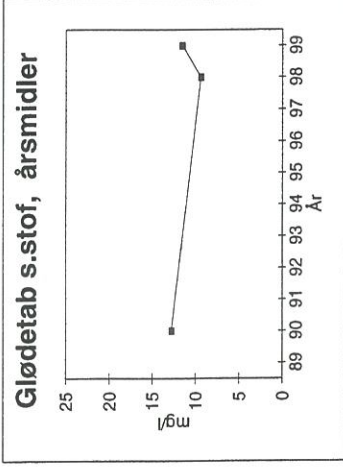
**Tidsvægtede års- og sommermidler BORUP SØ**

**Statistik - års- og sommermidler**

Glødetab, s.stof mg/l	År	Sommer		År	Sommer		
		1/1-31/12	1/5-30/9		Min.	Max.	Min.
	83						
	88						
	89						
	90	12,8	21,4	2,0	39,0	14,0	39,0
	91						
	92						
	93						
	94						
	95						
	96						
	97						
	98	9,4	14,9	2,0	25,0	8,0	25,0
	99	11,6	17,1	2,0	35,0	7,8	35,0

Type	Periode	Niveau	Symbol
Lin. reg.	År	%	(+/-)
	1989-99		
	Sommer		

**Grafik**



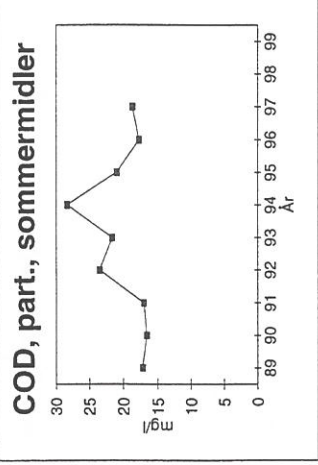
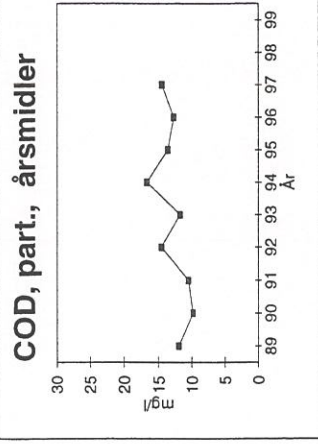
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

Parameter	År		Sommer		Sommer		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
COD, part. mg/l	11,9	17,2	4,0	32,0	9,0	32,0	9,0	32,0
	9,8	16,6	2,7	24,0	12,0	24,0	12,0	24,0
	10,5	17,0	1,0	42,0	10,0	42,0	10,0	42,0
	14,5	23,5	2,5	49,0	13,0	49,0	13,0	49,0
	11,8	21,6	2,1	31,0	4,9	31,0	31,0	31,0
	16,7	28,3	1,7	35,0	13,2	35,0	13,2	35,0
	13,6	20,9	2,4	37,0	11,0	37,0	11,0	37,0
	12,7	17,7	3,4	26,0	9,7	26,0	9,7	26,0
	14,5	18,7	3,0	41,0	7,7	41,0	7,7	41,0



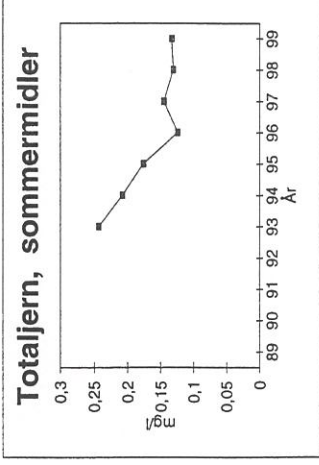
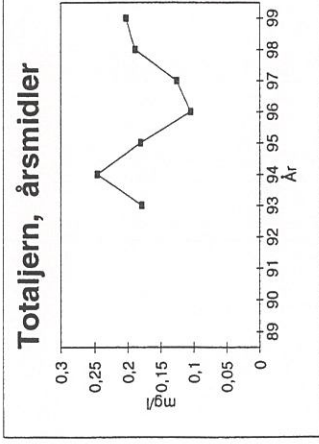
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

Parameter	År		Sommer		Sommer		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Totaljern mg/l	0,179	0,243	0,084	0,420	0,130	0,420	0,130	0,420
	0,246	0,208	0,094	0,408	0,094	0,408	0,094	0,408
	0,181	0,176	0,010	0,463	0,080	0,395	0,080	0,395
	0,105	0,124	0,010	0,215	0,047	0,215	0,047	0,215
	0,126	0,145	0,031	0,553	0,031	0,553	0,031	0,553
	0,189	0,131	0,060	0,615	0,060	0,297	0,060	0,297
	0,203	0,133	0,071	0,619	0,086	0,242	0,086	0,242



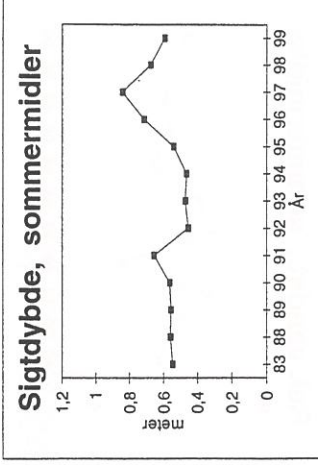
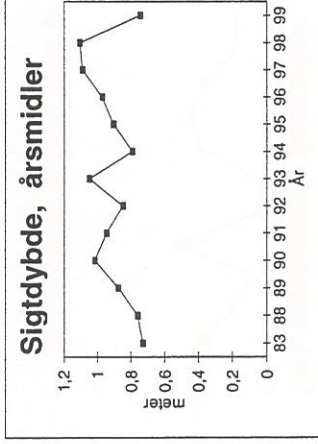
**Parameter**

**Tidsvægtede års- og sommermidler**

**Statistik - års- og sommermidler**

**Grafik**

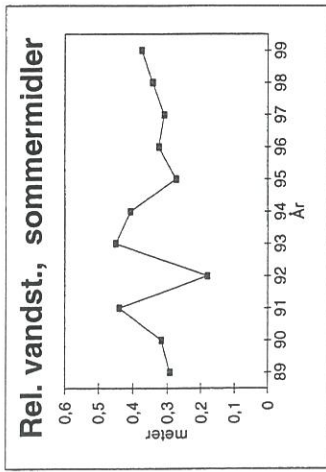
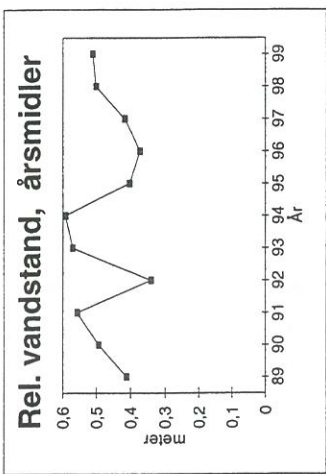
Parameter	År		Sommer		Sommer		Sommer	
	1/1-31/12	1/5-30/9	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Sigt dybde m	0,73	0,55	0,35	1,20	0,35	0,70	0,35	0,70
	0,76	0,56	0,45	1,30	0,45	0,70	0,45	0,70
	0,88	0,56	0,30	1,50	0,30	0,80	0,30	0,80
	1,02	0,56	0,32	1,70	0,32	0,80	0,32	0,80
	0,94	0,66	0,52	1,25	0,52	0,85	0,52	0,85
	0,85	0,45	0,30	1,80	0,30	0,70	0,30	0,70
	1,05	0,47	0,30	1,80	0,30	0,52	0,30	0,52
	0,79	0,47	0,28	1,50	0,28	0,75	0,28	0,75
	0,90	0,54	0,36	1,70	0,36	0,90	0,36	0,90
	0,97	0,71	0,42	1,60	0,42	0,95	0,42	0,95
	1,09	0,84	0,50	1,55	0,55	1,10	0,55	1,10
	1,11	0,68	0,45	1,80	0,45	0,90	0,45	0,90
	0,74	0,59	0,43	1,20	0,45	0,85	0,45	0,85



Rel. vandstand  
m

ÅR	1/1-31/12	Sommer 1/5-30/9		År		Sommer	
		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
83							
88	0,411	0,292	0,150	0,600	0,150	0,430	
89	0,492	0,317	0,170	0,850	0,170	0,410	
90	0,556	0,439	0,280	0,850	0,280	0,640	
91	0,340	0,181	0,020	0,620	0,020	0,480	
92	0,570	0,449	0,190	1,460	0,190	1,460	
93	0,592	0,407	0,200	1,230	0,200	0,780	
94	0,403	0,274	0,080	1,050	0,080	0,500	
95	0,372	0,324	0,150	0,530	0,150	0,450	
96	0,417	0,309	0,150	0,650	0,150	0,470	
97	0,501	0,342	0,300	0,840	0,300	0,480	
98	0,511	0,373	0,290	0,950	0,290	0,470	
99							

Type	Periode	Niveau %	Symbol (+/-)
Lin. reg.	1989-99		0
Ar	Sommer 1989-99		0



## **Bilag 9**

*- Borup sø*





**Planteplanktonbiomasser - tidsvægtede årsgennemsnit**

	Blågrønat	Kiselalger	Grønalgler	Rekylalger	Furealger	Øjealger	Gulalger	Stilkalger	Ubestemt Total	Øvrige
	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l
89	1,4	3,3	1,4	0,5	0,1	0,3	0,0	0,0	0,2	7,1
90	1,9	5,1	0,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	9,8
91	2,1	6,9	1,3	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	11,4
92	2,3	13,0	1,2	2,6	0,0	0,0	0,1	0,0	1,2	20,4
93	3,3	4,6	2,1	1,1	0,0	0,0	0,2	0,3	0,7	12,2
94	4,8	9,6	1,5	2,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	19,3
95	3,0	4,6	0,4	1,8	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	10,4
96	7,3	2,8	0,5	2,6	0,2	0,0	0,1	0,0	0,3	13,7
97	0,2	2,5	1,0	1,4	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	6,0
98	0,3	5,4	0,6	2,9	0,2	0,1	0,1	0,0	0,1	9,7
99	3,6	3,8	1,2	1,3	0,2	0,3	0,6	0,1	0,4	11,6
Gennemsnit 1989-98	2,6	5,8	1,1	1,8	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	12,0

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:  
Symbol:

Signifikansniveau: - 5% + 5%  
Symbol: - 5% +

**Planteplanktonbiomasser - %-fordeling årsgennemsnit**

	Blågrønat	Kiselalger	Grønalgler	Rekylalger	Furealger	Øjealger	Gulalger	Stilkalger	Ubestemt Total	Øvrige
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
89	19,6	46,4	19,2	7,2	0,8	3,5	0,7	0,0	2,7	100
90	18,9	52,1	9,3	13,3	0,0	0,0	0,1	0,0	6,2	100
91	18,5	60,3	11,1	5,1	0,0	0,0	0,1	0,0	5,1	100
92	11,1	63,9	5,9	12,7	0,0	0,0	0,4	0,0	6,0	100
93	26,7	37,2	17,1	8,8	0,0	0,0	1,9	2,8	5,5	100
94	24,6	49,7	7,8	14,6	0,0	0,0	0,2	0,1	3,0	100
95	29,2	43,9	4,1	17,8	1,0	0,0	1,1	0,0	2,9	100
96	52,9	20,2	3,8	18,9	1,7	0,1	0,6	0,0	1,9	100
97	3,7	41,6	16,3	23,9	0,9	2,1	2,6	3,3	5,7	100
98	2,7	56,4	5,8	30,0	1,7	0,9	1,0	0,0	1,4	100
99	31,4	33,1	10,1	10,8	2,0	3,0	5,4	0,6	3,6	100
Gennemsnit 1989-98	20,8	47,2	10,0	15,2	0,6	0,7	0,9	0,6	4,0	100,0

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:  
Symbol:

Signifikansniveau: - 5% + 1% ++ 5% +

**Planteplanktonbiomasser - tidsvægtede sommergennemsnit**

	Blågrønat	Kiselalger	Grønalgler	Rekylalger	Furealger	Øjealger	Gulalger	Stilkalger	Ubestemt Total	Øvrige
	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l	mm3/l
89	3,2	6,0	2,3	0,4	0,0	0,3	0,0	0,0	0,2	12,5
90	4,0	7,5	1,4	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	14,9
91	4,8	9,1	2,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	18,0
92	5,4	18,1	2,3	1,8	0,0	0,0	0,2	0,0	1,9	29,7
93	7,8	7,1	4,5	0,8	0,0	0,0	0,2	0,1	1,2	21,8
94	11,4	10,5	3,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	29,3
96	17,4	6,1	0,7	1,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	26,7
97	0,5	5,8	2,2	1,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,6	10,9
98	0,6	11,1	1,3	4,5	0,4	0,2	0,2	0,0	0,2	18,5
99	3,6	7,4	2,8	1,4	0,5	0,8	1,0	0,1	0,8	18,3
Gennemsnit 1989-98	6,2	9,1	2,1	1,7	0,1	0,1	0,1	0,0	0,8	20,2

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:  
Symbol:

Signifikansniveau: - 1% ++ 5% +

**Planteplanktonbiomasser - %-fordeling sommergennemsnit**

	Blågrønat	Kiselalger	Grønalgler	Rekylalger	Furealger	Øjealger	Gulalger	Stilkalger	Ubestemt Total	Øvrige
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
89	25,5	48,0	18,8	3,0	0,3	2,6	0,3	0,0	1,6	100
90	26,8	50,3	9,6	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	100
91	27,0	50,4	15,5	2,2	0,0	0,0	0,1	0,0	4,8	100
92	18,3	61,0	7,9	5,9	0,0	0,0	0,6	0,0	6,3	100
93	35,9	32,7	20,8	3,7	0,0	0,0	0,8	0,5	5,7	100
94	38,9	35,8	10,2	10,9	0,0	0,0	0,1	0,1	4,0	100
96	65,3	22,8	2,6	6,1	1,4	0,0	0,1	0,0	1,7	100
97	4,8	53,7	20,1	10,0	0,4	2,8	2,2	0,5	5,5	100
98	3,4	60,0	6,8	24,3	2,1	1,2	1,0	0,0	1,2	100
99	19,7	40,6	15,0	7,4	3,0	4,5	5,2	0,4	4,1	100
Gennemsnit 1989-98	28,1	46,1	11,7	8,2	0,6	0,7	0,7	0,1	3,9	100,0

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau:  
Symbol:

Signifikansniveau: - 1% ++ 5% +

**Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede årsgennemsnit**

Hjuldyr µg TV/l	Vandloppet Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total	Fyto-bio < 50 m µg C/l	Fyto-bio < 50 m µg C/l	Fyto-bio < 50 m µg C/l	%-små	%-store		
89	190	368	351	909	41,7	142,6	810,6	213,2	26,3	73,7
90	99	104	375	578	22,9	60,6	1107,5	338,1	30,5	69,5
91	156	221	242	618	24,3	93,6	1240,0	488,6	39,4	60,6
92	46	447	172	665	8,7	32,2	2238,8	1060,1	47,4	52,6
93	49	166	152	367	7,2	10,6	1346,7	845,8	62,8	37,2
94	50	180	129	358	6,1	12,7	2125,8	1368,0	64,4	35,6
95	68	167	343	578	44,4	73,4	1148,4	395,1	34,4	65,6
96	65	108	55	228	17,7	21,9	1506,8	531,4	35,3	64,7
97	25	109	73	207	8,4	12,0	686,8	425,7	62,0	38,0
98	38	105	203	346	10,1	21,9	1066,0	513,9	48,2	51,8
99	103	84	75	262	10,4	12,2	1278,4	1026,7	80,3	19,7
Gennemsnit 1989-98	79	197	209	485	19,2	48,2	1327,7	618,0	45,1	54,9

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: -  
Symbol: 0

Signifikansniveau: -  
Symbol: 0

5% + 5% - 5%

**Dyreplankton biomasser - %-fordeling årsgennemsnit**

Hjuldyr µg TV/l	Vandloppet Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l		
89	20,9	40,5	38,6	100
90	17,2	18,0	64,8	100
91	25,2	35,7	39,1	100
92	6,9	67,2	25,9	100
93	13,5	45,2	41,3	100
94	14,0	50,2	35,9	100
95	11,7	28,9	59,4	100
96	28,5	47,4	24,1	100
97	12,2	52,6	35,3	100
98	10,9	30,4	58,7	100
99	39,2	32,2	28,6	100
Gennemsnit 1989-98	16,1	41,6	42,3	100

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: -  
Symbol: 0

**Dyreplankton biomasser samt græsningstryk - tidsvægtede sommergennemsnit**

Hjuldyr µg TV/l	Vandloppet Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l	Pot. græsningstryk % af total	Fyto-bio < 50 m µg C/l	Fyto-bio < 50 m µg C/l	Fyto-bio < 50 m µg C/l	%-små	%-store		
89	327	533	691	1551	53,2	225,7	1373,0	272,7	19,9	80,1
90	193	213	674	1081	35,5	108,9	1638,5	385,2	23,5	76,5
91	180	403	484	1067	33,9	152,2	1975,3	534,7	27,1	72,9
92	84	558	357	999	9,0	58,8	3272,4	979,3	29,9	70,1
93	110	254	351	715	12,1	18,9	2397,7	1356,5	56,6	43,4
94	106	298	204	609	8,2	22,4	3219,8	1759,3	54,6	45,4
95	94	277	386	756	24,8	81,7	2205,1	480,6	21,8	78,2
96	73	181	103	357	19,6	29,5	2943,6	629,1	21,4	78,6
97	52	187	153	392	12,5	21,0	1199,2	580,8	48,4	51,6
98	75	216	453	744	14,7	39,9	2038,2	896,3	44,0	56,0
99	154	157	140	451	9,1	12,7	2032,4	1502,9	73,9	26,1
Gennemsnit 1989-98	129	312	386	827	22,4	75,9	2226,3	787,5	34,7	65,3

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: 5%  
Symbol: -

Signifikansniveau: -  
Symbol: 0

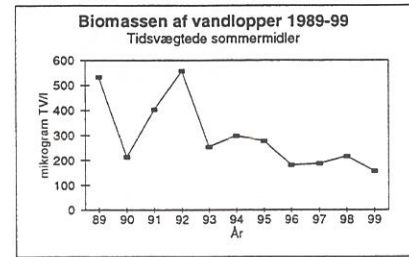
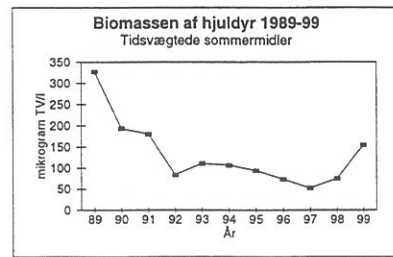
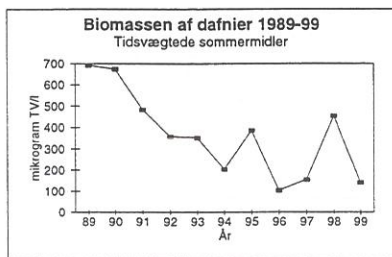
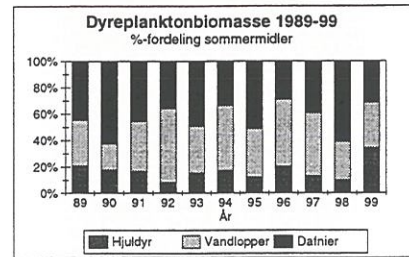
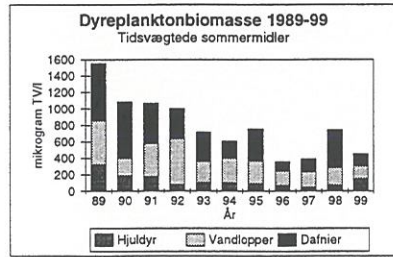
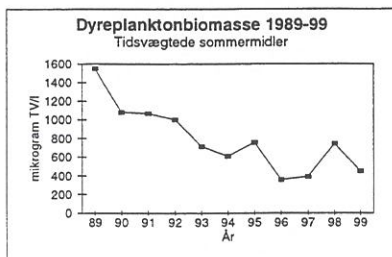
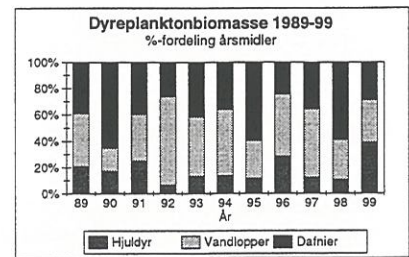
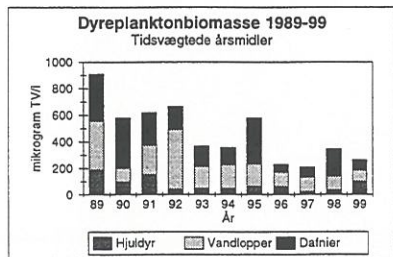
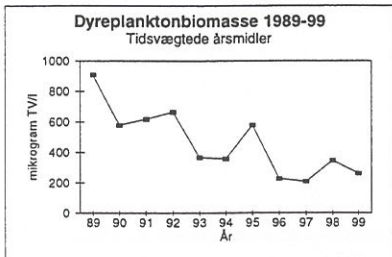
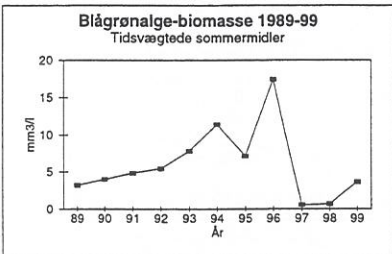
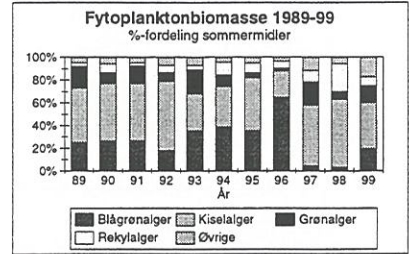
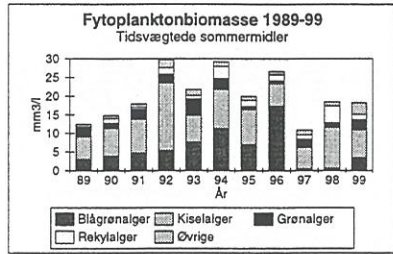
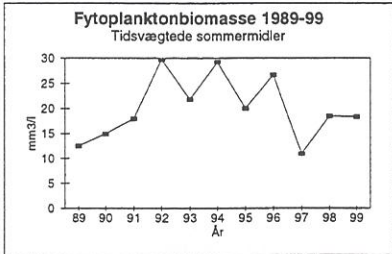
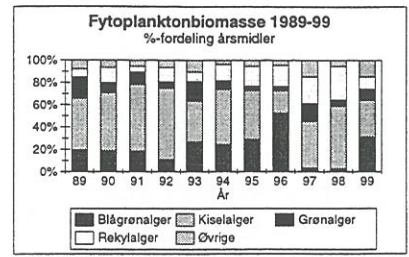
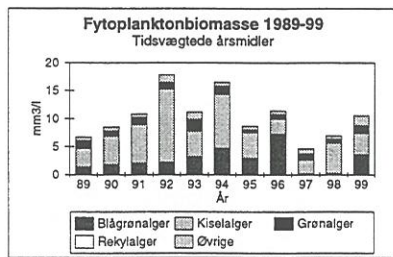
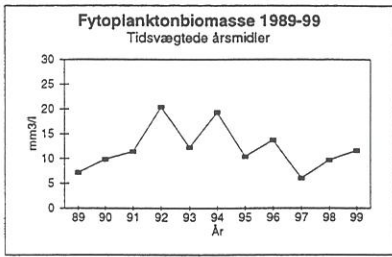
5% + 5% - 5%

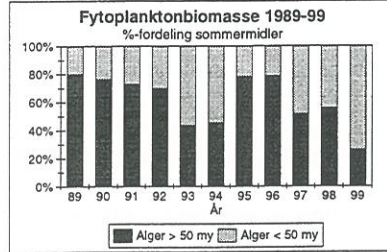
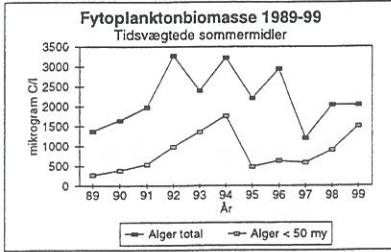
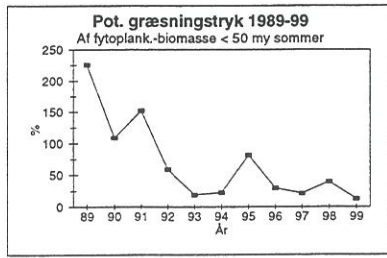
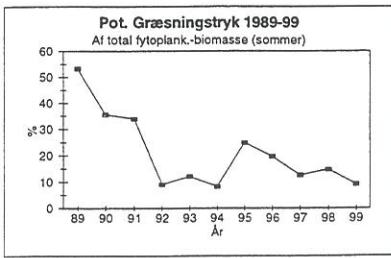
**Dyreplankton biomasser - %-fordeling sommergennemsnit**

Hjuldyr µg TV/l	Vandloppet Dafnier µg TV/l	Total µg TV/l		
89	21,1	34,4	44,6	100
90	17,9	19,7	62,4	100
91	16,9	37,8	45,4	100
92	8,4	55,9	35,8	100
93	15,4	35,5	49,1	100
94	17,5	49,0	33,5	100
95	12,4	36,6	51,0	100
96	20,4	50,7	28,9	100
97	13,3	47,6	39,1	100
98	10,0	29,0	61,0	100
99	34,2	34,7	31,0	100
Gennemsnit 1989-98	15,3	39,6	45,0	100

Udvikling:  
Lineær regressionsanalyse

Signifikansniveau: -  
Symbol: 0





## **Bilag 10**

*- Borup sø*



# Fiskeynglen i Borup Sø

Juli 1999



Notat udarbejdet af Fiskeøkologisk Laboratorium november 1999  
Konsulenter : Jens Peter Müller & Helle Jerl Jensen

---

## 0. Sammenfatning

### *Feltundersøgelsen*

I forbindelse med Roskilde Amts overvågning af miljøtilstanden i Borup Sø blev fiskeynglen undersøgt i natten fra 1.- 2. juli 1999. Undersøgelsen, som ligeledes blev foretaget i 1998, blev udført i overensstemmelse med anvisningen fra DMU med yngeltræk i 5 transekter i littoralen og 5 transekter i pelagiet af ca. 1 minuts varighed.

### *Ynglens tæthed og sammensætning*

Der blev som ved foregående undersøgelse konstateret yngel fra 4 arter; skalle, regnløje, brasen og aborre, hvortil kommer en ikke ubetydelig mængde etårige skaller og regnløjer samt enkelte etårige brasener.

Den samlede yngeltæthed (inklusive etårige) var 4,6 pr. m<sup>3</sup> i littoralen og 2,0 pr. m<sup>3</sup> i pelagiet, hvilket især i pelagiet var noget mindre end i 1998. Etårige karpfisk udgjorde med ca. 1/3 en væsentlig andel af fangsten. Vægtmæssigt var tætheden (i spritvægt) 2,2 g pr. m<sup>3</sup> i littoralen og 1,3 g pr. m<sup>3</sup> i pelagiet, hvilket som følge af tilstedeværelsen af etårige fisk var noget større end i 1998. Antalsmæssigt var karpfisk dominerende i littoralen, mens karpfisk og aborrefisk udgjorde omtrent samme andel i pelagiet. Vægtmæssigt dominerede karpfisk over hele søen.

Sammenlignet med 12 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelser de to seneste år, var tætheden af både karpfisk og aborrefisk i Borup Sø i 1999 betydelig, og vægtmæssigt var tætheden som følge af de mange etårige fisk næststørst både i littoralen og i pelagiet.

### *Størrelse*

Fiskeynglens størrelse i Borup Sø adskilte sig ikke væsentligt fra de øvrige søer undersøgt på samme tidspunkt.

### *Årgangsstyrke*

Der er generelt store variationer i årgangsstyrken hos de respektive arter, hvoraf især de sent gydende arter som bl.a. brasener er følsomme for klimatiske udsving forår og sommer. I 1999 var middeltætheden af karpfiske yngel i 12 søer generelt mindre end i 1998 i de lavvandede søer, mens aborreynglen generelt forekom mere talrigt end i 1998. Borup Sø følger således i denne henseende det generelle mønster.

### *Fordeling*

Ynglens fordeling i de undersøgte søer viste en forkærlighed hos karpfiske ynglen for de lavvandede områder, og kun i de uklare og lavvandede søer fandtes karpfiske yngel i pelagiet. Aborrefiskeynglen var generelt mere pelagisk, dog med generelt aftagende mængder med øget dybde og sigtdybde. Fiskeynglens tæthed og sammensætning i Borup Sø er således i overensstemmelse med søens status som lavvandet og uklar.

### *Påvirkning af dyreplanktonet*

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate (inklusive etårige karpfisk) omkring 1. juli var med 35 mg tv/m<sup>3</sup>/d rekordstor blandt de øvrige undersøgte søer, og en smule større end i 1998. Dette skyldtes både de store årgange af skaller og regnløjer fra 1998 og en stor årgang af aborreyngel i 1999. Medregnes de ældre planktonædende karpfisk må fiskenes prædationstryk på dyreplanktonet antages ligesom i 1998 at have været meget betydeligt i juli 1999.



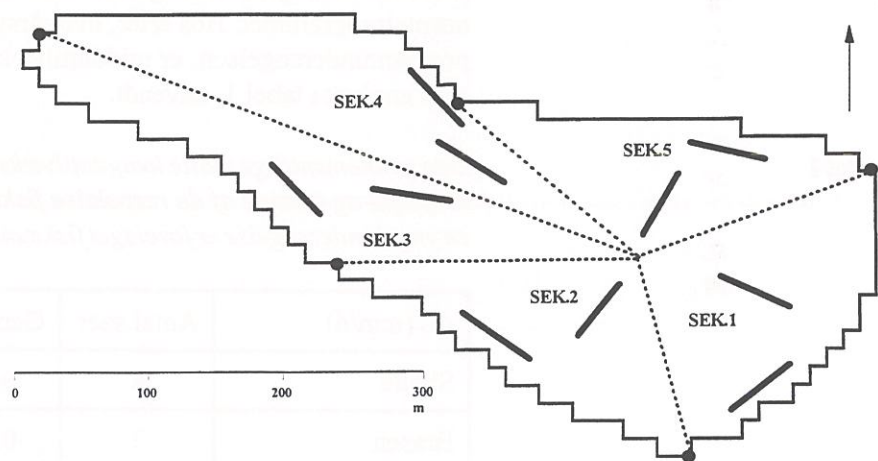
# 1. Baggrund og formål

I foråret 1997 vedtog Styringsgruppen for Ferskvand, at undersøgelser af fiskeyngel fra 1998 skal indgå i det Nationale Overvågningsprogram for Vandmiljøet (NOVA 2003).

Borup Sø er udvalgt som overvågnings sø, og som følge heraf blev der i juli 1999 foretaget en undersøgelse af fiskeynglen. Formålet med undersøgelsen har været at belyse årsynglens mængde og sammensætning, for herigennem at vurdere fiskeynglens betydning for søens økologi over sommeren.

# 2. Materialer og metoder

Fiskeriet fandt sted natten mellem den 1.- 2. juli 1999 i tidsrummet kl.0.05 - 2.40, og blev udført som beskrevet i vejledningen for fiskeyngelundersøgelser i søer fra Danmarks Miljøundersøgelser /1/. Søen blev således inddelt i 5 sektioner, der hver især blev befisket med 1 minut i et transekt i bredzonen og 1 minut i et transekt i pelagiet (fig.1) med et standardyngelnet (hoopnet).



*Figur 1. Kort over Borup Sø med angivelse af sektioner og placering af transekter.*

## Fiskeri med yngelnet

Det anvendte yngelnet var et standardnet som beskrevet i vejledningen, dvs. bestående af en 1 m lang cylindrisk del med en diameter på 40 cm og en maskestørrelse på 2 mm og en 1 m lang konisk del med en maskevidde på 1 mm monteret med en opsamlingsbeholder. Nettet var monteret med et kalibreret flowmeter placeret i nettets åbning.

Nettets centrum blev placeret 0,5 meter under overfladen og bevæget med en hastighed af omkring 1,5 m/s.

## Registrering

Ved de enkelte træk blev starttidspunkt, sluttidspunkt og omdrejningstæller ved start og slutning registreret. Fangsten blev opsamlet i plastikglas og nedkølet til udsortering følgende dag.

Ved registreringen blev fiskene sorteret i arter og opmålt til nærmeste mm. og fangsten af de respektive arter blev for hver transekt vejret til nærmeste 1/10 g.

## 2.2 Beregninger

### Tæthed

For hvert transekt er den gennemsnitlige fangst i antal og i vægt pr. m<sup>3</sup> udregnet både for de enkelte arter og for hele årsynglen som fangsten divideret med den filtrerede vandmængde. Herefter er et gennemsnit for de respektive transekter i littoralzonen og i pelagiet med tilhørende varians udregnet. Ved omregning til spritvægt er anvendt en omregningsfaktor på 0,8.

### Gennemsnitsvægt

Tilsvarende er de enkelte arters gennemsnitsvægt (vådvægt) beregnet som et gennemsnit af gennemsnitsvægten fundet i de respektive transekter.

### Vægtet gennemsnit

I diskussionsafsnittet er anvendt arealvægtede gennemsnit beregnet som middelværdien i de respektive områder ganget med området's andel af søarealet. Littoralzonen er sat udtil 50 m fra kystlinien dog maksimalt 50 % af søarealet.

### Daglig vækstrate

Middelvækstraten pr. dag er beregnet ud fra den målte længdetilvækst i perioden fra yngelundersøgelsen til den efterfølgende fiskeundersøgelse efter normalprogrammet. Hos arter, hvor årsynglen ikke blev fanget ved normalprogramundersøgelsen, er middeltilvæksten, fundet i en række danske søer som angivet i tabel 1, anvendt.

### Tabel 1

*Den gennemsnitlige målte længdetilvækst og b fra længde-vægtrelationen hos årsyngel og etårige af de respektive fiskearter i søer, hvor der efterfølgende en yngelundersøgelse er foretaget fiskeundersøgelse efter normalprogrammet.*

dL (mm/d)	Antal søer	Gens.	Min	Max	b
Skalle	8	0,44	0,26	0,57	3,46
Brasen	3	0,49	0,32	0,58	3,46
Aborre	9	0,47	0,34	0,63	3,60
Regnløje	2	0,15	0,10	0,19	2,72
Rudskalle	1	0,27	0,27	0,27	4,36
Skalle 1+	1	0,19	0,19	0,19	3,77
Regnløje 1+	1	0,11	0,11	0,11	3,12

Den daglige vækstrate omkring undersøgelsestidspunktet ( $G_t$ ) er herefter beregnet som :

$$G_t = b \ln((L_t + dL)/(L_t))$$

hvor  $L_t$  er den målte middellængde ved undersøgelsen og  $dL$  og  $b$  er henholdsvis den gennemsnitlige længdetilvækst og  $b$  fra længdevægtrelationen.

*Konsumptionsrate*

Den daglige konsumptionsrate på prøvetidspunktet er beregnet i mg tv/m<sup>3</sup>/d som:

$$K = 1000 (G_t B_t)$$

hvor B<sub>t</sub> er den beregnede arealvægtede biomassetæthed på prøvetagningstidspunktet.

*Årgangsstyrke*

Årgangsstyrken hos de respektive arter kan først vurderes, når der foreligger en længere tidsserie.

*Sammenligningsgrundlag*

De beregnede værdier er så vidt muligt sammenholdt med tilsvarende størrelser fra 23 undersøgelser fra i alt 12 andre danske søer, hvor yngelundersøgelserprogrammet har været anvendt i 1998 og 1999.

Arter	Arter	Arter	Arter
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

Arter	Arter	Arter	Arter
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100

Arter 1-100

Arter 101-200

### 3. Resultater

#### 3.1 Areal-tæthed

Der er ved undersøgelsen konstateret årsyngel fra skalle, brasen, regnløje og aborre, samt fra ikke identificerede karpefisk. Hertil kommer etårfsk af regnløje, skalle og brasen. Den beregnede arealtæthed af de respektive arter i littoralen og i pelagiet og de respektive arters numeriske andel af årsynglen er givet i tabel 2, mens samme data fordelt på karpefisk (inklusive etårige karpefisk), aborrefisk, laksefisk og øvrige fisk er givet i tabel 3.

**Tabel 2**

*Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.*

Antal/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle	0,098	0,000	2	0
Brasen	0,114	0,000	2	0
Regnløje	1,646	0,360	36	18
Ubestemt karpefisk	0,114	0,000	2	0
Skalle 1+	0,277	0,328	6	17
Regnløje 1+	1,108	0,295	24	15
Brasen 1+	0,016	0,016	0	1
Aborre	1,255	0,966	27	49

**Tabel 3**

*Den beregnede tæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.*

Antal/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpefisk	3,374	0,999	73	51
Aborrefisk	1,255	0,966	27	49
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	4,629	1,966	100	100

Yngel af regnløje og aborre var dominerende både i littoralen og i pelagiet, men fangsten rummede tillige en del etårfsk, i littoralen især af regnløjer og i pelagiet desuden af skaller. Generelt var karpefisk dominerende i littoralen, hvor de største fangster blev gjort, mens karpefisk og aborrefisk optrådte i omtrent samme tæthed i pelagiet.

#### *Biomassetæthed*

Biomassetætheden uviste ikke overraskende samme mønster som den numeriske tæthed (tab.4 og 5). Etårfsk af regnløje og skalle og årsyngel af aborrer var generelt vægtmæssigt mest betydende med flest 1+ regnløjer i littoralen og med dominans af aborre yngel og 1+ skaller i pelagiet.

**Tabel 4**

*Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive arter i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.*

Spritvægt g/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Skalle	0,017	0,000	1	0
Brasen	0,002	0,000	0	0
Regnløje	0,086	0,019	4	1
Ubestemt karpesfisk	0,011	0,000	1	0
Skalle 1+	0,432	0,511	20	39
Regnløje 1+	0,911	0,242	42	18
Brasen 1+	0,045	0,045	2	3
Aborre	0,661	0,509	31	38

**Tabel 5**

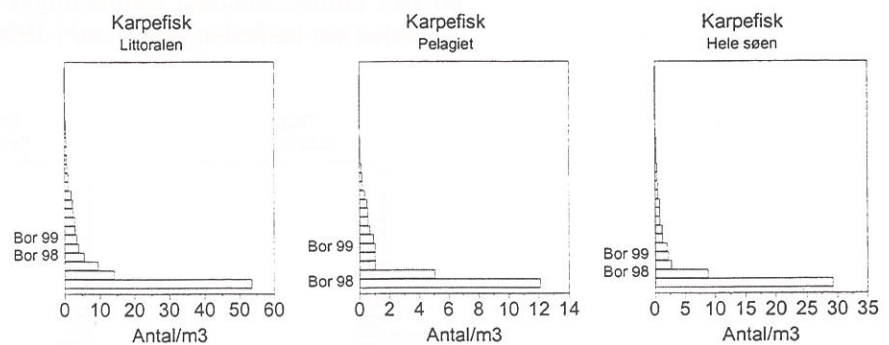
*Den beregnede biomassetæthed af fiskeynglen hos de respektive grupper i littoralzonen og i pelagiet i Borup Sø juli 1999.*

Spritvægt g/m <sup>3</sup>			Procent	
	Littoralen	Pelagiet	Littoralen	Pelagiet
Karpesfisk	1,504	0,817	69	62
Aborrefisk	0,661	0,509	31	38
Laksefisk	0,000	0,000	0	0
Andre	0,000	0,000	0	0
Total	2,165	1,326	100	100

Karpesfisk var vægtmæssigt mest betydende både i littoralen, hvor fangsten var størst, og i pelagiet.

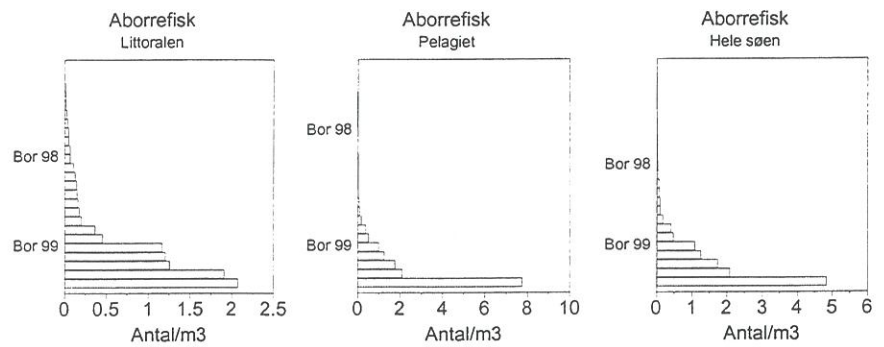
Sammenlignet med andre søer, hvor der er foretaget undersøgelser af fiskeynglen, var karpesfiskeynglen forholdsvis talrig i Borup Sø, uden dog at nå sidste års niveau, hvor især tætheden i pelagiet var usædvanlig stor (fig.2).

Tilstedeværelsen af en betydelig tæthed af etårige skaller og regnløjer ved nærværende undersøgelse bekræfter de store årgange fra 1998.



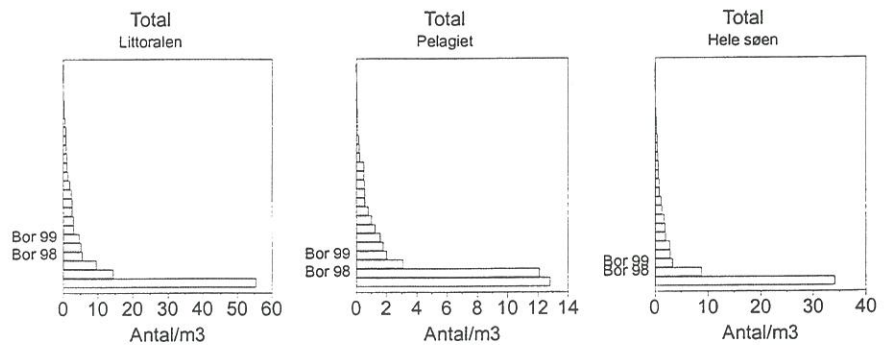
**Figur 2.** Tætheden af karpesfiskeyngel i Borup Sø i 1998 og 1999 i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Aborrenglens tæthed var øget væsentligt i forhold til i 1998 og var ved nærværende undersøgelse betydelig sammenlignet med tætheden fundet i fleste andre undersøgte danske søer (fig.3).



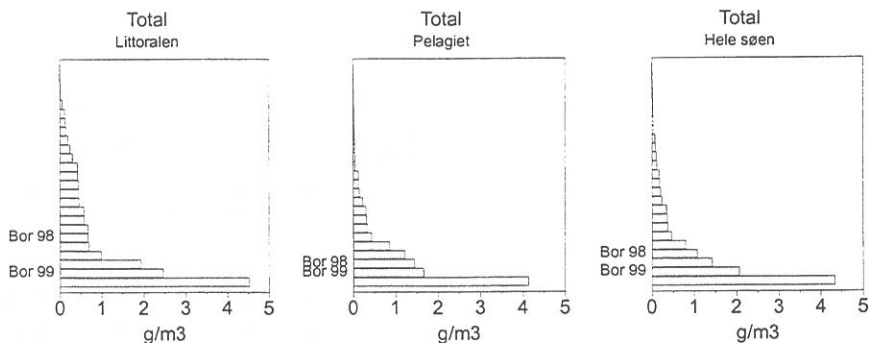
**Figur 3.** Tætheden af aborrengel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

Den samlede tæthed af fiskeyngel var således som i 1998 relativt stor i Borup Sø sammenlignet med tætheden fundet i de øvrige undersøgte søer (fig.4).



**Figur 4.** Tætheden af fiskeyngel i Borup Sø i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

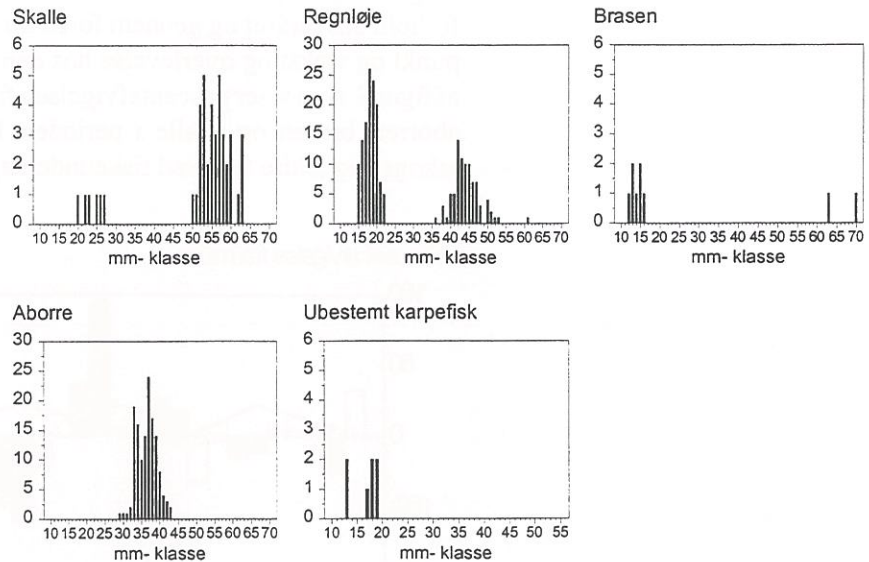
Ikke mindst den betydelige tæthed af etårsfisk af skaller og regnløjer bevirker en stor biomassetæthed sammenlignet med andre danske søer, og især i littoralen var tætheden større end i 1998 (fig.5).



**Figur 5.** Biomassetætheden af fiskeyngel i Borup Sø i 1998 og i 1999 i littoralzonen, pelagiet og i hele søen sammenlignet med tætheden fundet i andre danske søer.

## Størrelsesfordeling

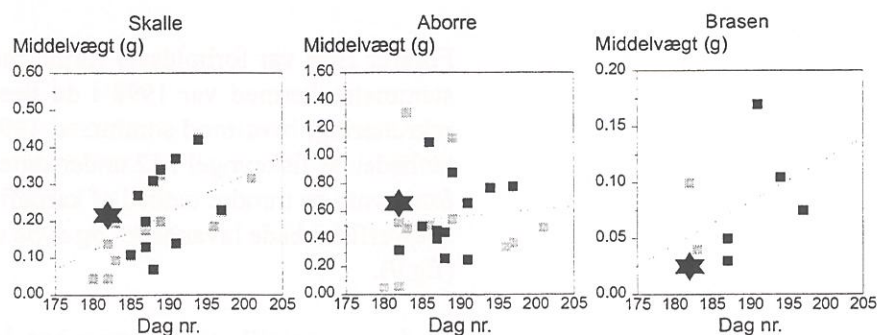
Størrelsesfordelingen af fangsten af skalle, regnløje, brasen, aborre og af de ubestemte karpefisk fremgår af figur 6.



**Figur 6.** Længdefordelingen af de respektive arter i fangsten i Borup Sø juli 1999.

## Middelvægt

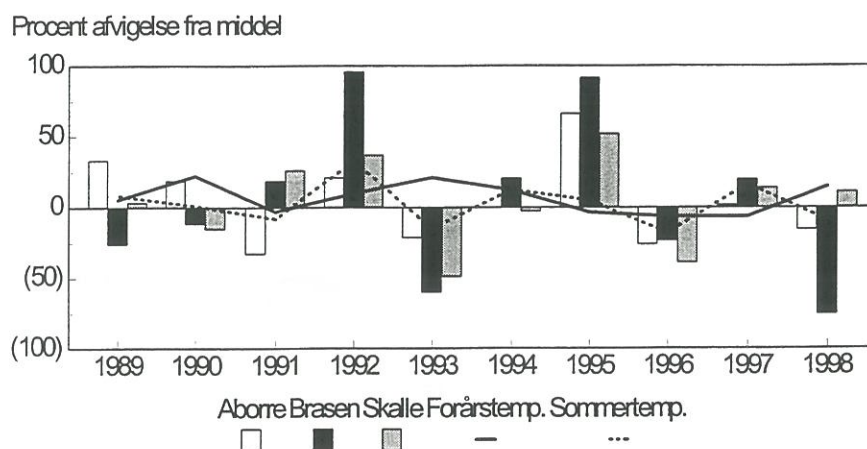
Middelvægten hos skalle og aborreårsynglen afveg ikke væsentligt fra middelvægten fundet hos de respektive arters yngel på samme tidspunkt i de øvrige undersøgte søer (fig.7). Skalle og aborre ynglen var en smule større, hvorimod brasenynglen var noget mindre end i de øvrige søer undersøgt på samme tid. Hos skaller og tildels hos brasen var der en tydelig forøgelse af middelvægten gennem juli måned i de respektive søer, hvilket ikke kunne konstateres hos aborre ynglen. Der må dog forventes en meget stor spredning i ynglens størrelse på et givent tidspunkt i de respektive søer, på grund af morfometriske forskelle, som bl.a. påvirker gydetidspunkt og tilvækst som følge af den meget forskellige hastighed hvormed opvarmningen af søvandet foregår gennem forsommeren.



**Figur 7.** Middelvægten af skalle-, aborre- og brasenynglen på undersøgelsestidspunktet i Borup Sø juli 1999 (stjerne) sammenlignet med årets øvrige undersøgelser (sort markering) og tidligere undersøgte danske søer.

## 4. Vurderinger

Selvom søers fiskebestande oftest udviser variationer som kan relateres til søernes morfologi og næringsniveau, er forholdene vedrørende årsynglen mere komplekse. Der vil således i alle søer og hos de fleste arter forekomme meget betydelige år til år variationer i ynglens mængde, idet de klimatiske forhold om foråret og gennem forsommeren påvirker henholdsvis gydetidspunkt og vækst og overlevelse hos den spæde yngel. Dette fremgår tydeligt af figur 8, som viser procentafvigelsen fra gennemsnittet af årgangstyrken hos aborrer, brasen og skalle i perioden 1989-98, vurderet ud fra fangsten af etårige- og ældre fisk ved fiskeundersøgelser efter normalprogrammet.



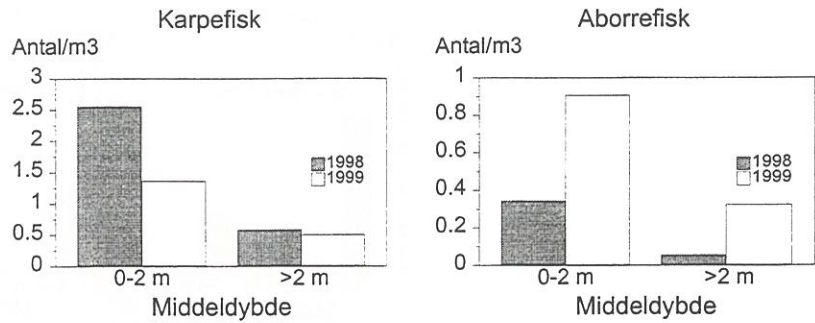
*Figur 8. Den gennemsnitlige årgangstyrke i en række danske søer målt som afvigelse fra middel i perioden 1989-98 hos aborre, brasen og skalle samt middeltemperaturens afvigelse fra normalen i juni-juli i samme periode /2/.*

Som figuren viser er der især hos brasener en negativ sammenhæng mellem et varmt forår efterfulgt af en kold sommer og årgangstyrken i de respektive år. Generelt er der især hos de relativt sent gydende arter herunder brasen, rudskalle, suder og karusse ofte meget store variationer i ynglens mængde i sensommeren, antageligt bl.a. på grund af afhængigheden af en korrekt timing mellem ynglens fremkomst og et rimeligt fødegrundlag. Dette synes især at være gældende i klarvandede søer, hvor årsynglen ligeledes er udsat for rov fra aborrer, og hvor svigtende rekruttering er regelen mere end undtagelsen hos de nævnte arter.

Foråret 1998 var forholdsvis varmt, mens sommeren var kold og i overensstemmelse hermed var 1998 i de fleste søer et dårligt år for brasenernes rekruttering, hvorimod sommeren 1999 var noget varmere. Sammenlignes tætheden af fiskeyngel i 12 undersøgte søer i 1998 og i 1999 ses på trods af førnævnte en mindre tæthed af karpefisk i 1999 i de lavvandede søer, mens aborrerfisk i både lavvandede- og dybe søer fandtes i væsentligt større tæthed (fig.9).

Med en numerisk tilbagegang hos karpefiskene, men en fremgang hos aborrefiskene adskiller Borup Sø sig således ikke fra dette mønster.





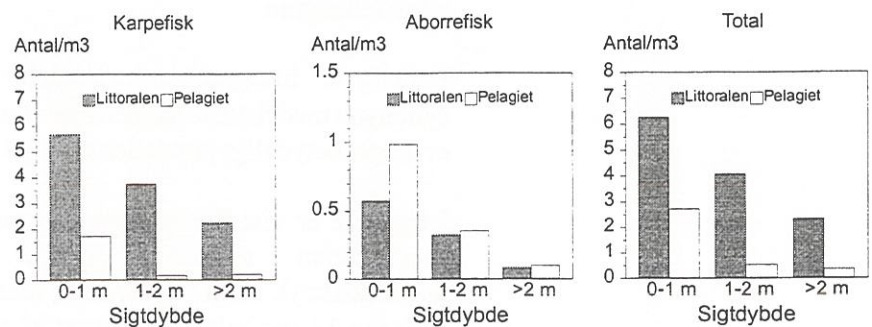
**Figur 9.** Fiskeynglens gennemsnitlige tæthed i 4 lavvandede (< 2 m) og 8 dybere (> 2m) søer i 1998 og 1999.

### Fordeling

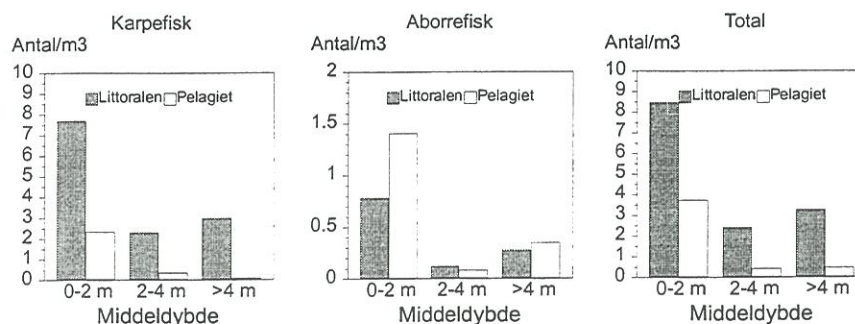
Forskellige forhold påvirker dog ynglens adfærd. Vandets klarhed er således tilsyneladende afgørende for valget af habitat hos især karpesfiskeyngel, idet ynglen i stigende grad foretrækker bredzonen med øget sigtddybde i de undersøgte søer. Hos aborreynglen, som generelt er mere pelagisk, forekommer dette kun i mindre grad (fig.10). Generelt var der dog meget lidt fiskeyngel i pelagiet i søer med mere sigtdybder større end 2 m.

Middeldybden synes ligeledes at påvirke fiskeynglens mængde i bredzonen og i pelagiet. Således aftager mængden af karpesfiskeyngel i pelagiet voldsomt med øget middeldybde i de undersøgte søer, hvorimod karpesfiskenes mængde i littoralen kun aftog mere moderat med dybden (fig.11). Hos aborrefiskene var der ingen væsentlig forskydning mellem pelagiet og bredzonen ved øget middeldybde.

Selv om konklusionerne stadig er usikre, er det generelle billede fortsat, at karpesfiskeyngel er tæt knyttet til de lavvandede områder i juli måned, og kun i de uklare, lavvandede søer findes karpesfiskeynglen i pelagiet i nævneværdigt omfang.



**Figur 10.** Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigtddybde.



**Figur 11.** Fiskeynglens arealtæthed i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig middeldybde.

Aborrefiskeynglen har ikke samme præference for bredzonen, men tætheden aftager dog tilsyneladende generelt med øget middeldybde og især med øget sigtdybde.

Fiskeynglens mængde og fordeling i Borup Sø passer godt til det aktuelle billede i lavvandede uklare søer med en betydelig tæthed af både karpesfiskeyngel og aborrefiskeyngel både i bredzonen og i pelagiet.

#### Påvirkning af dyreplankton

Fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet afhænger af såvel ynglens daglige fødebehov, som igen afhænger af deres specifikke vækstrate og af udnyttelsen af føden, og af dyreplanktonets produktivitet.

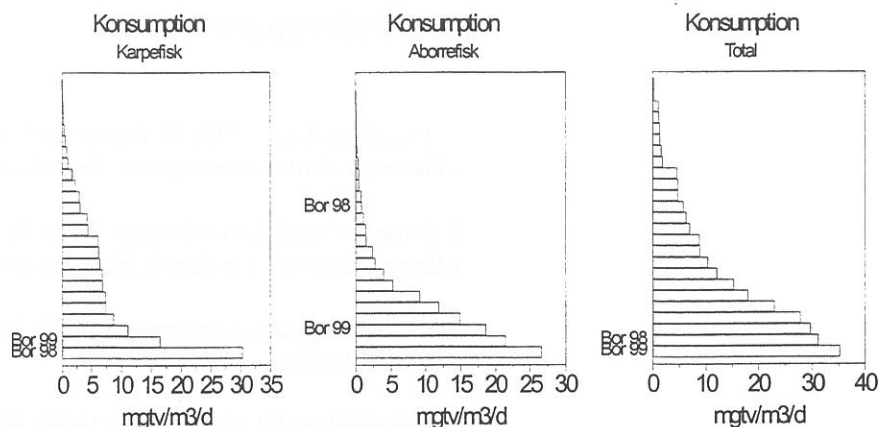
Vækstraten hos fiskeyngel aftager generelt med størrelsen, hvorimod længdetilvæksten pr. tidsenhed tilnærmelsesvis er konstant, såfremt forholdene ikke ændres væsentligt. Af samme grund er der ved beregningen af ynglens specifikke vækstrate taget udgangspunkt i en konstant længdetilvækst i perioden fra yngelundersøgelserne til fiskeundersøgelsen i sensommeren. Vækstforholdene er dog kraftigt afhængig af både fødeudbud og vandtemperatur, hvoraf sidstnævnte forhold ligeledes påvirker fødens udnyttelsesgrad.

Endelig er fiskeynglens potentielle påvirkning af dyreplanktonet ikke synonymt med fiskebestandens påvirkning af samme, da etårige fisk ofte yder et meget betydeligt prædationstryk på dyreplanktonet.

I figur 12 er vist fiskeynglens - samt etårige karpesfisk skønnede daglige konsumtion i de undersøgte søer. I Borup Sø var karpesfiskeynglens prædationstryk ca. 3 mg tv/m<sup>3</sup>/d, mens etårige karpesfisk skønsmæssigt åd omkring 14 mg tv/m<sup>3</sup>/d i starten af juli 1999, hvilket tilsammen er noget mindre end i 1998, hvor karpesfiskeynglen i Borup Sø toppede med 30 mg tv/m<sup>3</sup>/d. De store mængder skalle- og regnløje yngel i 1998 spiller således også i 1999 en væsentlig rolle for småfiskenes prædation på dyreplanktonet.

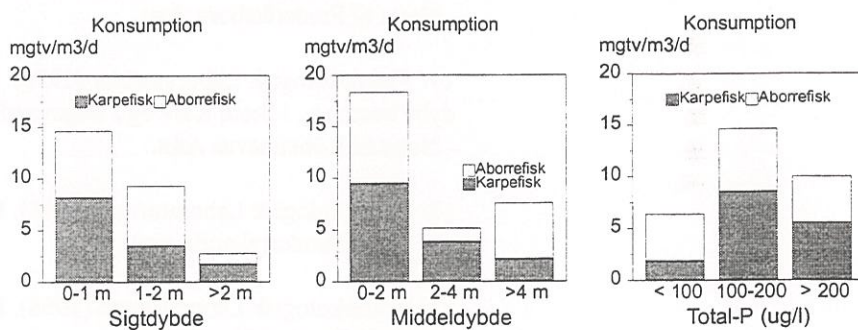
Aborrefiskenes skønnede prædation var med 19 mg tv/m<sup>3</sup>/d betydelig sammenlignet med de fleste af de øvrige undersøgte søer, og væsentligt større end i 1998.

Den samlede konsumtion fra småfisk var rekordhøj i Borup Sø med 31 mg tv/m<sup>3</sup>/d i 1998 og 35 mg tv/m<sup>3</sup>/d i 1999.



**Figur 12.** Fiskeynglens konsumptionsrate i Borup Sø sammenlignet med konsumptionsraten fundet i andre danske søer.

Fiskeynglens skønnede konsumptionsrate er tilsyneladende forskellig i de forskellige søtyper (fig.13). I de uklare søer er både karpfiskenes- og aborrefiskenes konsumption størst, hvilket antageligt hænger sammen med en større produktion af dyreplankton, og især karpfiskeynglens konsumption falder tilsyneladende i søer med middeldybde større end 2 m. I de næringsbegrænsede søer (tot-P sommergennemsnit < 100 µg/l) er fiskeynglens konsumption beskeden, mens konsumptionen topper især for karpfiskeynglen i de middelnæringsrige søer.



**Figur 13.** Fiskeynglens konsumptionsrate i littoralen og i pelagiet i søer med forskellig sigtddybde, middeldybde og tot-P koncentration over sommeren (1/5-30/9).

Med Borup Sø's status som lavvandet, uklar og middelnæringsrig sø er det således ikke overraskende, at især karpfiskeynglens skønnede konsumptionsrate er betydelig.

Der forligger endnu ikke tal for dyreplanktonet i 1999, men i de seneste år har dyreplanktonets sommergennemsnitlige biomasse varieret mellem 400-800 mg tv/m<sup>3</sup>, hvilket svarer til en maksimal daglig middelproduktion på 80-160 mg tv/m<sup>3</sup>/d ved en turn-over på 5 dage. Ofte er dyreplanktonbiomassen under gennemsnittet i starten af juli, og medregnes prædationstrykket fra de talrige ældre dyreplanktonædende fisk påvirker fiskene utvivlsomt dyreplanktonet negativt i sommerperioden.

## 5. Referencer

- 1/ Lauridsen T.L. (1998). Fiskeyngelundersøgelser i søer.  
- Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- 2/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Recruitment, growth and mortality of Bream (*Abramis brama L.*) in danish lakes. (in prep.)
- 3/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Borup Sø juli 1998.  
- Notat til Roskilde Amt.
- 5/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 1998.  
- Notat til Roskilde Amt.
- 6/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Magle Sø juli 1998.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 7/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 1998.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 8/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tissø juli 1998.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 9/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 1998.  
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 10/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Arresø juli 1998.  
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 11/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Bestemmelser af fiskeynglen i Furesø's dybe bassin og i Store Kalv og i Bagsværd Sø juli 1998.  
- Notat til Københavns Amt.
- 12/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 1998.  
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 13/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Ketting Nor juli 1998.  
- Notat til Sønderjyllands Amt.
- 14/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Gundsømagle Sø juli 1999.  
- Notat til Roskilde Amt.
- 15/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Magle Sø juli 1999.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 16/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tystrup Sø juli 1999.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 17/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Tissø juli 1999.  
- Notat til Vestsjællands Amt.
- 18/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Bastrup Sø juli 1999.  
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 19/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Arresø juli 1999.  
- Notat til Frederiksborg Amt.
- 20/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Bestemmelser af fiskeynglen i Furesø's

dybe bassin og i Store Kalv og i Bagsværd Sø juli 1999.  
- Notat til Københavns Amt.

21/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i St. Søgård Sø juli 1999.  
- Notat til Sønderjyllands Amt.

22/ Fiskeøkologisk Laboratorium (1998). Fiskeynglen i Ketting Nor juli 1998.  
- Notat til Sønderjyllands Amt.

23/ Vejle Amt (1999). Data vedrørende fiskeyngel i Søgård Sø juli 1999.  
- Tilsendt materiale.

24/ Fyns Amt (1999). Data vedrørende fiskeyngel i Arreskov Sø og Søgård Sø juli 1999.  
- Tilsendt materiale.



# **Bilag 11**

*- Borup sø*





## Notat vedrørende fiskebestanden i Borup Sø september 1999

Periode	Bestand (kg)	Størrelse (mm)	Arter	Antal
September 1999	1.500	300	Borupsø	100
August 1999	1.200	280	Øst	80
Juli 1999	1.000	260	Øst	70
Juni 1999	800	240	Øst	60
Maj 1999	600	220	Øst	50
April 1999	400	200	Øst	40
Marts 1999	200	180	Øst	20
Februar 1999	100	160	Øst	10
Januar 1999	50	140	Øst	5
December 1998	20	120	Øst	2



## 1. Indledning

For at fremskynde en positiv udvikling i miljøtilstanden i Borup Sø, blev der i foråret 1996 iværksat en regulering af søens store bestand af skaller og brasener. Reguleringen af fiskebestanden er gennemført ad flere omgange, hvor der senest i 1999 er blevet foretaget en ny opfiskning. I dette notat redegøres for de seneste ændringer i fiskebestanden, og de foreløbige effekter af biomanipulationen vurderes.

Fiskeundersøgelsen i september 1999 er foretaget af Vandmiljøafdelingen, Roskilde Amt, mens databehandling og vurderinger er udført af Fiskeøkologisk Laboratorium.

## 2. Opfiskning

Der er i perioden 1996-99 i alt opfisket ca. 6,1 ton fisk fordelt på 3,8 tons brasener og 2,3 ton skaller (tabel 1). Ved det seneste vodfiskeri i 1999 er der fjernet knap 1 ton, hvor brasener stod for de 0,8 ton mens skaller stod for de resterende 0,2 ton.

**Tabel 1.** Oversigt over opfiskningen i Borup Sø fordelt på redskaber i perioden 1996 - 1999.

Periode	Redskab	Skalle (kg)	Brasen (kg)	I alt (kg)
Maj-juli 1996	Bundgarn	550	1.160	1.710
Maj-juli 1997	Bundgarn	260	575	835
September 1997	Vod	825	995	1.820
Juli 1998	Vod	480	270	750
Marts 1999	Vod	5	15	20
Juni 1999	Vod	65	500	565
August 1999	Vod	130	260	390
Samlet:	Bundgarn/vod	2.315	3.775	6.090

## 3. Udviklingen i fiskebiomassen i søen

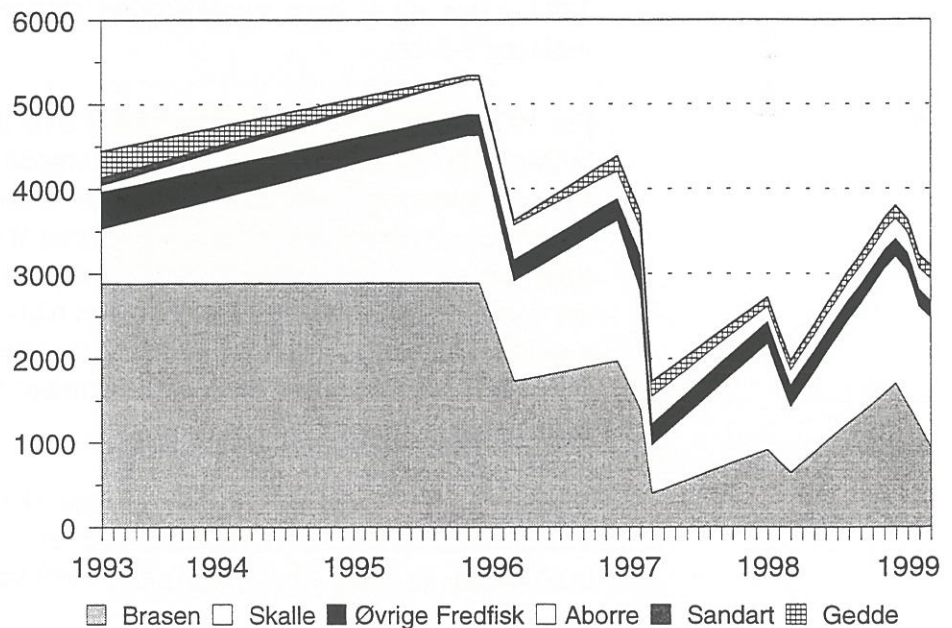
Ud fra de vægtede CPUE-værdier fra fiskeundersøgelserne i 1988, 1993, 1996-99 er fiskebiomassen beregnet for de enkelte arter (tabel 2). Fisketætheden i søen var størst i 1988, hvor biomassen var 5,2 ton svarende til 547 kg/ha, og mindst efter fiskefjernelserne i 1997, hvor biomassen var 1,7 ton og 182 kg/ha. Trods den selektive fjernelse af skaller og brasen årligt siden 1996 har fiskebestanden vedblivende været domineret af disse to arter, som til og med har øget deres biomasse i de seneste to år. Fiskebestandens samlede fiskebiomasse er således gået fra de 1,7 ton i 1997 til 2,0 ton i 1998 og 3,1 ton i 1999.

**Tabel 2.** Skønnet biomasse (kg) af de enkelte arter i Borup Sø 1988, 1993, 1996-99.

	1988	1993	1996	1997	1998	1999
Skalle	1126	645	1183	571	784	1543
Brasen	2579	2888	1732	400	644	942
Aborre	315	82	413	330	185	263
Regnløje	47	55	48	13	28	41
Sandart	288	93	8	0	0	0
Gedde	243	305	41	175	104	157
Rudskalle	8	5	9	29	41	51
Suder	33	41	0	39	32	78
BxS	3	4	21	1	14	18
Ål	556	327	0	171	141	8
Sum	5197	4446	3455	1730	1972	3100

I figur 1 er vist udviklingen i de enkelte arters biomasse i perioden fra 1993 frem til 1999. Som det fremgår af figuren har biomanipulationen tydeligt præget bestanden, men efter hver opfiskning har skallerne og brasenerne hurtigt formået at gendanne en væsentlig del af den opfiskede biomasse. Bortset fra sandarten, som ikke er fanget i søen i de seneste tre år, er der i det store og hele ikke sket en væsentlige udvikling i bestandene af søens øvrige fiskearter.

### Biomasse (kg)



**Figur 1.** Udviklingen i biomassen af de respektive fiskearter i Borup Sø i perioden 1993-1999. Biomassen er vurderet udfra de resultaterne af fiskeundersøgelserne korrigeret med de opfiskede mængder skaller og brasener.

### 3.1 Skalle

Som det er tilfældet i mange andre biomanipulationssøer er det især skallerne som hurtigt har erstattet den tabte biomasse. Fra et minimum i 1997 på 0,6 ton vokser bestanden således til 1,5 ton i 1999, som er den hidtil højeste skallebiomasse i søen igennem årene.

1998-1993

Betragtes udviklingen i skallebestanden siden 1988 faldt den skønnede biomasse af skaller fra 1125 kg til 645 kg i 1993. Som det fremgår af skallerens længdefordeling i de respektive år skyldtes dette primært et langt færre antal småfisk i sidstnævnte år (fig.2). Karakteristisk for skallebestanden i denne periode var en udpræget mangel af fisk over 15 cm antagelig som følge af en kombination af dårlige vækstforhold og et stort prædationstryk fra søens gedder.

1996-98

I 1996 var skallebestanden vokset kraftigt sammenlignet med i 1993, fra 645 kg til 1183 kg, trods opfiskningen af omkring 550 kg skaller i foråret 1996. Denne stigning var dels forårsaget af et meget stort antal etårige fisk og dels af en væsentlig højere gennemsnitsvægt blandt skallerne over 10 cm. Fra 1996 til 1997 blev skallebestandens biomasse kraftigt reduceret fra godt 1,3 ton til knap 0,5 ton som følge af bundgarns- og vodfiskeriet i 1997 (i alt samlet 1083 kg). Ved vodfiskeriet i 1997 bestod skallefangsten på 825 kg næsten udelukkende af fisk omkring 10 cm og dermed hovedsageligt af toårige fisk fra den meget store 1995-årgang. Trods denne fangst var toårige skaller dog stadig relativ talrigt repræsenteret i 1997 som det fremgår af figur 7. I efteråret 1998 genfindes denne pulje af nu treårige fisk som toppen omkring 12-15 cm på figuren, og årgangen fra 1997, som blev fanget i forholdsvis små mængder i 1997, viser sig at have været relativt stor med mange skaller i størrelsen omkring 8-9 cm.

1999

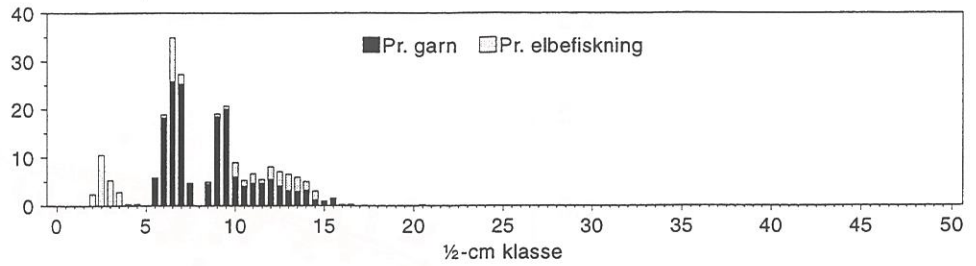
Fra 1998 frem til undersøgelsen i 1999 blev der fjernet i alt 200 kg skaller, hvilket tydeligvis ikke var nok for at kompensere for skallerens usædvanlig gode rekruttering i søen. Som følge af endnu en stor årgang fra 1998 er bestanden nu antalsmæssigt klart domineret af et- og toårsskaller, ganske som tilfældet var det i 1988 før biomanipulationen startede. Samstemmende blev der ved yngelundersøgelsen i juli fanget et rekordstort antal etårige skaller, som normalt ikke fanges i yngeltrawl. Hertil kommer at der stadig er en del skaller større end 10 cm tilbage i søen, og bestandens biomasse er dermed højere end nogensinde.

Vurderet ud fra længdeforskydningen har skallerne sideløbende oplevet en vækstforværring, hvor eksempelvis de et- og toårige skaller i 1998 var henholdsvis ca. 9 og 13 cm, mens de i 1999 var ca. 7 og 10,5 cm.

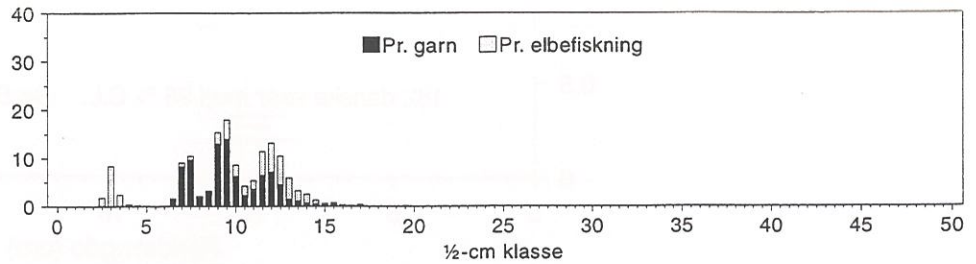
Kondition

Skallerens kondition på undersøgelsestidspunktet var da også blevet forværret i forhold til i 1998, hvor stort set samtlige skaller på nær enkelte eksemplarer af årsynglen havde en kondition væsentligt under middel (fig.3). Som det fremgår af figur 4 var skallerens middilkondition i 1999 dermed den ringeste i perioden.

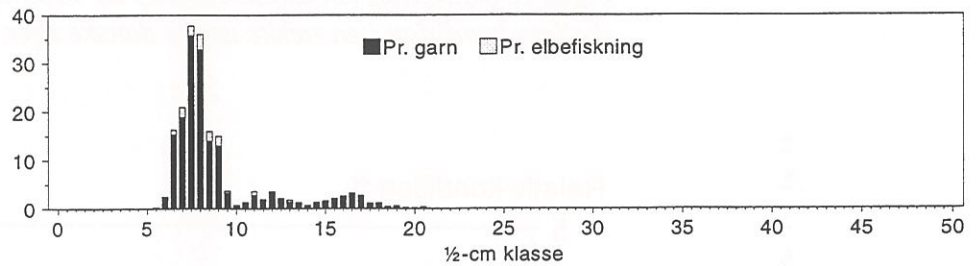
Antal skaller, 1988



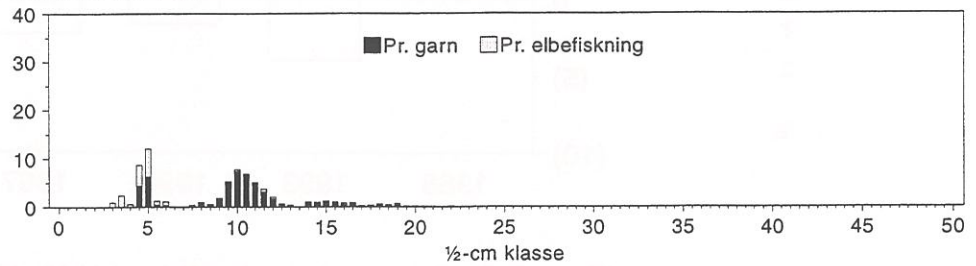
Antal skaller, 1993



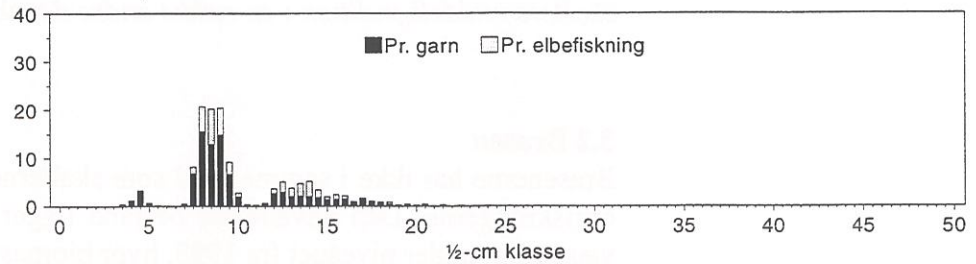
Antal skaller, 1996



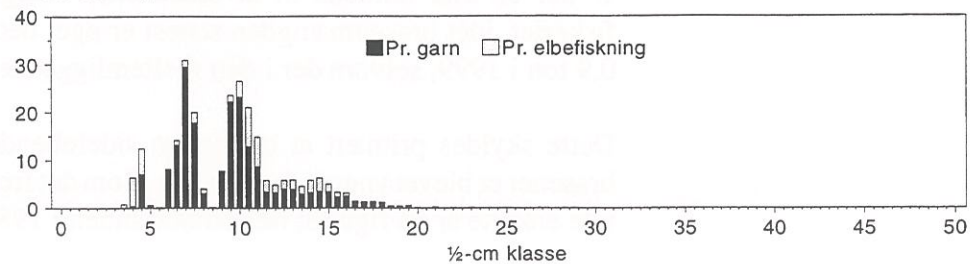
Antal skaller, 1997



Antal skaller, 1998

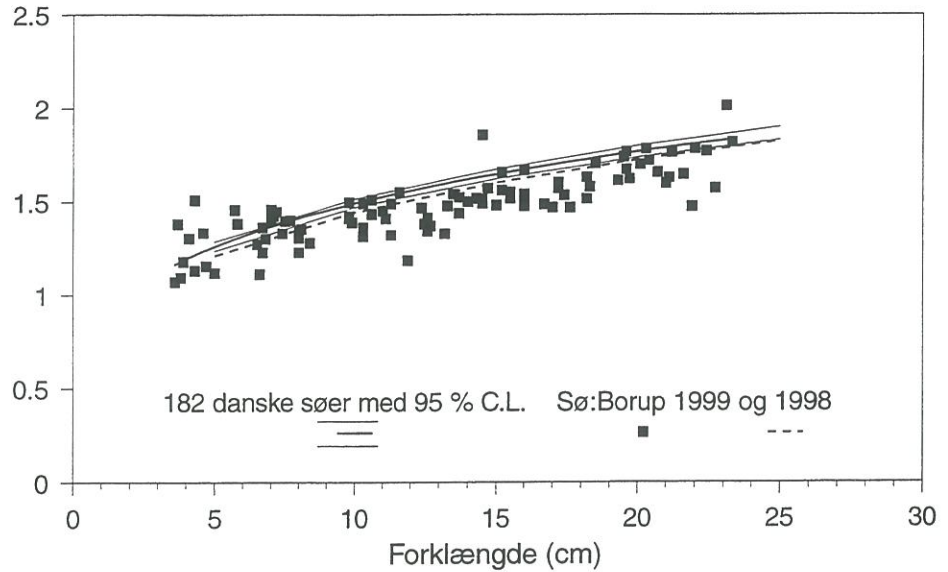


Antal skaller, 1999



Figur 2. Længdefordeling af skaller i Borup Sø 1988, 1993 og 1996-99.

### Konditionsfaktor for skalle



**Figur 3.** Skallernes kondition i Borup Sø 1999 og 1998 sammenlignet med skallers kondition i en række andre danske søer på denne årstid.

### Relativ kondition %

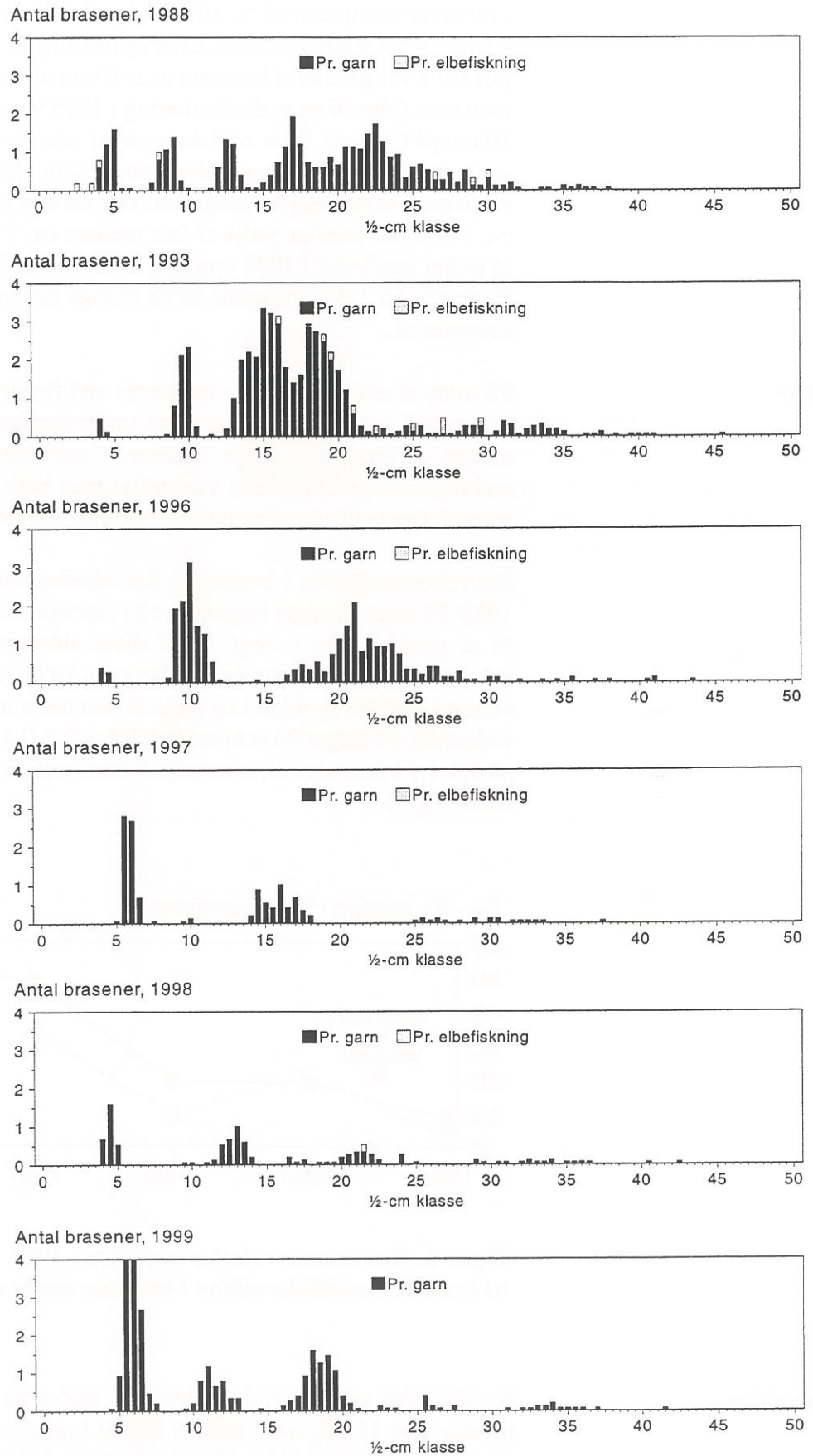


**Figur 4.** Skallernes relative kondition i 1988, 1993 og 1996-99 i forhold til skallers middeltilding i en række andre danske søer.

### 3.2 Brasen

Brasenerne har ikke i samme grad som skallerne formået at kompensere for opfiskningerne. Den nuværende bestand ligger således med 0,9 ton stadig væsentligt under niveauet fra 1993, hvor biomassen var på 2,9 ton. Imidlertid er der en klar tendens til at brasenerne i stigende grad formår at opveje fiskeriet, idet brasenmængden senest er øget betragtelig fra 0,6 ton i 1998 til 0,9 ton i 1999, selvom der i den mellemliggende periode er fjernet 0,8 ton.

Dette skyldes primært at bestanden sideløbende med fiskeriet på de ældre brasener er blevet yngre i de senere år. Som det fremgår af længdefordelingerne i de enkelte år på figur 5, bestod bestanden i 1988 således af brasener jævnt



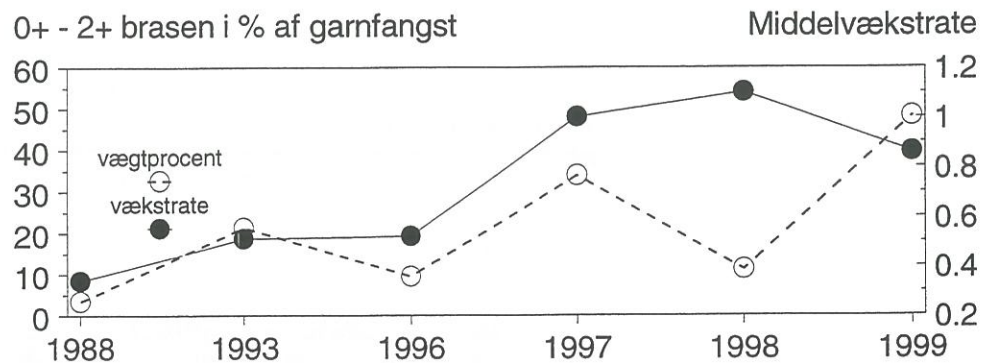
Figur 5. Længdefordeling af brasener i Borup Sø 1988, 1993 og 1996-99.

fordelt i alle størrelser fra årsynglen op til 35-40 cm's fisk. I 1993 var bestanden domineret af to- til fireårige fisk i størrelsen 13-20 cm, men der var stadig en del ældre brasener. Efter opfiskningen af knap 1,2 ton brasen i maj-juli 1996 var antallet af brasener over 10 cm reduceret markant i efteråret 1996, men som følge af en god rekruttering i 1995 var der mange etårfsk (omkring 10 cm på figuren). Efter opfiskningen af yderligere knap 1,6 ton brasen i maj-september 1997 var brasenbestanden som det fremgår af figuren stærkt reduceret i forhold til før indgrebet. Der var dog stadig en pulje fisk i størrelsen ca. 14-18 cm samt en pulje af fisk mellem ca. 25-35 cm tilbage i søen. Disse to puljer genfindes i 1998 omkring henholdsvis 20-25 og 30-35 cm, men også årgangen fra 1997, svarende til de etårige brasener i størrelsen 10-15 cm, er kommet til.

1999

På trods af at denne årgang reduceres ved fiskeriet i 1999, hvor der i alt blev fjernet 0,8 ton brasen, var der ved undersøgelsen i september stadig mange tilbage af disse nu toårige brasener i størrelsen 15-20 cm. Bestanden var endvidere blevet suppleret væsentligt med både årsyngel og yngel fra 1998, som på figuren kan ses grupperet omkring henholdsvis 6,5 cm og 12 cm.

Størrelsesstrukturen i bestanden har således ændret sig markant i perioden 1988-99, hvor de yngre brasener (< 3+) før opfiskningen udgjorde mellem 3-20 % af garnfangsten i vægt, mens disse aldersgrupper stod for godt og vel halvdelen af den vægtmæssige fangst i 1999 (fig.6). Eftersom brasenernes vækstpotentiale er størst i de unge år, har dette betydet at bestandens middelvækstrate er forøget fra et niveau omkring 0,3-0,5 før opfiskningen til et niveau på 0,8-1,1 i de senere år, svarende til mere end en fordobling i genvækstpotentialet (fig.6).

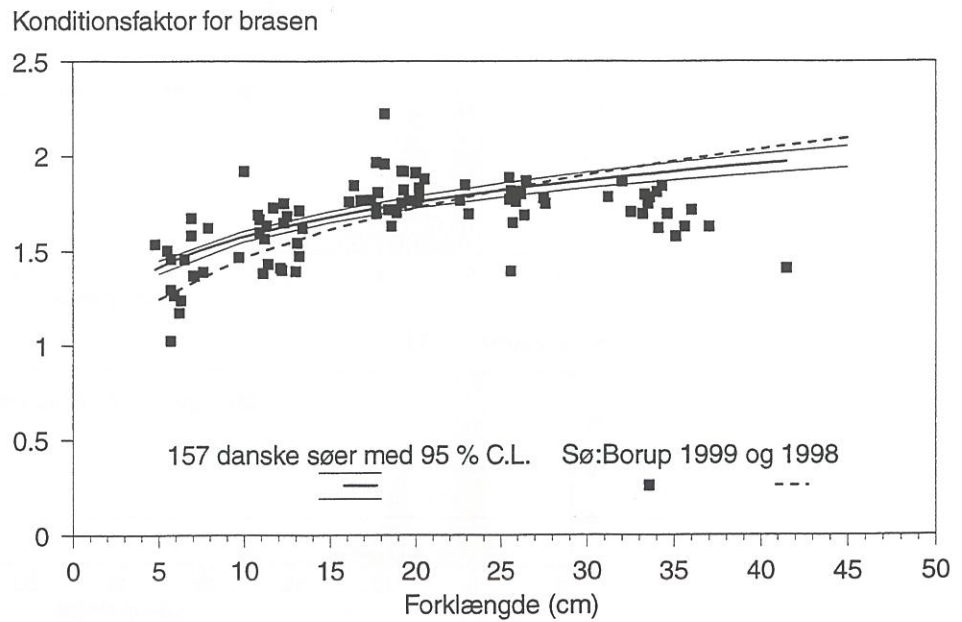


**Figur 6.** Brasenernes relative kondition i 1988, 1993 og 1996-99 i forhold til braseners middelkondition i en række andre danske søer.

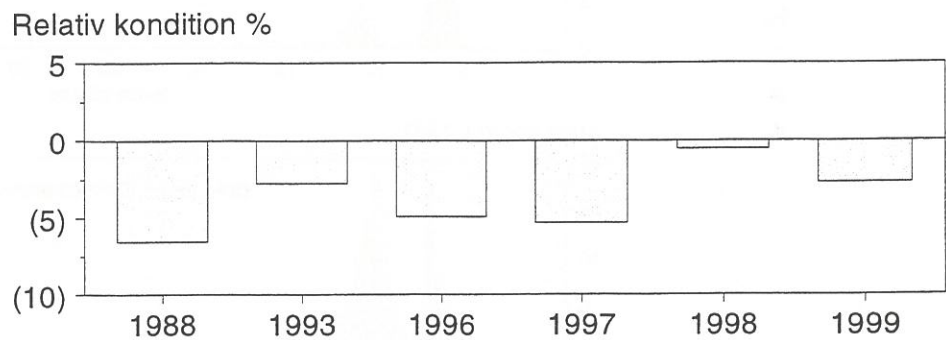
### Kondition

Konditionen på fangsttidspunktet var under middel til middel for brasener mindre end 15 cm, over middel blandt brasener i størrelsen 15-20 cm samt væsentligt under middel blandt de større brasener (fig.7). Konditionen er dermed påny blevet forværret, hvor brasenernes kondition i søen i 1998 var den bedste i perioden og tæt på det normale niveau for braseners kondition i andre danske søer på denne årstid (fig.8).





**Figur 7.** Brasernes kondition i Borup Sø 1999 og 1998 sammenlignet med brasernes kondition i en række andre danske søer på denne årstid.



**Figur 8.** Brasernes relative kondition i 1988, 1993 og 1996-99 i forhold til brasernes middeltilding i en række andre danske søer.

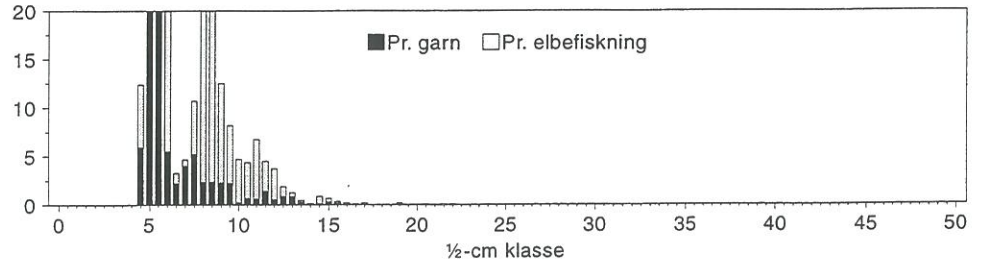
### 3.3 Aborre

Aborrebestanden har kun i ringe grad reageret på biomanipulationen, hvilket givet skyldes den lille effekt opfiskningen hidtil har haft på vandkvaliteten i søen. Bestanden har varieret mellem ca. 100 kg og 400 kg i perioden, primært som følge af en varierende mængde aborre yngel.

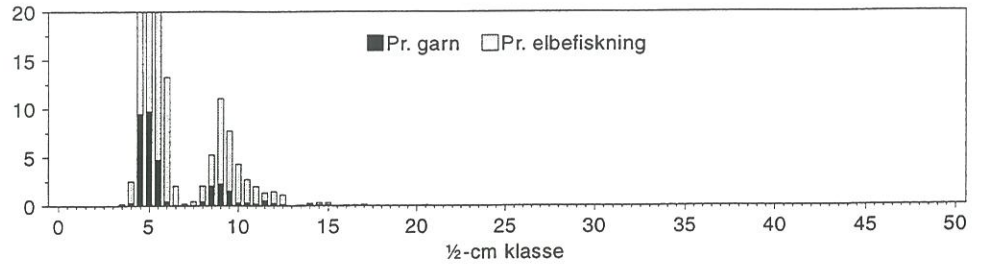
1992-95

Som det fremgår af bestandens størrelsesstruktur på figur 9, var der dog en begyndende tendens til en opbygning i bestanden i 1997, hvor biomassen af aborrer større end 10 cm på 231 kg var den største i perioden. Allerede i 1996 kunne der spores en lille vækstforbedring blandt aborrerne, hvor eksempelvis etårsaborrerne var 11-12 cm mod i de tidligere år 7-9 cm. Disse etårige aborrer voksede til ca. 15 cm i 1997, hvor de var den primære årsag til den relativt

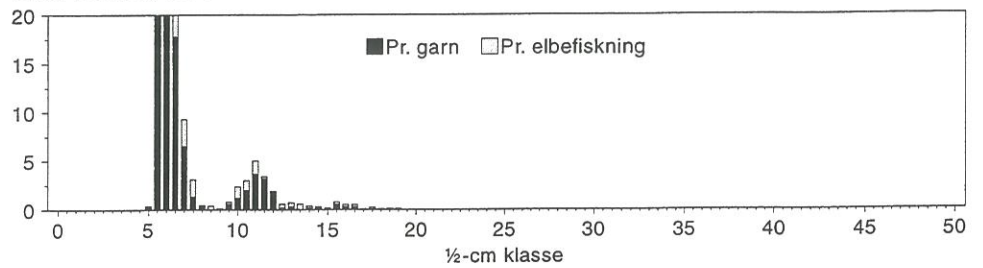
Antal aborrer, 1988



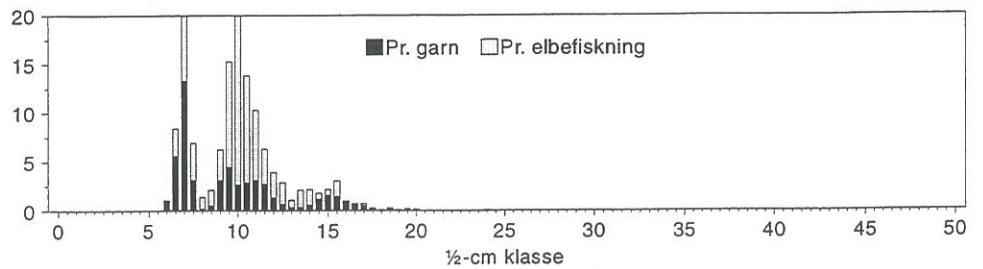
Antal aborrer, 1993



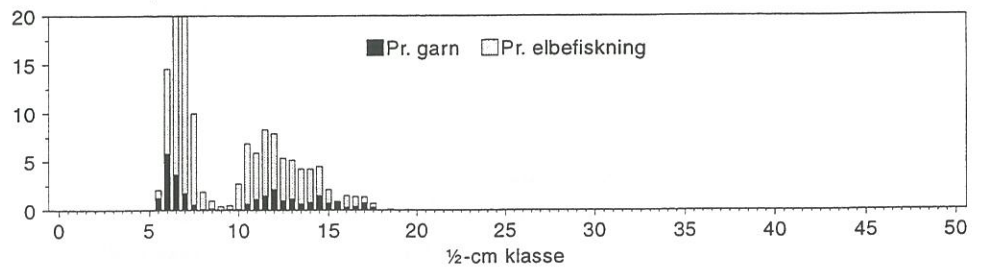
Antal aborrer, 1996



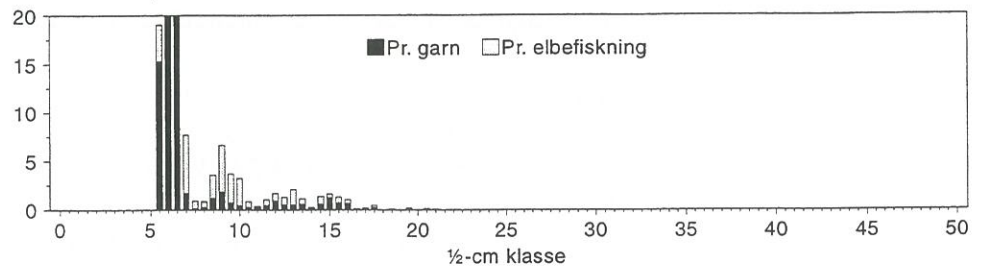
Antal aborrer, 1997



Antal aborrer, 1998



Antal aborrer, 1999



Figur 9. Længdefordeling af aborrer i Borup Sø 1988, 1993 og 1996-99.

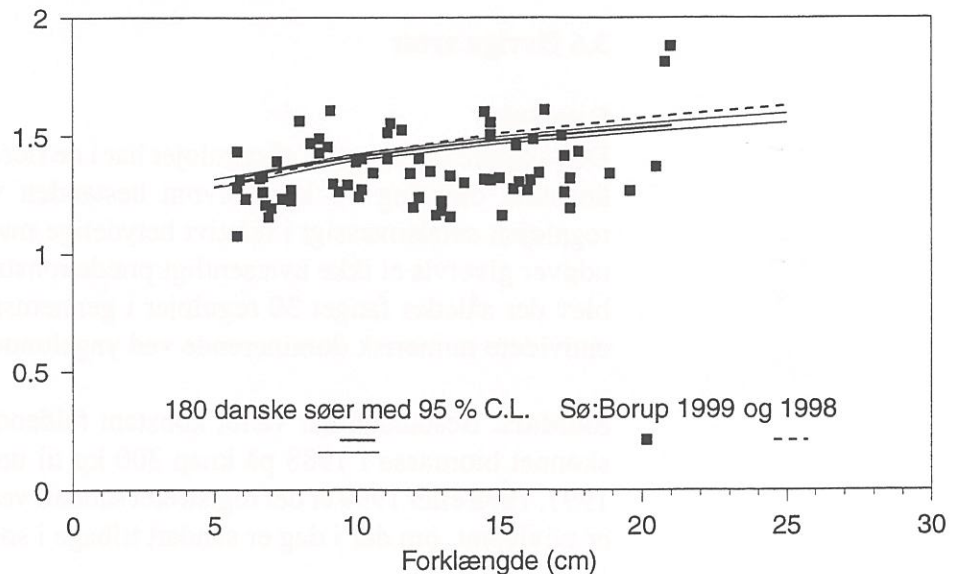
store bestand af lidt større aborrer dette år. Men i 1998 er disse aborrer stort set forsvundet, hvor biomassen af større aborrer falder til 160 kg, og i 1999 er bestanden med 104 kg reduceret til niveauet før opfiskningen. Sideløbende er vækstforholdene blevet forværret, og i 1999 var væksten stort set var lige så ringe som i 1988 og 1999.

I alle årene har der, som det fremgår af figuren, været en bemærkelsesværdig stor fangst af aborrer ved elektrofiskeriet. Eftersom den beregnede biomasse udelukkende er baseret på garnfangsten, er det muligt bestanden til en vis grad er underestimeret. Forholdet vidner imidlertid også om at søens aborrer er fortrængt til bredzonen.

### Kondition

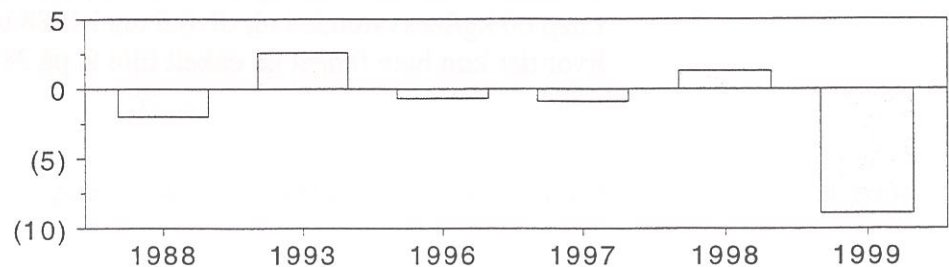
Aborrernes kondition i efteråret 1999 var noget variabel, men gennemgående betydeligt under det normale sammenlignet med aborrers kondition i andre danske søer på denne årstid (fig.10). Samstemmende med de forværrede vækstforhold er konditionen således blevet markant forringet i 1999, hvor den i perioden 1988-98 har ligget tæt på middelværdien i danske søer (fig.11)

Konditionsfaktor for aborre



**Figur 10.** Aborrernes kondition i Borup Sø 1999 og 1998 sammenlignet med aborrers kondition i en række andre danske søer på denne årstid.

Relativ kondition %



**Figur 11.** Aborrernes relative kondition i 1988, 1993 og 1996-99 i forhold til aborrers middelværdikondition i en række andre danske søer.

### 3.4 Gedde

Før opfiskningen startede var geddebestanden relativ tæt med en skønsmæssig biomasse på 0,3 ton svarende til godt 30 kg/ha. Fra 1993 til 1996 skete der en væsentlig reduktion i bestanden som muligvis skyldtes en øget dødelighed blandt gedderne i forbindelse med bundgarnsfiskeriet i foråret 1996. Skallebestandens ændrede størrelsesstruktur fra 1993 til 1996 antyder dog, at geddebestanden allerede før bundgarnsfiskeriet blev indledt har været markant reduceret.

Siden 1996 er der årligt udsat geddeyngel i søen og geddebestanden er nu mere talrig end før indgrebet (fig. 12). Efter længdeforskydningen af dømmen har både væksten og overlevelsen været relativ god blandt de udsatte gedder, men vægtmæssigt er bestanden med en skønnet biomasse på 0,2 ton stadig lidt mindre end før opfiskningen. Udsætningerne har tilsyneladende ikke haft den tilsigtede effekt at begrænse mængden af karpefiskeyngel.

Geddernes kondition var i efteråret 1999 markant under middel, hvilket også var tilfældet i både 1997-98 (fig. 13).

### 3.6 Øvrige arter

#### Regnløje

Den skønnede biomasse af regnløjer har i de fleste år på nær 1997-98 ligget ret konstant omkring 50 kg. Selvom bestanden vægtmæssigt er lille, findes regnløjen antalmæssigt i relativt betydelige mængder i søen, og regnløjerne udøver givetvis et ikke uvæsentligt prædationstryk på dyreplanktonet. I 1999 blev der således fanget 30 regnløjer i gennemsnit pr. garn, og regnløjer var endvidere numerisk dominerende ved yngelundersøgelsen i juli samme år.

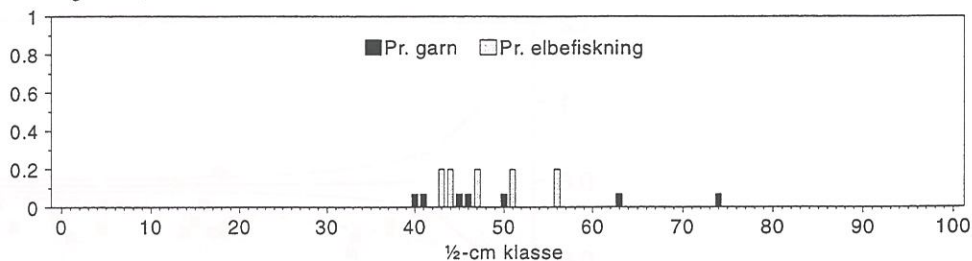
**Sandart.** Bestanden har været konstant faldende i perioden 1988-96, fra en skønnet biomasse i 1988 på knap 300 kg til under 10 kg i 1996. Hverken i 1997, 1998 eller 1999 er der registreret sandart ved fiskeundersøgelserne og det er tvivlsomt, om der i dag er sandart tilbage i søen.

**Rudskalle.** Bestanden af rudskaller er siden 1996 vokset, men er med en skønnet biomasse på ca. 50 kg stadig af mindre betydning i søen.

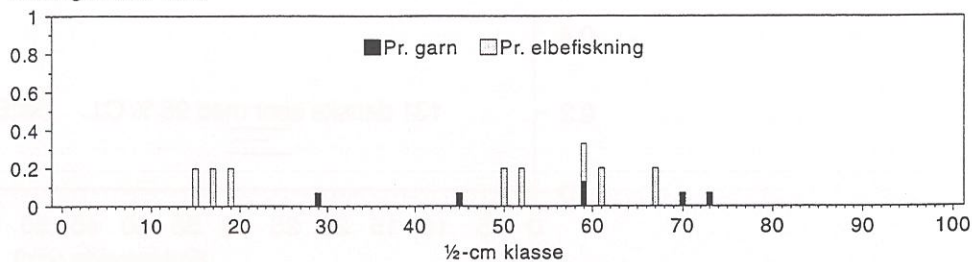
**Suder.** Suder har optrådt med et enkelt eksemplar i garnene i alle årene på nær i 1996. Bestanden er beskeden i størrelsen 40-50 kg.

**Ål.** Søens ålebestand har oplevet en drastisk tilbagegang fra en pæn tæthed på knap 60 kg/ha svarende i alt til 0,5 ton i 1988 til en marginal bestand i 1999, hvor der kun blev fanget en enkelt lille ål på 38 cm.

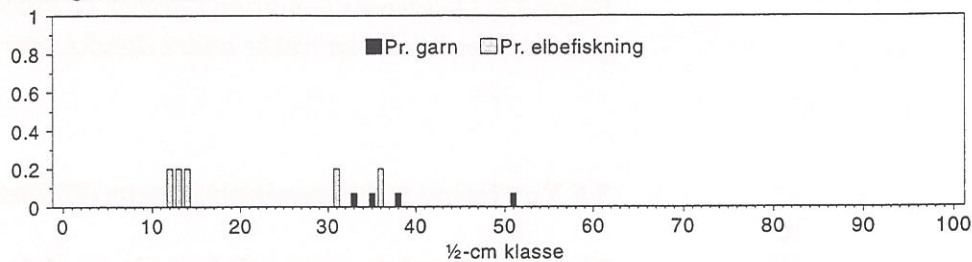
Antal gedder, 1988



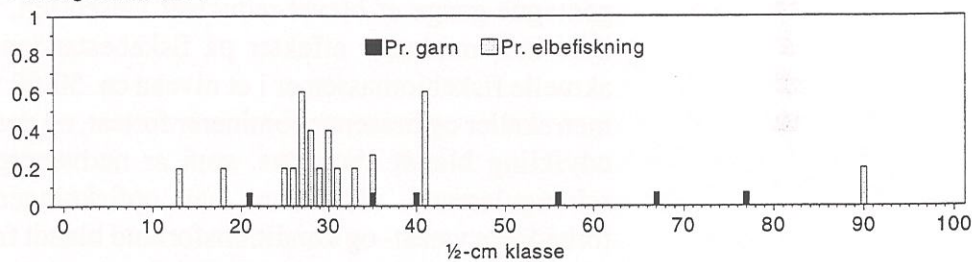
Antal gedder, 1993



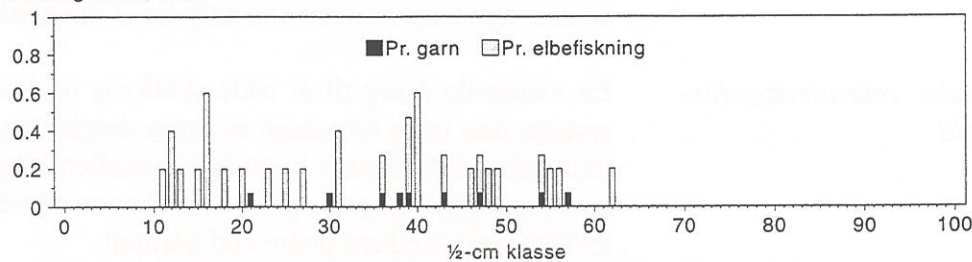
Antal gedder, 1996



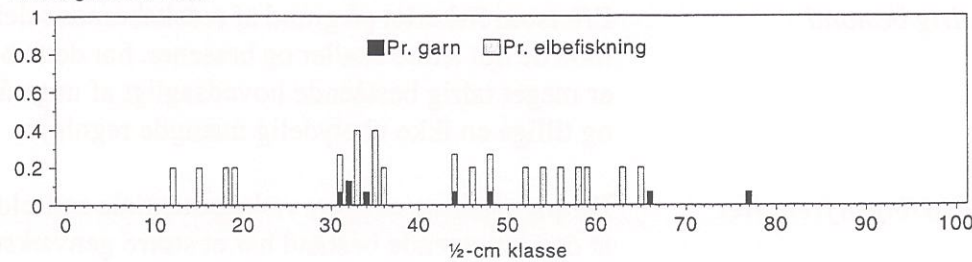
Antal gedder, 1997



Antal gedder, 1998

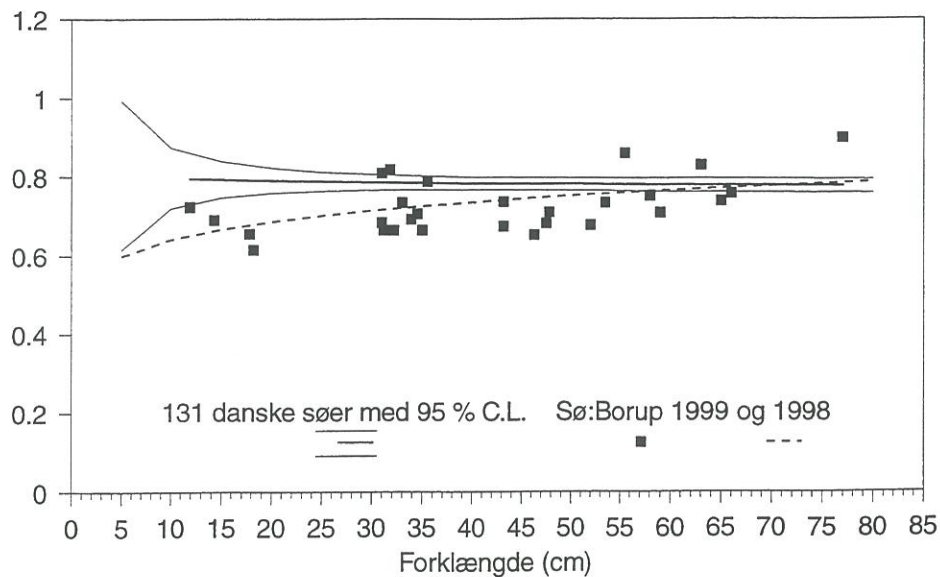


Antal gedder, 1999



Figur 12. Længdefordeling af gedder i Borup Sø 1988, 1993 og 1996-99.

### Konditionsfaktor for gedde



**Figur 13.** Geddernes kondition i Borup Sø 1999 og 1998 sammenlignet med geddernes kondition i en række andre danske søer på denne årstid.

### 3.6 Vurdering af biomanipulationens effekter på fiskebestanden

På trods af opfiskningen af de i alt ca. 6 ton, hvor søens fiskebiomasse gentagne gange er blevet reduceret væsentligt, har biomanipulationen hidtil ikke haft markante effekter på fiskebestandens karakter som helhed. Den aktuelle fiskebiomassen er i et niveau ca. 50-60 % af bestanden før indgrebet, men skaller og brasener dominerer fortsat, og der har ikke været den ønskelige udvikling blandt aborrerne, som er nødvendig for at bestanden kan være selvregulerende. Endvidere har opfiskningen kun kortvarigt formidlet forbedrede vækst- og konditionsforhold blandt fredfiskene, og den forværrede trivsel fiskene udviser i 1999 sideløbende med en betydelige genvækst blandt skaller og brasener mere end antyder et utilstrækkeligt fiskeritryk.

*Gode rekrutteringsforhold*

En væsentlig årsag til at både skallerne og brasenerne så hurtigt formår at erstatte den tabte biomasse er formodentligt søens usædvanlig gode rekrutteringsforhold. Næsten hvert år har skallerne og brasenerne således haft stor succes med gydningen, og ydermere har overlevelsen både i det første og andet leveår været markant bedre end normalt.

*Talrig bestand*

Eftersom fiskeriet på grund af redskabernes selektion primært har været rettet mod de lidt ældre skaller og brasener, har dette betydet at fiskebestanden i dag er meget talrig bestående hovedsagligt af unge årgange af skaller og brasener og tillige en ikke ubetydelig mængde regnløjer.

*Udviklingen fremover*

Da unge fisk har et større vækstpotentiale end ældre fisk, har dette igen medført at den nuværende bestand har et større genvækstpotentiale end før opfiskningen. Såfremt skallerne og brasenerne ikke reguleres yderligt vil fiskebestanden af denne grund formodentligt meget hurtigt nå samme tæthed søm før biomanipulationen, og søens rovfisk vil vedblivende spille en lille rolle i søen.

#### 4. Vurdering af biomanipulationens effekter på miljøtilstanden

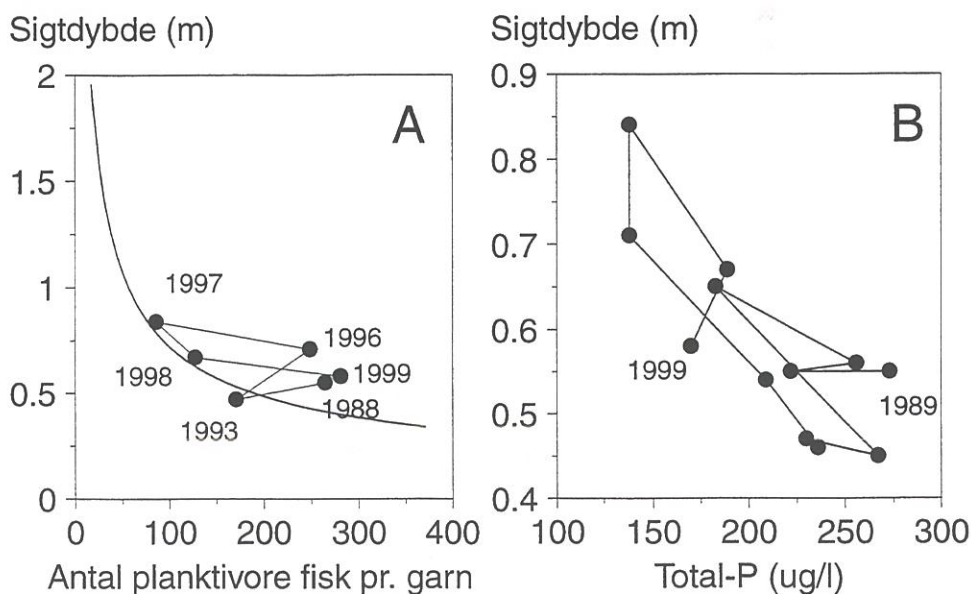
##### Begrænset effekt hidtil

Biomanipulationens effekter på søens miljøtilstand til og med 1998 er udførligt diskuteret i den seneste overvågningsrapport. Heri konkluderes at effekten hidtil ikke har medført en øget dyreplanktongræsning på algerne, men derimod en reduceret resuspension, som har været en medvirkende årsag til den lidt forbedrede sommersigt dybde i de senere år. Især opfiskningen af de ca. 3 ton brasener må antages at have formindsket resuspensionen som følge af en begrænset fødesøgning der formindsker sedimentophvirvlingen.

##### 1999

I 1999 var søvandets indhold af fosfor over sommeren med 170 µg/l i samme niveau som i 1998, hvor den var 189 µg/l. Sommersigt dybden på 0,6 m har dog været lidt ringere end i de seneste tre år, hvor den har ligget mellem 0,7-0,8 m (fig.12). Fra at være lidt bedre end forventet i forhold til søens fosforniveau er sigt dybden i det seneste år dermed blevet dårligere end forventet, og en lidt større koncentration af klorofyl a på 95 µg/l mod 70-80 µg/l i 1996-98 indikerer da også en relativt større algeforekomst.

Sideløbende er antallet af små karpfisk i det seneste år tiltaget voldsomt som følge af den gode rekruttering i de seneste år. Som det fremgår af figur 12 var antallet af planktivore fisk pr. garn var med 281 pr. garn således til og med større end i 1988 før opfiskningen. Prædationstrykket på dyreplanktonet har således givetvis været betydeligt, hvilket de gennemgående forringede konditionsforhold blandt fredfiskene tillige vidner om. Dyreplanktonets muligheder for at begrænse algevæksten har dermed antagelig været meget lille i 1999.



##### Fremtidig indsats

Som nævnt er det overvejende sandsynligt at fiskebestanden hurtigt vil nærme sig niveauet fra før opfiskningen såfremt bestanden ikke yderligt reguleres. Fiskene vil dermed vedblivende påvirke søens miljøtilstand negativt, og der kan ikke forventes en bedring før søens næringsniveau er meget væsentligt nedsat. Såfremt dette ønskes hindret skal fiskeritrykket imidlertid øges meget markant i kraft af brasen- og skallebestandens nuværende større vækstpotentia-

le. Et fiskeritryk på mindst 85 % af fiskebiomassen er derfor antageligt nødvendigt for at fremkalde strukturelle ændringer i det biologisk system i søen.

Erfaringer fra andre biomanipulationssøer viser således at især brasenbestandenes vækst først bremses sideløbende med en opklaring af vandet. Når først dette sker udviser brasenerne derimod en stor træghed, hvilket er en betingelse for etableringen af en betydende bestand af rovaorrer, som siden kan regulere mængden af både skalle- og brasenyngel.

#### *Større vod*

Vodfiskeri har vist sig effektivt i søens åbne områder, men et stort problem i Borup Sø har været at fiskene efter få vodtræk flygter ind i de lavvandede åkandebevoksede områder, som ikke kan affiskes. Effektiviteten vil derfor antageligt kunne øges væsentligt såfremt der anvendes et større vod end hidtil, hvor hele søens åbne område bestræbes at blive affisket på en gang. Samtidig er det af afgørende betydning at fiskeriet finder sted i de perioder, hvor fredfiskene ikke stimer men primært befinder sig i det åbne område, hvilket vil sige i sommerperioden eller tidlig efterår.



Year	1990	1991	1992	1993	1994	1995
1990	100	100	100	100	100	100
1991	100	100	100	100	100	100
1992	100	100	100	100	100	100
1993	100	100	100	100	100	100
1994	100	100	100	100	100	100
1995	100	100	100	100	100	100
1996	100	100	100	100	100	100
1997	100	100	100	100	100	100
1998	100	100	100	100	100	100
1999	100	100	100	100	100	100
2000	100	100	100	100	100	100
2001	100	100	100	100	100	100
2002	100	100	100	100	100	100
2003	100	100	100	100	100	100
2004	100	100	100	100	100	100
2005	100	100	100	100	100	100
2006	100	100	100	100	100	100
2007	100	100	100	100	100	100
2008	100	100	100	100	100	100
2009	100	100	100	100	100	100
2010	100	100	100	100	100	100
2011	100	100	100	100	100	100
2012	100	100	100	100	100	100
2013	100	100	100	100	100	100
2014	100	100	100	100	100	100
2015	100	100	100	100	100	100
2016	100	100	100	100	100	100
2017	100	100	100	100	100	100
2018	100	100	100	100	100	100
2019	100	100	100	100	100	100
2020	100	100	100	100	100	100
2021	100	100	100	100	100	100
2022	100	100	100	100	100	100
2023	100	100	100	100	100	100
2024	100	100	100	100	100	100
2025	100	100	100	100	100	100
2026	100	100	100	100	100	100
2027	100	100	100	100	100	100
2028	100	100	100	100	100	100
2029	100	100	100	100	100	100
2030	100	100	100	100	100	100

## Resultater fra prøvefiskeriet i september 1999

Prøvefiskeriet blev udført som beskrevet i vejledningen for fiskeundersøgelser fra Danmarks Miljøundersøgelser. Søen blev således inddelt i 5 sektioner, der hver især blev befisket med 3 garn (program A i vejledningen) og elektrobefisket i bredzonen. Den totale fangst ved prøvefiskeriet er angivet i tabel 1. I alt blev der fanget 6.130 fisk med en samlet vægt på 135 kg.

**Tabel 1.** Den samlede fangst i antal og vægt ved garn- og elektrofiskeri i Borup Sø 1999.

	Garn		El		Sum	
	Antal	Vægt (g)	Antal	Vægt (g)	Antal	Vægt (g)
Skalle	2923	54371	280	5954	3203	60325
Brasen	453	32275	0	0	453	32275
Aborre	1489	10181	347	3099	1836	13281
Regnløje	416	741	114	74	530	815
Sandart	0	0	0	0	0	0
Gedde	8	8038	20	14481	28	22519
Rudskalle	32	2008	23	746	55	2754
Suder	1	2050	0	0	1	2050
BxS	23	624	0	0	23	624
Ål	0	0	1	83	1	83
Sum	5345	110288	785	24436	6130	134725

Beregnete CPUE-værdier for de enkelte arter fremgår af de følgende sider.

Beregnete CPUE-værdier for fiskebestanden i 1999 med tilhørende 95% konfidensgrænser samt de gennemsnitlige garnfangster i littoralzonen og på det åbne vand.

**Tabel 2a.** Beregnede CPUE-værdier i antal for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1999 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Antal < 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	110.1	45.4	267.1	19.4	14	26.9
Aborre	90.9	20.8	397.9	58.8	22	157.5
Brasen	15.9	4.7	54.5	0	0	0
Regnløje	27.7	8.7	88.3	22.8	6.8	76.9
Rudskalle	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Gedde	0	0	0	0	0	0
Suder	0	0	0	0	0	0
Ål	0	0	0	0	0	0
Brxsk	0.3	0.2	0.4	0	0	0
<b>Sum</b>	<b>244.9</b>	<b>79.1</b>	<b>758.4</b>	<b>101</b>	<b>59.7</b>	<b>171</b>

**Tabel 2b.** Beregnede CPUE-værdier i antal for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1999 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Antal > 10 cm	Garn	Min.	Max.	El	Max.	Min.
Skalle	84.8	49.9	144	36.6	12.1	110.6
Aborre	8.4	4.8	14.8	10.6	6.5	17.3
Brasen	14.3	9.4	21.7	0	0	0
Regnløje	0	0	0	0	0	0
Rudskalle	2.1	1	4.3	4.6	1.2	18.4
Gedde	0.5	0.4	0.8	4	2.5	6.5
Suder	0.1	0.1	0.1	0	0	0
Ål	0	0	0	0.2	0.1	0.3
Brxsk	1.3	0.8	2	0	0	0
<b>Sum</b>	<b>111.4</b>	<b>66</b>	<b>187.9</b>	<b>56</b>	<b>24.7</b>	<b>126.7</b>

**Tabel 2c.** Beregnede CPUE-værdier i vægt for fisk < 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1999 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Vægt < 10 cm (g)	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	754	296	1925	64	31	134
Aborre	323	81	1296	290	91	924
Brasen	55	14	214	0	0	0
Regnløje	49	16	151	15	4	52
Rudskalle	1	0	2	0	0	0
Gedde	0	0	0	0	0	0
Suder	0	0	0	0	0	0
Ål	0	0	0	0	0	0
Brxsk	2	1	8	0	0	0
<b>Sum</b>	<b>1185</b>	<b>409</b>	<b>3434</b>	<b>369</b>	<b>144</b>	<b>943</b>

**Tabel 2d.** Beregnede CPUE-værdier i vægt for fisk > 10 cm ved garn- og elfiskeriet i Borup Sø 1999 med angivelse af 95% konfidensgrænser.

Vægt > 10 cm (g)	Garn	Min.	Max.	El	Min.	Max.
Skalle	2871	1654	4983	1126	302	4199
Aborre	356	189	668	330	201	542
Brasen	2096	1357	3240	0	0	0
Regnløje	0	0	0	0	0	0
Rudskalle	133	36	497	149	8	2797
Gedde	536	15	19677	2896	1263	6641
Suder	137	4	5126	0	0	0
Ål	0	0	0	17	1	194
Brxsk	39	11	141	0	0	0
<b>Sum</b>	6167	4102	9272	4518	2877	7097

**Tabel 3a.** Beregnede CPUE-værdier i antal < 10 cm ved garnfiskeriet i Borup Sø i årene 1988, 1993, 1996-99.

Cpue antal < 10 cm	1988	1993	1996	1997	1998	1999
Skalle	122.7	51.5	135.9	20.9	62.7	110.1
Brasen	7.3	3.6	4.9	6.3	2.9	15.9
Aborre	124.1	31.2	163.2	31.4	13.5	90.9
Regnløje	30.5	27.2	24.1	7.0	16.2	27.7
Sandart	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Gedde	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rudskalle	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.1
Suder	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BxS	0.0	0.1	0.1	0.0	1.1	0.3
Ål	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum	284.7	113.7	328.3	65.9	96.9	244.9

**Tabel 3b.** Beregnede CPUE-værdier i antal > 10 cm ved garnfiskeriet i Borup Sø i årene 1988, 1993, 1996-99.

Cpue-antal > 10 cm	1988	1993	1996	1997	1998	1999
Skalle	43.5	35.7	33.0	34.1	26.9	84.8
Brasen	28.3	44.5	23.1	6.1	6.9	14.3
Aborre	6.7	2.9	14.8	22.3	14.4	8.4
Regnløje	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sandart	0.3	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0
Gedde	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.5
Rudskalle	0.2	0.3	0.5	1.3	1.6	2.1
Suder	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1
BxS	0.1	0.1	0.7	0.1	0.3	1.3
Ål	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum	79.7	84.1	72.6	64.3	50.8	111.4

**Tabel 3c.** Beregnede CPUE-værdier i vægt < 10 cm ved garnfiskeriet i Borup Sø i årene 1988, 1993, 1996-99.

Cpue-vægt < 10 cm	1988	1993	1996	1997	1998	1999
Skalle	894.7	482.1	939.3	124.2	548.7	754.2
Brasen	43.2	43.2	52.0	19.7	4.6	55.3
Aborre	384.8	121.5	501.4	204.3	54.5	323.2
Regnløje	49.4	72.7	61.7	13.5	30.7	49.4
Sandart	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
Gedde	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Rudskalle	2.1	1.3	1.2	2.2	6.6	0.9
Suder	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
BxS	0.0	0.8	0.7	0.0	12.1	2.1
Ål	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum	1374.2	721.9	1556.4	364.0	657.3	1185.1

**Tabel 3d.** Beregnede CPUE-værdier i vægt > 10 cm ved garnfiskeriet i Borup Sø i årene 1988, 1993, 1996-99.

Cpue-vægt > 10 cm	1988	1993	1996	1997	1998	1999
Skalle	1375	982	1844	1282	1508	2871
Brasen	5702	6172	3913	955	1483	2096
Aborre	245	105	428	828	587	356
Regnløje	0	0	0	0	0	0
Sandart	674	266	16	0	0	0
Gedde	617	678	144	502	363	536
Rudskalle	12	13	28	93	112	133
Suder	117	145	0	136	111	137
BxS	6	5	51	5	10	39
Ål	0	0	0	0	0	0
Sum	8749	8366	6424	3802	4175	6167

Tabel 4. Skønnede biomasser i kg for de enkelte arter i perioden 1988-99.

	1988			1993			1996			1997			1998			1999		
	< 10 cm	> 10 cm	i alt	< 10 cm	> 10 cm	i alt	< 10 cm	> 10 cm	i alt	< 10 cm	> 10 cm	i alt	< 10 cm	> 10 cm	i alt	< 10 cm	> 10 cm	i alt
Brasen	38	2541	2579	41	2846	2888	51	1681	1732	17	384	400	4	640	644	53	888	942
Skalle	603	523	1126	265	380	645	615	568	1183	85	486	571	306	478	784	491	1052	1543
Aborre	244	71	315	54	28	82	281	133	413	99	231	330	25	160	185	159	104	263
Regnløje	47	0	47	55	0	55	48	0	48	13	0	13	28	0	28	41	0	41
Sandart	0	288	288	0	93	93	0	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gedde	0	243	243	0	305	305	0	41	41	0	175	175	0	104	104	0	157	157
Rudskalle	2	6	8	1	5	5	1	9	9	2	27	29	4	37	41	1	50	51
Suder	0	33	33	0	41	41	0	0	0	0	39	39	0	32	32	0	78	78
BxS	0	3	3	1	3	4	1	21	21	0	1	1	11	3	14	1	16	18
Ål	0	556	556	0	327	327	0	0	0	0	171	171	0	141	141	0	8	8
Sum	934	4263	5197	418	4028	4446	996	2459	3455	216	1514	1730	378	1594	1972	747	2354	3100





## **Bilag 12**

*- Borup sø*



## Oversigt over udførte undersøgelser i Borup Sø i overvågningsperioden 1989-99

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Vandkemi i sø	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i tilløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Vandkemi i afløb	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planteplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Dyreplankton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fiskeundersøgelse*					x			x	x	x	x
Bundfauna og littoralfauna	x	x	x	x	x	x	x		x	x	
Sediment		x							x	x	
Miljøfremmede stoffer										x	
Fiskeyngelundersøgelse										x	x

\* Fiskeundersøgelse efter det standardiserede program gennemført 1. gang i 1988. Fiskeundersøgelserne i 1996-98 er udført efter et reduceret normalprogram i forbindelse med biomanipulationsprojekt.

## Oversigt over udførte undersøgelser i Borup Sø før 1989

1973: Vandkemi (1 vandprøve udtaget 11. september)

1980: Vandkemi (1 vandprøve udtaget 16. juni)

Bundfauna

Floraliste (planter langs bredden)

1983: Vandkemi i tilløb og afløb (x 12) samt sø (x 11); stofbalanceberegning

Bundfauna

Planteplankton

Floraliste (planter langs bredden)

Fugle

1988: Vandkemi i tilløb og afløb (x 16) samt sø (x 13); stofbalanceberegning

Fiskeundersøgelse (standardiseret program)

Undersøgelserne i perioden 1973-83 er rapporteret i "Forundersøgelser af de mindre søer i Roskilde Amtskommune" (Roskilde Amt, 1984). Undersøgelserne i 1988 (samt 1983) er rapporteret i Overvågningsrapporterne vedrørende Borup Sø.



Roskilde Amt . Køgevej 80 . 4000 Roskilde . Tlf. 46 32 32 32

**ISBN: 87-7800-410-1**