



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Søer 2001

Faglig rapport fra DMU, nr. 421

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Søer 2001

*Faglig rapport fra DMU, nr. 421
2002*

Jens Peder Jensen

Martin Søndergaard

Rikke Bjerring

Torben L. Lauridsen

Erik Jeppesen

Anne Mette Poulsen

Lisbet Sortkjær

Datablad

Titel:	Søer 2001	
Undertitel:	NOVA 2003	
Forfattere:	Jens Peder Jensen, Martin Søndergaard, Rikke Bjerring, Torben L. Lauridsen, Erik Jeppesen, Anne Mette Poulsen & Lisbet Sortkjær	
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 421	
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser © Miljøministeriet	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsestidspunkt:	December 2002	
Redaktionen afsluttet:	November 2002	
Finansiel støtte:	Ingen ekstern finansiering	
Redaktion:	Anne Mette Poulsen	
Bedes citeret:	Jensen, J.P., Søndergaard, M., Bjerring, R., Lauridsen, T.L., Jeppesen, E, Poulsen A.M., & Sortkjær, L.: Søer 2001. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 80 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 421. http://faglige-rapporter.dmu.dk .	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan	
Tegninger: ETB:	Grafisk værksted, Silkeborg Anne Mette Poulsen	
ISBN:	87-7772-703-7	
ISSN (elektronisk):	1600-0048	
Sideantal:	80	
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR421.pdf	
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapportererne er en fortsættelse af rapportererne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998)	
Købes hos:	Miljøbutikken Læderstræde 1-3 DK-1201 København K Tlf.: 33 95 40 00 Fax: 33 92 76 90 e-mail: butik@mim.dk	Miljøbutikkens Netboghandel www.mim.dk/butik

Indhold

Forord 5

Sammenfatning 7

1 Status og udvikling i NOVA-søerne 11

- 1.1 Fysisk-kemiske forhold (næringsstoffer, vandtemperatur, opholdstid) 11
 - 1.1.1 Temperatur og afstrømningsforhold 11
 - 1.1.2 Fosfor 12
 - 1.1.3 Kvælstof 15
 - 1.1.4 Sigtdybde og klorofyl a 17
- 1.2 Planteplankton 20
- 1.3 Dyreplankton 23
- 1.4 Undervandsplanter 28
- 1.5 Fiskeyngel 29
- 1.6 Brakvandssøerne 31
- 1.7 Forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søerne 32
- 1.8 Ekstensiv søovervågning 37
- 1.9 Søernes målsætning og aktuelle tilstand 41
- 1.10 Sammenfatning 43

2 Søernes oplande samt næringsstoffdynamik 47

- 2.1 Vandbalancer for søerne 47
- 2.2 Stofbalancer for søerne 48
 - 2.2.1 Fosforbalancer for søerne 48
 - 2.2.2 Kvælstofbalancer for søerne 51
- 2.3 Oplandsbeskrivelser og kildeopsplitning 54
 - 2.3.1 Oplandsbeskrivelse 55
 - 2.3.2 Kilder til næringsstofbelastningen – status 56
 - 2.3.3 Kilder til næringsstofbelastningen – udviklingen i udvalgte enkeltkilder 59
- 2.4 Sammenfatning 62

3 Beskrivelsen af overvågningsprogrammet 63

- 3.1 Vandmiljøplanen 63
- 3.2 Overvågningsprogrammet for søer 63
- 3.3 Overvågningssøerne 66

4 Klimatiske forhold 69

4.1 Temperatur og globalindstråling 69

4.2 Nedbør og fordampning 69

4.3 Ferskvandsafstrømning 71

4.4 Vindforhold 72

4.5 Sammenfatning 72

5 Referencer 75

6 Amtsrapporter 78

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU/NERI technical reports

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 afløste Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljøministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelses opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne: ferske vande, marine områder, landovervågning og atmosfæren.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb 2001" og "Søer 2001" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder 2001. Miljøtilstand og udvikling" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelses og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition 2001" baseret på Danmarks Miljøundersøgelses overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

Rapporterne fra DMU udgives i 2002 kun elektronisk.

[Tom side]

Sammenfatning

31 søer indgår i overvågningsprogrammet for søer

Amtterne varetager drift af programmet

Det åbne land bidrager med flest næringsstoffer til søerne

I alt 31 søer indgår i det landsdækkende Overvågningsprogram. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for de større danske søer, og spænder fra helt rene, klarvandede søer til søer, der er stærkt forurenet som følge af eksisterende eller tidligere tiders spildevandsudledninger. Ud over 27 ferskvandssøer er også 4 brakvandssøer med i overvågningsprogrammet.

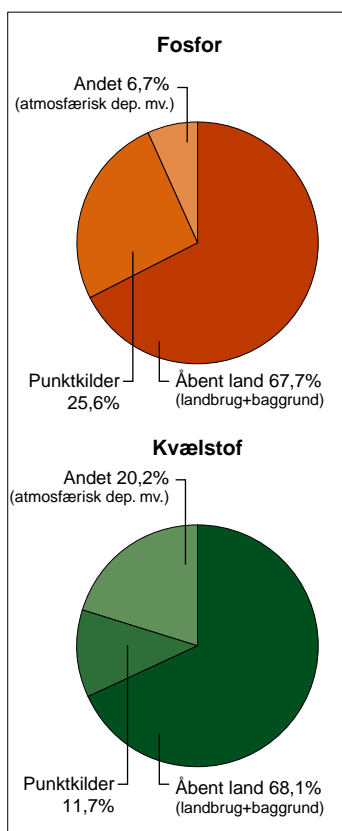
Amtskommunerne forestår den standardiserede prøveindsamling og beskriver hvert år de enkelte søers miljøtilstand i regionale rapporter. De indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udviklingen i alle søerne. Dette års rapport omfatter således såvel status for miljøtilstanden i 2001 samt resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2001.

Stoftilførslen af såvel fosfor som kvælstof til søerne har i 2001 som tidligere år været domineret af tilførslen fra det åbne land, der gennemsnitligt har bidraget med ca. 68 % af stoftilførslen for både fosfor og kvælstof (Fig. 0.1). Punktkildernes andel udgjorde henholdsvis ca. 22 % og ca. 3 %, heraf hidrører en stor del fra regnvandsbetingede overløb. Spildevandsbidraget til søerne har været faldende, især for de mest belastede søer. Således er både fosfor- og kvælstofbidraget fra byspildevand og industrispildevand fra 1989 til 2001 reduceret meget markant fra ca. 22 % til nogle få procent.

Den relative kvælstof tilbageholdelse i søerne falder med faldende opholdstid. Uafhængigt af ændringerne i de hydrologiske forhold er kvælstof tilbageholdelsen steget i nogle af overvågnings søerne, efter at søerne er blevet klarvandede som følge af ændringer i fiskebestanden. I halvdelen af søerne var kvælstof tilbageholdelsen i 2001 over 32 %. Og medianen og gennemsnittet for den absolutte kvælstof tilbageholdelse var 89 og 99 mg N m⁻² dag⁻¹ svarende til 325 og 361 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Fosfortilbageholdelsen i overvågnings søerne er kun i mindre grad afhængig af opholdstiden i søerne. I 2001 havde omkring en 1/3 af søerne en negativ fosforbalance, dvs. at de afgav mere, end de modtog, som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden efter at belastningen er reduceret. Men det ser ud til, at effekten af den interne fosforfrigivelse fra sedimentet er på retur i flere af søerne.

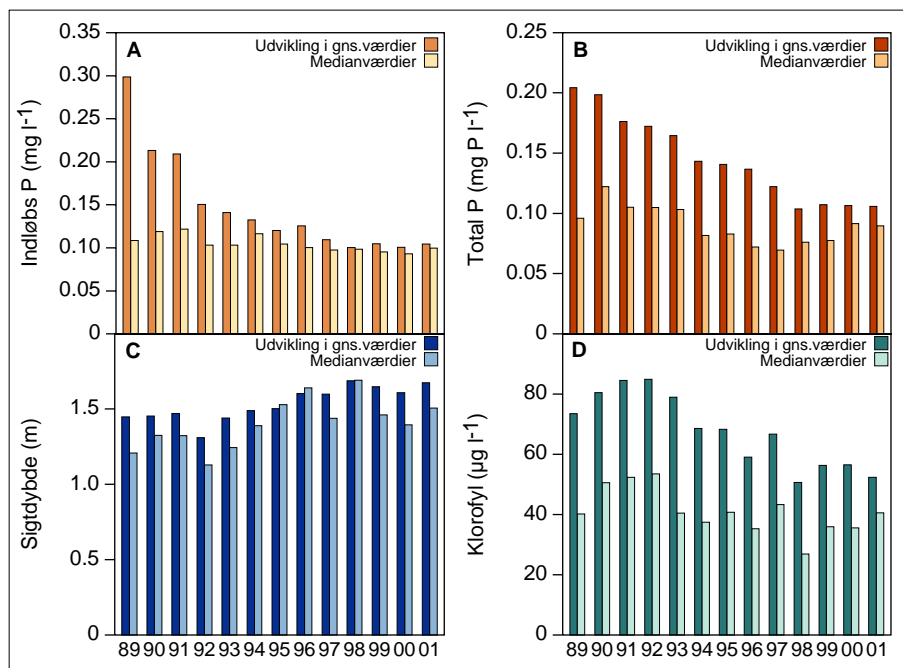
Siden overvågningsprogrammets iværksættelse i 1989 er fosforkoncentrationen i det vand, der strømmer til søerne, som helhed faldet markant (Fig. 0.2). Årsmiddelværdien af totalfosfor er næsten halveret fra 0,204 mg P l⁻¹ i 1989 til 0,106 mg P l⁻¹ i 2001. Faldet har været størst i de mest næringsrige og spildevandsbelastede søer. Mindsket tilførsel af fosfor har også ført til mindsket søkoncentration af fosfor. I 16 af de 27 søer kan der nu konstateres et signifikant fald i fosforkoncentrationen i søvandet som årsgennemsnit, mens koncentrationen er steget i blot en enkelt sø.



SØ02 - Fig. 0.1

Figur 0.1 Kildfordeling for stoftilførslen til søerne i 2001.

Figur 0.2 Udviklingen i gennemsnits- og medianværdier for de 27 ferske overvågningsøer igennem årene fra 1989 til 2001.



SØ02 - Fig. 0.2

Mindre fald i kvælstof

Tilførslen af kvælstof til søerne er også reduceret om end mindre end fosfortilførslen. Således er der også sket et fald i kvælstofkoncentrationen i søvandet, den er reduceret signifikant i 12 af de 27 søer.

Sigtdybde og klorofyl

Den årgennemsnitlige sigtdybde er i perioden 1989 til 2001 steget til 1,7 m. Dette modsvares af et knapt så kraftigt fald i den gennemsnitlige klorofyl *a* koncentration fra 73 til 52 $\mu\text{g l}^{-1}$ i samme tidsrum. For henholdsvis 11 og 9 søer er der registreret signifikante forbedringer i klorofylmængden og sigtdybden. Og kun for 1 og 2 er der registreret signifikante forværringer.

Plantep plankton

Biomassen af plantep plankton er faldet signifikant i 6 af de 27 søer, mens den er steget i 3 søer. Det er især inden for gruppen af blågrøn-alger og grøn-alger, men også fure- og gulalger, at ændringerne har fundet sted. Biomassen af blågrøn-alger og grøn-alger er generelt faldet, mens biomassen af fure- og gulalger er steget i overvågningsperioden. Den relative sammensætning af plantep planktonet har også ændret sig i mange søer, blandt andet er procenten af blågrøn-alger steget i 4 søer, mens den er faldet i 8 søer. Rentvandsgruppen gulalger er også gået væsentligt frem i mange søer – især i de seneste år.

Tabel 0.1 Miljøtilstanden i 2001 i overvågningsøerne illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Kvælstof og fosfor er angivet som årgennemsnit, mens de øvrige er sommergennemsnit (1. maj-31. september).

Parameter	n	Gns	25 %	Median	75 %
P-indløbskonc. (mg P l^{-1})	27	0,104	0,075	0,100	0,125
P-søkoncentration (mg P l^{-1})	27	0,106	0,062	0,090	0,139
P-tilbageholdelse (%)	16	7	-4	17	29
N-indløbskonc. (mg N l^{-1})	27	4,4	2,1	4,6	6,0
N-søkoncentration (mg N l^{-1})	27	2,1	1,1	1,7	3,3
N-tilbageholdelse (%)	16	36	26	32	49
Sigtdybde (m)	27	1,7	0,7	1,5	2,5
Klorofyl <i>a</i> ($\mu\text{g l}^{-1}$)	27	52	11	41	86
Plantep plankton ($\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$)	27	8,4	1,9	6,3	12,5
Blågrøn-alger (%)	27	32	4	22	60
Dyreplankton (mg tv l^{-1})	27	0,61	0,37	0,48	0,83
Dyreplanktons græsning ($\% \text{d}^{-1}$)	27	22	11	19	28

Dyreplankton

Den gennemsnitlige totale biomasse af dyreplankton er faldet med 0,2 mg TV l⁻¹ fra perioden 1989-94 til 2001. Tilsvarende er også medianværdien af biomassen af dyreplankton faldet fra 0,69 til 0,48 mg TV l⁻¹ i samme periode, hvilket især kan tilskrives den aftagende biomasse af planteplankton. Der ses en reduktion i biomassen af små cladoceer og hjuldyr, og især er maksimumsforekomsterne af calanoide vandlopper og de små og store cladoceer og dafnier gået tilbage.

Dyreplanktons græsning

Betragtet under et er der tegn på, at dyreplanktonets kapacitet til at nedgræsse planteplankton er øget i overvågningssøerne. Beregningerne viser dog, at det samlede græsningstryk ikke er ændret væsentligt i søerne.

Tabel 0.2 Statistisk signifikante udviklinger i miljøtilstanden i 27 overvågningssøer i perioden 1989-2001 for en række udvalgte nøgleparametre. Med hensyn til fosfor og kvælstof er angivet udviklingen for årgennemsnit, mens det for de øvrige er for sommergennemsnit (1. maj-31. september).

Parameter	Forbedret	Forværret
P-indløbskoncentration	13	1
P-søkoncentration	16	1
P-tilbageholdelse (%)	4	1
N-indløbskoncentration	20	1
N-søkoncentration	13	0
N-tilbageholdelse (%)	1	0
Sigtdybde	9	2
Klorofyl a	11	1
Planteplanktonbiomasse	6	3
Blågrønalger (%)	8	4
Dyreplanktonbiomasse	3	8
Dyreplanktons græsning	4	3

Undervandsplanter

Undervandsplanterne har generelt været i fremgang fra undersøgelsen af disse startede i 1993 indtil 1999. I 1999 reduceredes dækningsgraden i mange søer, og medianen faldt kraftigt. Denne tendens er fastholdt i 2001.

Fiskeyngelundersøgelser

Ved fiskeyngelundersøgelserne er aborre og skalle de langt almindeligste arter. De blev fundet i hhv. 29 og 26 søer, mens der i omkring en tredjedel af søerne tillige blev fanget brasen, hork og trepigget hundestejle. Der er stor variation imellem søerne, fra 0-14 fisk m⁻³ i littoralen i 2001, og fra 0-16 fisk m⁻³ i pelagiet. I den enkelte sø fanges der generelt mere yngel i littoralen end i pelagiet.

Brakvandssøer

I forbindelse med revisionen af overvågningsprogrammet i 1998 blev der startet undersøgelser i 4 brakvandssøer, hvorfra der nu er fire års data. Næringsstofniveauerne og dermed klorofyl er forholdsvis høje i de 4 søer. Græsningstrykket på planteplanktonet er lavt, formentlig som et resultat af et stort prædationstryk fra fisk som set i andre næringsrige danske brakvandssøer. Følgelig er vandet uklart.

Tungmetaller

Tungmetaller er målt i 5 søer i 1999 og 2001. Generelt er tungmetalkoncentrationerne lave, men over detektionsgrænsen. Med undtagelse af kviksølv er koncentrationerne i søerne lavere end koncentrationer

nerne målt i NOVA-vandløbene. For alle metallernes vedkommende ligger de målte maksimalkoncentrationer under de danske udlederkrav og svenske grænseværdier for økologiske effekter i ferskvand.

Miljøfremmede stoffer

Der er undersøgt for 64 miljøfremmede stoffer i 8 søer i 2001. Alle stoffer blev principielt registreret i en eller flere prøver, men langt hovedparten af prøverne ligger under detektionsgrænsen. Mediankoncentrationerne for de positive prøver for 56 stoffer er højest 2 gange detektionsgrænsen. Blødgøreren DEPH og kulbrinteforbindelsen Anthracen er de eneste stoffer med maksimalkoncentrationer over den tilladte grænseværdi. Stoffer BAM, AMPA og Glyphosat er registreret i mere end 42 % af prøverne dog ofte under detektionsgrænsen. Blandt sprøjtemidler er AMPA fundet i den højeste koncentration med $0,23 \mu\text{g l}^{-1}$ og overalt er DEHP fundet i den højeste koncentration med $3,4 \mu\text{g l}^{-1}$. Sammenlignet med vandløb er koncentrationerne i søerne på niveau med koncentrationerne i store vandløb.

Tilstand og målsætning

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2001 har amtskommunerne vurderet, om overvågningssøernes målsætninger er opfyldt. Heraf fremgår, at hovedparten af de 31 søer ikke lever op til deres målsætninger, kun for 5 af de 31 søer var målsætningen opfyldt i 2001. Nogle af søerne vil få en forbedring i tilstanden, når den interne fosforfrigivelse er væk. Men det er også nødvendigt med yderligere reduktioner i fosfortilførslerne, herunder tilførslen fra landbrugsarealer samt fra spredt bebyggelse, for at opnå en tilstrækkelig god miljøtilstand i søerne, svarende til kravene i målsætningerne.

Ikke desto er miljøtilstanden samlet set forbedret væsentligt i overvågningssøerne fra 1989 til 2001, især på grund af reduktioner i fosfortilførslen. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration og sigtddybde) og også i den biologiske struktur (især planteplankton). Reduktionen i fosfortilførslen til søerne hidrører både fra regionale tiltag til forbedring af spildevandsrensningen fra før 1989 og fra kravene til samme i medfør af Vandmiljøplanen. Kun den diffuse fosfortilførsel inklusiv landbrugsbidraget fra det åbne land er ikke reduceret igennem perioden og er således sammen med eventuel spredt bebyggelse i oplandene en af de sidste væsentlige kilder, der kan skrues på, for at tilstanden i søerne kan forbedres yderligere. Som situationen er i dag, har de hidtidige forbedringer i miljøtilstanden ikke været tilstrækkelige til, at søernes målsætninger generelt har kunnet opfyldes.

1 Status og udvikling i NOVA-søerne

Tidsserien for overvågningssøerne er nu oppe på 13 år (1989 til 2001), og omfatter for hele perioden data fra 27 ferskvandssøer. Fra 1998 er tillige 4 brakvandssøer blevet inddraget i det nationale overvågningsprogram for søer. Resultaterne fra brakvandssøerne er samlet i et særskilt afsnit (afsnit 1.6).

Formålet med dette afsnit er dels at give en status for søernes tilstand i 2001 og dels at give en statistisk vurdering af udviklingen i en række fysiske, kemiske og biologiske parametre siden 1989. Udviklingen præsenteres som enkeltår og derudover som en sammenligning af perioderne 1989-94 og 1995-2000 samt året 2001. I forbindelse med tilstandsbeskrivelsen er der også medtaget data fra det regionale tilsyn og de såkaldt klausulerede søer med et ekstensivt program. Afslutningsvis er NOVA-søernes målsætninger og målopfyldelse beskrevet, og der er foretaget en vurdering af behovet for yderligere tiltag over for næringsstofftilførslen til søerne.

Udviklingen i søernes tilstand er især foretaget på grundlag af tidsvægtede gennemsnit af de enkelte variable på års- eller sommerbasis (1. maj-31. september). For plante- og dyreplankton er taget udgangspunkt alene i sommergennemsnit, og for fiskeyngel (siden 1998) og undervandsplanter (siden 1993) er benyttet en enkelt måling gennem sæsonen. Endelig er der for tungmetaller data fra 5 søer i 2 år samt data for miljøfremmede stoffer fra 1 år i 8 søer.

De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier og er testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de 13 år har været en statistisk sikker ændring. Responsvariablen er logaritmetransformeret især for at sikre varianshomogenitet. På grund af de relativt korte tidsserier samt valget af en lineær responsmodel har vi valgt at acceptere nulhypotesen på 10 % signifikansniveau, hvorfor der i flere tilfælde kun er tale om udviklingstendenser. I præsentationen er der dog opdelt i 4 klasser baseret på testsandsynligheden: <10 %, <5 %, <1 % og <0,1 %. Man skal naturligvis være opmærksom på, at det med denne metode vil være lettere statistisk at påvise en jævn udvikling over en årrække end pludselige ændringer.

1.1 Fysisk-kemiske forhold (næringsstoffer, vandtemperatur, opholdstid)

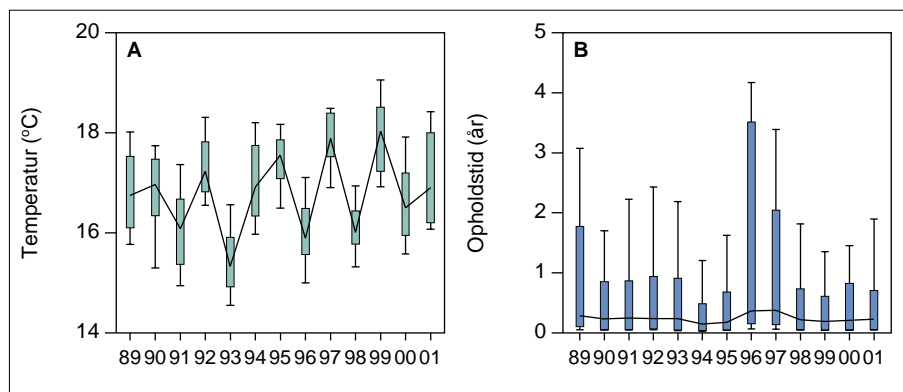
1.1.1 Temperatur og afstrømningsforhold

Klimatiske forhold, herunder specielt temperaturen har ofte en betydelig indflydelse på såvel den kemiske som den biologiske struktur og funktion i søerne. Påvirkningen sker via ændringer i vækst, græsning, næringsstofomsætning, gydesucces mv. Vandafstrømningen og dermed søernes opholdstider er også en afgørende faktor bl.a. for næringsstofftilbageholdelsen i søerne.

Der har i overvågningsperioden 1989 til 2001 været såvel forholdsvis kolde somre (1993 samt til dels 1996 og 1998) som forholdsvis varme somre (1997, 1999 m.fl.) (Fig. 1.1A). Sommeren 2001 var temperaturmæssigt ret variabel, men temperaturerne var generelt over middelniveauet for overvågningsperioden 1989-2001. Især juli (1,9 °C over normalen) og oktober (2,6 °C over normalen) var varme.

Figur 1.1

A: Udviklingen i søernes vandtemperatur (sommermiddel, °C) i perioden 1989 til 2001.
B Udviklingen i vandets opholdstid (år) i søerne i perioden 1989 til 2001.



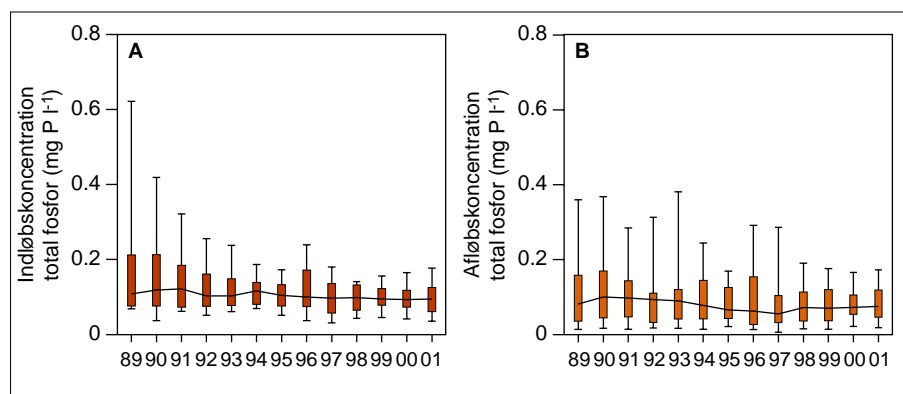
SØ02 – Fig. 1.1

I 2001 var opholdstiderne på et relativt normalt niveau, og således generelt kortere end i de tørre år 1996 og 1997 (Fig. 1.1B). Sammenlignes 2001 med de to perioder 1989-94 og 1995-2000 var opholdstiden på niveau med 1989-94 og væsentlig kortere end i perioden 1995-2000.

En mere uddybende beskrivelse af de klimatiske forhold i året 2001 samt overvågningsperioden 1989 til 2001 findes i kapitel 4. I kapitel 2 er afstrømningsforholdene samt vand- og næringsstofftilførsler beskrevet detaljeret.

Figur 1.2

A: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalfosfor (mg P l^{-1}) i perioden 1989 til 2001. B: Udviklingen i afløbskoncentrationen af totalfosfor (mg P l^{-1}) i perioden 1989 til 2001.



SØ02 – Fig. 1.2

1.1.2 Fosfor

Alle søer

Faldende fosforkoncentration i tilløb, søvand og afløb

Koncentrationen af fosfor i søernes tilløb og afløb har generelt været faldende siden overvågningsprogrammets start i 1989 (Fig. 1.2, Tabel 1.1).

Årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor i indløbene er omtrent halveret fra $0,192 \text{ mg P l}^{-1}$ i perioden 1989-94 til $0,104 \text{ mg P l}^{-1}$ i 2001, mens medianen på tilsvarende vis er reduceret med 19 % (Fig. 1.2A, Tabel 1.1). Koncentrationen i afløbene er faldet knapt så meget, idet årsmiddelkoncentrationen er reduceret fra $0,146 \text{ mg P l}^{-1}$ i perioden

1989-94 til 0,089 mg P l⁻¹ i 2001, hvilket i søerne med reduceret punkt-kildebetinget fosfortilførsel hovedsageligt kan relateres til en intern frigivelse af fosfor fra sedimentet (Fig. 1.2B, Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Totalfosforkoncentration i tilløb og afløb. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mg P l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Indløb,	1989-94	0,192	0,023	0,079	0,124	0,189	1,228
Total-P	1995-00	0,110	0,019	0,079	0,097	0,131	0,305
	2001	0,104	0,019	0,075	0,100	0,125	0,207
Afløb,	1989-94	0,146	0,009	0,042	0,091	0,148	1,015
Total-P	1995-00	0,090	0,002	0,041	0,071	0,111	0,244
	2001	0,089	0,003	0,047	0,075	0,119	0,216

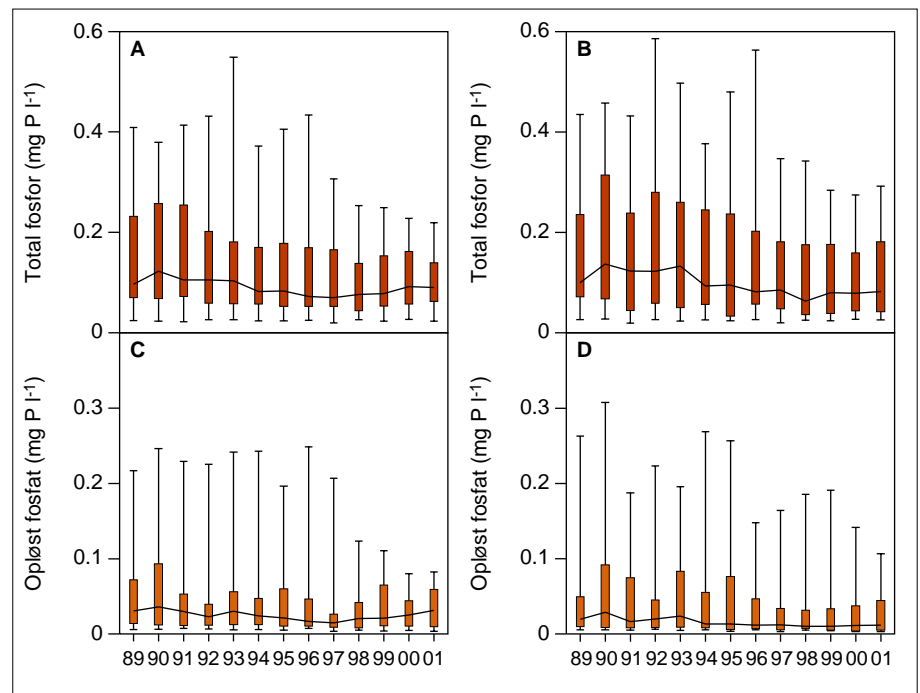
Tabel 1.2 Udviklingen i indholdet af totalfosfor (total-P) i indløb og afløb og total-P og opløst fosfat (PO₄-P) i overfladevand for overvågningssøerne fra 1989 til 2001. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel				Sommermiddel	
	Indløb	Afløb	Søvand		Søvand	
	Total-P	Total-P	PO ₄ -P	Total-P	PO ₄ -P	Total-P
Søby Sø	---	+	----	0	---	++
Holm Sø	---	0	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0	0	0
Nors Sø	0	0	--	0	0	0
Ravn Sø	---	--	0	----	0	---
Søholm Sø	++	0	0	0	---	--
Kvie Sø	0	0	+	0	++	0
Bastrup Sø	0	+	0	0	0	0
Hornum Sø	0	0	0	0	0	0
Ørn Sø	---	---	----	----	----	---
Furesøen	---	-	---	---	--	--
Fårup Sø	0	--	0	---	0	--
Damhussøen	-	----	----	----	---	----
Bryrup Langsø	--	---	---	----	0	-
Hinge Sø	0	0	0	0	----	0
Tissø	----	+	+	+	0	0
Engelsholm Sø	0	----	+++	----	0	---
Bagsværd Sø	0	--	----	----	----	----
Borup Sø	0	0	0	---	0	--
Arreskov Sø	--	0	0	--	0	0
Tystrup Sø	----	--	----	---	---	---
Arresø	----	----	---	----	---	----
Vesterborg Sø	0	-	---	----	--	----
St. Søgård Sø	0	---	----	----	---	---
Utterslev Mose	----	0	0	0	0	0
Søgård Sø	0	---	0	----	0	---
Gundsømagle Sø	----	----	----	----	---	----
i alt +/++/+++/++++	1	3	3	1	1	1
i alt -/--/---/----	13	14	12	16	12	16

Statistisk set er der registreret et signifikant fald i indløbs- og afløbskoncentrationen som årsmiddel for henholdsvis 13 og 14 af de 27 overvågningssøer, mens koncentrationerne blot er øget for henholdsvis 1 og 3 søer (Tabel 1.2).

I overensstemmelse med faldet i indløbs- og afløbskoncentrationen viser de tidsvægtede værdier af fosforindholdet i søvandet for året som helhed også en faldende tendens gennem de 13 år (Fig. 1.3). Således er årsgennemsnittet for totalfosfor reduceret fra 0,176 mg P l⁻¹ i perioden 1989-94 til 0,106 mg P l⁻¹ i 2001 og opløst fosfat fra 0,072 til 0,038 mg P l⁻¹. Både års- og sommermiddelværdier af totalfosfor og opløst fosfat i overvågningssøernes overfladevand er reduceret med omkring henholdsvis 40 % og godt 50 % siden overvågningsprogrammets start i 1989 (Tabel 1.3). Med hensyn til opløst fosfat har koncentrationerne været forhøjede om sommeren i slutningen af 90'erne betinget af indflydelse fra intern frigivelse i søerne (Fig. 1.3C og 1.3D), hvor den eksterne fosfortilførsel er reduceret. Denne tendens har dog været aftagende i de seneste år, sammenfaldende med at indflydelsen af den interne frigivelse efterhånden reduceres.

Figur 1.3 Udviklingen i søkoncentrationen af totalfosfor (mg P l⁻¹).
A: Årsgennemsnit
B: Sommergennemsnit
Udviklingen i søkoncentrationen af opløst fosfat (mg P l⁻¹).
C: Årsgennemsnit
D: Sommergennemsnit



SØ02 – Fig. 1.3

De enkelte søers udvikling

Totalfosfor er reduceret i 16 ud af 27 tilfælde

På enkeltløsniveau (1989-2001) forsætter udviklingen også i retning af lavere fosforindhold i overvågningssøerne. I 16 ud af de 27 søer er årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor signifikant reduceret, mens den i en enkelt sø (Tissø) er øget (Tabel 1.2).

Sommermiddelmiddelkoncentrationen af totalfosfor er ligeledes mindsket i 16 af søerne. Faldet er gennemgående større på årsbasis end om sommeren, hvilket især skyldes, at en del af søerne stadig har en væsentlig intern belastning i sommerperioden.

Tabel 1.3 Totalfosfor og opløst fosfor. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mg P l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-P	1989-94	0,176	0,018	0,063	0,101	0,238	0,977
	1995-00	0,120	0,020	0,055	0,077	0,163	0,386
	2001	0,106	0,022	0,062	0,090	0,139	0,270
PO ₄ -P	1989-94	0,072	0,006	0,013	0,028	0,074	0,541
	1995-00	0,045	0,003	0,013	0,018	0,048	0,222
	2001	0,038	0,003	0,010	0,032	0,059	0,161
Sommerværdier							
Total-P	1989-94	0,205	0,017	0,055	0,108	0,231	1,106
	1995-00	0,145	0,021	0,044	0,081	0,171	0,595
	2001	0,130	0,019	0,042	0,082	0,181	0,491
PO ₄ -P	1989-94	0,068	0,006	0,011	0,019	0,079	0,465
	1995-00	0,046	0,003	0,008	0,013	0,046	0,321
	2001	0,039	0,002	0,005	0,012	0,044	0,274

1.1.3 Kvælstof

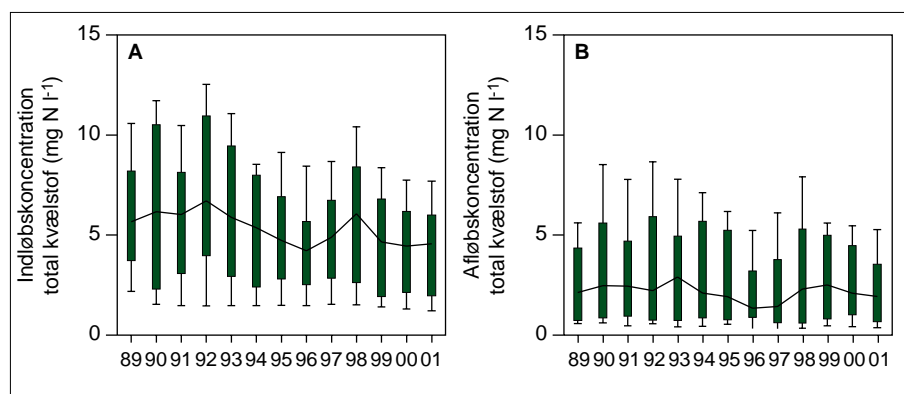
Alle søer

Koncentrationen af totalkvælstof i søernes ind- og afløb har vist faldende tendens i overvågningsperioden, men der er dog tydelige nedbørsafhængige år til år variationer (Fig. 1.4). Gennemsnitskoncentrationen af totalkvælstof i ind- og afløb er i år 2001 reduceret med hhv. 30 og 28 % i forhold til perioden 1989-94 (Tabel 1.4).

I år 2001 er ind- og afløbskoncentrationen af totalkvælstof som årsmiddel reduceret signifikant i forhold til 1989 for hhv. 20 og 9 af søerne (Tabel 1.5). Denne klare tendens til en reduceret indløbskoncentration til søerne er blevet kraftigere de senere år. Eksempelvis blev der frem til 2000 kun registreret et signifikant fald i 13 søer.

Figur 1.4

A: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l⁻¹) i perioden 1989 til 2001.
B: Udviklingen i afløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l⁻¹) i perioden 1989 til 2001.



SØ02 – Fig. 1.4

Tabel 1.4 Totalkvælstofkoncentration i tilløb og afløb. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningsøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mg N l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Indløb, Total-N	1989-94	6,22	1,40	3,79	5,89	9,19	11,02
	1995-00	5,00	1,28	2,45	4,72	6,83	10,38
	2001	4,35	1,06	2,13	4,56	6,00	8,33
Afløb, Total-N	1989-94	3,27	0,41	0,83	2,48	5,02	9,45
	1995-00	2,70	0,38	0,76	2,12	4,28	7,71
	2001	2,36	0,26	0,75	1,93	3,54	6,19

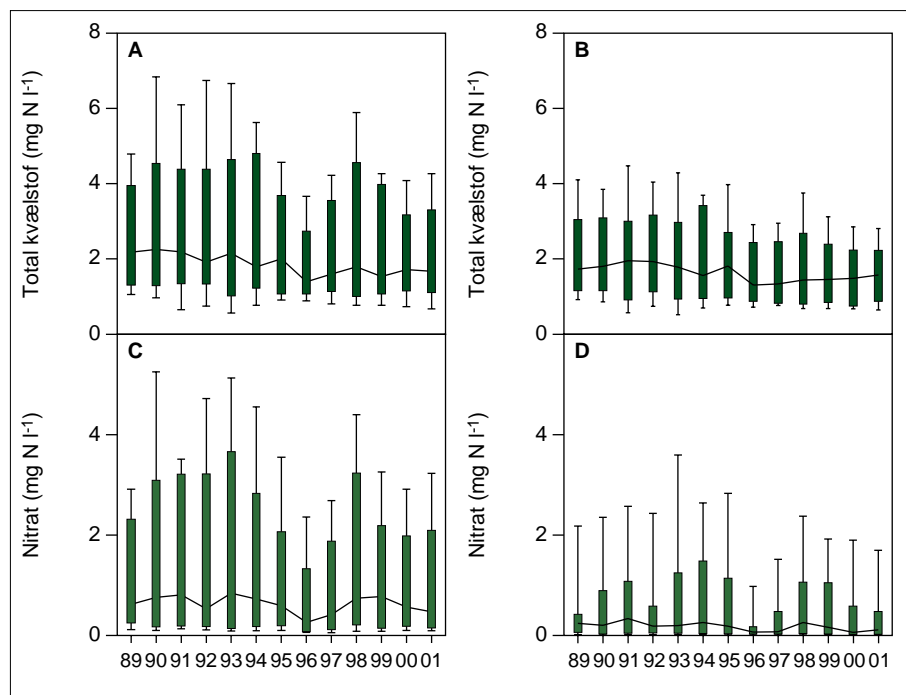
Tabel 1.5 Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (total-N) i tilløb og afløb og total-N og nitrat (NO₃-N) i søvand for overvågningsøerne fra 1989 til 2001.

-/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel			Sommermiddel		
	Indløb	Afløb	Søvand	Søvand		
	Total-N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N	NO ₃ -N	Total-N
Søby Sø	--	0	0	0	0	0
Holm Sø	-	0	0	0	0	0
Maglesø	0	---	0	0	0	-
Nors Sø	-	0	0	0	-	0
Ravn Sø	--	0	0	--	-	--
Søholm Sø	0	0	0	0	0	0
Kvie Sø	-	0	0	0	0	0
Bastrup Sø	---	0	0	----	0	----
Hornum Sø	0	0	---	0	0	0
Ørn Sø	---	--	0	----	0	--
Furesøen	---	0	---	----	--	--
Fårup Sø	0	0	0	0	0	-
Damhussøen	+	0	0	0	0	-
Bryrup Langsø	0	0	0	0	0	0
Hinge Sø	---	-	----	----	-	--
Tissø	--	0	0	0	0	0
Engelsholm Sø	--	---	0	----	---	----
Bagsværd Sø	0	+	0	0	0	--
Borup Sø	-	0	0	---	--	---
Arreskov Sø	--	--	0	---	0	0
Tystrup Sø	---	0	---	---	--	--
Arresø	----	--	0	---	++	--
Vesterborg Sø	-	0	0	0	0	--
St. Søgård Sø	---	----	0	--	0	--
Utterslev Mose	----	0	----	---	--	0
Søgård Sø	--	--	0	0	0	-
Gundsømagle Sø	---	--	0	---	0	--
i alt +/+/+/+/+/+	1	1	0	0	1	0
i alt -/-/-/-/-	20	9	5	13	8	17

Den faldende kvælstoftilførsel til søerne afspejles tydeligt i søernes koncentration af kvælstof (Fig. 1.5). Således er årsgennemsnittet i år 2001 for både totalkvælstof og nitrat faldet med 27 -28 % i forhold til niveauet i perioden 1989-94 (Tabel 1.6). Sommerværdierne for nitrat er yderligere reduceret, idet gennemsnittet og medianen er hhv. 35 og 63 % lavere i år 2001 i forhold til perioden 1989-94. Den lave nitratkoncentration om sommeren skyldes dels optagelse i planteplanktonet og dels, at nitraten fjernes fra søerne ved denitrifikation.

Figur 1.5 Udviklingen i søkoncentrationen af totalkvælstof (mg N l⁻¹).
A: Årsgennemsnit
B: Sommergennemsnit
 Udviklingen i søkoncentrationen af nitrat (mg N l⁻¹).
C: Årsgennemsnit
D: Sommergennemsnit



SØ02 – Fig. 1.5

Totalkvælstof reduceret i 17 ud af 27 søer

De enkelte søers udvikling

For de enkelte overvågningssøer ses generelt en faldende tendens for koncentrationen af totalkvælstof. I 2001 er årsmiddelt af totalkvælstofkoncentrationen således reduceret signifikant siden 1989 i 13 af de 27 overvågningssøer (Tabel 1.5), mens sommermiddelkoncentrationen er reduceret i 17 søer. Således fastholdes og forstærkes tendensen til reduktion i totalkvælstofkoncentrationerne i søerne. Med hensyn til nitrat er årsmiddel- og sommermiddelkoncentrationen i år 2001 dog kun reduceret signifikant i hhv. 5 og 8 søer (Tabel 1.5).

1.1.4 Sigtdybde og klorofyl a

Det generelt reducerede næringsstofniveau i søerne, siden overvågningen af vandmiljøet startede i 1989, har givet sig udslag i en øget sigtdybde og et faldende klorofyl a indhold (Fig. 1.6).

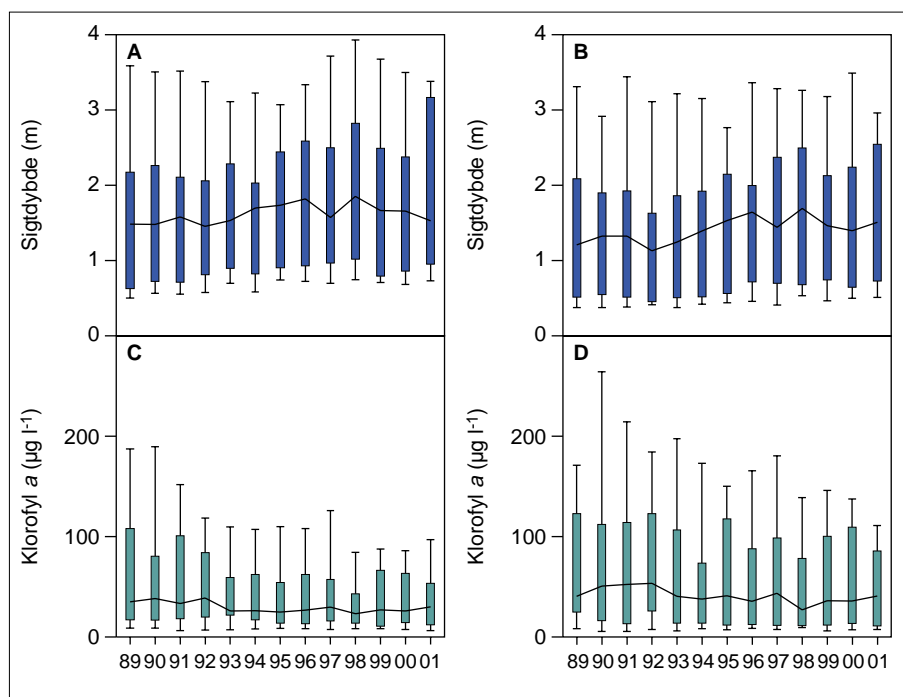
Tabel 1.6 Totalkvælstof og nitrat. Middel- og medianværdier, minima, maksimum samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mg N l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-N	1989-94	2,91	0,46	1,23	2,17	4,35	7,29
	1995-00	2,28	0,48	1,09	1,74	3,91	5,53
	2001	2,11	0,41	1,10	1,67	3,30	5,15
NO ₃ -N	1989-94	1,59	0,08	0,17	0,71	2,99	6,01
	1995-00	1,17	0,05	0,17	0,54	2,05	4,31
	2001	1,16	0,03	0,15	0,47	2,09	4,23
Sommerværdier							
Total-N	1989-94	2,17	0,37	1,05	1,90	3,13	6,15
	1995-00	1,73	0,43	0,94	1,69	2,34	3,59
	2001	1,58	0,36	0,87	1,57	2,23	3,32
NO ₃ -N	1989-94	0,74	0,01	0,05	0,30	0,93	4,79
	1995-00	0,50	0,01	0,04	0,13	0,80	2,64
	2001	0,48	0,00	0,02	0,11	0,48	2,31

Årsmiddelsigt dybden er øget fra 1,7 m i perioden 1989-94 til 2,0 m i 2001, mens sommerrmiddelsigt dybden er øget fra 1,4 til 1,7 m (Tabel 1.7).

Figur 1.6 Udviklingen i sigt-
dybden (m).

A: Årsgennemsnit
B: Sommergennemsnit
Udviklingen i koncentrationen af klorofyl a ($\mu\text{g l}^{-1}$).
C: Årsgennemsnit
D: Sommergennemsnit



SØ02 - Fig. 1.6

Forbedret sigt dybde i 14 søer

For de enkelte søer er sigt dybden i år 2001 som årsmiddel og sommerrmiddel forbedret siden 1989 i hhv. 14 og 9 søer (Tabel 1.8), hvilket er en fortsættelse af den tendens der er registreret de senere år.

Den forbedrede sigt dybde er primært resultatet af en lavere algebiomasse i overvågningssøerne. Som et udtryk herfor er årsmiddel og -median for klorofyl a indholdet i søerne reduceret fra hhv. 64 til 38 $\mu\text{g l}^{-1}$ og 35 til 30 $\mu\text{g l}^{-1}$ fra perioden 1989-94 til år 2001 (Tabel 1.7). På sommerniveau er udviklingen ikke tilsvarende markant. Medianen for sommerkoncentrationen af klorofyl a er således ikke reduceret signifikant fra perioden 1989-94 (43 $\mu\text{g l}^{-1}$) til i 2001 (41 $\mu\text{g l}^{-1}$) (Tabel 1.7), dog er gennemsnittet reduceret fra 78 $\mu\text{g l}^{-1}$ til 52 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Klorofyl a indholdet er som årsmiddel reduceret siden 1989 i 13 af overvågningssøerne, mens det som sommerrmiddel er sket for 11 søer (Tabel 1.8).

Table 1.7 Sigtdybde og klorofyl a indhold. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-00 og året 2001. Enheder i hhv. m og $\mu\text{g l}^{-1}$.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Sigtdybde	1989-94	1,65	0,36	0,80	1,55	2,05	3,68
	1995-00	1,86	0,43	0,92	1,79	2,50	4,00
	2001	1,96	0,66	0,95	1,53	3,16	4,47
Klorofyl a	1989-94	63,8	3,5	20,3	34,5	81,4	382,5
	1995-00	44,9	4,9	14,8	26,5	56,5	226,5
	2001	38,0	4,3	12,1	30,0	53,2	99,6
Sommerværdier							
Sigtdybde	1989-94	1,43	0,40	0,53	1,34	1,85	3,82
	1995-00	1,61	0,43	0,66	1,52	2,19	3,36
	2001	1,68	0,48	0,73	1,51	2,54	4,36
Klorofyl a	1989-94	78,3	3,8	19,2	42,8	118,0	313,8
	1995-00	59,6	4,2	14,5	39,3	86,6	213,9
	2001	52,3	3,8	10,9	40,5	85,5	175,6

Table 1.8 Udviklingen i overvågningssøernes sigtdybde og indhold af klorofyl a fra 1989 til 2001. -/--/---/----/+, /++, /+++, /++++ svarer til reduktion/forøgelse på hhv. 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring.

	Årsmiddel		Sommermiddel	
	Sigtdybde	Klorofyl a	Sigtdybde	Klorofyl a
Søby Sø	0	0	--	0
Holm Sø	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0
Nors Sø	0	0	0	0
Ravn Sø	0	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	0
Kvie Sø	++	---	0	-
Bastrup Sø	+++	----	+++	--
Hornum Sø	0	0	0	0
Ørn Sø	0	----	--	-
Furesøen	++	0	++++	0
Fårup Sø	++++	---	++++	--
Damhussøen	0	0	0	0
Bryrup Langsø	++	0	0	0
Hinge Sø	++	---	0	0
Tissø	+++	0	++	0
Engelsholm Sø	+++	----	+++	---
Bagsværd Sø	0	---	0	0
Borup Sø	0	--	+	--
Arreskov Sø	+++	0	++	0
Tystrup Sø	+	++++	0	+++
Arresø	++	---	0	--
Vesterborg Sø	++++	---	++++	---
St. Søgård Sø	0	---	0	--
Utterslev Mose	0	0	0	0
Søgård Sø	++	----	+++	---
Gundsømagle Sø	++	----	+	-
i alt +/++/+++/++++	14	1	9	1
i alt -/--/---/----	0	13	2	11

1.2 Planteplankton

Stadig relativ høj biomasse af planteplankton i søerne

Alle søer

Det generelle niveau for planteplanktonbiomassen i overvågningssøerne er stadig højt, sammenfaldende med at 11 af de 27 overvågningssøer atter i 2001 havde et totalfosfor sommergennemsnit på over 0,1 mg P l⁻¹. Den gennemsnitlige totale sommer planteplankton biomasse er dog faldet 42 % siden 1989-1994. Desuden havde 50 % af overvågningssøerne i 2001 en planteplankton sommerbiomasse på maksimalt 6,3 mm³ l⁻¹, hvor det i 1989-1994 og 1995-2000 var hhv. 9,2 og 10,3 mm³ l⁻¹ (Tabel 1.10). Størsteparten af søerne havde derfor i 2001 en lavere planteplankton biomasse (sommergennemsnit) end gennemsnittet for en af de to foregående perioder, mens planteplankton biomassen hos 12 søer i 2001 var lavere end gennemsnittet for begge perioder.

De oftest dominerede planteplankton grupper er som i tidligere år blågrønalger, kiselalger samt grønalger, men den gennemsnitlige sommerbiomasse af de 3 grupper er fortsat faldende. Dette gælder især blågrønalgerne, hvis sommerbiomassemedian i 2001 er faldet 84 % og 67 % sammenlignet med hhv. sommermedianen for perioden 1989-1994 og 1995-2000. Reduktionen i blågrønalger er dog mindre end den der blev registreret indtil 2000 (Jensen *et al.*, 2001).

Tabel 1.10 Planteplanktonbiomasse – total og på klasseniveau. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mm³ l⁻¹. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Totalbiomasse	1989-94	14,5	0,4	3,0	9,2	24,1	50,7
	1995-00	11,3	0,6	2,7	10,3	17,7	40,1
	2001	8,4	0,5	1,9	6,3	12,5	33,0
Blågrønalger	1989-94	7,4	0,0	0,3	5,1	8,5	47,4
	1995-00	4,6	0,0	0,2	2,4	6,2	28,7
	2001	3,7	0	0,1	0,8	4,2	24,6
Kiselalger	1989-94	2,6	0	0,3	1,1	4,5	15,6
	1995-00	1,9	0,0	0,3	1,2	2,1	12,6
	2001	1,5	0	0,1	0,7	2,2	11,7
Grønalger	1989-94	2,9	0,0	0,2	0,8	2,7	25,2
	1995-00	1,6	0,1	0,1	0,5	2,5	9,3
	2001	1,2	0,0	0,1	0,3	1,2	6,3
Rekylalger	1989-94	0,47	0,01	0,13	0,23	0,68	1,92
	1995-00	0,55	0,00	0,20	0,27	0,75	1,94
	2001	0,42	0,00	0,11	0,27	0,55	1,34
Furealger	1989-94	0,58	0	0,05	0,15	0,60	3,68
	1995-00	2,18	0	0,03	0,31	0,81	28,31
	2001	1,08	0	0,03	0,21	0,61	12,86
Gulalger	1989-94	0,05	0	0,00	0,02	0,08	0,27
	1995-00	0,11	0	0,01	0,03	0,11	0,89
	2001	0,11	0	0,00	0,01	0,10	1,10

De enkelte søers udvikling

Den gennemsnitlige totale algebiomasse udviser en signifikant ændring over de 13 år i 9 af søerne. Heraf har 6 søer faldende sommerbiomasse, mens 3 søers algebiomasse er stigende (Søby Sø, Maglesø og Tystrup Sø), og dermed fortsætter tendensen set de seneste år. Blågrøn alge biomassen fortsætter ligeledes den faldende tendens, således at en sådan nu er registreret i 8 af de 27 søer (mod 7 søer i 2000). Samtidig er der dog sket en signifikant stigning af blågrøn alger i 4 søer (Tabel 1.11), hvoraf Kvie Sø og Ravn Sø er tilføjet i 2001. De biomasse mæssigt dominerende arter/grupper, i sommerperioden 2001 i disse søer er *Chroococcales* spp. for Ravn Sø og Kvie Sø, mens hhv. *Cyanodictyon imperfectum* og *Snowella* spp. samt *Aphanocapsa* sp. dominerede i Søby Sø og Søgård Sø. De hyppigst observerede blågrøn alge arter i 2001 generelt er *Anabaena* spp., *A. flos-aquae*, *Cyanodictyon imperfectum*, *Microcystis* spp., *Chroococcales*, *Oscillatoria planctonia*, *O. agardhii*, *Aphanizomenon flos-aquae* samt *Merismopedia warmingiana*, mens de højeste biomasser findes hos *Anabaena* spp., *Oscillatoria planctonia* og *O. agardhii*.

Tabel 1.11 Udviklingen i overvågnings søernes biomasse af planteplankton fra 1989 til 2001. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Total er den totale biomasse af planteplankton. Blågrøn, Kisel, Grøn, Re kyl, Fure, og Gul angiver biomassen for de respektive klasser af planteplankton.

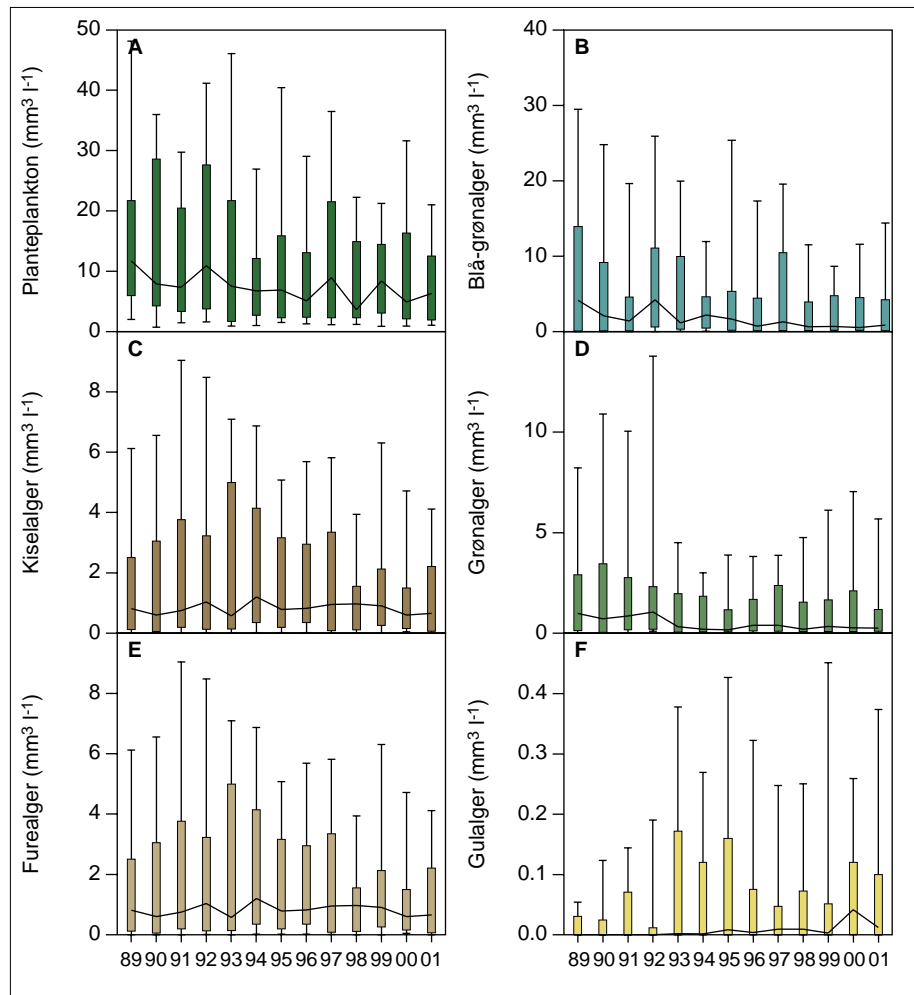
	Total	Blågrøn	Kisel	Grøn	Re kyl	Fure	Gul
Søby Sø	+	+	0	++++	++	++	0
Holm Sø	0	0	0	0	0	0	+
Maglesø	+++	0	0	0	++	+++	++
Nors Sø	0	0	0	0	0	0	0
Ravn Sø	0	+	0	0	-	0	0
Søholm Sø	0	--	0	0	0	0	0
Kvie Sø	---	+	0	---	0	++	+++
Bastrup Sø	0	--	0	0	0	0	+
Hornum Sø	0	0	0	0	0	0	0
Ørn Sø	0	0	0	0	0	0	0
Furesøen	0	-	0	0	0	++	0
Fårup Sø	--	-	--	0	0	-	0
Damhussøen	0	0	0	-	0	0	0
Bryrup Langsø	0	0	0	+	0	+	++
Hinge Sø	0	0	0	0	0	+++	0
Tissø	0	0	0	0	0	0	0
Engelsholm Sø	----	--	0	-	0	++++	++
Bagsværd Sø	0	-	0	+++	0	0	0
Borup Sø	0	0	0	0	+	++	++
Arreskov Sø	0	0	----	---	0	0	++
Tystrup Sø	+++	----	0	0	-	+++	0
Arresø	-	0	+	-	0	0	0
Vesterborg Sø	---	--	0	-	0	+	++
St. Søgård Sø	0	0	0	0	0	+	0
Utterslev Mose	0	0	0	0	0	----	0
Søgård Sø	--	++	--	--	0	0	0
Gundsømagle Sø	0	0	0	----	+	0	+++
i alt +/+/+/+/++++	3	4	1	3	4	11	10
i alt -/-/-/-----	6	8	3	8	2	2	0

Biomassen af blågrøn-, grøn- og kiselalger falder

Grøn alger, den anden store kvantitative gruppe, fortsætter ligeledes den faldende tendens over overvågnings årene. Otte søer, mod 7 i 2000, har udvist et signifikant fald i grøn alge biomassen, mens 3 søer har udvist en stigning. Kiselalgerne generelt er faldet fra en sommermedian på 1,1

mm³ l⁻¹ i 1989-1994 til en sommermedian på 0,7 mm³ l⁻¹ i 2001. Sommergennemsnittet er faldet nogenlunde tilsvarende (Tabel 1.10). År til år variationen er i mange tilfælde større end selve udviklingen over hele perioden (Fig. 1.7C), og der er da også kun 4 søer med en signifikant ændring i kiselalgebiomassen over hele perioden. I 3 tilfælde er biomassen faldende, mens der i Arresø er registreret en mindre stigning (Tabel 1.11). Her er forårsmaksimum i 2001 domineret af *Diatoma elongata*.

Figur 1.7 Udvikling i planteplanktongrupper biomasse (mm³ l⁻¹). Sommergennemsnit.
 A: Totalbiomassen af planteplankton
 B: Blågrønalgebiomassen
 C: Kiselalgebiomassen
 D: Grønalgebiomassen
 E: Furealgebiomassen
 F: Gulalgebiomassen.



SØ02 - Fig. 1.7

Rentvandsalgerne fure- og gulalger er i fremgang

Algegrupperne karakteristiske for mindre næringsrige søer følger tendensen fra tidligere år med stadig flere søer med stigende furealge- og gulalge biomasse. Således er der i år 2001 hhv. 11 og 10 søer, hvis furealge og gulalge biomasse er steget signifikant i overvågningsperioden mod 8 for begge klasser det foregående år. Flere steder er stigningerne sammenfaldende med signifikant nedgang i den gennemsnitlige sommerbiomasse af grønalger og/eller blågrønalger (Tabel 1.11). Utterslev Mose og Fårup Sø udviser som tidligere år et fald i furealge biomasse. I 2001 er der i alt registreret 26 furealgearter/-grupper, hvoraf den højeste observerede sommerbiomasse er at finde hos *Ceratium furcoides*, mens *Ceratium hirundinella* er den hyppigst forekommende (13 søer). Gulalgerne er i 2001 repræsenteret med 20 arter/grupper, hvoraf *Uroglena* spp. både har højest sommerbiomasse samt er den hyppigst observerede. Furealgerne har i 2001 haft den største relative fremgang med en stigning på 83 % i sommergennemsnitsbiomassen (1,1 mm³ l⁻¹) sammenlignet med perioden 1989-1994 (0,6 mm³ l⁻¹). Den gennemsnitlige biomasse i perioden

1995-2000 var dog den absolut største med $2,2 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$. Et tilsvarende mønster ses for gulalger (Tabel 1.10, Fig. 1.7). I 2001 ses de højeste artsspecifikke furealge biomasser, sommergennemsnit, i Tissø og Bastrup Sø, repræsenteret af hhv. *Ceratium furcoides* samt *C. hirundinella* og *C. furcoides*.

1.3 Dyreplankton

Ligesom for planteplanktonet er der sket et fald i biomassen af dyreplankton om sommeren i måleperioden (Fig. 1.8). Især er de små cladoceer gået tilbage, men også biomassen af calanoide copepoder og hjuldyr er reduceret væsentligt (Tabel 1.12).

Den faldende tendens blandt de små cladoceer fortsætter og nåede i 2001 den hidtil laveste sommermedian ($0,04 \text{ mg TV l}^{-1}$). Faldet kan i høj grad tilskrives et mindsket fødeudbud (Jeppesen *et al.*, 2002).

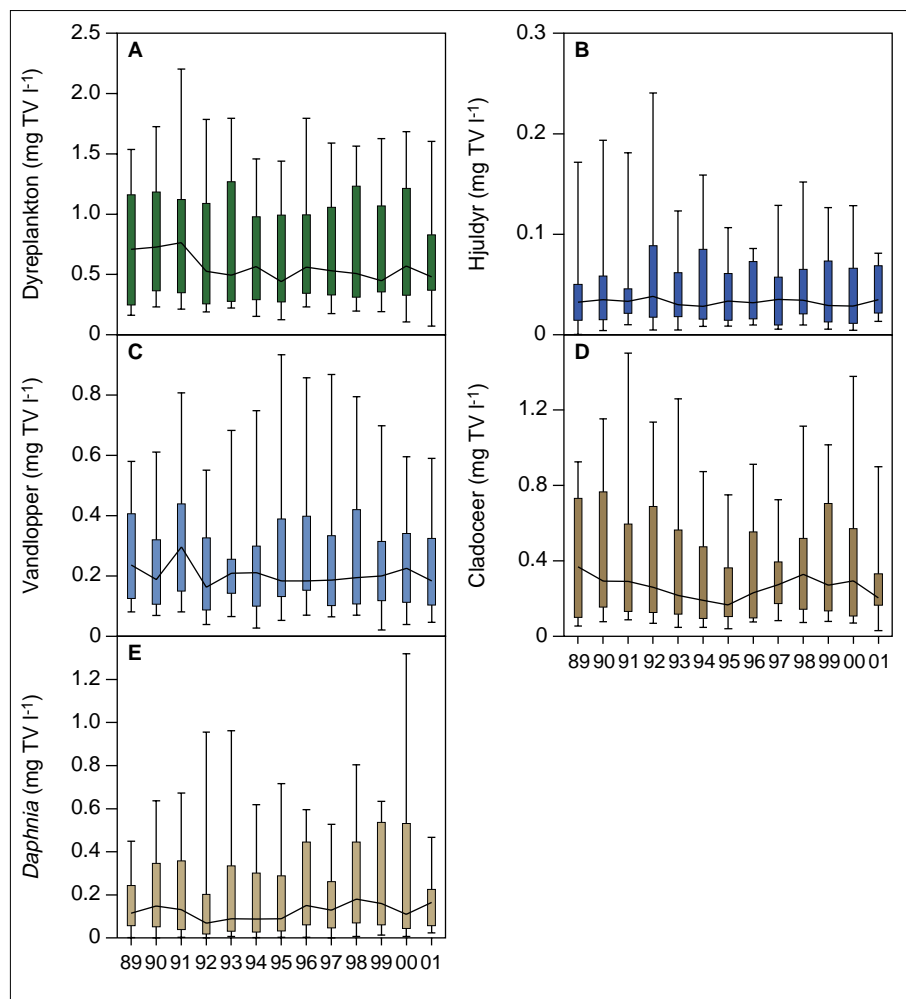
Derimod er dyreplanktonets græsningstryk øget i perioden. Således er den gennemsnitlige græsningskapacitet og medianen steget hhv. 14 % og 26 % i 1995-2000 sammenlignet med 1989-1994. Græsningen er fortrinsvis steget i den halvdel af søer med lavt græsningstryk. Det peger på et mindsket prædationstryk fra fisk, hvilket også underbygges af flere forhold.

For det første har cladoceerne ikke fulgt det generelle fald i dyreplanktonbiomassen. Dette er især betinget af en stigning eller blot et svagt fald i *Daphnia* biomassen i de 25 % af søer med lavest *Daphnia* biomasse. Medianen er således øget fra $0,12 \text{ mg TV l}^{-1}$ i 1989-94 til $0,16 \text{ mg TV l}^{-1}$ i 2001. For det andet er der iagttaget en stigning i den gennemsnitlige cladocé individbiomasse fra $3,5 \mu\text{g TV individ}^{-1}$ i 1989-1994 til $4,4 \mu\text{g TV individ}^{-1}$ i 1995-2000. *Daphnia* bidrager væsentligt til denne stigning, eftersom individbiomassen (gennemsnits- og median) inden for denne gruppe er steget (Tabel 1.14). Fiskene præderer især på de store arter, og en stigende individbiomasse tyder derfor på aftagende prædationstryk fra fisk. I overensstemmelse hermed har biomassen af fisk fanget i gællen vist en klart aftagende tendens, ligesom mængden af rovfisk er øget (Jeppesen *et al.*, 2002). Den generelle tendens er et øget græsningstryk på planteplanktonet i overvågningssøerne, som især er betinget af ændringer i fiskebestanden, der igen er betinget af en lavere næringsaltbelastning.

I de seneste år har der dog været en faldende tendens i både cladoceernes størrelse og dyreplanktonets græsningstryk, og ikke mindst i 2001 er værdierne relativt lave (Tabel 1.14 og Fig. 1.9). Det tyder på et øget prædationstryk fra fisk som nok er et resultat af en række milde vintre og en stor yngelårgang i 2001. At temperaturen spiller en rolle ses både af, at cladoceernes middelstørrelse var særlig høj i 1996 efter den eneste kolde vinter i måleperioden. Her blev der også konstateret fiskedød i flere søer om vinteren. Gode eksempler herpå er Utterslev mose og Bagsværd sø. Dyreplanktonets græsningstryk i de søer, hvor det er relativt højt, er i kolde år som 1993, 1996, 1998 (Fig. 1.9A) nok både betinget af en lavere planteplanktonvækst og mindsket prædation fra fisk.

Figur 1.8 Udvikling i forskellige dyreplankton-grupperes biomasse (mg TV l⁻¹), sommergennemsnit.

A: Totalbiomassen af dyreplankton
 B: Hjuldyrbiomassen
 C: Vandloppebiomassen
 D: Cladoceerbiomassen
 E: *Daphnia*-biomassen



SØ02 – Fig. 1.8

De enkelte søers udvikling

Analyserne af de enkelte søer viser variationer over det generelle forløb. *Daphnia* biomassen er steget signifikant i 5 søer, men er samtidigt faldet i 4 søer i perioden 1989-2001. Tendensen for små cladoceer og hjuldyr er et klart fald i perioden, og biomassen af disse er faldet signifikant i henholdsvis 8 og 6 søer.

De calanoide copepoder har øget biomassen i 5 søer og de cyclopoide copepoder i 8 søer (Tabel 1.13). Omvendt er biomassen af calanoide copepoder faldet signifikant i 10 søer og biomassen af cyclopoide vandlopper i 5 søer.

I Fårup sø samt Engelsholm Sø ses f.eks. et signifikant fald i total planteplankton biomasse (blågrøn-, grøn- og kiselalger) sammenfaldende med reduceret totalbiomasse af dyreplankton (hhv. hjuldyr, calanoide copepoder samt små cladoceer).

Tabel 1.12 Dyreplanktonbiomasse – Total og på grupper. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er mg TV l⁻¹. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Totalbiomasse	1989-94	0,82	0,09	0,34	0,69	1,12	2,17
	1995-00	0,76	0,12	0,33	0,52	1,09	2,08
	2001	0,61	0,06	0,37	0,48	0,83	1,78
Hjuldyr	1989-94	0,07	0,00	0,03	0,04	0,07	0,34
	1995-00	0,05	0,00	0,02	0,03	0,08	0,16
	2001	0,04	0,00	0,02	0,03	0,07	0,13
Vandlopper	1989-94	0,28	0,03	0,14	0,22	0,37	0,89
	1995-00	0,30	0,04	0,15	0,20	0,41	0,96
	2001	0,23	0,03	0,10	0,18	0,33	0,68
Cyclopoide	1989-94	0,18	0,00	0,05	0,09	0,20	0,87
	1995-00	0,22	0,00	0,05	0,09	0,31	0,96
	2001	0,17	0,00	0,03	0,09	0,19	0,68
Calanoide	1989-94	0,11	0,00	0,03	0,08	0,14	0,34
	1995-00	0,08	0,00	0,02	0,09	0,12	0,22
	2001	0,06	0,00	0,01	0,05	0,10	0,24
Cladoceer	1989-94	0,46	0,02	0,15	0,26	0,80	1,66
	1995-00	0,41	0,06	0,17	0,30	0,66	1,11
	2001	0,33	0,02	0,17	0,20	0,33	1,56
Små cladoceer	1989-94	0,21	0,02	0,04	0,12	0,29	0,96
	1995-00	0,12	0,01	0,04	0,07	0,17	0,42
	2001	0,11	0,00	0,02	0,04	0,15	0,57
Dafnier	1989-94	0,25	0,00	0,03	0,12	0,39	1,32
	1995-00	0,28	0,00	0,07	0,15	0,46	0,94
	2001	0,22	0,00	0,06	0,16	0,22	1,43

Tabel 1.13 Udviklingen i overvågningssøernes biomasse af dyreplankton fra 1989 til 2001. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Total er totalbiomassen. Hjul er hjuldyrbiomassen. VI er vandloppebiomassen. Cyc er biomassen af cyclopoide vandlopper. Cal er biomassen af calanoide vandlopper. Cla er cladoccerbiomassen. Scla er biomassen af små cladoccer. Daf er biomassen af egentlige dafnier.

	Total	Hjul	VI	Cyc	Cal	Cla	Scla	Daf
Søby Sø	----	---	0	---	0	--	---	0
Holm Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0	0	+	0	+++
Nors Sø	+++	0	++++	++	++++	+++	0	++
Ravn Sø	--	--	---	0	--	0	---	0
Søholm Sø	0	0	0	0	0	--	--	0
Kvie Sø	0	0	----	++	----	+	0	+
Bastrup Sø	0	0	----	----	---	0	----	0
Hornum Sø	0	++	0	++	0	0	0	0
Ørn Sø	0	0	0	0	++	--	---	0
Furesøen	0	0	+++	+++	+	0	0	0
Fårup Sø	----	----	---	---	---	0	0	0
Damhussøen	----	0	----	----	---	--	0	--
Bryrup Langsø	0	0	0	0	0	0	0	0
Hinge Sø	0	+	+	+	+++	0	0	0
Tissø	++	++	+	0	++	+	++	+
Engelsholm Sø	----	0	0	0	0	----	---	--
Bagsværd Sø	0	0	+++	+++	0	0	0	0
Borup Sø	---	----	0	0	----	0	0	--
Arreskov Sø	0	0	0	0	---	0	--	0
Tystrup Sø	0	0	+	++	0	--	0	---
Arresø	+	0	++	+++	0	0	0	0
Vesterborg Sø	----	----	---	---	0	0	0	++
St. Søgård Sø	0	0	----	0	---	0	0	0
Utterslev Mose	0	--	0	0	---	0	0	0
Søgård Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Gundsømagle Sø	---	0	0	0	--	--	---	0
i alt +/++/+++/++++	3	3	7	8	5	4	1	5
i alt -/--/---/----	8	6	7	5	10	7	8	4

Tabel 1.14 Cladoccer- og dafnieindividbiomasse samt græsning. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er henholdsvis µg TV individ⁻¹ og % af planteplankton dag⁻¹. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Individ biomasse	1989-94	3,5	0,6	1,5	2,7	5,2	8,8
	1995-00	4,4	0,6	1,8	4,0	6,2	15,2
	2001	3,9	0,7	1,7	2,6	5,4	10,7
Individ biomasse <i>Daphnia</i>	1989-94	7,0	0,9	3,5	7,2	9,5	14,5
	1995-00	9,9	1,7	5,6	10,0	13,8	18,5
	2001	9,2	0,0	2,4	8,2	14,1	24,9
Græsning	1989-94	27,1	4,4	12,4	21,4	37,9	94,0
	1995-00	30,8	3,3	16,2	27,1	39,0	77,5
	2001	22,0	4,7	11,0	18,5	27,6	80,9

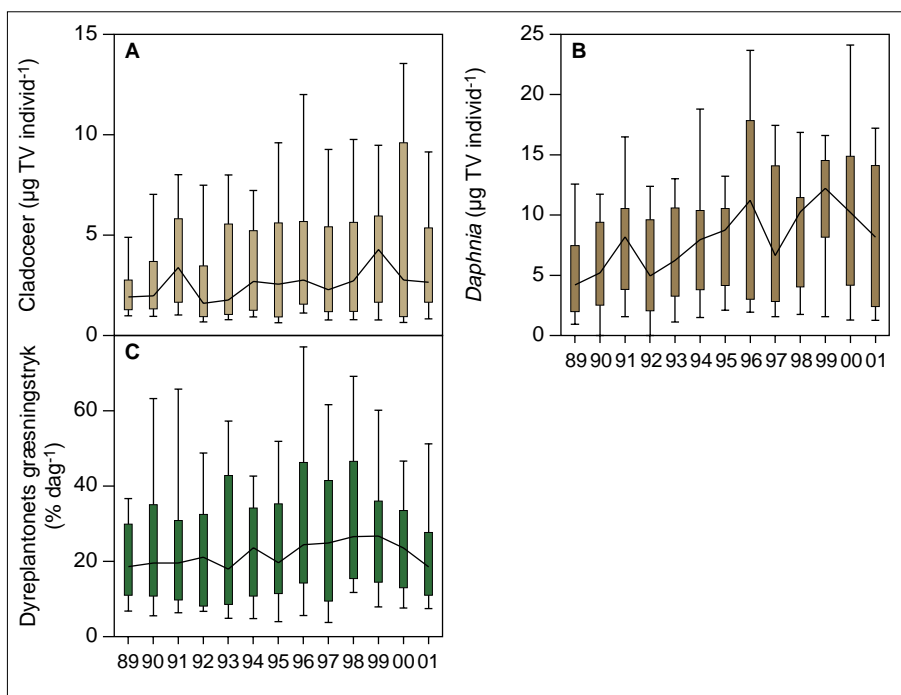
Table 1.15 Udviklingen i overvågningssøernes dyreplankton fra 1989 til 2001. -/+, - -/+, --/+++, ---/+++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Cladoceer er gns. individ biomassen af alle cladoceer. *Daphnia* er gns. individ biomassen af *Daphnia*. Græsning er græsningsprocent pr. dag.

	Cladoceer	<i>Daphnia</i>	Græsning
Søby Sø	0	0	---
Holm Sø	0	0	0
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	0	++	++
Ravn Sø	0	0	0
Søholm Sø	++	0	0
Kvie Sø	0	0	0
Bastrup Sø	+++	+++	0
Hornum Sø	0	0	0
Ørn Sø	0	0	0
Furesøen	0	0	0
Fårup Sø	0	0	0
Damhussøen	0	0	---
Bryrup Langsø	+	0	0
Hinge Sø	0	0	0
Tissø	0	0	+
Engelsholm Sø	0	+	0
Bagsværd Sø	0	++	+
Borup Sø	---	---	0
Arreskov Sø	+++	+	0
Tystrup Sø	0	0	---
Arresø	++	++	+++
Vesterborg Sø	0	0	0
St. Søgård Sø	0	0	0
Utterslev Mose	0	+	0
Søgård Sø	+	+	0
Gundsømagle Sø	0	++	0
i alt +/++/+++/++++	5	9	4
i alt -/--/---/----	1	1	3

Græsningen på enkelt sø niveau set over hele perioden (1989-2001) er øget i 4 søer sammenfaldende med en stigning i *Daphnia* individbiomassen i 3 af disse (Tabel 1.13 og Tabel 1.15). Et fald i græsningen er observeret i 3 søer. I 9 søer er der sket en signifikant stigning i *Daphnia* biomassen, mens den blot i en enkelt sø, Borup Sø, er reduceret.

Figur 1.9

A: Udviklingen i gennemsnitsbiomassen af cladoceer ($\mu\text{g TV individ}^{-1}$). Sommergennemsnit.
 B: Udviklingen i gennemsnitsbiomassen af *Daphnia* ($\mu\text{g TV individ}^{-1}$). Sommergns.
 C: Udviklingen i dyreplanktonets græsningstryk (% dag⁻¹). Sommergennemsnit.

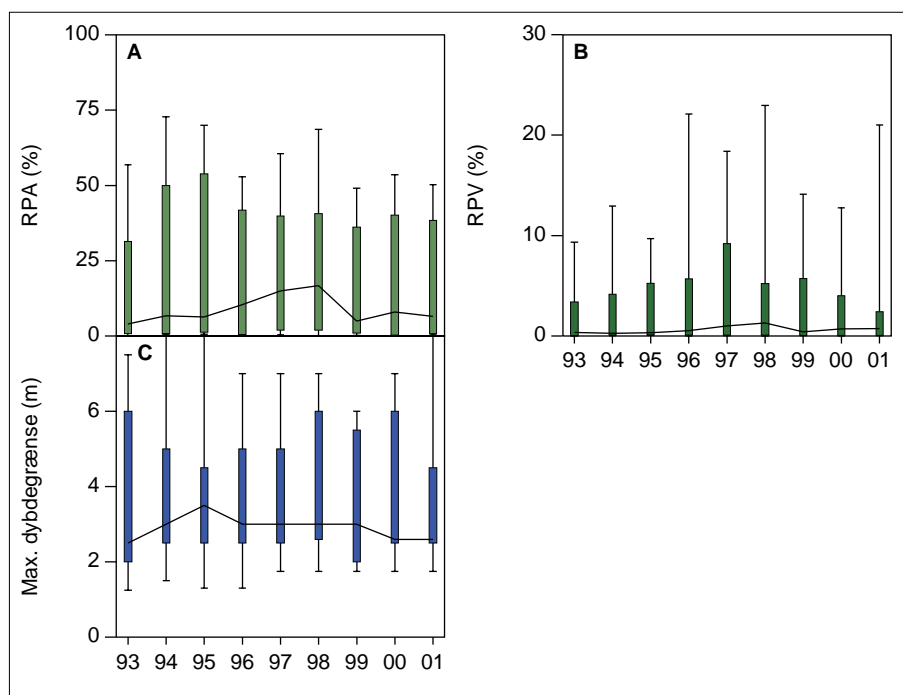


SØ02 - Fig. 1.9

1.4 Undervandsplanter

Siden 1993 er undervandsplanternes udbredelse blevet undersøgt én gang årligt i 14 af de 27 overvågningssøer, og fra 1998 i 4 brakvandsøer. I forbindelse med undersøgelserne inddeles den enkelte sø i delområder. Der beregnes en samlet dækningsgrad (RPA) for delområderne og søen totalt. På baggrund af plantehøjde og vanddybde på de enkelte prøvetagningssteder beregnes desuden et relativt plantefyldt volumen (RPV), og der fås et estimat af den største dybde med undervandsplanter (dybdegrænsen).

Figur 1.10 Udviklingen i
 A: Det relative plantedækkede areal (RPA, %).
 B: Det relative plantefyldte volumen (RPV, %).
 C: Den maksimale dybdegrænse (m) for undervandsplanterne i de 14 søer, hvor der er foretaget en vegetationsundersøgelse.



SØ02 – Fig. 1.10

Det plantedækkede areal var stigende i mange af de undersøgte søer frem til og med 1998 (Fig. 1.10). I 1999 skete der en markant reduktion specielt i planternes dækningsgrad (RPA), men også i det relative plantefyldte volumen (RPV). Sammenlignes medianen for RPA i perioden 1994-2000 med 2001, faldt den fra 19,3 % til blot 7 % i 2001 (Tabel 1.16). Fra 1999 frem til 2001 har medianen for RPA og RPV været uændret.

Tilbagegangen i RPV-data er mere dæmpede end RPA-data (Fig. 1.10), da RPV ikke blot er afhængig af et areal, men også af en højde. Sammenlignes medianen for dybdegrænsen er den reduceret fra 2,8 m i perioden 1995-2000 til 2,6 m i 2001.

Tabel 1.16 Undervandsplanter – dækningsgrad, plantefyldt volumen og dybdegrænse. Middelt- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 14 ferske overvågningssøer med undersøgelser heraf for perioden 1995-2000 og året 2001.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Relativt plantedækket areal (%)	1995-00	22,2	0	1,0	19,3	45,8	58,1
	2001	20,4	0	0,8	7,0	38,4	59,5
Relativt plantefyldt volumen (%)	1995-00	5,3	0	0,1	1,1	6,6	25,1
	2001	4,8	0	0,1	0,9	2,4	21,8
Dybdegrænse (m)	1995-00	4,0	1,3	2,5	2,8	5,1	10,5
	2001	3,8	1,3	2,3	2,6	4,5	9,0

Tabel 1.17 Udviklingen i overvågningssøernes undervandsplanter fra 1993 til 2000. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ svarer til en reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. RPA er det relative plantedækkede areal. RPV er det relative plantefyldte volumen. Dybdegrænsen er indberettet med områdeundersøgelserne.

	RPA	RPV	Dybdegrænse
Søby Sø	0	--	0
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	0	0	--
Ravnsø	0	0	+
Søholm Sø	0	0	0
Kvie Sø	+++	+++	+++
Hornum Sø	0	0	0
Furesøen	+	+	0
Fårup Sø	0	0	0
Damhussøen	++	0	0
Hinge Sø	0	0	0
Tissø	(0)	(--)	(+)
Arreskov Sø	0	0	0
Utterslev Mose, Østbassin	0	0	0
i alt +/++/+++/++++	3	2	3
i alt -/--/---/----	0	2	1

Der er på trods af 9 års undersøgelser kun registreret få signifikante tendenser for planterne i søerne (Tabel 1.17), og det er værd at bemærke, at der for ingen søers vedkommende er sket reduktion i RPA. RPV er reduceret i to søer, Søby Sø og Tissø, mens dybdegrænsen kun er reduceret i én sø, Nors Sø. Kvie Sø står som de foregående to år for de mest markante og konsekvente ændringer, mens de øvrige signifikante ændringer er væsentligt mindre og ikke så entydige.

1.5 Fiskeyngel

Aborre og skalle fanget hyppigst

Aborre og skalle var stadig de mest almindelige fiskearter og blev fanget i næsten alle de undersøgte søer såvel littoralt som pelagisk (Tabel 1.18).

Tabel 1.18 Oversigt over arter fanget ved yngeltræk i søer, og antallet af søer, hvori de er fanget. Antal søer i alt: 30 (alle ekskl. Holm Sø).

Art	Antal søer	Antal søer littoralt	Antal søer pelagialt
Aborre	29	29	28
Skalle	26	26	24
Brasen	12	12	10
Hork	12	9	5
Sandart	9	9	5
Trepigget hundestejle	8	7	6
Nipigget hundestejle	6	4	3
Regnløje	6	6	4
Rudskalle	6	5	5
Løje	3	3	1
Smelt	3	3	3
Gedde	1	0	1
Lerkutling	1	1	1
Rimte	1	0	1
Sild	1	0	1
Ål	1	1	1

Stor variation mellem søerne

I ca. en tredjedel af søerne blev der desuden fanget brasen og hork. Hork blev hyppigst fanget i littoralen, ellers var arterne meget ensartet fordelt mellem littoralen og pelagiet. Gedde, rimte og sild blev

dog kun fanget i pelagiet og alle tre arter kun i en enkelt sø. De blev desuden fanget i så små mængder, at der kan være tale om tilfældigheder. Artsantallet er stadig lavere end ved standardfiskeri, hvor der fanges op til 13 arter i søerne (Jensen *et al.*, 1997). Ved yngelundersøgelserne blev der maksimalt fanget 5-6 arter.

Tabel 1.19 Fiskeyngelundersøgelser – antal m^{-3} og vægt ($g m^{-3}$). Middelværdier, medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for henholdsvis perioden 1998-2000 og året 2001.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Littorale yngeltræk							
Antal (# m^{-3})	1998-00	9,3	0,03	0,53	2,1	5,0	492
	2001	3,2	0,07	1,02	1,6	4,8	14
Vægt ($g m^{-3}$)	1998-00	1,02	0,008	0,12	0,37	0,98	19,9
	2001	0,74	0,018	0,19	0,40	1,00	3,2
Pelagiale yngeltræk							
Antal (# m^{-3})	1998-00	1,9	0,04	0,15	0,5	1,9	22
	2001	2,3	0,01	0,38	1,0	3,8	16
Vægt ($g m^{-3}$)	1998-00	0,45	0,002	0,03	0,11	0,48	4,4
	2001	0,58	0,007	0,09	0,22	0,85	3,1

Ligesom tidligere varierede ynglen i 2001 både antalmæssigt og vægtmæssigt meget søerne imellem. I pelagiet varierede den antalmæssigt fra 0,01 til 22 fisk m^{-3} og i littoralen fra 0,07 til 14 fisk m^{-3} (Tabel 1.19)

Sammenlignes 2001 med årene 1998-2000 (Tabel 1.19), er der ikke de store forskelle i littoralen. Den store forskel i max. skyldes imidlertid kun en enkelt sø (Arreskov Sø), hvor der fandtes meget høje yngeltætheder i specielt littoralen i 1998, hvilket også påvirker gennemsnittet noget. Med hensyn til pelagiet er der såvel antalmæssigt som vægtmæssigt generelt fanget lidt flere fisk i 2001 sammenlignet med 1998-2000, om end tendensen ikke er statistisk signifikant.

Aborre og skalle dominerer både antals- og vægtmæssigt.

Aborre og skalle er de to arter, der klart blev fanget i størst mængde, både hvad angår antal og vægt. I 2001 var vægten af aborrerne væsentligt større sammenlignet med 1998-2000 både i littoralen og pelagiet. For skallernes vedkommende var der ingen væsentlige forskelle mellem året 2001 og perioden 1998-2000. Der ser således ud til at ske et skift mod aborre i søerne, selvom det ikke på dette grundlag kan afgøres om det senere også betyder forskelle med hensyn til de "voksne" fisk.

Tabel 1.20 Sammenligning af fangsterne af henholdsvis aborre og skalle fordelt på littoral/pelagial for perioden 1998-2000 og året 2001. Vægt ($g m^{-3}$).

Art		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Aborre							
Littoral	1998-00	0,22	0,001	0,022	0,07	0,19	2,6
	2001	0,35	0,015	0,048	0,26	0,34	1,1
Pelagial	1998-00	0,29	0,001	0,027	0,07	0,43	2,7
	2001	0,36	0,001	0,061	0,14	0,41	2,5
Skalle							
Littoral	1998-00	3,45	0,006	0,390	1,18	3,92	21,2
	2001	1,66	0,104	0,848	1,24	1,66	4,6
Pelagial	1998-00	1,56	0,007	0,093	0,31	1,26	14,0
	2001	1,58	0,012	0,085	0,25	2,07	13,4

1.6 Brakvandssøerne

Danmark har et stort antal naturlige og kulturskabte brakvandssøer, som også dækker et betydeligt areal. På trods af dette har brakvandssøer hidtil ikke været undersøgt i særlig høj grad, og i forbindelse med revisionen af overvågningsprogrammet blev der derfor startet undersøgelser i 4 brakvandssøer: Ketting Nor (Sønderjyllands amt), Ferring Sø (Ringkøbing amt), Ulvedybet (Nordjyllands amt) og Nakskov Indrefjord (Storstrøms amt). På grund af det endnu ret beskedne datamateriale giver vi her en kort oversigt over miljøtilstanden i de 4 brakvandssøer.

Fire brakvandssøer undersøges

De fire brakvandssøer er alle lavvandede (middeldybde < 1,5m, Tabel 1.21). Ketting Nor og Nakskov Indrefjord er forholdsvis små (areal ca. 0,4 km² og 0,7 km²), mens Ferring Sø og Ulvedybet begge er forholdsvis store med et overfladeareal på hhv. 3,2 og 5,8 km².

Nakskov Indrefjord har den laveste salinitet (0,5-2 ‰). Ketting Nor og Ferring Sø har en forholdsvis lav salinitet (henholdsvis ca. 6-9 ‰ og 3 ‰) (Tabel 1.21), et niveau, som er typisk for mange danske brakvandssystemer. Ulvedybet havde i 2001 som i de foregående 3 år en forholdsvis lav salinitet (ca. 7,5 ‰), i modsætning til 1998, hvor saliniteten var 15-18 ‰. Grunden til den lavere salinitet fra 1999 var, at sluseklapperne i afløbet til Limfjorden i modsætning til i 1998 fungerede efter hensigten.

Næringsstofniveauerne er forholdsvis høje i alle fire brakvandssøer, totalfosfor koncentrationen er således over 0,1 mg P l⁻¹, og totalkvælstofkoncentrationen er mellem 1,4 og 4 mg N l⁻¹. Alle 4 brakvandssøer må således karakteriseres som næringsrige.

Tabel 1.21 Oversigt over miljøtilstanden i 1998-2000 og 2001 i de 4 brakvandssøer beskrevet ved en række vandkemiske og biologiske parametre. Undersøgelserne i Nakskov Indrefjord startede først i 1999. Alle værdier er tidsvægtede gennemsnit for sommeren.

	Ketting Nor		Ferring Sø		Ulvedybet		Nakskov Indrefjord	
	1998-00	2001	1998-00	2001	1998-00	2001	1999-2000	2001
Salinitet (‰)	7,2	8,0	ca. 3	ca. 2,5	12	7,5	1,4	1,3
Totalfosfor (mg P l ⁻¹)	0,147	0,135	0,235	0,282	0,331	0,353	0,223	0,216
Opløst fosfor (mg P l ⁻¹)	0,010	0,007	0,000	0,005	0,113	0,134	0,104	0,103
Total kvælstof (mg N l ⁻¹)	1,9	2,0	2,8	4,0	2,0	2,1	1,4	1,9
Nitrit+nitrat (mg N l ⁻¹)	0,17	0,19	0,02	0,017	0,03	0,05	0,29	0,78
Ammonium (mg N l ⁻¹)	0,023	0,04	0,013	0,057	0,009	0,005	0,010	0,022
Klorofyl a (µg l ⁻¹)	54	66	136	160	48	35	59	32
Sigt dybde (m)	0,7	0,6	0,4	0,3	0,6	0,6	0,9	>0,9
Suspenderet stof (mg l ⁻¹)	21	34	116	97	37	36	19	10

Høje næringsstof- og klorofyl a niveauer samt lave sigt dybder

Sigt dybden er derfor også lav (< 1 m) og klorofyl høj. Endvidere er koncentrationen af suspenderet stof høj i søerne. Den er specielt høj i Ferring Sø (ca. 100 mg SS l⁻¹), hvilket skyldes, at mængden af suspenderet stof ikke alene er bestemt af planteplankton, men i høj grad også øges på grund af resuspension. Ferring Sø er meget vindpåvirkelig som følge af beliggenheden tæt på Vesterhavet og den lave vanddybde.

Planteplanktonbiomassen og artssammensætningen i Ketting Nor og Ferring Sø modsvarer det høje næringsstofniveau. Ulvedybet er lidt anderledes, da planteplanktonet er domineret af små grønalger (pi-

coplankton, $<5 \mu\text{m}$), der på trods af meget højt antal (og klorofylkoncentration) ikke udgør en tilsvarende høj biomasse (Tabel 1.22). I Nakskov Indrefjord dominerer blandt andre kiselalger.

Tabel 1.22 Oversigt over den biologiske struktur i de 4 brakvandssøer.

	Planteplankton	Dyreplankton	Undervandsplanter
Ketting Nor	Autotrofe flagellater	Calanoide cop.	"sparsom"
Ferring Sø	Blågrønalger	Calanoide cop.	Børstebel. vandaks
Ulvedybet	Grønalger (pico)	Calanoide cop.	Havgræs m.fl.
Nakskov Indrefjord	Kiselalger m.fl.	Hjuldyr	Vandaks m.fl.

Dyreplankton domineres af calanoide vandlopper og hjuldyr

Dyreplanktonet er domineret af calanoide vandlopper i Ketting Nor, Ferring Sø og Ulvedybet, mens hjuldyr dominerer i Nakskov Indrefjord (Tabel 1.22).

Undervandsvegetationen i brakvandssøerne er forskellig fra den tilsvarende vegetation i ferskvandssøerne. Sammenlignes ferskvandssøer og brakvandssøer er det i sidstnævnte derfor ikke blot sigtddybden, der er afgørende for vegetationens dækningsgrad, men også om der er plantearter til stede, som kan tolerere de aktuelle salinitetskoncentrationer.

For en mere detaljeret gennemgang af de 4 brakvandssøer samt en sammenligning med ferskvandssøerne henvises til en tidligere NOVA-rapport for søer (Jensen *et al.*, 2000).

1.7 Forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i søerne

Formålet med overvågning af miljøfremmede stoffer er at give et indblik i stoffernes forekomst i danske søer. Overvågningen kan ikke give et landsdækkende billede, men bidrage med viden om hvilke koncentrationsniveauer samt stoffer der forekommer i større søer.

Muligt at måle for miljøfremmede stoffer i vandmiljøet

I løbet af de senere år er det blevet teknisk og økonomisk muligt at måle for en lang række af miljøfremmede stoffer i vandmiljøet. Derfor blev de miljøfremmede stoffer sammen med tungmetallerne en del af NOVA2003-overvågningen i udvalgte søer og vandløb i forbindelse med den seneste revision af det nationale overvågningsprogram for vandmiljøet (Miljøstyrelsen, 2000). For søernes vedkommende blev det besluttet at måle på vandfasen hvert andet år, og hvert andet år på prøver fra sediment og fisk, hvor de miljøfremmede stoffer forventes at blive akkumuleret. Desværre viste det sig, at de danske laboratorier kun kunne analysere for stofferne i vandfasen.

Der udtages 6 årlige prøver i 8 søer

Resultatet blev at der i 1999, 2001 og 2003 skulle måles for tungmetaller og miljøfremmede stoffer på vandfasen i 8 udvalgte søer med en årlig frekvens på 6 prøver. De 6 prøver udtages i sommerhalvåret med to i juni, to i juli, én i august og én i september. Prøvetagningen sker i forbindelse med den normale søprøvetagning. For nærmere detaljer omkring prøvetagning og analyser henvises til Kronvang *et al.* (1999).

I 1998 blev målingerne af miljøfremmede stoffer suspenderet, og pengene anvendt til andre delprogrammer i NOVA. Derfor foreligger der på nuværende tidspunkt kun én runde med miljøfremmede stoffer fra 2001, mens tungmetaller er målt i både 1999 og 2001. I Søgård Sø, Hinge Sø og Bryrup Langsø er der imod forventning ikke lavet undersøgelser for tungmetaller.

Tungmetaller

Koncentrationen af tungmetaller er kun målt i 5 søer i henholdsvis 1999 og 2001 (Tabel 1.23). Resultaterne kan derfor bestemt ikke siges at være generelt gældende for danske søer, men omvendt kan resultaterne anvendes som indikatorer for hvilke koncentrationsniveauer, man kan forvente at finde i søerne.

Vi har valgt ikke at fokusere på de enkelte søer, idet dette er rapporteret regionalt af amtskommunerne og Københavns kommune.

Tabel 1.23 Oversigt over de 5 søer, hvor der er foretaget undersøgelser af tungmetaller i 1998 og 2001.

Amt	Sø
Roskilde	Borup Sø
Københavns kommune	Damhussøen
Københavns amt	Furesøen
Frederiksborg	Bastrup Sø
Fyn	Arreskov Sø

Tungmetalkoncentrationerne er lave

Der er ikke fundet væsentlige koncentrationsforskelle i søerne mellem de to år (Tabel 1.24), hvorfor der som udgangspunkt kan ses bort fra disse forskelle. De fundne koncentrationer af tungmetaller er forholdsvis lave (Tabel 1.24), dog var stort set alle målinger i de 5 søer over detektionsgrænsen. Generelt er koncentrationerne mindre end de koncentrationer, der er registreret i NOVA-vandløbene (*Iversen et al., 2001*). Dog er kviksølvkoncentrationerne i søerne på niveau med eller højere end de fleste målinger i vandløb. En årsag hertil kan være kemisk betinget af frigivelse fra kviksølvpuljen i sedimentet.

Koncentrationen ligger under udlederkrav

Umiddelbart vurderet er koncentrationerne af tungmetaller fundet i de 5 søer lave. De ligger ikke blot under de danske udlederkrav, men også under de norske grænseværdier for økologiske effekter (tabel 1.24). De økologiske effekter af tungmetallerne må derfor forventes at være ringe. I andre danske overvågningssøer blev der dog ved en undersøgelse i 1996 fundet flere tungmetalkoncentrationer (*Skjelkvåle et al., 2001*), der overskred grænseværdierne væsentligt (f.eks. bly, max: $8 \mu\text{g l}^{-1}$).

Det har ikke været muligt at foretage analyser på sæsonvariationen af de forskellige tungmetaller p.g.a. de få prøver pr. år. En fornuftig beskrivelse af tungmetallernes sæsonvariation ville kræve, at prøvetagningsfrekvensen blev øget væsentligt. Tilsvarende ville et øget antal søer også øge troværdigheden betydeligt.

Tabel 1.24 Totale koncentrationer ($\mu\text{g l}^{-1}$) af tungmetaller i de udvalgte overvågningssøer. n angiver antal søer med målinger (i hver sø er der målt 6 gange pr. år). Ved beregningerne er værdier under detektionsgrænsen substitueret med 0. Til sammenligning er givet de danske udledningskrav (*Miljøstyrelsen, 1996*) og den norske grænseværdi for økologiske effekter i ferskvand (*SFT, 1997*).

		n	Gns	Min	25%	median	75%	max	krav, DK	grænse, N
Zink	1998	4	4,3	1,9	2,1	3,7	6,5	7,9	110	20
	2001	5	2,5	0,8	1,5	1,5	2,5	6,1		
Bly	1998	4	0,32	0,15	0,21	0,28	0,44	0,58	3,2	1
	2001	5	0,51	0,38	0,43	0,49	0,61	0,62		
Arsen	1998	4	1,04	0,25	0,58	1,00	1,49	1,89	4	5
	2001	4	1,25	0	0,38	0,96	2,13	3,10		
Nikkel	1998	4	1,14	0,41	0,64	0,87	1,64	2,40	160	15
	2001	5	1,00	0,18	0,53	0,88	0,90	2,48		
Kviksølv	1998	4	0,0511	0,0008	0,0010	0,0018	0,1012	0,2000	1	-
	2001	4	0,0404	0	0	0,0006	0,0809	0,1605		
Kobber	1998	4	0,96	0,48	0,56	0,66	1,37	2,05	12	3
	2001	5	0,76	0,23	0,48	0,57	0,77	1,75		
Cadmium	1998	4	0,018	0,004	0,008	0,019	0,029	0,032	5	0,1
	2001	5	0,029	0	0	0,002	0,002	0,140		
Krom	1998	4	0,30	0,04	0,08	0,31	0,52	0,55	10	5
	2001	5	0,65	0,05	0,10	0,21	0,45	2,45		

Miljøfremmede stoffer

Undersøgt for 64 stoffer i 8 søer

De miljøfremmede stoffer er undersøgt med 6 prøver i løbet af 2001 i 8 udvalgte søer (Tabel 1.25). I samtlige 8 søer er der undersøgt for 64 forskellige stoffer, hvoraf 48 er pesticider eller nedbrydningsprodukter heraf. De resterende stoffer er 11 polyaromatiske kulbrinter samt enkelte blodgørere, ethere og anioniske detergenter (Tabel 1.26).

Tabel 1.25. Oversigt over de 8 søer, hvor der er foretaget undersøgelser af miljøfremmede stoffer i 2001.

Amt	Sø
Roskilde	Borup Sø
Københavns kommune	Damhussøen
Københavns amt	Furesøen
Frederiksborg	Bastrup Sø
Fyn	Arreskov Sø
Vejle	Søgård Sø
Viborg	Hinge Sø
Århus	Bryrup Langsø

Alle 64 stoffer er registrerede i søerne

I alt blev der fundet positive prøver for samtlige 64 stoffer (Tabel 1.26). Resultaterne kunne derfor tyde på, at man finder, hvad man søger efter. Dette er dog kun generelt, for den enkelte sø kan der være væsentlige forskelligheder. Hertil skal nævnes, at fundprocenten (antal prøver, hvori stoffet findes i forhold til det totale antal undersøgte prøver) varierede mellem 13 og 75 %. Betragtes mediankoncentrationerne for alle de positive prøver (dvs. prøver med koncentrationer over eller lig med detektionsgrænsen), lå den for 56 stoffers vedkommende på $1-2 \times$ detektionsgrænsen.

Stofferne generelt fundet i lave koncentrationer

Ovenstående betyder, at for langt de fleste stoffer var målingerne under detektionsgrænsen eller lige omkring denne (Tabel 1.26). For kun 11 stoffer (på søniveau) blev der fundet mediankoncentrationer over detektionsgrænserne. Det drejer sig om pesticiderne BAM, AMPA, Desethyl-

isopropylatrazin, Diuron, DNOC, Glyphosat, Hydroxyatrazin, TCA samt phenolgruppen: Nonylphenolerne. For to stoffer, blødgøreren DEPH og den polyaromatiske kulbrinteforbindelse Anthracen, blev der registeret maksimumkoncentrationer over grænseværdien.

BAM og AMPA er blandt de hyppigst forekommende stoffer

De pesticider, som findes hyppigst, er BAM (nedbrydningsprodukt fra Dichlobenil), AMPA (nedbrydningsprodukt fra Glyphosat), Maleinhydrazid, TCA og Glyphosat med fundhyppigheder på mellem 75 og 40 % (Tabel 1.26). De pesticider, som er fundet i de højeste koncentrationer, er AMPA og Diuron med hhv. 0,23 og 0,22 $\mu\text{g l}^{-1}$. Af alle miljøfremmede stoffer er det blødgøreren DEHP, der er fundet i den højeste koncentration med: 3,4 $\mu\text{g l}^{-1}$. Mediankoncentrationen for dette stof er på 0,65 $\mu\text{g l}^{-1}$ og ligger dermed en faktor 6 over grænseværdien for stoffet.

I vandløb gennemføres et mere omfattende måleprogram på de miljøfremmede stoffer. Sammenlignes resultaterne fra søerne med vandløbene er maksimumkoncentrationerne i søerne på niveau med eller lidt under maksimumkoncentrationerne i de større vandløb (Tabel 1.27). I de små vandløb ligger koncentrationerne generelt over koncentrationerne i både store vandløb og søer. For en mere omfattende oversigt over resultater fra vandløb henvises til Iversen *et al.* (2001).

Ikke væsentlige effekter af miljøfremmede stoffer i de undersøgte søer

På baggrund af de generelt lave koncentrationer i de 8 søer og kendte effektkoncentrationer konkluderes det, at der ikke må formodes at forekomme økologiske konsekvenser af stofferne. Hvorvidt der kan forekomme effekter som følge af stofkombinationer kan vi ikke udtale os om.

Tabel 1.26. Oversigt over resultaterne fra målinger af koncentrationen af miljøfremmede stoffer i de udvalgte overvågnings søer. Stofferne er grupperet efter stofgruppe: P: pesticid, PM: pesticidmetabolit, Ph: phenoler, Po: Polyaromatiske kulbrinter, Bl: Blødgørere, E: Ether, AD: Anioniske detergenter. I beregning af mediankoncentrationer er værdier mindre end detektionsgrænsen substitueret med 0. Grænseværdier for økologiske effekter er medtaget (efter *Iversen et al., 2000*), parenteser angiver at en udenlandsk grænseværdi er anvendt. Grænseværdierne er baseret på EC/LD50 værdier, korrigeret med sikkerhedsfaktor.

Stof	Stof- gruppe	"Positive" prøver	Fund %	Median konc ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Max konc ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Grænse- værdi
2,4_D	P	6	13	0,01	0,01	10
2,6-dichlorbenzamid, BAM	PM	36	75	0,02	0,1	-
2-methylphenanth..		14	30	0,02	0,03	-
3,6-dimethylphen..		15	31	0,02	0,03	-
3-hydroxycarbofuran	P	13	27	0,02	0,043	-
4-nitrophenol	P	18	38	0,05	0,085	-
Acenaphthen	Po	15	31	0,02	0,03	-
Aminomethylphosphorsyre, AMPA	PM	35	73	0,05	0,23	-
Anthracen	Po	15	31	0,02	0,03	0,01
Atrazin	P	9	19	0,01	0,049	1
Bentazon	P	18	38	0,02	0,07	(64)
Benz(a)anthranze	Po	15	31	0,02	0,03	-
Benz(a)pyren	Po	15	31	0,02	0,03	-
Benz(e)pyren	Po	15	31	0,02	0,03	-
Benz(ghi)perylene	Po	15	31	0,02	0,03	-
Bromoxynil	P	10	21	0,01	0,02	-
Carbofuran	P	7	15	0,01	0,02	-
Chloridazon	P	10	21	0,02	0,03	(73)
Chlorsulforon	P	10	21	0,01	0,03	(0,01)
Cyanazin	P	8	17	0,01	0,02	(0,19)
Dalapon	P	7	15	0,01	0,02	-
Desethylatrazin	PM	9	19	0,01	0,05	-
Desethylisopropylatrazin	PM	24	50	0,02	0,06	-
Desethylterbutylazin	P	11	23	0,01	0,02	-
Desisopropylatrazin	PM	15	32	0,02	0,04	-
Di(2-ethylhexyl) DEHP	Bl	12	26	0,65	3,4	0,1
Dibenzothiophen		15	31	0,02	0,03	-
Dichlobenil	P	6	13	0,01	0,01	-
Dichlorprop	P	11	23	0,01	0,12	(40)
Dimethoat	P	11	23	0,01	0,068	1
Dinoseb	P	10	21	0,01	0,03	(0,025)
Diuron	P	17	35	0,02	0,22	(0,43)
DNOC	P	18	38	0,02	0,072	(21)
Ethofumesat	P	7	15	0,01	0,02	-
Ethylenthiourea	P	6	13	0,01	0,034	-
Fenpropimorph	P	7	15	0,01	0,02	(17)
Flouranthen	Po	16	33	0,02	0,03	-
Flouren		15	31	0,02	0,03	-
Glyphosat	P	20	42	0,02	0,11	(120)
Hexazinon	P	10	21	0,02	0,056	-
Hydroxyatrazin	P	19	40	0,02	0,025	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	Po	15	31	0,02	0,03	-
Ioxynil	P	10	21	0,01	0,02	(120)
Isoproturon	P	10	21	0,015	0,062	(3)
Lenacil	P	7	15	0,02	0,03	-
Lin. alkylbenzensulfonate	AD	6	13	2	2	-
Maleinhydrazid	P	27	56	0,02	0,2	-
MCPA	P	9	19	0,05	0,15	(700)
Mechlorprop	P	7	15	0,01	0,011	(3,9)
Metamitron	P	10	21	0,01	0,03	(10)
Metribuzin	P	7	15	0,01	0,02	(2,2)
Metsulfuron methyl	P	11	23	0,01	0,03	(0,04)
Nonylphenoler	Ph	22	46	0,1	0,34	1
Pendimethalin	P	9	19	0,01	0,02	-
Perylen	Po	15	31	0,02	0,03	-
Phenanthren	Po	16	33	0,02	0,03	-
Pirimicarb	P	7	15	0,01	0,02	(0,14)
Propiconazol	P	9	19	0,01	0,04	(0,02)
Pyren	Po	15	31	0,02	0,03	-
Simazin	P	17	35	0,02	0,032	1
Terbutylazin	P	11	23	0,011	0,031	(1,6)
Tert-butylmethyl MTBE	E	9	19	0,2	3,1	-
Trichloreddikesyre TCA	P	24	50	0,02	0,057	-
Trifluralin	P	6	13	0,01	0,01	(0,037)

Tabel 1.27. Maksimumkoncentrationer ($\mu\text{g l}^{-1}$) af 9 hyppigt fundne pesticider i store og små vandløb (fra Iversen *et al.*, 2001) samt i de 8 søer.

	Store vandløb, (n=5)	Små vandløb (n=20)	
Glyphosat (H)	1,8	1,4	0,11
AMPA (M)	1,1	0,52	0,23
BAM (M)	0,18	0,61	0,1
Terbutylazin (H)	0,58	1,26	0,03
Isoproturon (H) (udfaset 1999)	0,13	2,1	0,06
Diuron (H)	0,07	0,36	0,22
Bentazon (H)	0,03	1,2	0,07
Fenpropimorph (F)	0	0,11	0,02
Dimethoat (I)	0,03	0,12	0,07

1.8 Ekstensiv søovervågning

Ved den foregående revision blev det uden held forsøgt at få suppleret det intensive overvågningsprogram med et landsdækkende ekstensivt overvågningsprogram. Forslaget indebar, at man i en 3-årig turnus skulle undersøge omkring 300 søer, altså ca. 100 søer pr. år fordelt ud over hele Danmark. Efter en 3-årig turnus skulle der startes forfra med søerne, så hver sø blev undersøgt hvert tredje år.

Programmet omfattede 7 prøveudtagninger med vandkemi i alt, heraf en enkelt vinterprøve (Tabel 1.28). Herudover blev det vandkemiske program suppleret med en plante- og en dyreplanktonprøve i august, ligesom også udbredelse og sammensætning af undervandsplanter vurderes i august.

Frivillige aftaler med nogle amter

Da der ikke kunne opnås enighed om at skaffe ressourcerne til det landsdækkende ekstensive overvågningsprogram for søer, forsøgte man i stedet at indgå frivillige aftaler med amterne om gennemførelse af programmet. Dette lykkedes for de fleste amter. Fra de resterende amter blev det tilkendegivet, at man om muligt ville bidrage med data fra det regionale tilsyn med søer.

Tabel 1.28 Oversigt over måleprogram i det ekstensive overvågningsprogram for søer.

Parametre	Antal prøver pr. år
Vandtemperatur	7
pH	7
Alkalinitet	7 ¹⁾
Totalkvælstof	7
Totalfosfor	7
Klorofyl a	7
Sigtdybde	7
Sulfat	1 ¹⁾
Planteplankton	1
Dyreplankton	1
Undervandsvegetation	1

¹⁾ Hvis pH er mindre end 6.0 måles disse supplerende parametre på vinterprøver

3-årig turnus gennemført og 117-165 søer indgår

Nu er der gennemført en 4-årig turnus: 1998-2001, og data er indsamlet af Fagdatacentret for Ferskvand. Med hensyn til vandkemiske data er alle data indsamlet, mens kun en del af de biologiske data er

modtaget. I nogle amter er de biologiske prøver endnu ikke færdigbearbejdet, og nogle få amter har ikke gennemført de biologiske undersøgelser. Tilsvarende har vi kun i et vist omfang modtaget supplerende informationer om søerne (f.eks. morfometri og oplande). Data benyttet i dette afsnit er dels indberettede data fra de amter, der har indgået frivillige aftaler, og dels regionale tilsynsdata i det omfang, de er blevet indberettet til Fagdatacentret. Herudover har vi suppleret med relevante data fra DMU's egne søundersøgelser. I alt giver dette et vandkemisk datasæt spændende fra mellem 129 søer pr. 3 år (alkalinitet) til 191 pr. 3 år (klorofyl).

Der vil her blive givet en kort status for resultaterne fra de vandkemiske undersøgelser i perioden, men f.eks. udviklingstendenser kan man tidligst få noget ud af efter to 3-årige turnusser.

Tabel 1.29 Oversigt over de tilgængelige morfometriske data. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for søarealet (km²), middeldybden samt maksimal dybden. Data fra 1998-2001 uden NOVA-søer.

	n	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Søareal (km ²)	121	1,10	0,01	0,11	0,29	1,00	17,30
Middeldybde (m)	103	2,9	0,5	1,2	2,0	4,0	14,6
Max. dybde (m)	85	6,7	0,9	2,4	5,0	8,0	34,4

Vurderet på baggrund af oplysningerne om søernes morfometri (Tabel 1.29), er de større danske søer dækket rimeligt ind. Der er data fra søer helt ned til en størrelse på 1 ha, men 75 % af søerne er over 0,11 km² og op til 17,3 km². Med hensyn til dybdeforholdene dækkes forholdene for større danske søer godt. Middeldybden varierer fra 0,5 m til 14,6 m med et gennemsnit på 2,9 m, mens maksimaldybden varierer fra 0,9 m til 34,4 m med et gennemsnit på 6,7 m.

Søerne dækker et bredt fosforinterval

Næringsstofniveauet er meget forskelligt i søerne. Således varierer totalfosfor fra 0,013 til 2,9 mg P l⁻¹ som sommergennemsnit for søerne i årene 1998 til 2001 (Tabel 1.30), og totalkvælstof varierer fra 0,2 til 5,5 mg N l⁻¹ som sommergennemsnit for søerne. Derfor er der naturligvis også stor variation i hhv. sigtdybden (0,2 til 5,2 m) og klorofylmængden (3 til 406 µg l⁻¹).

Høje fosforkoncentrationer dominerer

I datasættet indgår også nogle få egentlig forsurede søer (pH<4) i 1998, mens pH for alle søerne i 1999-2001 var større end 5,6. Tilsvarende indgår også om end fåtalligt nogle lav-alkaline søer. Langt de fleste af søerne har på linie med resultaterne fra det intensive overvågningsprogram forhøjede eller stærkt forhøjede næringsstofniveauer. Således har mere end halvdelen af søerne en totalfosforkoncentration over 0,1 mg P l⁻¹ og trefjerdedele af søerne en koncentration højere end 0,073 mg P l⁻¹.

Tabel 1.30 Vandkemiske målinger fra ekstensive søundersøgelser. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for sommergennemsnit fra overfladevand for de enkelte år 1998-2001 samt for hele perioden. Data fra 1998-2001 uden NOVA-søer.

		n	Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total P (mg P l ⁻¹)	1998	73	0,245	0,013	0,074	0,134	0,268	2,869
	1999	70	0,154	0,026	0,069	0,106	0,170	0,811
	2000	47	0,148	0,017	0,072	0,102	0,169	1,284
	2001	39	0,195	0,021	0,082	0,139	0,214	1,816
	98-01	172	0,177	0,013	0,073	0,116	0,194	2,343
Total N (mg N l ⁻¹)	1998	73	1,79	0,22	1,03	1,56	2,35	5,52
	1999	70	1,66	0,66	1,04	1,45	1,90	4,98
	2000	47	1,57	0,41	1,16	1,44	1,90	4,08
	2001	39	1,72	0,43	1,10	1,50	2,12	6,15
	98-01	172	1,71	0,22	1,05	1,47	2,18	6,15
Sigtdybde (m)	1998	71	1,4	0,2	0,5	0,8	1,8	5,2
	1999	64	1,2	0,3	0,7	0,9	1,7	3,2
	2000	55	1,2	0,2	0,6	1,0	1,4	3,7
	2001	56	1,1	0,3	0,6	0,8	1,3	4,5
	98-01	187	1,3	0,2	0,6	0,9	1,6	5,2
Klorofyl (µg l ⁻¹)	1998	73	69	3	22	46	86	336
	1999	68	49	4	22	39	63	172
	2000	56	59	3	23	44	69	406
	2001	56	62	5	29	45	75	296
	98-01	191	58	3	21	43	72	406
pH	1998	56	7,7	3,6	7,2	8,0	8,4	9,8
	1999	57	8,1	6,7	7,6	8,0	8,6	9,6
	2000	51	8,3	7,0	8,1	8,2	8,5	9,2
	2001	55	8,2	5,6	7,8	8,3	8,8	10,6
	98-01	159	8,0	3,6	7,7	8,2	8,5	9,8
Alkalinitet (mmol l ⁻¹)	1998	55	1,76	0,00	0,73	1,87	2,54	4,29
	1999	51	1,94	0,14	1,32	1,91	2,57	4,17
	2000	34	2,27	0,19	1,40	2,15	3,23	4,08
	2001	37	1,80	0,08	1,16	1,72	2,49	4,95
	98-01	129	1,99	0,00	1,32	1,95	2,68	4,95

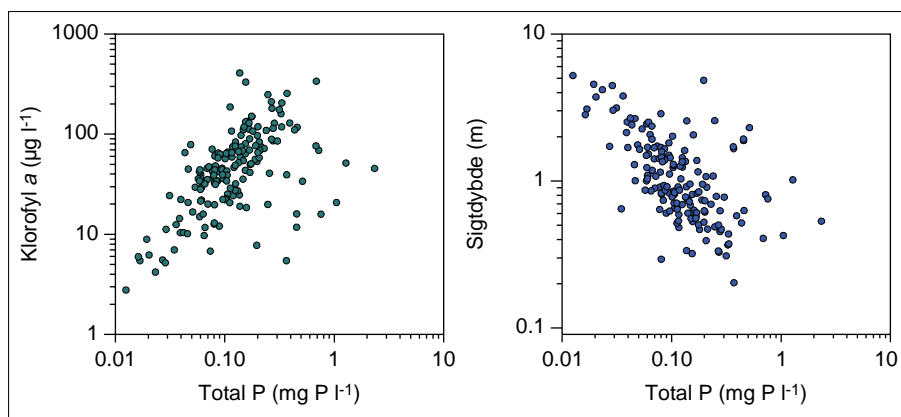
På grund af det generelt høje næringsstofniveau er sigtdybden generelt også lav, og klorofylmængden generelt høj. Som gennemsnit for søerne er sigtdybden ringe (1,3 m), og halvdelen af søerne har en sigtdybde mindre end 0,9 m. Tilsvarende er gennemsnittet for klorofylmængden høj (58 µg l⁻¹), og halvdelen af søerne har en klorofylkoncentration på over 43 µg l⁻¹.

Sammenbrudssøer forekommer

Totalfosforkoncentrationen er den bedst forklarende parameter med hensyn til såvel klorofyl og sigtdybde, og relationerne er rimeligt entydige (Fig. 1.11), men det er samtidigt tydeligt, at i nogle søer er det ikke totalfosfor, der er afgørende. Ved de højeste totalfosforkoncentrationer (0,5-2,9 mg P l⁻¹) er der andre ting, der betyder mere. Søer med så høje fosforkoncentrationer er ofte såkaldt "sammenbrudssøer", hvor det biologiske system bryder sammen med jævne mellemrum, og bl.a. fiskedød kan forekomme. Uden fiskene kan f.eks. *Daphnia magna* opnå tætheder, hvorved algerne kan reguleres og holdes på et meget lavt niveau i forhold til næringsstofkoncentrationen. Men også lav tilførsel af kvælstof kan betyde lavere klorofyl, end man skulle forvente ud fra fosforniveauet. De biologiske undersøgel-

ser af plankton og undervandsplanter kan være med til at afklare disse forhold nærmere.

Figur 1.11 Sammenhænge mellem henholdsvis klorofylmængden (venstre) samt sigtddybden (højre) og totalfosfor koncentrationen. Data fra 1998-2001



SØ02 – Fig. 1.11

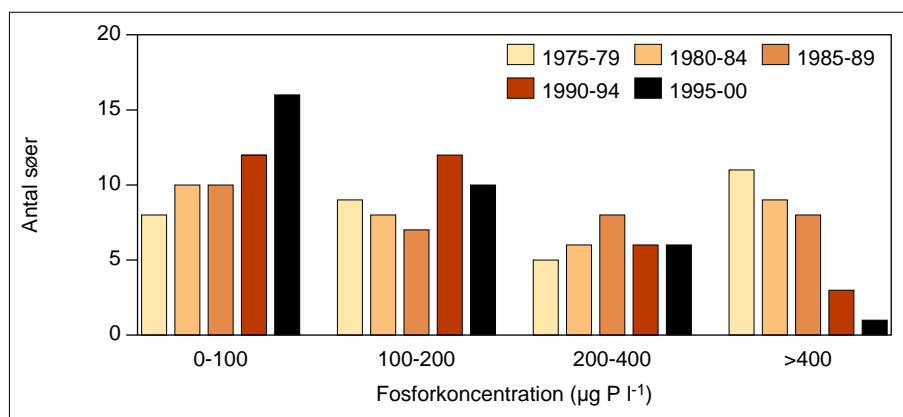
Mange søer har dårlig miljøkvalitet

Ud fra det ekstensive program er det ikke muligt direkte at udtale sig om årsagssammenhænge, idet næringsstofftilførslen og kilderne hertil ikke kendes. Men det er dog klart, at mange af søerne har en ringe eller meget ringe vandkvalitet, og at fosforkoncentrationen skal nedbringes væsentligt i mange af søerne for at opnå en god vandkvalitet.

På baggrund af at det nuværende uformelle ekstensive overvågningsprogram for søer først startede i 1998, og det faktum at søerne i dette program kun undersøges én gang i en 3-årig periode, er det endnu ikke muligt at udtale sig sikkert om udviklingen i næringsstofniveau og vandkvalitet.

Men for dels at vise den hidtidige udvikling og dels for at vise princippet for påvisning af udviklingstendenser vises resultatet fra 31 søer med data fra mindst 1 år i hver af 5-års perioder fra 1975 og indtil år 2000 (Fig. 1.12).

Figur 1.12 Udvikling i totalfosforkoncentrationen inddeelt i 4 intervaller ($\mu\text{g P l}^{-1}$) for 31 søer med målinger fra hver 5-års periode fra 1975 til 2000.



SØ02 – Fig. 1.12

Fald i fosfor siden 1975

Der er sket et markant skift i fosforniveauet i mange søer fra 1975 og til 2000. Således var søer med $>400 \mu\text{g P l}^{-1}$ den største gruppe i 1975-1980, mens det for søerne i perioden fra 1995 til 2000 var den reneste gruppe 0-100 $\mu\text{g P l}^{-1}$, der var gruppen med flest søer. Ændringer i fordelingen af søerne imellem perioderne er også statistisk set meget sikker ($P < 0,001$).

Faldet størst fra 1985-1995

Interessant er det også, at den store nedgang i antallet af søer i den mest næringsrige gruppe sker mellem 1985-89 og 1990-95. Umiddelbart er dette sammenfaldende med vedtagelsen af Vandmiljøplanen, men da der i disse

søer ofte vil have været en længerevarende periode, hvor totalfosforkoncentrationen forbliver høj p.g.a. frigivelse af fosfor fra sedimentet, vil der for mange af disse søer være gennemført indgreb over for fosfortilførslen fra specielt spildevandsanlæg tidligere i 1980'erne. Så æren for faldet kan ikke kun tilskrives Vandmiljøplanen, men i høj grad også amternes regionale handlingsplaner.

Med et ekstensivt overvågningsprogram på et statistisk udvalgt sæt af de danske søer opnås gode muligheder for såvel på regionalt som på nationalt plan at følge udviklingen i de større danske søers miljøtilstand. Kombineret med et intensivt overvågningsprogram, hvor man kan udtale sig om årsagssammenhænge og gennemføre troværdige scenarieberegninger, vil dette give et godt redskab til at beskrive miljøtilstanden i søerne, udviklingen heri, og ikke mindst mulighed for at pege på de eventuelle tiltag, der vil kunne forbedre søernes miljøtilstand.

1.9 Søernes målsætning og aktuelle tilstand

Overvågnings søerne er som andre større danske søer tildelt en målsætning for den ønskede miljøtilstand. Målsætninger udarbejdes af amterne og indgår i amternes regionplaner. På baggrund af de fastlagte målsætninger sættes mere specifikke krav til de enkelte søers tilstand og næringsstofftilførsel. De enkelte amter har på baggrund af de generelle retningslinier (*Miljøstyrelsen, 1983*) udarbejdet deres egne systemer til fastlæggelse af målsætninger for søerne og opstilling af de specifikke krav til søernes tilstand og næringsstofftilførsel (*Jensen et al., 1997*). Dette forhold besværliggør en standardiseret national sammenstilling, men generelle informationer kan dog godt udtrages.

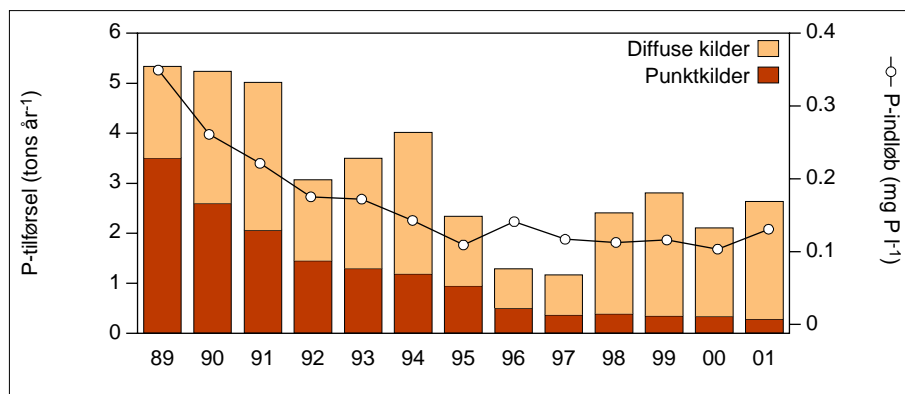
Kun 5 af 31 søer opfylder målsætningen

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2001 har amtskommunerne vurderet om overvågnings søernes målsætninger er opfyldt. Disse vurderinger er opsummeret i Tabel 1.31. Langt hovedparten af de 31 søer lever ikke op deres målsætninger, idet målsætningen kun er vurderet opfyldt for 5 af søerne. Det vil sige, at ca. 19 % af de 31 søer har opfyldt deres målsætning, hvilket nogenlunde svarer til konklusionen fra en sammenstilling for 698 søer i 1997, hvor det blev påvist, at kun 34 % af disse søer opfyldte deres målsætning (*Jensen et al., 1997*). Tilsvarende har Skov- og Naturstyrelsen ved sammenstilling af regionale tilsynsdata for 250 søer fra 2000 fundet, at 32 % af søerne opfyldt deres målsætning (*Ivan Karottki, pers. medd., kommer i tilsynsrapporten: Miljøstyrelsen, 2002 - under udarbejdelse*). Således skal fosfortilførslen til søerne reduceres yderligere for at opnå en tilstrækkelig god tilstand i søerne, svarende til kravene i målsætningerne.

Diffus fosfortilførsel skal reduceres

Fosfortilførslen fra punktkilder er reduceret væsentligt siden 1989, og indløbskoncentration af fosfor er derfor også reduceret væsentligt (Fig. 1.13). Samtidigt er den diffuse fosfortilførsel ikke ændret væsentligt ud over de klimatiske betingede år- til årvariationer. Det er tydeligt, at for overvågnings søerne generelt er mulighederne for at reducere fosfortilførslen betinget af, at den diffuse tilførsel og dermed landbrugsbidraget reduceres.

Figur 1.13 Udviklingen i fosfortilførslen til søerne, spildevandsandelen heraf (grå søjle) samt den vandføringsvægtede indløbskoncentration 1989-2001 (baseret på de 27 NOVA-ferskvands-søer). P-tilførsel angivet ved søjler (grå = punktkilder, hvid = diffus). Linien angiver indløbskoncentrationen af fosfor.

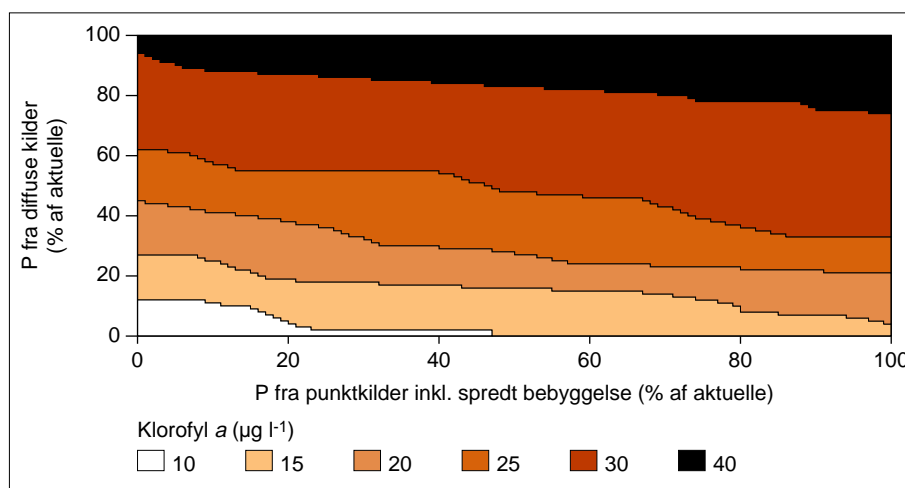


SØ02 – Fig. 1.13

Scenarieregninger

På baggrund af de aktuelle belastningsforhold er der gennemført scenarieregninger for konsekvenserne af at reducere fosfortilførslen yderligere gennem reduktioner i hhv. den diffuse tilførsel samt tilførslen fra punktkilder. Herefter er den resulterende klorofylkoncentration i søerne beregnet (Fig. 1.14).

Figur 1.14 Scenarieregninger af konsekvenserne af reduktioner i fosfortilførslen til søer, hhv. tilførslen fra punktkilder inkl. spredt bebyggelse og tilførslen fra diffuse kilder (baggrund+ landbrugsbidrag). Akserne angiver procentuelle reduktioner i forhold til den aktuelle i de to typer fosfortilførsel til søerne. På plottet kan den resulterende klorofylkoncentration aflæses. Figuren skal læses med et vist forbehold idet man f.eks. naturligvis ikke vil kunne reducere den diffuse tilførsel til 0%.



SØ02 – Fig. 1.14

Det er tydeligt, at yderligere reduktioner i fosfortilførslen fra punktkilder (spildevand mv.) generelt kun vil have mindre effekter på den resulterende klorofylmængde i søerne (Fig. 1.14). Dette er endog tilfældet, selv om den spredte bebyggelse er inkluderet i punktkilderne. Således vil det for en del søer også være nødvendigt at kunne regulere på den diffuse fosfor tilførsel til søerne for at opnå den ønskede tilstand. Den diffuse tilførsel stammer dels fra et baggrundsbidrag, som ikke kan ændres væsentlig, og det dyrkningsbetingede bidrag fra landbrugsarealer. Det er således denne del, der skal reduceres for at ændre den diffuse tilførsel og dermed forbedre søernes tilstand.

Denne konklusion er i tråd med temarapporteringen i 1997 (Jensen *et al.*, 1997), hvor det ved hjælp af scenarieanalyser blev vist, at den diffuse fosfortilførsel skulle reduceres væsentligt for at opnå en markant forbedring i tilstanden. Og en væsentlig reduktion her indbefatter en væsentlig reduktion i landbrugets fosfortab til vandmiljøet.

Samtidig er det væsentligt at påpege, at situationen for enkelt søer sagtens kan være afvigende fra det generelle billede, således at reduktioner i fosfortilførslen fører til, at den ønskede miljøtilstand kan opnås i disse søer.

Tabel 1.31 Oversigt over de 31 overvågningssøers målsætninger med angivelse af en eventuelle specifikke krav. Herudover er amternes vurdering af om målsætningen er opfyldt angivet, denne vurdering er i hovedsagen baseret på resultaterne fra 2001. tot-P: Totalfosforkoncentration, sigt: Sigtdybde. (som.: sommergennemsnit, år: årsgennemsnit).

Målsætninger: A: Skærpet målsætning (upåvirket af menneskelig aktivitet), A2: Badevand, B: Generel målsætning (svag påvirkning af menneskelig aktivitet tilladt), C: lempet målsætning (påvirkning tilladt).

Navn	Sønr	Amt	Målsætning	Specifikke krav (udvalgte)	Målsætning opfyldt
Nors Sø	5	Viborg	A	sigt >4m	Ja
Holm Sø	2	Ribe	A1	sigt (som.) >1,8 m; tot-P (som.) <0,025 mg P l ⁻¹	Ja
Maglesø	3	Vestsjælland	A1		Ja
Arreskov Sø	24	Fyn	A1	tot-P(som.) <0,06 mg P l ⁻¹ ; sigt > 1,5-2m	Nej
Søholm Sø	7	Fyn	A1	sigt > 2-3m	Nej
Kvie Sø	8	Ribe	A1	sigt (som.) >2,6 m; tot-P (som.) <0,04 mg P l ⁻¹	Nej
Søby Sø	1	Ringkøbing	A1/A2	tot-P (år) <0,04 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >3m	Nej
Tissø	20	Vestsjælland	A1		Nej
Furesøen	14.1	København	A1/A2	tot-P (år) <0,04 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >4m	Nej
Tystrup Sø	25	Vestsjælland	A1/A2		Nej
Ferring Sø	42	Ringkøbing	A1/B	tot-P (år) <0,075 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >1m	Nej
Engelsholm Sø	21	Vejle	A2	sigt (som.) >1,5m	Nej
Fårup Sø	15	Vejle	A2	sigt (som.) >2m	Nej
Bastrup Sø	9	Frederiksborg	A2/B	tot-P (år) <0,05 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) > 2,5m	Nej
Hornum Sø	10	Nordjylland	A2/B	sigt (som.) >2m	Nej
Utterslev mose, øst	31.1	Københavns komm.	B	tot-P(som.) <0,15 mg P l ⁻¹ ; sigt >1,5m	Nej
Bryrup Langsø	17	Århus	B	tot-P (som.) <0,05 mg P l ⁻¹	Nej
Ravn Sø	6	Århus	B	tot-P <0,025 mg P l ⁻¹	Nej
Ørnsø	13	Århus	B	tot-P (som.) <0,08 mg P l ⁻¹	Nej
Damhussøen	16	Københavns komm.	B		Ja
Nakskov Indrefjord	44	Storstrøm	B	sigt (som.) >0,7m, chla(som.) < 95µg l ⁻¹ .	Ja
Arresø	30	Frederiksborg	B	tot-P (år) <0,07 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) > 0,8m	Nej
Bagsværd Sø	22	København	B	tot-P (år) <0,04 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >1m	Nej
Borup Sø	23	Roskilde	B	tot-P (som.); 0,1-0,15 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >1m	Nej
Gundsømagle Sø	37	Roskilde	B	tot-P (som.); 0,1-0,15 mg P l ⁻¹ ; sigt (som.) >1m	Nej
Vesterborg Sø	31	Storstrøm	B	sigt (som.) >1,5m; chla(som.) < 75µg l ⁻¹ .	Nej
Ketting Nor	43	Sønderjylland	B		Nej
Store Søgårdsø	33	Sønderjylland	B		Nej
Søgård Sø	36	Vejle	B	sigt (som.) >0,8m	Nej
Hinge Sø	19	Viborg	B	sigt >3m	Nej
Ulvedybet	41	Nordjylland	C	sigt (som.): 0,5-1m	Nej

1.10 Sammenfatning

Den gennemsnitlige årsmiddelværdi for de 27 ferske overvågningssøer er reduceret fra 0,204 mg totalfosfor l⁻¹ i 1989 til 0,106 mg totalfosfor l⁻¹ i 2001. Reduktionen i søernes totalfosfor er især sket blandt de næringsrige søer. 75 %-kvartilen er således reduceret fra 0,238 mg totalfosfor l⁻¹ i 1989-94 til 0,139 mg totalfosfor l⁻¹ i 2001. I samme periode er den gennemsnitlige indløbskoncentration af totalfosfor til søerne tilsvarende reduceret fra 0,192 mg P l⁻¹ til 0,104 mg P l⁻¹.

13 ud af de 27 søer har haft en faldende årsmiddeltotalfosforkoncentration i perioden 1989 til 2001. I 10 af de 13 søer har der været tale om kraftige ændringer på 1 % signifikansniveau eller derunder.

Også totalkvælstof er reduceret fra 1989 til 2001. I alle de 13 søer med signifikante ændringer (10 % niveau eller mindre) for årsmiddeltotalkvælstof har der været tale om en faldende koncentration. Den

gennemsnitlige årssigtdybde for alle overvågnings søerne var i 2001 øget til 1,7 m. Men 50 % af søerne havde dog i sommeren 2001 en middelsigt dybde på mindre end 1,5 m. Tendensen er gået i retning af, at de mest uklare søer generelt er blevet mindre uklare, hvilket er sammenfaldende med, at især disse har haft faldende søkoncentration af fosfor.

I størsteparten af søerne med ændret sigt dybde er der tale om en øget sigt dybde. I 9 ud af de 27 søer er sommersigt dybden således øget, mens den kun er reduceret i 2 søer i perioden 1989 til 2001.

Planteplanktonbiomassen er også reduceret i søerne gennem overvågningsperioden. I 6 søer er der sket et statistisk signifikant fald i den totale biomassen, mens den i 3 søer er øget. Blågrønalgerne biomasse er øget i 4 søer, men reduceret i 8 søer. Stigningen i de førstnævnte søer kan dog tolkes som et tegn på en begyndende forbedring i miljøtilstanden. Mere udprægede rentvandsarter begynder også at komme tilbage i en række søer, således er mængden af både furealger og gulalger øget i hhv. 11 og 10 søer.

Betragtet under et er der ikke sket væsentlige ændringer i dyreplanktonets biomasse igennem de 11 overvågningsår. På enkelt søniveau er der dog sket visse ændringer. Således er f.eks. totalbiomassen reduceret i 8 søer og øget i 3 søer.

For undervandsplanterne har der generelt været en tendens til øget udbredelse i perioden fra 1993 til 1998, men denne tendens blev dog afbrudt i mange af søerne i 1999. I 2001 er der stadig langt til niveauet fra før 1999.

Tungmetaller er målt i 5 søer i 1999 og 2001. Generelt er tungmetal koncentrationerne lave, men over detektionsgrænsen. Med undtagelse af kviksølv er koncentrationerne i søerne lavere end koncentrationerne målt i NOVA-vandløbene. For alle metallernes vedkommende ligger de målte maksimal koncentrationer under de danske udlederkrav og svenske grænseværdier for økologiske effekter i ferskvand.

Der er undersøgt for 64 miljøfremmede stoffer i 8 søer i 2001. Alle stoffer blev principielt registreret i en eller flere prøver, men langt hovedparten af prøverne ligger under detektionsgrænsen. Median koncentrationerne for de positive prøver for 56 stoffer er højest 2 gange detektionsgrænsen. Blødgøreren DEPH og kulbrinteforbindelsen Anthracen er de eneste stoffer med maksimal koncentrationer over den tilladte grænseværdi, Stoffer BAM, AMPA og Glyphosat er registreret i mere end 42 % af prøverne dog ofte under detektionsgrænsen. Blandt sprøjtemidler er AMPA fundet i den højeste koncentration med $0,23 \mu\text{g l}^{-1}$ og overalt er DEHP fundet i den højeste koncentration med $3,4 \mu\text{g l}^{-1}$. Sammenlignet med vandløb er koncentrationerne i søerne på niveau med de, der er fundet i store vandløb.

De fire brakvandssøer er et nyt element i søovervågningen og vil kunne hjælpe med til at give en status for miljøtilstanden i danske brakvandssøer.

Den overordnede konklusion vedrørende søernes miljøtilstand er, at der i over halvdelen af de 27 overvågnings søer er sket væsentlige

forbedringer i perioden 1989 til 2001. De største forbedringer ses mht. næringsstofkoncentrationerne og til dels sigtddybden. Med hensyn til den biologiske struktur er den indtil videre forbedret i et begrænset antal søer, hvilket bl.a. skyldes biologisk træghed i søerne (fisk mv.). I andre søer er næringsstofniveauet ikke reduceret tilstrækkeligt til at give markante forbedringer i den biologiske struktur, men i en del af disse søer reduceres næringsstofniveauet dog yderligere, når indflydelsen af den interne fosforfrigivelse fra sedimentet mindskes.

Data fra den ekstensive søovervågning bekræfter billedet fra overvågnings søerne, dvs. størstedelen er næringsrige og med ringe sigtddybde. Målinger siden 1975 viser dog, at der er blevet flere søer i kategorien 0-100 $\mu\text{g P l}^{-1}$ og færre søer med fosforkoncentrationer over 400 $\mu\text{g P l}^{-1}$.

Mange af søerne kan dog stadig ikke opfylde de krav, der er opstillet i de tildelte målsætninger for miljøtilstanden. Yderligere indgreb over for fosfortilførslen er nødvendige for at dette kan ske, og eftersom fosfortilførslerne fra spildevand enten er reduceret meget markant eller helt fjernet, vil det være nødvendigt at reducere fosfortilførslen fra landbrugsarealerne i det åbne land, for at det kan lade sig gøre.

[Tom side]

2 Søernes oplande samt næringsstoffodynamik

Fosfortilførslen formindskes

Der er såvel før som efter iværksættelsen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1989 gennemført omfattende forureningsbegrænsende tiltag for at mindske tilførslen af fosfor via spildevand til danske søer. Fosfortilførslen til en række af de mest forurenede søer er reduceret markant, dels fordi spildevandet renses bedre, og dels fordi udledningerne fra en del spildevandsanlæg nu ledes uden om søerne (Jensen *et al.*, 1994a). Næringsstofftilførslen til mange danske søer er dog stadig så høj, at en markant forbedring i disse søers tilstand ikke kan forventes, uden at den eksterne tilførsel af især fosfor begrænses yderligere.

Kendskab til vand- og stoftilførsel og kilder vigtigt

En veldokumenteret beskrivelse af den eksterne tilførsel af næringsstoffer og vand samt kilderne til den aktuelle næringsstofftilførsel er en væsentlig forudsætning for at kunne vurdere den øjeblikkelige tilstand, samt hvordan og med hvilken effekt yderligere indgreb vil kunne iværksættes. Søvandets næringsstoffkoncentrationer og dermed miljøtilstanden er i høj grad styret af tilløbskoncentrationen af næringsstoffer og af vandtilstrømningen. Modeller til beskrivelse af søvandskoncentrationen af fosfor og kvælstof i danske søer indeholder da også både indløbskoncentrationer og vandets opholdstid som de primære forklarende variable (Kristensen *et al.*, 1990b; Jensen *et al.*, 1994a, Jensen *et al.*, 1997). Søvandskoncentrationen af fosfor er tillige ofte påvirket af udvekslingen mellem søvandet og sedimentpuljen, specielt ved markante belastningsændringer.

I dette kapitel gives en status for kvælstof- og fosfortilførslen til søerne, herunder fordelingen på kilder samt vand- og næringsstoffbalancerne for fosfor og kvælstof behandlet for overvågnings søerne i perioden 1989-2001.

Vand- og stoftilførsel samt kildeopsplitning

For 16 af de 31 søer er den eksterne vand- og stoftil- og fraførsel veldefineret på baggrund af omfattende målinger i til- og afløb, og der kan opstilles detaljerede vand- og stofbalancer. Tilførslen til resten af overvågnings søerne kan vurderes ud fra kendskab til det topografiske oplands størrelse, jordtype og arealanvendelse (Wiggers *et al.*, 1994). For alle 31 søer skal næringsstofftilførslen kildeopsplittes, det vil sige at stoftilførslen opdeles på de forskellige kilder (punktkilder (spildevand, spredt bebyggelse, dambrug mv.) og diffuse kilder (landbrug og baggrund)).

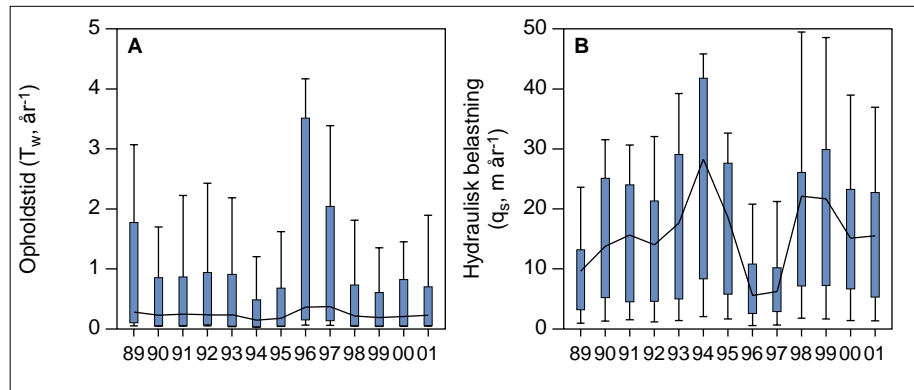
2.1 Vandbalancer for søerne

Søernes vandbalancer

Generelt er der målt på hovedparten af vandet i de 16 søer, men for nogle søer er betydningen af det umålte opland, nedbøren eller grundvandsudvekslingen stor. Her er det af stor vigtighed, at der anvendes realistiske koncentrationer for fosfor og kvælstof (jf. Jensen *et al.*, 1995).

Da de danske søer generelt er små og har et relativt lille vandvolumen, er opholdstiderne i høj grad påvirkede af det enkelte års afstrømningsforhold. Mere end tre fjerdedele af de 31 overvågningssøer har en opholdstid på mindre end et år, hvilket vil sige, at al vandet i disse søer bliver udskiftet én til flere gange årligt.

Figur 2.1 A: Udviklingen i opholdstiden (T_w , år) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. B: Udviklingen i den hydrauliske belastning (q_s , $m\text{ år}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001.



SØ02 - Fig. 2.1

År-til-år variationerne i opholdstiderne for vand (T_w) og de hydrauliske belastninger (q_s) for de 16 overvågningssøer, for hvilke der er opstillet detaljerede vandbalancer, ændres også markant fra år til år afhængig af nedbørsforhold (Fig. 2.1A og 2.1B). Således var opholdstiderne længere i de tørre år 1989, 1996 og 1997, og de længste opholdstider i overvågningsperioden blev registreret i 1996. I det våde år 1994 var opholdstiderne til gengæld betydeligt kortere end de øvrige overvågningsår.

Forholdsvis korte opholdstider i søerne i 2001

Sammenlignes 2001 med de to perioder 1989-95 og 1995-2000 var opholdstiden generelt kortere og den hydrauliske belastning generelt større i 2001 end i 1995-2000, og nogenlunde som i perioden 1989-1995 (Tabel 2.1). Den hydrauliske belastning var højest i 1994 og mindst i 1996 og 1997.

Tabel 2.1 Oversigt over vandopholdstid (T_w , år) og hydraulisk belastning (q_s , $m\text{ år}^{-1}$) i perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. Søer, der indgår, er nr. 6, 7, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 30, 31, 33, 36, 37.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Opholdstid (T_w)	1989-95	0,65	0,05	0,06	0,23	0,92	3,23
	1995-00	0,86	0,05	0,08	0,25	1,43	4,49
	2001	0,65	0,05	0,05	0,23	0,70	3,83
Hydraulisk belastning (q_s)	1989-95	20,0	1,3	5,2	18,3	25,5	89,7
	1995-00	18,0	1,2	5,4	14,7	21,5	80,9
	2001	18,9	1,3	5,3	15,5	22,7	85,4

2.2 Stofbalancer for søerne

2.2.1 Fosforbalancer for søerne

Stor variation i fosfortilførslen og -tilbageholdelsen

I Tabel 2.2 er nøgletallene for fosforbelastning og -balancer i overvågnings søerne i perioden fra 1989 til 2001 angivet.

Tabel 2.2 Fosforbalancer for 16 af overvågningssøerne i perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. De anførte koncentrationer er vandføringsvægtede. Ved beregning af tilbageholdelse er magasinændring indregnet (den relative retention uden hensyntagen til magasin ville være ca. 60% højere). Indløbskoncentration er beregnet som sum af samtlige tilførsler (inkl. atmosfærisk bidrag) divideret med vandtilførsel (inkl. nedbør). Søer, der indgår, er nr. 6, 7, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 30, 31, 33, 36, 37.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Indløbskonc. (mg P l ⁻¹)	1989-95	0,22	0,07	0,10	0,13	0,21	1,23
	1995-00	0,12	0,08	0,09	0,11	0,14	0,21
	2001	0,12	0,08	0,09	0,11	0,14	0,21
Udløbskonc. (mg P l ⁻¹)	1989-95	0,21	0,04	0,09	0,11	0,21	1,02
	1995-00	0,12	0,03	0,07	0,09	0,16	0,24
	2001	0,11	0,03	0,07	0,10	0,15	0,21
Tilførsel (mg P m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	11,8	0,7	2,6	7,9	12,4	54,5
	1995-00	6,7	0,6	2,4	5,6	9,1	21,7
	2001	7,3	0,6	2,6	6,7	10,4	25,3
Tilbageholdelse- (mg P m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	1,4	-4,3	-0,3	0,6	2,4	9,6
	1995-00	0,9	-4,2	-0,1	0,4	1,6	7,0
	2001	1,4	-3,7	-0,1	1,4	2,6	8,5
Tilbageholdelse- (% af tilført + søpulje)	1989-95	6,8	-29,7	-6,0	3,8	17,0	50,1
	1995-00	10,6	-44,2	-0,3	8,8	27,7	42,4
	2001	7,2	-62,3	-3,5	17,3	29,3	42,8

Reduceret tilførsel af fosfor til søerne

Fosfortilførslen var stadig høj i 2001 (Tabel 2.2, Fig. 2.2A), dog er fosfortilførslen til søerne med den største tilførsel reduceret væsentligt gennem overvågningsperioden. Samtidig er det tydeligt, at vandtilførslen har en afgørende betydning for fosfortilførslen de enkelte år. Fosfortilførslen har således alt andet lige været høj i våde år og lav i tørre år, f.eks. var fosfortilførslen til søerne ekstraordinært høj i det våde år 1994. Og tilsvarende var fosfortilførslen også lidt højere i 2001 sammenlignet med perioden 1995-2000. Uafhængigt heraf er fosfortilførslen dog reduceret signifikant for 4 af de 16 søer medtaget i analyserne i dette kapitel (Tabel 2.3).

Reduceret indløbskoncentration af totalfosfor

Indløbskoncentrationen af totalfosfor er tilsvarende reduceret væsentligt i perioden 1989 til 2001 (Tabel 2.2, Fig. 2.2B). Reduktionen heri er signifikant i 8 af de 16 søer (Tabel 2.3).

For 11 af de 16 søer er også udløbskoncentrationen reduceret signifikant (Tabel 2.3). For det meste er der sammenfald mellem nedgang i indløbskoncentration og udløbskoncentration. For nogle søer er registreret et betydeligt større fald i udløbskoncentration end i indløbskoncentration. I eksempelvis Engelsholm Sø er der sket en væsentlig formindskelse i bestanden af planktivore fisk og et skift til en klar vandet tilstand. Dette har betinget en højere stoftilbageholdelse og dermed en relativ større reduktion i udløbskoncentrationen sammenlignet med indløbskoncentrationen.

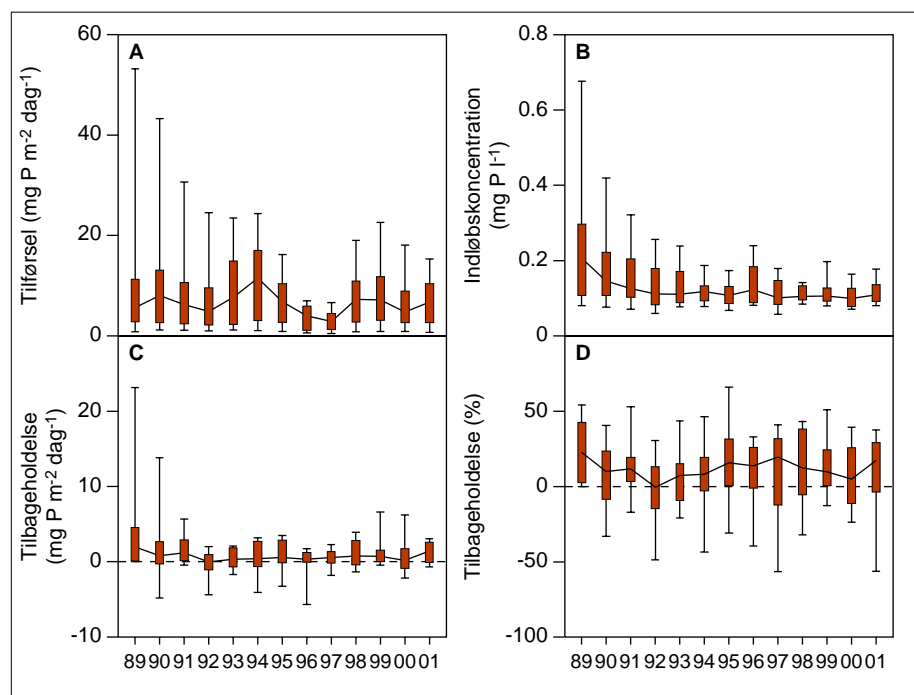
Table 2.3 Udviklingen i overvågningssøernes massebalancer for fosfor fra 1989 til 2001. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på henholdsvis 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Pi er indløbskoncentrationen i mg P l⁻¹. Pu er udløbskoncentrationen. Ptilm2 er fosfortilførslen pr. m². Pretm2 er den arealspecifikke fosfortilbageholdelse (mg P m² d⁻¹) og Pret(%) er den relative tilbageholdelse (%).

	Pi	Pu	Ptilm2	Pretm2	Pret(%)
Ravn Sø	---	--	0	0	0
Søholm Sø	++	0	0	0	0
Ørn Sø	---	---	---	0	0
Fårup Sø	0	--	+	0	0
Bryrup Langsø	--	---	0	+	+
Hinge Sø	0	0	0	0	0
Tissø	----	+	0	---	--
Engelholm Sø	0	----	0	+++	+++
Borup Sø	0	0	0	0	0
Arreskov Sø	--	0	0	0	0
Tystrup Sø	----	--	---	--	0
Arresø	----	----	----	0	0
Vesterborg Sø	0	-	0	0	0
St. Søgård Sø	0	---	0	++	+++
Søgård Sø	0	---	0	++	++
Gundsømagle Sø	----	----	---	0	0
i alt +/+/+/+/+/+	1	1	1	4	4
i alt -/-/-/-/-	8	11	4	2	1

Mindre fosfortilbageholdelse

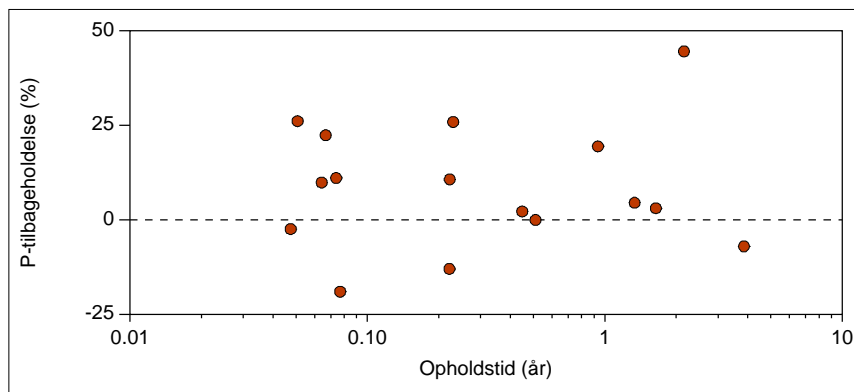
Tilbageholdelsen af fosfor i søerne i absolutte mængder er stadig ret lille i en del søer (Tabel 2.2, Fig. 2.2C), og i mere end en 1/3 af søerne var der i 2001 en negativ tilbageholdelse. Tidligere ophobet fosfor i sedimentet bliver stadig frigivet specielt i de mere næringsrige søer. Dette betyder samtidigt, at også ændringer i søvandet (totalfosfor, klorofyl mv.) er mindre, end man skulle forvente ud fra formindskelsen i den eksterne belastning. De absolutte tilbageholdelsesrater af fosfor i søerne er faldet signifikant i 2 af de 16 søer i overvågningsperioden og øget signifikant i 4 (Tabel 2.3).

Figur 2.2 A: Udviklingen i tilførslen af totalfosfor (mg P m⁻² dag⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. **B:** Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalfosfor (mg P l⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. **C:** Udviklingen i tilbageholdelsen af totalfosfor (mg P m⁻² dag⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. **D:** Udviklingen i tilbageholdelsen af totalfosfor (%) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001.



S002 - Fig. 2.2

Figur 2.3 Sammenhængen mellem fosfortilbageholdelse (%) og vandets opholdstid (år) for de 16 søer. Bemærk, at negativ tilbageholdelse er frigivelse.



SØ02 - Fig. 2.3

Tendens til mindre fosforfrigivelse

Den gennemsnitlige relative tilbageholdelse af fosfor var i 2001 lidt højere end de foregående år (Fig. 2.2D). Om der er en begyndende tendens til, at den interne frigivelse bliver mindre i søerne generelt, er det dog for tidligt at sige noget definitivt om. Den relative tilbageholdelse er dog kun øget signifikant i 4 af de 16 søer og reduceret signifikant i 2 søer (Tabel 2.3).

Dårlige modeller ?

Tilbageholdelsen af fosfor i søerne følger kun i ringe omfang de kendte sammenhænge mellem tilbageholdelse og opholdstid (f.eks. Vollenweider-modellen), hvor der forudsiges øget stoftilbageholdelse ved øget opholdstid (Fig. 2.3). Andre faktorer spiller øjensynlig en vigtigere rolle, bl.a. kan ændringer i den biologiske struktur påvirke stoftilbageholdelsen markant (Jeppesen *et al.*, 1998). Men den mest afgørende faktor i perioden 1989 til 2001 er givetvis, at en del af søerne ikke er i ligevægt med den nuværende fosfortilførsel, men under indflydelse af intern fosforfrigivelse fra sedimentet.

2.2.2 Kvælstofbalancer for søerne

Kvælstoftilførslen til de 16 søer var i 2001 lavere end niveauet for de fleste af de foregående år (Tabel 2.4, Fig. 2.4A).

Tilløbs- og afløbskoncentrationer

Indløbskoncentrationen af kvælstof var i 2001 væsentlig lavere end i de foregående år (Tabel 2.4, Fig. 2.4B). Indløbskoncentrationen er således også reduceret signifikant for 13 af de 16 søer, og udløbskoncentrationen er faldet signifikant for 8 søer (Tabel 2.5). Umiddelbart vurderet tyder dette på, at tiltagene over for kvælstoftilførslen til det akvatiske miljø (Vandmiljøplanerne mv.) nu har haft en effekt, der er så stor, at den kan registreres i de fleste af søerne.

Tabel 2.4 Kvælstofbalancer for 16 af overvågnings søerne i perioderne 1989-94 og 1995-2000 og året 2001. De anførte koncentrationer er vandføringsvægtede. Ved beregning af tilbageholdelse er magasinændring indregnet (den relative retention uden hensyntagen til, at magasinet vil være ca. 20% højere). Indløbskoncentration er beregnet som sum af samtlige tilførsler (inkl. atmosfærisk bidrag) divideret med vandtilførsel (inkl. nedbør). Søer, der indgår, er nr. 6, 7, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 30, 31, 33, 36, 37.

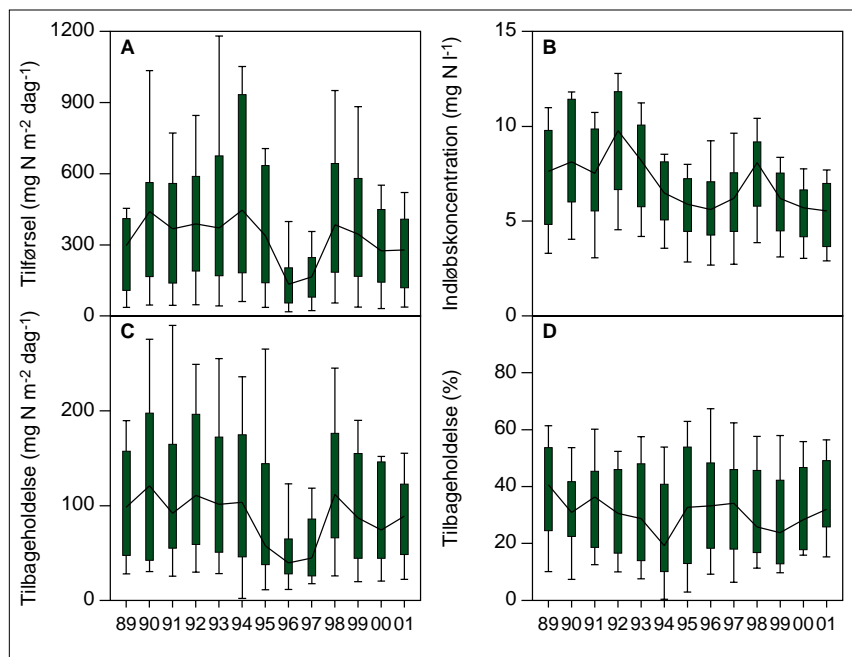
		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Indløbskonc. (mg N l ⁻¹)	1989-95	7,7	1,5	5,9	8,0	10,3	11,0
	1995-00	6,1	1,4	4,6	6,4	7,4	10,4
	2001	5,2	1,3	3,7	5,5	7,0	7,8
Udløbskonc. (mg N l ⁻¹)	1989-95	5,0	1,3	3,2	4,6	7,0	9,5
	1995-00	3,9	1,3	2,3	3,9	5,3	7,7
	2001	3,3	1,1	2,0	3,2	4,3	6,2
Tilførsel (mg N m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	422	40	168	413	597	1005
	1995-00	320	21	138	317	446	1006
	2001	278	20	120	279	409	758
Tilbageholdelse (mg N m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	120,5	18,8	54,3	115,3	168,6	300,5
	1995-00	96,3	11,9	42,6	73,7	126,2	268,3
	2001	98,6	18,2	48,6	88,6	122,6	308,0
Tilbageholdelse (% af tilført + søpulje)	1989-95	31,3	10,7	17,6	29,0	40,9	56,4
	1995-00	31,8	9,8	17,9	27,8	45,3	67,3
	2001	36,4	11,4	25,9	32,0	49,1	68,3

Kvælstoftilbageholdelsen var i 2001 gennemsnitligt 99 mg N m⁻² d⁻¹ svarende til en kvælstofjernelse i gennemsnit på 361 kg kvælstof-N pr. hektar (Tabel 2.4, Fig. 2.4C), hvilket er på til det "typiske" niveau i overvågnings søerne i perioden 1989-2001. Kun i de tørre år, 1995 og især 1996 og 1997, var tilbageholdelsen væsentlig mindre, modsvarende den mindre kvælstoftilførsel til søerne i tørre år.

Tabel 2.5 Udviklingen i overvågnings søernes massebalancer for kvælstof fra 1989 til 2001. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ svarer til reduktion/forøgelse på hhv. 10, 5, 1 og 0,1 % signifikansniveau. 0 angiver, at der ikke har været nogen signifikant ændring. Ni er indløbskoncentrationen mg N l⁻¹. Nu er udløbskoncentrationen. Ntilm2 er kvælstoftilførslen pr. m². Nretm2 er den arealspecifikke kvælstoftilbageholdelse (mg N m⁻² d⁻¹). Nret(%) er den relative tilbageholdelse (%).

	Ni	Nu	Ntilm2	Nretm2	Nret(%)
Ravn Sø	--	0	0	0	0
Ørn Sø	0	0	0	0	0
Søholm Sø	---	--	---	0	0
Fårup Sø	0	0	0	0	0
Bryrup Langsø	0	0	0	+++	0
Hinge Sø	---	-	0	0	0
Tissø	--	0	0	0	0
Engelsholm Sø	--	---	0	++	++
Borup Sø	-	0	0	0	0
Arreskov Sø	--	--	0	0	0
Tystrup Sø	---	0	0	-	0
Arresø	----	--	--	0	0
Vesterborg Sø	-	0	0	0	0
St. Søgård Sø	---	----	0	-	0
Søgård Sø	--	--	0	0	0
Gundsømagle Sø	---	--	0	0	0
i alt +/++/+++/++++	0	0	0	2	0
i alt -/--/---/----	13	8	2	2	1

Figur 2.4 A: Udviklingen i tilførslen af totalkvælstof ($\text{mg N}^{-2} \text{dag}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. B: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l^{-1}) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. C: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalkvælstof ($\text{mg N m}^{-2} \text{dag}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001. D: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalkvælstof (%) for de 16 søer i perioden 1989 til 2001.

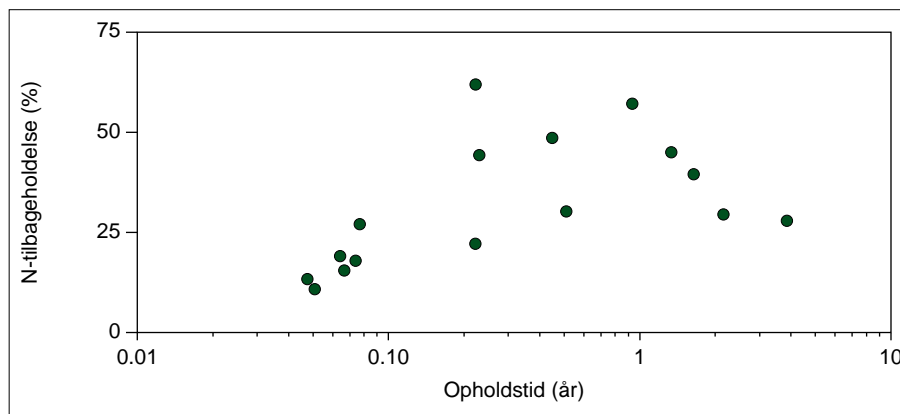


SØ02 – Fig. 2.4

Den relative tilbageholdelse (i % af tilførslen og søpulje) har været nogenlunde konstant (30-36 %) i perioden 1989-2001 (Tabel 2.4; Fig. 2.4D). Således er den relative tilbageholdelse også kun ændret signifikant i 1 af de 16 søer i løbet af de 13 år.

Tilbageholdelsen af kvælstof i søerne følger i højere grad end for fosfor de kendte sammenhænge mellem tilbageholdelse og opholdstid (Jensen *et al.*, 1997) med øget stoftilbageholdelse ved øget opholdstid (Fig. 2.5), som også er vist som forskelle mellem våde og tørre år ovenfor.

Figur 2.5 Sammenhængen mellem kvælstoftilbageholdelse (%) og vandets opholdstid (år) for de 16 søer.



SØ02 – Fig. 2.5

Andre faktorer kan dog påvirke kvælstoftilbageholdelsen. Fiskedød og opfiskning i Arreskov Sø samt indgreb i fiskebestanden i Engesholm Sø som led i sørestaurering har således ført til en markant forøgelse i kvælstoftilbageholdelsen (Jeppesen *et al.*, 1998). I Arreskov Sø, for eksempel, steg tilbageholdelsesprocenten på årsbasis fra 26-38 % før fiskedøden til 48-62 % efter. Det var karakteristisk, at den procentuelle tilbageholdelse steg sammenfaldende med, at søen blev klarvandet. Forbedringer i søernes miljøtilstand vil derfor kunne øge kvælstoftabet i lavvandede søer og dermed mindske transporten til N-følsomme marine områder.

2.3 Oplandsbeskrivelser og kildeopsplitning

Oplandsanalysen for søoplandene gennemføres i hele perioden 1998-2003. I dette års rapport gives en oversigt over oplandskarakteristikene for overvågningssøerne.

Hvor godt kan stoftilførslerne til søerne opgøres?

Til 16 af de 31 søer er den eksterne vand- og stoftilførsel veldefineret på baggrund af omfattende målinger i til- og afløb, og der kan opstilles detaljerede vand- og stofbalancer. Tilførslen til resten af overvågningssøerne kan vurderes ud fra kendskab til det topografiske oplands størrelse, jordtype og arealanvendelse (*Wiggers et al., 1994*).

Amtskommunerne har i de regionale rapporter opstillet vand- og stofbalancer for alle søerne og angivet stoftilførslen fordelt på følgende kilder:

Spildevand fra:

- Rensningsanlæg
- Industri
- Regnvandsbetingede udløb
- Dambrug
- Spredt bebyggelse

Diffus tilførsel fra:

- Dyrkningsbidrag
- "Naturlig tilførsel"/"Baggrunds bidrag"
- Atmosfærisk deposition

Usikkerhed om den atmosfæriske deposition af N og P

Disse data er præsenteret i dette kapitel, idet der dog for enkelte af søerne er foretaget visse standardiseringer. Som generel værdi for atmosfærisk deposition af N og P har tidligere været anvendt 20 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og 0,2 kg P ha⁻¹ år⁻¹. De nyeste tal og vurderinger fra Fagdatacenter for Luftforurening tyder på, at nedgangen i størrelsen af den atmosfæriske deposition for kulstof og fosfor tidligere har været overestimeret (*Ellermann et al., 2001; T. Ellermann, pers. meddl.*).

P i spildevand er mindre nu end tidligere

Der er i dag bedre viden om de potentielle udledninger fra spildevand fra spredt bebyggelse, herunder er det erkendt, at fosformængden pr. PE er reduceret i perioden siden 1989 (*Miljøstyrelsen, 1994*). Spildevandsudledningerne fra spredt bebyggelse er beregnet under antagelse af, at en spildevands-PE har været 1,5 kg P/PE år i 1989-90 og 1,0 kg P/PE år siden 1991. Der er dog stadig en betydelig usikkerhed om, hvor meget spildevand fra spredt bebyggelse, der når frem til vandløb og søer, idet de alternative processer som nedsivning og omsætning undervejs ikke er godt kendte. Ligesom der også vil være væsentlige forskelle mellem tilførslerne fra spredt bebyggelse i tørre og våde år.

Øvrige bidrag

Bidragene fra de enkelte stofkilder er fundet ud fra målinger eller erfaringstal. Det diffuse bidrag er beregnet som en simpel difference mellem total stoftilførsel og tilførsel fra de øvrige stofkilder. Herved akkumuleres usikkerheden i det diffuse bidrag, bl.a. bliver en eventuel stofretention i oplandet fra regnet dette bidrag.

Af hensyn til sammenligneligheden af resultater er kun de søer med data for samtlige år i perioden 1989-2001 medtaget.

2.3.1 Oplandsbeskrivelse

Med revisionen af overvågningsprogrammet blev der gennem indførelsen af egentlige oplandsanalyser for søoplandene lagt større vægt på oplandssiden ved overvågningsprogrammet for søer. Disse analyser er stadigvæk i sin vorden, hvorfor der i årets rapport kun medtages en kort gennemgang af overvågningssøernes oplandskarakteristika (Tabel 2.6). De næste skridt i oplandsanalyserne er egentlige analyser af kvælstof- og fosforstrømmene i søoplandene. Dette afventer dog, at der i forbindelse med oplandsanalyserne for vandløbsoplandene etableres brugbare modelværktøjer for kvælstof- og fosforafstrømningen fra deloplande, der udnytter de data, der er indsamlet i forbindelse med oplandsanalyserne.

Overvågningssøernes oplande dækker forskellige oplandstyper (Tabel 2.6), og på trods af det ringe antal søer fås der et rimeligt billede af de forskellige belastningssituationer, der er almindelige for danske søer, ligesom der er såvel meget små oplande (ca. 1 km²) som meget store oplande (>500 km²). Med hensyn til jordtype er også forskellige typer repræsenteret, men de fleste søoplande er dog for landet som helhed domineret af lerblandet sand.

Også med hensyn til punktkildernes andel af den samlede belastning er der stor variation. Gennemsnittet for andelen er 21 %, men det dækker over en variation fra 0 til 78 %.

Mange søoplande er domineret af landbrugsarealer. I gennemsnit er 63 % af oplandene landbrugsarealer, men igen er der stor variation, og andelen varierer således fra 0 til 94 %. I de fleste oplande er der også en mindre andel af skovarealer (gns. 14 %), og denne andel er over 30 % i de oplande, hvor den er højest (Søholm sø, Ørnsø, Borup Sø og Arreskov Sø).

Tabel 2.6 Oplandskarakteristik for overvågningssøerne.

Sønr	Navn	Opland (km ²)	Dominerende jordtype	Punktkilder (% af P tilført)	Landbrug	Skov	Natur --- % af opland ---	Befæstet ---	Ferskvand
1	Søby Sø	0,8	Grovsand	0	24	26	46	3	0
2	Holm Sø	1,0	Grovsand	0	0	30	70	0	0
3	Maglesø	1,2	Lerblandet sand	0	80	0	20	0	0
5	Nors Sø	20,5	Lerblandet sand	59	49	25	7	1	18
6	Ravn Sø	57,2	Lerblandet sand	26	79	20	0	0	1
7	Søholm Sø	5,7	Lerblandet sand	45	65	30	4	0	1
8	Kvie Sø	0,6	Grovsand	0	41	0	52	7	0
9	Bastrup Sø	4,1	Lerblandet sand	0	68	13	4	7	9
10	Hornum Sø	7,9	Finsand	0	91	8	0	0	1
13	Ørnsø	56,0	Grovsand	5	19	53	0	20	8
14	Furesøen	69,6	Lerblandet sand	39	30	27	0	25	17
15	Fårup Sø	13,8	Lerblandet sand	8	71	8	10	1	0
16	Damhussøen	56,9	Lerjord	0	8	1	0	89	2
17	Bryrup Langsø	48,2	Lerblandet sand	24	82	13	0	5	1
19	Hinge Sø	53,8	Lerblandet sand	8	93	5	0	0	2
20	Tissø	417,9	Sandblandet ler	41	68	15	0	8	4
21	Engelsholm Sø	16,1	Lerblandet sand	10	83	8	6	2	0
22	Bagsværd Sø	6,8	Sandblandet ler	6	4	32	0	60	4
23	Borup Sø	7,6	Sandblandet ler	7	62	37	0	0	1
24	Arreskov Sø	24,9	Lerblandet sand	31	56	29	11	3	1
25	Tystrup Sø	682,5	Sandblandet ler	40	64	18	0	11	3
30	Arresø	216,1	Lerblandet sand	41	43	18	5	14	17
31	Vesterborgsø	30,3	Lerjord	43	68	21	0	0	1
33	Store Søgårdsø	44,9	Grovsand	16	83	8	0	2	1
35	Utterslev mose	1,3	Lerjord	21	7	1	0	89	3
36	Søgård Sø	22,7	Lerblandet sand	11	95	5	0	0	0
37	Gundsømagle Sø	66,0	Sandblandet ler	33	83	6	0	7	3
41	Ulvedybet	55,4	Sandblandet ler	8	71	10	8	0	11
42	Ferring Sø	17,0	Lerblandet sand	5	100	0	0	0	0
43	Ketting Nor	18,9	Lerblandet sand	10	93	2	3	0	2
44	Nakskov Indrefjord	140,9	Sandblandet ler	60	81	12	4	0	3
Minimum		0,6	-	0	0	0	0	0	0
Gennemsnit		71,8	-	21	60	16	8	11	4
Maksimum		682,5	-	65	100	53	70	89	18

Kun få søer har naturarealer som den dominerende del af oplandet (Søby sø, Holm sø og Kvie Sø). I gennemsnit udgøres kun 8 % af oplandene af naturarealer, og i mange oplande udgør naturarealerne et kvalitativt set ubetydeligt element.

Søerne i hovedstadsområdet (Damhussøen og Utterslev Mose) har oplande, hvor det befæstede areal udgør en væsentlig andel (ca. 89 %), men for de øvrige søer er denne andel typisk meget lille, og den gennemsnitlige andel er på blot 3 %.

2.3.2 Kilder til næringsstofbelastningen - status

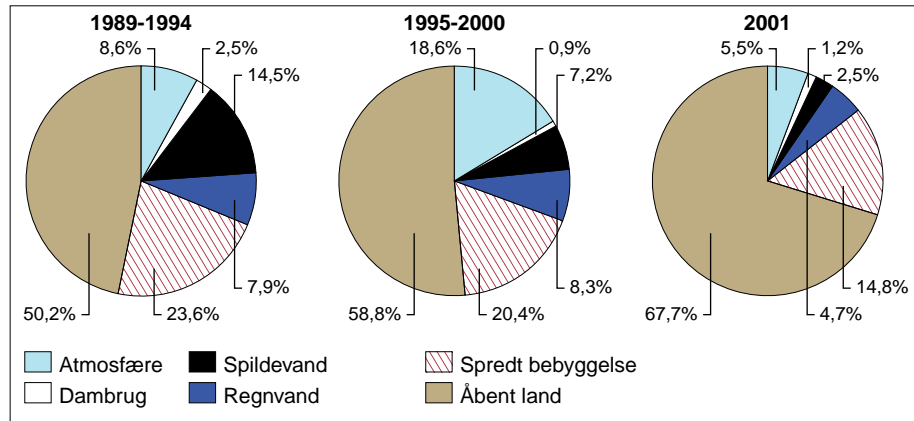
Den gennemsnitlige kildefordeling for tilførslen af fosfor i perioderne 1989-95 og 1995-2000 samt for året 2001 fremgår af Fig. 2.6 og tilsvarende for kvælstof af Fig. 2.7. Formålet med denne præsentation er at give et billede af belastningstypernes betydning for de danske søer generelt, men det skal understreges, at kildernes relative betydning for de enkelte søer kan variere fra 0 % til op mod 100 %. Derfor er tabellerne 2.7 og 2.8 også medtaget, hvor sammenstillingen er foreta-

get på baggrund af den aktuelle tilførsel i tons fosfor og kvælstof, og fordelingen af enkeltkilder er medtaget.

Det meste fosfor kommer fra det åbne land (baggrund + landbrug)

Hovedkilden til fosforbelastningen af søerne er bidraget fra det åbne land (baggrund+landbrug), der som gennemsnit af den procentuelle fordeling til søerne udgør knapt halvdelen af totalbelastningen i perioden 1989-2000 (Fig. 2.6). I 2001 er det åbne lands relative andel dog væsentligt større (68 %). Dette hænger bl.a. sammen med, at 2000 var et nedbørsrigt år. Men det forhold, at fosfortilførslen fra spildevand er reduceret, er også en meget væsentlig faktor. Fosfor fra spildevand er således reduceret fra et gennemsnit på 14,5 % i perioden 1989-95 til 2,5 % i 2001.

Figur 2.6 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til overvågningssøerne for perioden 1989-95 (venstre) og perioden 1995-2001 (midten) som for 2001 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.



SØ02 - Fig. 2.6

Den spredte bebyggelse bidrog med en lidt mindre andel i 2001 sammenlignet med 1989-95 og 1995-2000 (15 % mod 24 % og 20 %). Det er værd at notere sig, at hvis søerne betragtes generelt, er tilførslen fra spredt bebyggelse væsentlig højere end den egentlige spildevandstilførsel.

Andelen af fosfortilførslen fra dambrug var cirka halveret i 2001 sammenlignet med 1989-95, men på nogenlunde samme niveau som i perioden 1995-2000.

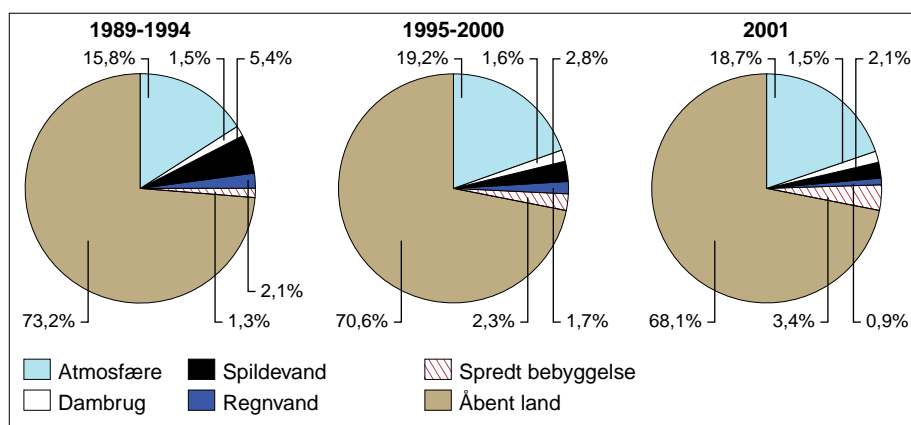
*Spredt bebyggelse
Dambrug*

Hvis kildefordelingen til søerne vurderes på mængdebasis i stedet for som gennemsnittet af de enkelte søers procentfordeling af kilderne, er det tydeligt, at fosfortilførslen fra spildevand var mindre væsentlig end de øvrige kilder for mere end halvdelen af søerne (Tabel 2.7). Den reducerede fosfortilførsel fra spildevand har også betydet, at den samlede tilførsel til søerne er næsten halveret. Relativt er tilførslen af fosfor fra det åbne land således forøget væsentligt fra perioden 1989-95 til 2001.

Tabel 2.7 Kildefordeling af fosfortilførslen til søerne. Middelværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-95 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er tons P år⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total tilførsel	1989-95	4,26	0,02	0,18	0,82	2,69	52,88
	1995-00	2,02	0,01	0,16	0,65	1,86	19,05
	2001	2,63	0,01	0,12	0,52	1,64	31,58
Tilførsel fra spildevand	1989-95	1,94	0,00	0,00	0,00	0,20	24,22
	1995-00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,08	6,28
	2001	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	3,64
Tilførsel fra regnvandsbet. udløb	1989-95	0,30	0	0	0,01	0,10	2,28
	1995-00	0,26	0	0	0,01	0,10	2,54
	2001	0,23	0	0	0,01	0,10	2,56
Tilførsel fra spredt bebyggelse	1989-95	0,64	0	0,01	0,13	0,38	8,18
	1995-00	0,48	0	0	0,11	0,25	6,64
	2001	0,45	0	0	0,06	0,19	6,29
Tilførsel fra dambrug	1989-95	0,09	0	0	0	0	2,02
	1995-00	0,01	0	0	0	0	0,16
	2001	0,01	0	0	0	0	0,25
Tilførsel fra åbent land	1989-95	1,20	-1,06	0,03	0,24	0,63	16,91
	1995-00	0,78	0,01	0,05	0,41	0,88	4,43
	2001	1,79	0,00	0,04	0,41	1,19	21,71

Figur 2.7 Den procentuelle kildefordeling af kvælstoftilførslen til overvågnings-søerne for perioden 1989-95 (øverst) og perioden 1995-2001 (midten) samt for 2001 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.



S002 - Fig. 2.7

70 % af kvælstoftilførslen kommer fra det åbne land

Kvælstofbelastningen fra det åbne land udgjorde i 2001 ca. 70% af den totale tilførsel (Fig. 2.7). Denne andel har været ret konstant fra 1989 til 2001. Det atmosfæriske bidrag er den næstvigtigste kilde med en andel på 16-20 % såvel i perioderne 1989-95 og 1995-2000 som i 2001. Spildevand, regnvandsbetingede tilledninger, dambrug og spredt bebyggelse er som gennemsnit betragtet mindre væsentlige kilder til kvælstoftilførslen til søerne.

Kvælstof fra spildevand reduceret

Som for fosfor er kvælstoftilførslen til søerne fra spildevand reduceret meget fra 1989-95 til 2001 (Tabel 2.8). Gennemsnittet er faldet med næsten 2/3 fra 15,8 tons N år⁻¹ til 5,8 tons N år⁻¹. Den samlede tilførsel er også reduceret væsentligt fra 1989-95 til 2001 fra et gennemsnit på 170 tons N år⁻¹ til 105 tons N år⁻¹, hvilket især er betinget af, at tilførslen fra det åbne land er reduceret med ca. 30%.

2.3.3 Kilder til næringsstofbelastningen - udviklingen i udvalgte enkeltkilder

Der var stor variation i næringsstofftilførslen fra sø til sø og fra år til år i de enkelte søer. I det følgende er denne variation illustreret ved de såkaldte boxplots, der viser 10 %-fraktilen, 25 %-fraktilen (1. kvartil), 50 %-fraktilen (medianen), 75 %-fraktilen (3. kvartil) og 90 %-fraktilen.

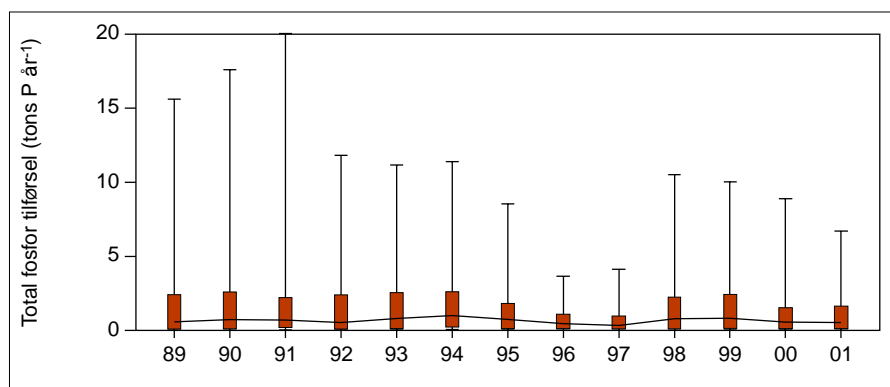
Fosfortilførsel faldet i de mest belastede søer

Medianfosfortilførslen til søerne er reduceret med knap 30 % i perioden fra 1989 til 2001, men følger derudover afstrømningen i de enkelte år. Således var tilførslen også højere i 1998 til 2001 sammenlignet med 1996 og 1997. Det væsentligste fald er sket i tilførslen til de mest belastede søer frem til 2001 (90 %-fraktilen og 75 %-fraktilen, Fig. 2.8).

Tabel 2.8 Kildefordeling af kvælstoftilførslen til søerne. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-93 og 1995-2000 og året 2001. Enheden er tons N år⁻¹.

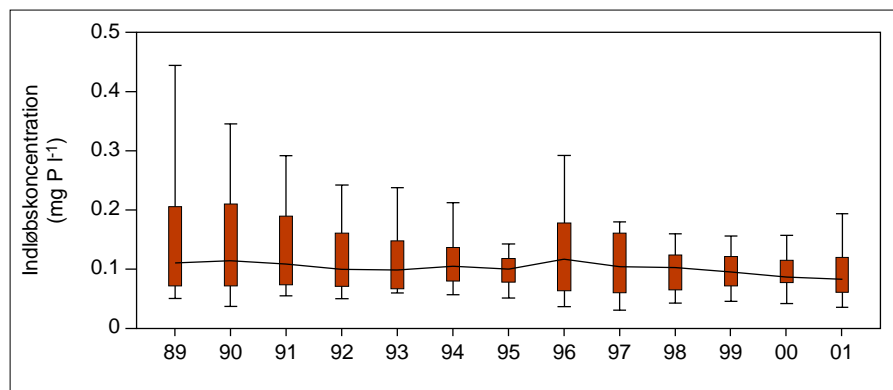
		Gns.	Min.	25%	Median	75%	Max.
Total tilførsel	1989-95	169,5	0,4	5,9	40,3	71,5	2014,8
	1995-00	102,9	0,3	4,4	33,2	65,5	1008,9
	2001	105,0	0,3	4,0	28,5	62,5	1166,3
Tilførsel fra spildevand	1989-95	15,8	0	0	0	1,2	195,0
	1995-00	6,2	0	0	0	0,7	71,8
	2001	5,8	0	0	0	0,7	60,6
Tilførsel fra regnvandsbet. udløb	1989-95	1,2	0	0	0,0	0,4	8,7
	1995-00	1,1	0	0	0,0	0,4	11,2
	2001	0,9	0	0	0,0	0,4	9,9
Tilførsel fra spredt bebyggelse	1989-95	2,0	0	0,0	0,5	1,2	24,2
	1995-00	2,1	0	0,0	0,4	1,2	28,7
	2001	1,9	0	0	0,3	0,8	27,2
Tilførsel fra dambrug	1989-95	0,8	0	0	0	0	19,5
	1995-00	0,7	0	0	0	0	17,2
	2001	0,7	0	0	0	0	15,1
Tilførsel fra åbent land	1989-95	142,0	0,1	3,2	19,5	66,4	1741,0
	1995-00	94,9	0,1	1,7	19,2	63,3	1068,2
	2001	99,2	0,0	1,7	17,5	60,5	1283,7

Figur 2.8 Boxplot for den totale tilførsel af fosfor (tons P år⁻¹) til søerne i 1989-2001, n=27.



S002 - Fig. 2.8

Figur 2.9 Boxplot for den vandføringsvægtede totalfosfor indløbskoncentration (mg P l^{-1}) til søerne i 1989-2001, $n=27$.



SØ02 – Fig. 2.9

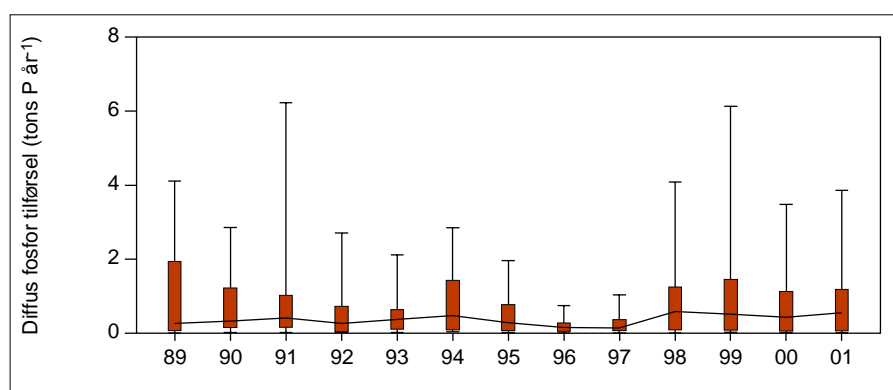
Belastningen kan også vurderes ud fra den vandføringsvægtede indløbskoncentration, og den har været faldende i den halvdel af søerne, der har de højeste koncentrationer (Fig. 2.9). Dog var der tendens til en stigning til nogle søer i 1997 og især 1996, men den faldende tendens er herefter fortsat i perioden 1998 til 2001. Stigningen i de to tørre år 1996 og 1997 kan muligvis hænge sammen med en mindre fortynding af punktkildebidragene. I søer med de laveste koncentrationer har koncentrationen derimod været nogenlunde uændret.

Stoftilførslen fra det åbne land, der var ret lav i de tørre år 1996 og 1997, ser ud til at være tilbage på et normalt højt niveau i perioden 1998 til 2001 (Fig. 2.10). Der er således en tydelig tendens til øget udvaskning ved stigende nedbørsmængde (Fig. 2.11). Derudover ser det ud til, at andre faktorer gør sig gældende, men det er svært at konkludere, om eventuelle ændringer i landbrugspraksis kan have en indflydelse. Den umiddelbare sammenhæng mellem stoftilførsel og vandtilførsel er dog også tydelig og samtidig en væsentlig faktor.

Fald i kvælstoftilførslen i 1996 og 1997

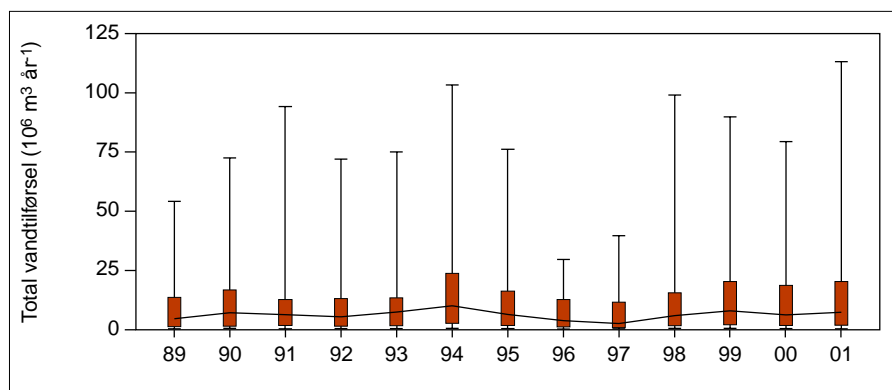
Den totale kvælstoftilførsel til søerne (Fig. 2.12) har i høj grad fulgt år til år variationen i vandafstrømningen (Fig. 2.11). Kvælstoftilførslen til søerne var således også høj i 2001, dog generelt ikke helt så høj som i 1998.

Figur 2.10 Boxplot for den diffuse tilførsel af fosfor (tons P år^{-1}) til søerne i 1989-2001, $n=27$.



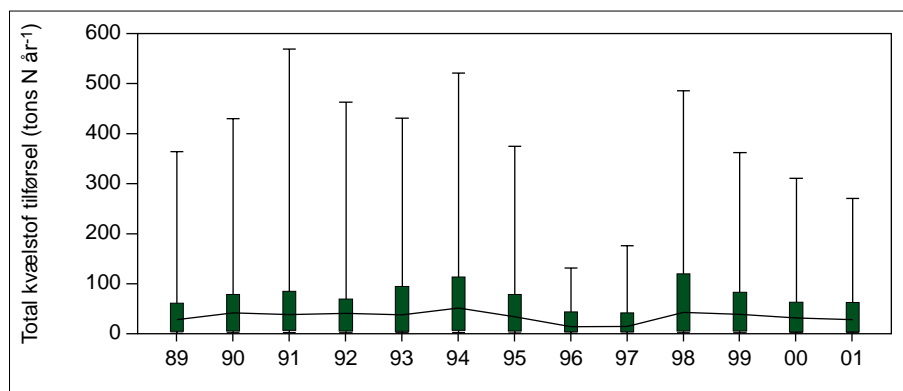
SØ02 – Fig. 2.10

Figur 2.11 Boxplot for den totale vandtilførsel ($10^6 \text{ m}^3 \text{ år}^{-1}$) til søerne i 1989-2001, $n=27$.



S002 - Fig. 2.11

Figur 2.12 Boxplot for den totale tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til i søerne 1989-2001, $n=27$.

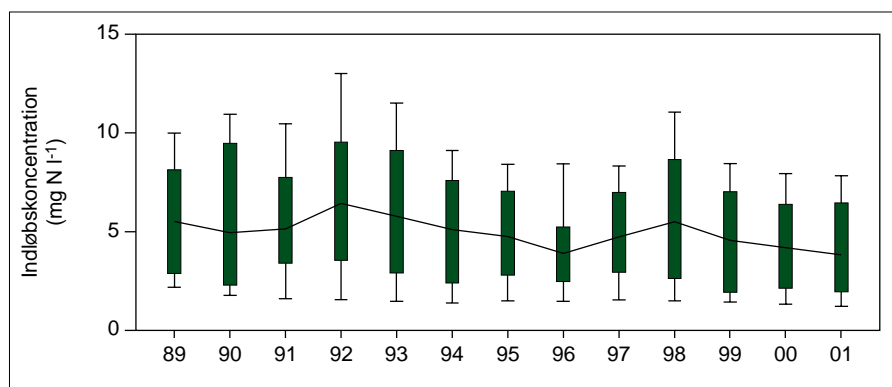


S002 - Fig. 2.12

Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof er ikke i samme grad ændret i perioden 1989 til 2001 (Fig. 2.13), men der er dog en klar tendens til et fald igennem overvågningsperioden 1989-2001. Indløbskoncentrationen, der var høj i 1998 især sammenlignet med de tørre år (1996 og 1997), faldt igen fra 1999 til 2001. Og indløbskoncentrationen var i 2001 på det laveste niveau observeret i overvågningsperioden.

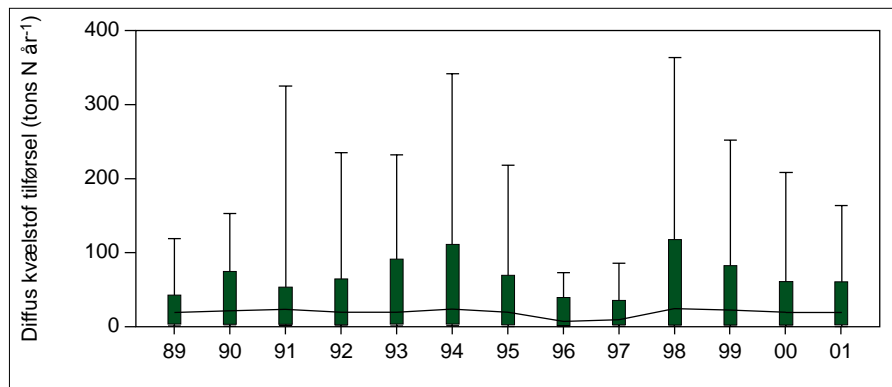
Den diffuse tilførsel af kvælstof var forholdsvis høj i 2001, men tilførslen har dog udvist en faldende tendens fra 1998 og frem (Fig. 2.14). I de to tørre år (1996 og 1997) var den noget lavere end normalt. Den væsentligste faktor af betydning for dette er tydeligvis vandafstrømningen ud over naturligvis det landbrugsbetingede tab af kvælstof.

Figur 2.13 Boxplot for den vandføringsvægtede totalkvælstof indløbskoncentration (mg N l^{-1}) til søerne i 1989-2001, $n=27$.



S002 - Fig. 2.13

Figur 2.14 Boxplot for den diffuse tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til søerne i 1989-2001, n=27.



SØ02 - Fig. 2.14

2.4 Sammenfatning

For 16 af de 31 overvågnings søer har det været muligt at opstille rimeligt nøjagtige vandbalancer og stofbalancer for kvælstof og fosfor.

Vandets opholdstid var forholdsvis "normal" i søerne i 2001. Opholdstiden var på niveau med 1989-94, og højere end i perioden 1995-2000.

Fosfortilførslen til de 16 søer er reduceret i de 13 overvågningsår, og reduktionen er signifikant til 4 af de 16 søer. Specielt søer, der tidligere har haft en meget høj tilførsel, har fået deres tilførsel reduceret. Indløbskoncentrationen af totalfosfor er reduceret væsentligt i perioden 1989 til 2001. Til 8 af de 16 søer er reduktionen statistisk signifikant i perioden 1989 til 2001.

Den totale kvælstoftilførsel til de 16 søer er reduceret med 30 % i overvågningsperioden. Statistisk set er kvælstoftilførslen dog kun reduceret til 2 af de 16 søer især betinget af store år-til-år variationer som følge af forskelle i afstrømning. Indløbskoncentrationen er signifikant reduceret til 13 af de 16 søer. Tilbageholdelsen af kvælstof er såvel i absolutte mængder som relativt på et middelniveau for hele overvågningsperioden. Variationen i den relative tilbageholdelse er i høj grad styret af vandets opholdstid i søerne. Ved korte opholdstider er der alt andet lige altid mindre relativ kvælstoftilbageholdelse end ved lange opholdstider.

Den biologiske struktur påvirker både tilbageholdelsen af fosfor og kvælstof i søerne. Eksempler er Arreskov Sø og Engelsholm Sø, hvor fiskebestanden er blevet mindre domineret af fredfisk, og stoftilbageholdelsen er samtidig steget.

En oversigt over overvågnings søernes oplande viser, at disse dækker en række forskellige typer, herunder oplande domineret af landbrugsdrift, naturoplande og oplande, hvor punktkilder er den væsentligste kilde til stoftilførslen.

Fosfortilførslen er blevet reduceret til mange af søerne - hovedsageligt som følge af en øget rensningsindsats på spildevandsanlæg eller afskæring af byspildevand. Den største kilde til fosfor- og kvælstoftilførslen til søerne i dag er bidraget fra det åbne land, dvs. bidrag fra landbruget samt baggrundsbidrag.

3 Beskrivelse af overvågningsprogrammet

3.1 Vandmiljøplanen

Vandmiljøplanen

I 1987 vedtog Folketinget "Handlingsplan mod forurening af det danske vandmiljø med næringsalte" kaldet Vandmiljøplanen. Formålet med Vandmiljøplanen var at nedbringe udledningerne af kvælstof og fosfor fra landbrug og rensningsanlæg. Vandmiljøplanen forudsætter blandt andet reduktioner i næringsstoffertilførslerne til søerne. Ifølge planen skal udledningerne af fosfor og kvælstof til vandmiljøet, ferske vande og marine områder reduceres med henholdsvis 80 og 50 %. Størstedelen af reduktionen i fosforudledningen opnås ved at reducere udledningerne fra de kommunale spildevandsanlæg, der modtager spildevand fra mere end 5000 personer, og ved at reducere udledninger fra store industrier. Samtidig vil der ske en reduktion i udledningerne fra dambrug (*Miljøstyrelsen, 1988*).

Yderligere krav

For yderligere at forbedre miljøtilstanden i søerne kan amterne stille skrappe krav til punktkilderne, end der er krævet i Vandmiljøplanen. Det er kun få danske søer, der i dag modtager udledninger fra store spildevandsanlæg, som er omfattet af foranstaltningerne i Vandmiljøplanen. Derimod er der for mange søer opstillet krav til udledningerne fra de mindre punktkilder. Såfremt disse tiltag ikke er tilstrækkelige til at forbedre den enkelte søs miljøtilstand, er det i dag meget vanskeligt at reducere fosfortilførslen, med mindre der gribes ind over for bidragene fra de dyrkede arealer og fra spredt bebyggelse. I Vandmiljøplanen skal reduktionen i kvælstofudledningen især opnås ved en reduktion i afstrømningen fra de dyrkede arealer.

3.2 Overvågningsprogrammet for søer

Formålet med det nationale overvågningsprogram for søer er at bestemme, beskrive og forklare tilstand og udvikling i fysiske, kemiske og biologiske forhold. Overvågningsprogrammet skal kunne dokumentere og adskille, hvordan og i hvilket omfang de økologiske forhold og udviklingen heri afhænger af de naturgivne forhold og de menneskeskabte påvirkninger. Overvågningen skal kunne belyse søernes økologiske tilstand og skal kunne fremvise effekten af miljøforbedrende tiltag.

Formålet med søovervågningen kan summeres som:

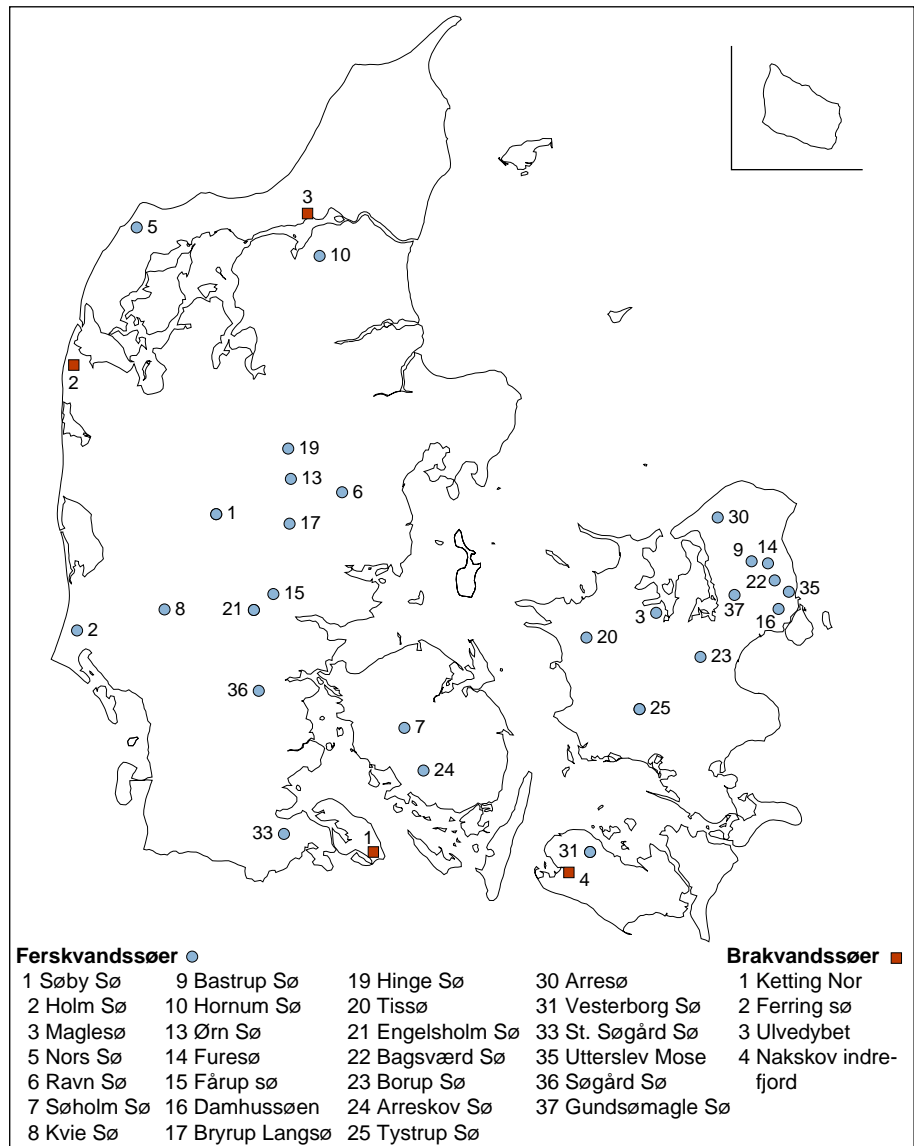
- at belyse tilstand og udviklingen i økologiske forhold i de danske søer,
- at opgøre udvalgte søers tilførsel af næringsstoffer,
- at belyse forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i udvalgte søer, og
- belyse effekterne af ændringer i tilledninger for søernes økologiske tilstand.

Herudover er et yderligere formål med overvågningen at øge den generelle viden om det akvatiske miljø og dermed blandt andet forbedre vidensgrundlaget for effektivt at få forbedret miljøtilstanden.

Overvågningsprogrammet

Vandmiljøplanens Overvågningsprogram blev vedtaget i 1988 og påbegyndt i 1989, hvor 37 søer (i alt 40 søebassiner) blev udvalgt således, at de kunne anses for at være repræsentative for de danske søer med hensyn til søtyper, belastningsforhold mv. Overvågningsprogrammet for søer fortsatte nogenlunde uændret til og med 1997, men blev dog udvidet med undersøgelser af undervandsvegetationen i 17 søer i 1993. Med påbegyndelsen af NOVA 2003 i 1998 er der blevet reduceret væsentligt i det nationale overvågningsprogram for søer, blandt andet er en række tilløbsstationer skåret væk, en række søer og søebassiner er fjernet, og prøvetagningen af plankton foretages ikke mere i vintermånederne. Overvågningsprogrammet omfatter i dag i alt kun 27 ferskvandssøer fordelt på forskellige søtyper med forskellig grad af næringsstofftilførsel. Herudover er der 4 brakvandsøer med i overvågningsprogrammet (Undersøgelserprogrammet i Nakskov Indrefjord startede af tekniske årsager først i 2000). Den geografiske placering af de i alt 31 søer i NOVA fremgår af Figur 3.1.

Figur 3.1 Oversigtskort med de 31 overvågningsøer



SØ02 – Fig. 3.1

Hvert år undersøges miljøtilstanden i de 31 overvågningssøer, og udviklingstendenser vurderes. De enkelte amter har ansvaret for driften af overvågningsprogrammet for søer og rapporterer årligt om miljøtilstanden i det foregående år.

Disse regionale rapporteringer danner sammen med de indsamlede primærdata baggrund for denne landsdækkende rapportering. En oversigt over de amtskommunale rapporteringer i 2001 findes i kapitel 6. Danmarks Miljøundersøgelser foretager hvert år sammenstillinger og analyser af de indsamlede informationer og rapporterer det til en landsdækkende status for miljøtilstanden i vore søer. DMUs Overvågningssekretariat laver hvert år tværgående, samlede fremstillinger af alle overvågningsaktiviteterne i NOVA.

Der er årligt fra 1990 til 2001 udgivet rapporter for resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram for søer (*Kristensen et al., 1990c; Kristensen et al., 1991; Kristensen et al., 1992; Windolf et al., 1993; Jensen et al., 1994a; Jensen et al., 1995a, Jensen et al., 1996a, Jensen et al., 1997, Jensen et al., 1998, Jensen et al., 1999, Jensen et al., 2000, Jensen et al., 2001*), der beskriver miljøtilstanden i det givne år samt udviklingen i miljøtilstanden for hele overvågningsperioden.

Tabel 3.1 Oversigt over måleprogrammer for søovervågning herunder årlige prøvetagningsfrekvenser.

	Søvand	Tilløb/afløb
Vandkemiske og fysiske analyser:		
pH	19	12-26
Alkalinitet	19	
Nitrit+nitratkvælstof	19	(12-26)
Ammoniumkvælstof	19	(12-26)
Total kvælstof	19	12-26
Total fosfor	19	12-26
Opløst fosfor	19	12-26
Klorofyl a	19	
Totaljern	19	12-26
Silikat+silicium	19	
Måling af vandføring		12-26 eller kontinuert
Suspenderet stof	19	
Sigt dybde	19	
Ilt- og temperaturprofil	19	
Vandstand *)	19	
Salinitet	19 (brakvand)	
Sedimentkemi	1/6 (hvert 6. år)	
Miljøfremmede stoffer **)	6	
Biologiske analyser:		
Planteplankton: sammensætning, antal og biomasse	16	
Dyreplankton: sammensætning, antal og biomasse	16	
Fiskeyngel	1	
Fiskeundersøgelse	1/6 (hvert 6. år)	
Undervandsplanter ***)	1	
Rørskoven ***)	1/6 (hvert 6. år)	

*) Helst kontinuert, **) I 8 udvalgte søer, ***) I 14 udvalgte søer.

Søernes miljøtilstand vurderes ud fra kemiske, fysiske og biologiske målinger i søvandet samt måling af næringsstoftransporten til og fra søerne (Tabel 3.1). En nærmere beskrivelse af måleprogrammerne for søovervågning findes i programbeskrivelsen: *Miljøstyrelsen (2000)* samt i tekniske anvisninger: *Rebsdorf et al. (1988)*, *Kristensen et al. (1990a)*, *Mortensen et al. (1990)*, *Olrik (1991)*, *Hansen et al. (1992)*, *Jensen et al. (1994b)*, *Jensen et al. (1996b)*, *Moenslund et al. (1996)*, *Lauridsen et al. (1999)*, *Kronvang et al. (1999a, 1999b)*.

Undersøgelserne i de 31 overvågningssøer er ikke alene tilstrækkelige til at give en generel beskrivelse af miljøtilstanden og udviklingen i de danske søer. Derfor er der forsøgt indgået en frivillig aftale med de fleste amter om et ekstensivt overvågningsprogram for søer. Det er dog desværre ikke lykkedes at etablere et landsdækkende stationsnet på dette grundlag. Herudover forsøger Fagdatacentret i muligt omfang at inddrage relevante data fra det regionale tilsyn med søerne for at forbedre det landsdækkende datagrundlag.

3.3 Overvågnings søerne

Hver overvågnings sø er tildelt et entydigt "sønr.". Oprindeligt blev nummeret tildelt i forhold til koncentrationsniveauet af totalfosfor i søvandet. Denne inddeling holder dog ikke længere. Dels har ændringer i søvandskoncentrationerne ændret søernes indbyrdes placering, dels er der kommet nye søer til. De 4 brakvandssøer er således tildelt numrene 41-44. For at mindske mulighederne for forveksling mv. er den oprindelige nummerering bibeholdt. I tabel 3.2 er yderligere angivet fosfortilførsel, sigt dybde og fosforkoncentration i 2001 og søernes middeldybde samt oplandsareal. Som det ses, er tiden ved at løbe fra den oprindelige placering af søerne, idet en række søer har ændret sig i perioden 1989-90 til 2001. De mest markante ændringer er sket for de søer, der tidligere havde en høj punktkildebelastning.

De 27 ferskvandssøer har stadig en rimelig god dækning sammenlignet med danske søer generelt med hensyn til morfometrien (tabel 3.2), således at både store (inkl. Danmarks arealmæssigt største ferskvandssø: Arresø) og relativt små søer (<1 km²) samt lavvandede og dybe (inkl. Danmarks dybeste naturlige sø: Furesøen) søer er repræsenteret. Også belastningsforholdene er ret forskellige. Således er søer med ringe stoftilførsel (f.eks. Søby Sø) repræsenteret, og søer med overvejende diffus stoftilførsel fra landbrug og spredt bebyggelse (f.eks. Store Søgård Sø) samt søer med stor punktkildebelastning (f.eks. Gundsømagle Sø) er også inkluderet.

De 4 brakvandssøer repræsenterer også på rimelig vis de typiske danske, lavvandede brakvandsområder. Det meget beskedne antal gør det dog ikke muligt at vurdere den generelle tilstand og udvikling for brakvandssøerne i Danmark.

Table 3.2 Oversigt over de 31 overvågningssøer med angivelse af en række karakteristika. Middel, minimum og maksimum er angivet for hver enkel parameter i bunden af tabellen. Fosfortilførsel, totalfosfor, klorofyl og sigtddybde er 2001-data, klorofyl og sigtddybde er sommermidler, resten årsmidler. Punktkilder er inklusive spredt bebyggelse.

Sø- nr	Sø	Sø- areal (km ²)	Middel- dybde (m)	Opland- sareal (km ²)	Dyrket areal (% af opland)	Fosfor- tilførsel (g P m ⁻² år-1)	Punkt- kilder (% af P tilført)	Total fosfor (µg P l ⁻¹)	Klo- rofyl (µg l ⁻¹)	Sigt (m)
1	Søby	0,73	2,8	0,8	24	0,07	0	22	7	3,0
2	Holm	0,12	0,8	1,0	0	0,13	0	27	4	1,5
3	Maglesø	0,15	3,6	1,2	80	0,08	0	23	10	3,0
5	Nors	3,47	3,6	20,5	49	0,08	59	22	5	4,4
6	Ravn	1,82	15,0	57,2	79	0,83	26	30	11	2,8
7	Søholm	0,26	6,5	5,7	65	0,50	45	70	31	1,3
8	Kvie	0,30	1,2	0,6	41	0,05	0	90	18	1,1
9	Bastrup	0,33	3,5	4,1	68	0,18	0	84	35	2,5
10	Hornum	0,11	1,5	7,9	91	0,79	0	75	32	1,5
13	Ørnsø	0,42	4,0	56,0	19	9,23	5	77	54	1,2
14.1	Furesøen	7,39	16,5	69,6,0	30	0,24	39	104	11	4,1
15	Fårup	0,99	5,6	13,8	71	1,10	8	77	15	2,9
16	Damhussøen	0,46	1,6	54,0	8	0,25	0	56	9	1,8
17	Bryrup Langsø	0,38	4,6	48,2	82	2,59	24	62	39	2,1
19	Hinge	0,91	1,2	53,8	93	3,39	8	117	108	0,5
20	Tissø	12,3	8,2	417,9	68	1,29	41	219	63	1,8
21	Engelsholm	0,44	2,6	16,1	83	1,18	10	64	41	1,6
22	Bagsværd	1,21	1,9	6,8	4	0,10	6	104	92	0,5
23	Borup	0,10	1,1	7,6	62	2,32	7	111	44	0,9
24	Arreskov	3,17	1,9	24,9	56	0,26	31	114	91	1,0
25	Tystrup	6,62	9,9	682,5	64	4,33	40	116	59	2,2
30	Arresø	39,9	3,1	216,1	43	0,23	41	193	111	0,6
31	Vesterborgsø	0,21	1,4	30,3	68	2,88	43	139	70	0,8
33	St. Søgårdsø	0,60	2,7	44,9	83	2,82	16	176	55	0,7
35.1	Utterslev mose	0,30	1,1	62,6	7	0,48	21	270	137	0,5
36	Søgård	0,27	1,6	22,7	95	4,17	11	173	86	0,6
37	Gundsømagle	0,32	1,2	66,0	83	5,58	33	247	176	0,5
41	Ulvedybet	5,80	1,0	55,4	71	0,71	8	256	38	0,6
42	Ferring	3,17	1,4	17,0	100	0,79	5	238	160	0,3
43	Ketting Nor	0,39	(1,0)	18,9	93	1,78	10	100	66	0,6
44	Nakskov Indref	0,69	0,6	140,9	81	5,41	60	153	32	0,8
	Maksimum	39,87	16,5	682,5	0	9,23	65	270	176	4,4
	Gennemsnit	3,01	3,6	71,8	60	1,74	21	116	55	1,5
	Minimum	0,10	0,6	0,6	100	0,05	0	22	4	0,3

[Tom side]

4 Klimatiske forhold

Variationer i de klimatiske forhold kan både direkte og indirekte influere på søernes miljøtilstand. I nedbørsrige år med stor afstrømning vil der generelt være en større næringsstofftilførsel til søerne - specielt af kvælstof. Vandopholdstiden vil til gengæld være kort, og derfor vil der være tendens til, at stoftilbageholdelsen i søerne i procent af tilførslen vil være relativt mindre end i et 'tørt' år. Temperaturen påvirker direkte en række processer i søerne, og forskelle i temperaturniveauet og sæsonforløbet kan derfor være en medvirkende årsag til forskelle i den generelle miljøtilstand de enkelte år. Også de øvrige klimatiske faktorer påvirker alle i højere eller mindre grad søernes tilstand og udvikling. Kendskab til variationer i de klimatiske forhold er således nødvendig, når resultaterne fra søovervågningen skal tolkes.

I dette afsnit gives derfor en kort oversigt over de klimatiske forhold i 2001 sammenlignet med de forudgående overvågningsår. De klimatiske data er baseret på oplysninger fra Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for arealdata (Data før 1998, Statens Planteavlsvforsøg, pers. medd.), Meteorologiske Institut (*DMI, 2002; DMI, 2001; DMI, pers. medd. og www.dmi.dk*) og Fagdatacenter for Hydrometri (*Ovesen, pers. medd.*). Herudover er benyttet egne data.

4.1 Temperatur og globalindstråling

Årsmiddeltemperatur i 2001 på niveau med gennemsnit for tidligere år

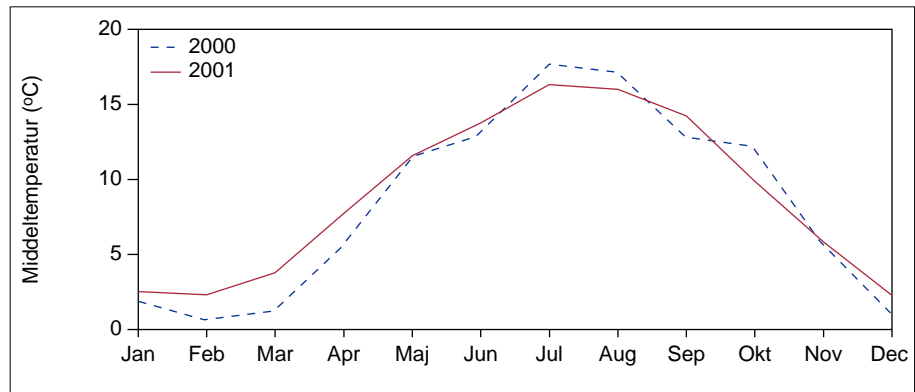
Året 2001 blev lidt varmere end normalt især i de østlige dele af Danmark. Årsmiddeltemperaturen var dog blot 8,6 °C i 2001 mod 8,5 °C som gennemsnit for de foregående overvågningsår (1989-2000) (Tabel 4.1). Det varmeste år er stadig 1990 med en årsmiddeltemperatur på 9,3 °C. Det er samtidigt en kendsgerning, at blandt de seneste 13 år i Danmark har 11 været varmere end normalen.

Tabel 4.1 Oversigt og sammenligning af de klimatiske forhold i 2001 og perioden 1989 til 2000. For nedbør, potentiel fordampning, ferskvandsafstrømning og global indstråling er den samlede årlige mængde angivet. For lufttemperatur og vindhastighed er det årlige gennemsnit vist. Gennemsnit og sommer er arealvægtede (baseret på gridværdier). Således er værdierne for hele landet ikke blot et simpelt gennemsnit af værdier for landsdelene. Bornholm er udeladt af beregningerne for hele landet. For referencer se afsnit 2.1.

	Temperatur (°C)	Indstråling (MJ m ⁻² år ⁻¹)	Nedbør (mm år ⁻¹)	Fordampning (mm år ⁻¹)	Afstrømning (mm år ⁻¹)	Vindhast. (m s ⁻¹)
1989-2000						
Jylland	8,2	3527	755	509	-	4,6
Fyn	8,7	3651	636	536	-	4,7
Sjælland	8,6	3648	608	551	-	4,6
Hele Landet ^{*)}	8,5	3608	666	532	311	4,6
2001						
Jylland	8,2	3494	797	550	-	4,7
Fyn	8,8	3599	673	591	-	4,3
Sjælland	8,7	3672	648	604	-	4,4
Hele landet ^{*)}	8,6	3589	706	589	335	4,5

^{*)} Eksklusive Bornholm

Figur 4.1 Sammenligning af den månedlige middeltemperatur (°C) i 2001 (---) og middelen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



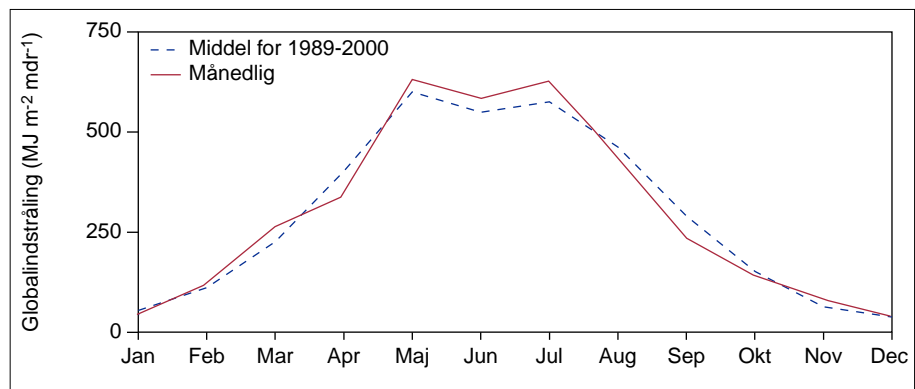
SØ02 – Fig. 4.1

Vinteren samt det tidlige forår var generelt lidt koldere end gennemsnittet for perioden 1989-2000. Derimod var gennemsnitstemperaturen i og juli og august og især i oktober varmere end i den foregående periode (Fig. 4.1). Månedsmiddeltemperaturen for oktober var rekord varm med sine 12,0 grader, hvilket er 0,6 grader varmere end den hidtil varmeste gennemsnitlige oktober temperatur, der blev observeret i 1995 (DMI, 2002).

Globalindstråling i 2001 på niveau med foregående år

Globalindstrålingen i 2001 var på niveau med de foregående overvågningsår (Tabel 4.1) dog lidt højere i maj-juni og lidt lavere i april samt i efteråret (Fig. 4.2). På landsbasis viser det sig, at Sjælland har haft en svag stigning i årsmiddel globalindstråling, mens Fyn og Jylland oplevede et lille fald (Tabel 4.1).

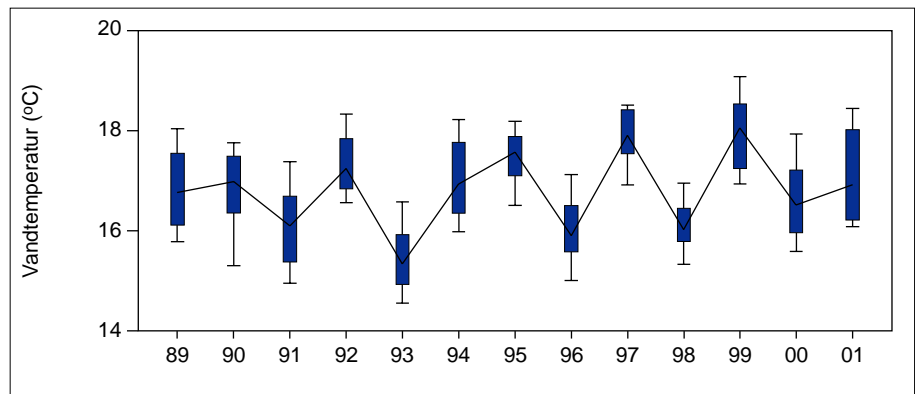
Figur 4.2 Sammenligning af den månedlige globalindstråling ($\text{MJ}^{-2} \text{ mdr}^{-1}$) i 2001 (---) og middelen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm



SØ02 – Fig. 4.2

Det skal dog bemærkes, at antallet af solskinstimer i år 2001 var over normalen - 1780 timer mod normalen på 1701 timer (DMI, 2001). Indstrålingen var som sædvanligt generelt højest på Fyn og Sjælland. Vandtemperaturerne i søerne responderer på de aktuelle lufttemperaturer og indstrålingsforhold, hvorimod der ikke synes at være nogen sammenhæng med nedbørsvariationen. Vandtemperaturen var således på et normalt niveau for overvågningsperioden i 2001 (Fig. 4.3).

Figur 4.3 Den gennemsnitlige vandtemperatur i overfladevandet i de 27 ferske overvågningssøer for sommerperioden for de enkelte år 1989 til 2001.



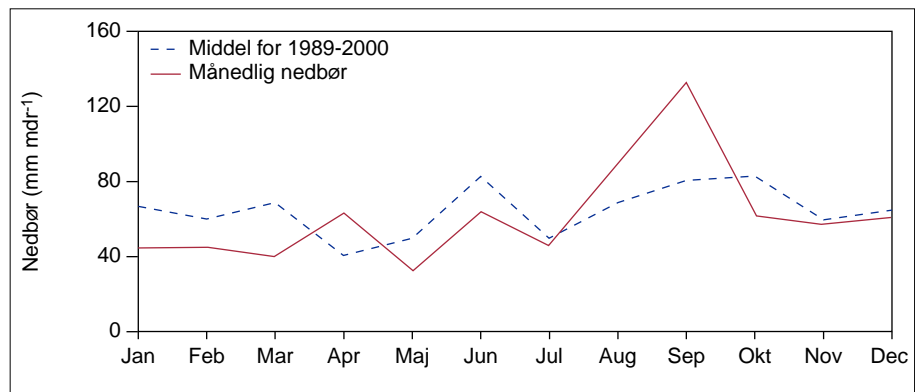
SØ02 - Fig. 4.3

4.2 Nedbør og fordampning

Årsmiddelnedbør i 2001 lidt over normalen

I 2001 var årsnedbøren som gennemsnit over hele landet (ekskl. Bornholm) 706 mm, hvilket kun er 40 mm over normalen og 6 % højere end for overvågningsårene (Tabel 4.1). Nedbørsmængden på Fyn og Sjælland var som normalt væsentlig lavere end i Jylland.

Figur 4.4 Sammenligning af den månedlige nedbør (mm mdr⁻¹) i 2001 (---) og midtlen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.

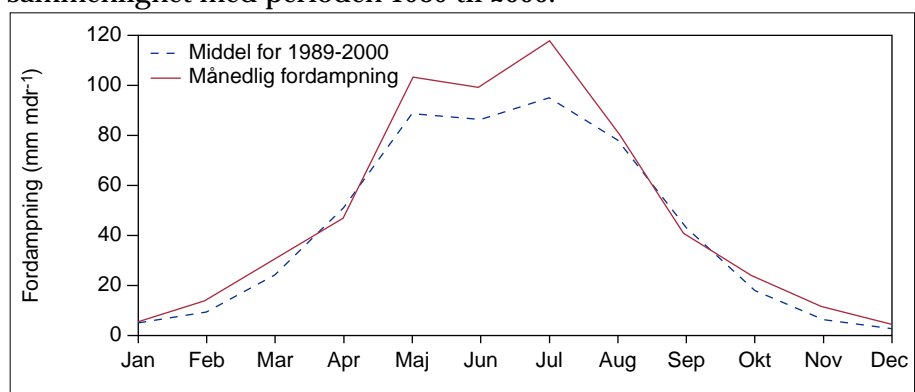


SØ02 - Fig. 4.4

De enkelte måneders nedbør afveg væsentlig fra gennemsnittet for månederne i perioden 1989 til 2000 (Fig. 4.4). Specielt kom der i september 2001 en del mere nedbør, 65 % som landsgennemsnit, end i de foregående overvågningsår. Bornholm toppede med 88 % mere nedbør end normalen (1960-91) i oktober (DMI, 2002).

Den potentielle fordampning i 2001 var 11 % højere end gennemsnittet for de foregående overvågningsår (Tabel 4.1) og sæsonforløbet af den potentielle fordampning var lidt anderledes (Fig. 4.5) idet fordampningen i 2001 var væsentlig højere i månederne maj til juli sammenlignet med perioden 1989 til 2000.

Figur 4.5 Sammenligning af den månedlige potentielle fordampning (mm mdr⁻¹) i 2001 (---) og midtlen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



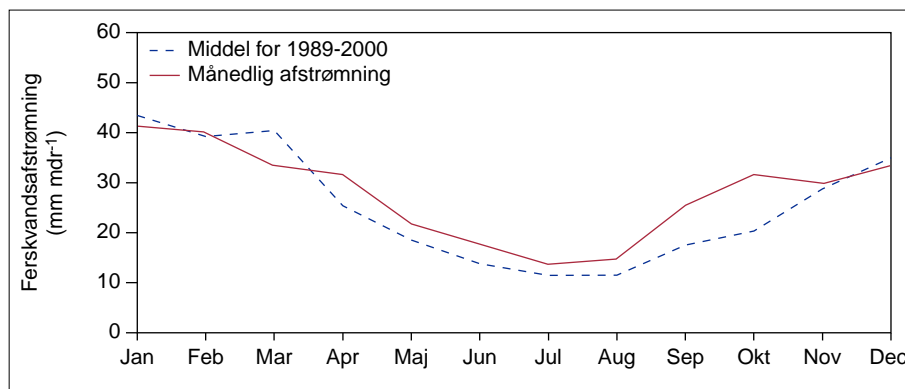
SØ02 - Fig. 4.5

4.3 Ferskvandsafstrømning

Ferskvandsafstrømningen var rimeligt stor i 2001.

Årsafstrømningen var 24 mm større end gennemsnittet for perioden 1989 til 2000 (Tabel 4.1). Den gennemsnitlige årsafstrømning for hele landet var således 335 mm i 2001.

Figur 4.6 Sammenligning af den månedlige ferskvandsafstrømning (mm mdr⁻¹) i 2001 (---) og middelen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark.



SØ02 – Fig. 4.6

Der var generelt en højere afstrømning gennem hele året på nær marts, end gennemsnittet for overvågningsperioden, men de helt store bidrag kom i september og oktober sammenfaldende med høj nedbør (Fig. 4.6).

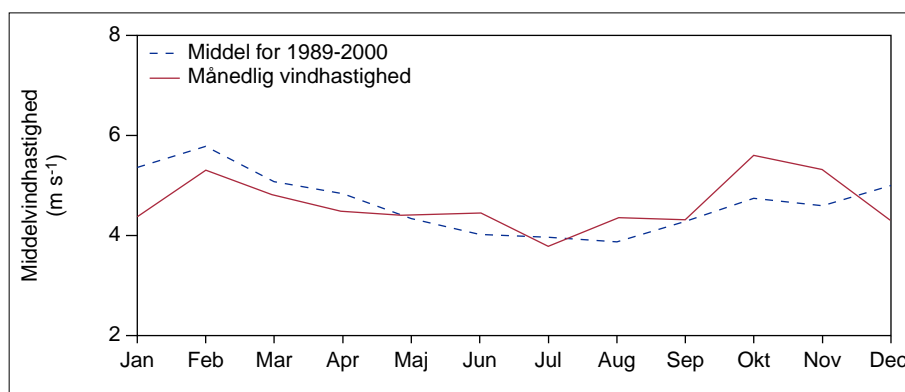
4.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige vindhastighed for hele Danmark var i 2001 som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2000 (Tabel 4.1), og der var ingen væsentlige regionale forskelle hverken i 2001 eller i perioden fra 1989 til 2000.

Mere blæst end normalt sidst på året

Vindhastighederne var en del højere i oktober og november, mens de første måneder af året var præget af mindre vind end de foregående overvågningsår (Fig. 4.7).

Figur 4.7 Sammenligning af den månedlige middelvindhastighed (m s⁻¹) i 2001 (---) og middelen for perioden 1989 til 2000 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



SØ02 – Fig. 4.7

4.5 Sammenfatning

Oktober i 2001 blev den varmeste oktober hidtil observeret. Derimod var den gennemsnitlige årstemperatur kun lidt varmere end normalt. Året var kendetegnet af et køligt forår og en varm højsommer samt oktober måned.

Globalindstrålingen var i 2001 på niveau med gennemsnittet for de foregående 12 overvågningsår. Dog var indstrålingen i maj-juli større end i perioden 1989-2000.

Vandtemperaturen i søerne var i 2001 ikke afvigende fra gennemsnittet af de foregående overvågningsår, dog med udtagelse af juli og september, hvor vandtemperaturen var lidt over det normale, hvilket falder sammen med en højere globalindstråling i maj-juli samt højere lufttemperatur i juli sammenlignet med gennemsnittet for perioden 1989-2000.

Årsnedbøren som gennemsnit for hele landet var 706 mm, hvilket er 40 mm over normalen for overvågningsårene. Specielt kom der i september, men også i april, mere nedbør end i de foregående overvågningsår. Derimod var der mindre nedbør end normalt i de øvrige efterårs- og vinterperioden.

Den potentielle fordampning i 2001 var 11 % højere end gennemsnittet for den foregående overvågningsperiode p.g.a. en højere fordampning i juli og august, men specielt i oktober og november, sammenfaldende med den meget varme oktober i 2001.

Den gennemsnitlige årsafstrømning for hele landet var 335 mm, hvilket var 24 mm mere end gennemsnittet for perioden 1989 til 2000. Afstrømningen i 2001 var således højere end normalt for- midt- og eftersommeren.

Den gennemsnitlige vindhastighed i Danmark på $4,5 \text{ m s}^{-1}$ var som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2000. Vindhastighederne var væsentlig højere i oktober og november, mens årets første måneder var præget af mindre vind end de foregående overvågningsår.

[Tom side]

5 Referencer

Danmarks Meteorologiske Institut (2002): Danmarks klima 2001 med tillæg af Færøerne og Grønland. 83 s.

Ellermann, T., Hertel, O., Hovmand, M.F., Kemp, K. & Skjøth, C.A. (2001). Danmarks Miljøundersøgelser. 88 s. Faglig rapport fra DMU, nr. 374. <http://faglige-rapporter.dmu.dk>

Hansen, A., Jeppesen, E., Bosselmann, S. & Andersen, P. (1992): Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af zooplankton i søer. Miljøprojekt nr. 205. Miljøstyrelsen. 116 s.

Iversen, H.L., Laubel, A., Jensen, J.P. & Sørensen, P.B (2001): Miljøfremmede stoffer og tungmetaller. s. 45-59 i Bøgestrand, J. (red.): Vandløb og kilder 2000. NOVA 2003. Faglig rapport fra DMU nr. 378. 120 s.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Bjerring Olsen, R., Landkildehus, F., Lauridsen, T.L., Sortkjær, L. & Poulsen, A.M. (2001): Søer 2000 – NOVA 2003. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1999. Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. 106 s. Faglig rapport fra DMU nr. 377.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Bjerring Olsen, R., Landkildehus, F., Lauridsen, T.L., Sortkjær, L. & Poulsen, A.M. (2000): Søer 1999 – NOVA 2003. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1998. Afdeling for Sø- og Fjordøkologi. 108 s. Faglig rapport fra DMU nr. 335.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (1999): Nova 2003. Søer 1998. Danmarks Miljøundersøgelser. 104 s. Faglig rapport fra DMU nr. 291.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (1998): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. 104 s. Faglig rapport fra DMU nr. 251.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (1997): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. 106 s. Faglig rapport fra DMU nr. 211.

Jensen, J.P., Lauridsen, T.L., Søndergaard, M., Jeppesen E., Agerbo, E. & Sortkjær, L. (1996a): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. 96 s. Faglig rapport fra DMU nr. 176.

Jensen, J.P., Jeppesen, E., Søndergaard, M. & Jensen, K. (1996b): Interkalibrering af dyreplanktonundersøgelser i søer. 44 s. Teknisk anvisning fra DMU nr. 11.

Jensen, J.P., Jeppesen E., Søndergaard, M., Windolf, J., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (1995): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens

Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. 116 s. Faglig rapport fra DMU nr. 139.

Jensen, J.P., Jeppesen E., Bøgestrand, J., Roer Pedersen, A., Søndergaard, M., Windolf, J. & Sortkjær, L. (1994a): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser. 94 s. Faglig rapport fra DMU nr. 121.

Jensen, J.P. & Søndergaard, M. (1994b): Interkalibrering af planteplanktonundersøgelser i søer. - Teknisk anvisning fra DMU nr. 8. 40 pp.

Jeppesen, E., Jensen, J.P. & Søndergaard, M. (2002): Response of phytoplankton, zooplankton and fish to reoligotrophication.: an 11-year study of 23 Danish lakes. *Aquat. Ecosys. Health & Managm.* 5: 21-43.

Jeppesen, E., Jensen, J.P., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L., Møller, P. Hald & Sandby, K. (1998): Changes in Nitrogen Retention in Shallow Eutrophic Lakes Following a Decline in Density of Cyprinids. *Archiv für Hydrobiologie* 142(2): 129-151.

Kristensen, P., Windolf, J., Jeppesen, E., Søndergaard, M. & Sortkjær, L. (1992): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 63, 111 s.

Kristensen, P., Jensen, J.P., Jeppesen, E. & Erlandsen, M. (1991): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 38, 104 s.

Kristensen, P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Mortensen, E. & Rebsdorf, Aa. (1990a): Prøvetagning og analysemetoder i søer. Overvågningsprogram. DMU, Afd. for ferskvandsøkologi. 32 s.

Kristensen, P., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (1990b): Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C9, 120 s.

Kristensen, P., Kronvang, B., Jeppesen, E., Græsbøll, P., Erlandsen, M., Rebsdorf, Aa., Bruhn, A. & Søndergaard, M. (1990c): Ferske vandområder - Vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Faglig rapport fra DMU, nr. 5, 130 s.

Kronvang, B., Jensen, J.P., Pedersen, M.L, Müller-Wohlfeil, D.-I., Wiggers, L. & Kronquist, H. (1999a): Oplandsanalyser af vandløbs- og søoplande NOVA 1998-2003. Vandløb og søer. Teknisk anvisning fra DMU, Danmarks Miljøundersøgelser.

Kronvang, B., Søndergaard, M., Mogensen, B., Nyeland, B., Andersen, K.J., Clausen, R. & Nielsen, P.V. (1999b): Overvågning af miljøfremmede stoffer i ferskvand. Teknisk anvisning fra DMU, Danmarks Miljøundersøgelser.

Lauridsen, T. Jensen, J.P, Berg, S., Michelsen, K., Rugaard, T., Schriver, P. & Rasmussen, A.C. (1999): Fiskeyngelundersøgelser i søer. Teknisk anvisning fra DMU, Danmarks Miljøundersøgelser.

Miljøstyrelsen (2000): NOVA-2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet i Danmark, 1998-2003. Redegørelse nr. 1 2000. 397 s.

Miljøstyrelsen (1996): Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer eller havet. Bekendtgørelse nr. 921.

Miljøstyrelsen (1994): Punktkilder 1993. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Fagdatarapport. Orientering fra Miljøstyrelsen. Nr. 8. 1994. 131 s.

Miljøstyrelsen (1988): Fosfor - kilder og virkninger. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 2. 120 s.

Miljøstyrelsen (1983): Vejledning i recipientkvalitetsplanlægning. Del 1. Vandløb og søer. Vejledning 1/1983. 89 s.

Moeslund, B., Hald Møller, P., Windolf, J. & Schriver, P. (1996): Vegetationsundersøgelser i søer. Metoder til anvendelse i søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Afd. for Ferskvandsøkologi. 45 s.

Mortensen, E., Jensen, H.J., Møller, J.P. & Timmermann, M. (1990): Fiskeundersøgelser i søer. Undersøgelserprogram, fiskeredskaber og metoder. Overvågningsprogram. Afd. for Ferskvandsøkologi. 58 s.

Olrik, K. (1991): Planteplankton metoder. Prøvetagning, bearbejdning og rapportering ved undersøgelser af planteplankton i søer og marine områder. 108 s. Miljøprojekt 187, Miljøstyrelsen.

Rebsdorf, Aa., Søndergaard, M. & Thyssen, N. (1988): Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. Teknisk rapport nr. 21. Publ. nr. 98. 59 s.

SFT (1997): Klassificering av miljøkvalitetet i ferskvann. Veiledning 97:04. TA 1468/1997. Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway.

Skjelkvåle B.L., Andersen T., Fjeld E., Mannio J., Wilander A., Johansson K., Jensen J.P. & Moiseenko T. (2001): Heavy metal surveys in Nordic lakes: Concentrations, geographic patterns and relation to critical limits. *AMBIO* 30: 2-10.

Søndergaard, M., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (1999): Internal phosphorus loading in shallow Danish lakes. *Hydrobiologia* 408/409: 145-152.

Wiggers, L., Tornbjerg, H. Windolf, J., Svendsen L.M. & Kronvang, B. (1994): Notat fra arbejdsgruppen vedrørende beregning af den diffuse tilførsel af total N og total P fra umålte oplande i Overvågningsprogrammet. Udsendt af Danmarks Miljøundersøgelser.

Windolf, J., Jeppesen, E., Søndergaard, M. Jensen J.P & Sortkjær, L. (1993): Ferske vandområder – Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Faglig rapport fra DMU, nr. 90. 130 s.

6 Oversigt over amtsrapporter for 2001

FREDERIKSBORG AMT:

Frederiksborg Amt, 2002. Bastrup Sø - tilstand og udvikling 2001. Teknik og Miljø, Miljøafdelingen 50 s + bilag. Elektronisk

Frederiksborg Amt, 2002. Arresø - tilstand og udvikling 2001. Teknik og Miljø, Miljøafdelingen 64 s + bilag. Elektronisk

FYNS AMT:

Fyns Amt, 2002. Arreskov Sø 2001, Vandmiljøovervågning. Natur- og Vandmiljøafdelingen, 56 s + bilag.

Fyns Amt, 2002. Søholm Sø 2001, Vandmiljøovervågning. Natur- og Vandmiljøafdelingen, 48 s + bilag.

KØBENHAVNS AMT:

København Amt, 2002. Vandmiljøovervågning, Bagsværd Sø 2001. Teknisk Forvaltning, Jord- og vandafdelingen, 49 s + bilag. Elektronisk

København Amt, 2002. Vandmiljøovervågning, Furesø 2001. Teknisk Forvaltning, Jord- og vandafdelingen, 50 s + bilag. Elektronisk

KØBENHAVNS KOMMUNE:

København Kommune, 2002. Utterslev Mose 2001. Miljø- og Forsyningsforvaltningen, 58 s + bilag.

København Kommune, 2002. Damhussøen 2001. Miljø- og Forsyningsforvaltningen, 53 s + bilag.

NORDJYLLANDS AMT:

Nordjyllands Amt, 2002. Hornum Sø 2001. Natur- og Miljø 46 s + bilag.

Nordjyllands Amt, 2002. Ulvedybet 2001. Natur- og Miljø 68 s + bilag.

RIBE AMT:

Ribe Amt, 2002. Kvie Sø, Holm Sø 2001. Natur- og Grundvandsafdelingen, 72 s + bilag.

RINGKØBING AMT:

Ringkøbing Amt, 2002. Vandmiljøovervågning, Søby Sø 2001. Vandmiljøafdelingen, 74 s + bilag.

Ringkøbing Amt, 2002. Vandmiljøovervågning, Ferring Sø 2001. Vandmiljøafdelingen, 72 s + bilag.

ROSKILDE AMT:

Roskilde Amt, 2002. Gundsømagle Sø 1989-2001. Teknisk Forvaltning, 35 s + bilag.

Roskilde Amt, 2002. Borup Sø 1989-2001. Teknisk Forvaltning, 36 s + bilag.

STORSTRØMS AMT:

Storstrøms Amt, 2002. Nakskov Indrefjord, Overvågningsdata 2001. Teknik- og miljøforvaltningen, 64 s + bilag.

Storstrøms Amt, 2002. Vesterborg Sø, Overvågningsdata 2001. Teknik- og miljøforvaltningen, 46 s + bilag.

SØNDERJYLLANDS AMT:

Sønderjyllands Amt, 2002. Vandmiljøovervågning 2001, St. Søgård Sø. Teknisk forvaltning, Miljøområdet, 68 s + bilag.

Sønderjyllands Amt, 2002. Vandmiljøovervågning 2001, Ketting Nor. Teknisk forvaltning, Miljøområdet, 68 s + bilag.

VEJLE AMT:

Vejle Amt, 2002. Overvågning af Engelsholm Sø 2001, Næringssalte, belastning, biologi. Teknik og Miljø, 56 s + bilag.

Vejle Amt, 2002. Overvågning af Søgård Sø, 2001, Næringssalte, belastning, biologi. Teknik og Miljø, 60 s + bilag.

Vejle Amt, 2002. Overvågning af Fårup Sø, 2001, Næringssalte, belastning, biologi. Teknik og Miljø, 80 s + bilag.

VESTSJÆLLANDS AMT:

Vestsjællands Amt, 2002, Maglesø 2001. Natur & Miljø, 48 s + bilag.

Vestsjællands Amt, 2002, Tissø 2001. Natur & Miljø, 73 s + bilag.

Vestsjællands Amt, 2002, Tystrup Sø 2001. Natur & Miljø, 52 s + bilag.

VIBORG AMT:

Viborg Amt, 2002, Vandmiljøplanens overvågningsprogram, Hinge Sø 2001. Miljø og Teknik, 57 s + bilag.

Viborg Amt, 2002, Vandmiljøplanens overvågningsprogram, Nors Sø 2001. Miljø og Teknik, 50 s + bilag.

ÅRHUS AMT:

Århus Amt), 2002. Bryrup Langsø 2001. Natur og Miljø, 46 s + bilag.

Århus Amt, 2002. Ravn Sø 2001. Natur og Miljø, 48 s + bilag

Århus Amt, 2002. Ørn Sø 2001. Natur og Miljø, 42 s + bilag.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tlf.: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Marin Økologi
Afd. for Miljøkemi og Mikrobiologi
Afd. for Arktisk Miljø
Projektchef for kvalitets- og analyseområdet*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejlsovej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tlf.: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Overvågningssektionen
Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Ferskvandsøkologi
Afd. for Marin Økologi
Projektchef for det akvatiske område*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12-14, Kalø
8410 Rønde
Tlf.: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 15

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, temarapporter, samt årsberetninger. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

2001

- Nr. 383: Pesticider 2 i overfladevand. Metodaoprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 45 s. + Annex 1, 75,00 kr.
- Nr. 384: Natural Resources in the Nanortalik Area. An Interview Study on Fishing, Hunting and Tourism in the Area around the Nalunaq Gold Project. By Glahder, C.M. 81 pp., 125,00 kr.
- Nr. 385: Natur og Miljø 2001. Påvirkninger og tilstand. Af Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. 368 s., 200,00 kr.
- Nr. 386: Pesticider 3 i overfladevand. Metodeoprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B. 94 s., 75,00 kr.
- Nr. 387: Improving Fuel Statistics for Danish Aviation. By Winther, M. 56 pp., 75,00 DKK.

2002

- Nr. 388: Microorganisms as Indicators of Soil Health. By Nielsen, M.N. & Winding, A. 82 pp., 90,00 DKK.
- Nr. 389: Naturnær skovrejsning – et bæredygtigt alternativ? Af Aude, E. et al. 47 s. (elektronisk)
- Nr. 390: Metoder til at vurdere referencetilstanden i kystvande – eksempel fra Randers Fjord. Vandrammedirektiv-projekt. Fase II. Af Nielsen, K. et al. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 391: Biologiske effekter af råstofindvinding på epifauna. Af Lisbjerg, D. et al. 54 s. (elektronisk)
- Nr. 392: Næringssaltbegrænsning af makroalger i danske kystområder. Et samarbejdsprojekt mellem Ringkøbing Amt, Nordjyllands Amt, Viborg Amt, Århus Amt, Ribe Amt, Sønderjyllands Amt, Fyns Amt, Roskilde Universitetscenter og Danmarks Miljøundersøgelser. Af Krause-Jensen, D. et al. 112 s. (elektronisk)
- Nr. 393: Vildtudbyttet i Danmark i jagtsæsonen 2000/2001. Af Asferg, T. 34 s., 40,00 kr.
- Nr. 394: Søerne i De Østlige Vejler. Af Jeppesen, E. et al. 90 s., 100,00 kr.
- Nr. 395: Menneskelig færdsels effekt på rastende vandfugle i saltvandssøen. Af Laursen, K. & Rasmussen, L.M. 36 s., 50,00 kr.
- Nr. 396: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1999-2000. Af Møller, P. et al. 53 s. (elektronisk).
- Nr. 397: Effekt af lystfiskeri på overvintrende troldeænder i Store Kattinge Sø. Af Madsen, J. 23 s. (elektronisk)
- Nr. 398: Danske duehøges populationsøkologi og forvandling. Af Drachmann, J. & Nielsen, J.T. 51 s., 75,00 kr.
- Nr. 399: NEXT 1998-2003, Pesticider 1 i drikkevand. Samlet rapport over 3 præstationsprøvningsrunder. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 400: Population Structure of West Greenland Narwhals. A Multidisciplinary Approach. By Riget, F. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 401: Dansk tilpasning til et ændret klima. Af Fenger, J. & Frich, P. 36 s. (elektronisk)
- Nr. 402: Persistent Organic Pollutants in Soil, Sludge and Sediment. A Multianalytical Field Study of Selected Organic Chlorinated and Brominated Compounds. By Vikelsøe et al. 96 pp. (electronic)
- Nr. 403: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2001/02 i Danmark. Wing Survey from the 2001/02 hunting season in Denmark. Af Clausager, I. 62 s., 50,00 kr.
- Nr. 404: Analytical Chemical Control of Phthalates in Toys. Analytical Chemical Control of Chemical Substances and Products. By Rastogi, S.C., Jensen, G.H. & Worsøe, I.M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 405: Indikatorer for Bæredygtig Transport – oplæg til indhold og strategi. Af Gudmundsen, H. 112 s., 100,00 kr.
- Nr. 408: Blykontaminering af havfugle i Grønland fra jagt med blyhagl. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 31 s. (elektronisk)
- Nr. 409: The State of the Environment in Denmark 2001. Bach, H., Christensen, N. & Kristensen, P. (eds). 368 pp., 200,00 DKK.
- Nr. 411: Satellite Tracking of Humpback Whales in West Greenland. Dietz, R. et al. 38 pp. (electronic)
- Nr. 412: Control of Pesticides 2001. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. Petersen, K.K. & Christoffersen, C. 28 pp. (electronic)
- Nr. 413: Vegetation i farvandet omkring Fyn 2001. Af Rasmussen, M.B. 138 s. (elektronisk)
- Nr. 418: Atmosfærisk deposition 2001. NOVA 2003. Af Ellermann, T. (elektronisk)
- Nr. 419: Marine områder 2001 - Miljøtilstand og udvikling. NOVA 2003. Af Ærtebjerg, G. (red.) (elektronisk)
- Nr. 420: Landovervågningsoplande 2001. NOVA 2003. Af Grant, R. (elektronisk)
- Nr. 421: Søer 2001. NOVA 2003. Af Jensen, J.P. (elektronisk)
- Nr. 422: Vandløb 2001. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (elektronisk)
- Nr. 423: Vandmiljø 2002. Tilstand og udvikling - faglig sammenfatning. Af Andersen, J.M. et al. 56 s., 100,00 kr.

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-703-7
ISSN 1600-0048