



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Søer 2002

Faglig rapport fra DMU, nr. 469

[Tom side]



Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

NOVA 2003

Søer 2002

*Faglig rapport fra DMU, nr. 469
2003*

Jens Peder Jensen

Rikke Bjerring

Tue Stenholm Jakobsen

Martin Søndergaard

Torben L. Lauridsen

Lisbet Sortkjær

Datablad

Titel:	Søer 2002
Undertitel:	NOVA 2003
Forfattere:	Jens Peder Jensen, Rikke Bjerring, Tue Stenholm Jakobsen, Martin Søndergaard, Torben L. Lauridsen & Lisbet Sortkjær
Afdeling:	Afdeling for Ferskvandsøkologi
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 469
Udgiver:	Danmarks Miljøundersøgelser © Miljøministeriet
URL:	http://www.dmu.dk
Udgivelsestidspunkt:	December 2003
Redaktionen afsluttet:	November 2003
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Jensen, J.P., Bjerring, R., Jakobsen, T.S., Søndergaard, M., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. 2003: Søer 2002. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 66 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 469. http://faglige-rapporter.dmu.dk
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
Emneord:	Søer, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplan
Tegninger/fotos: Layout:	Grafisk værksted, Silkeborg Anne Mette Poulsen
ISBN:	87-7772-771-7
ISSN (elektronisk):	1600-0048
Sideantal:	66
Internet-version:	Rapporten findes kun som PDF-fil på DMU's hjemmeside http://www.dmu.dk/1_viden/2_Publikationer/3_fagrapporter/rapporter/FR469.pdf
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapporterne er en fortsættelse af rapporterne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998)
Købes hos:	Miljøministeriet Frontlinien Strandgade 29 1401 København K Tlf.: 32 66 02 00 frontlinien@frontlinien.dk www.frontlinien.dk

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
 - Alle søer 12
 - De enkelte søers udvikling 14
 - 1.1.3 Kvælstof 15
 - Alle søer 15
 - De enkelte søers udvikling 16
 - 1.1.4 Sigtdybde og klorofyl a 17
- 1.2 Planteplankton 19
 - Alle søer 19
 - De enkelte søers udvikling 20
- 1.3 Dyreplankton 22
- 1.4 Undervandsplanter 27
- 1.5 Søernes målsætning og aktuelle tilstand 29
- 1.6 Sammenfatning 30

2 Søernes oplande samt nærings-stofdynamik 33

- 2.1 Vandbalancer for søerne 33
- 2.2 Stofbalancer for søerne 34
 - 2.2.1 Fosforbalancer for søerne 34
 - 2.2.2 Kvælstofbalancer for søerne 37
- 2.3 Oplandsbeskrivelser og kildeopsplitning 40
 - 2.3.1 Oplandsbeskrivelse 41
 - 2.3.2 Kilder til næringsstofbelastningen – status 42
 - 2.3.3 Kilder til næringsstofbelastningen – udviklingen i udvalgte enkeltkilder 45
- 2.4 Sammenfatning 48

3 Beskrivelse af overvågningspro- grammet 49

- 3.1 Vandmiljøplanen 49
- 3.2 Overvågningsprogrammet for søer 49
- 3.3 Overvågningssøerne 52

4 Klimatiske forhold 55

- 4.1 Temperatur og globalindstråling 55
- 4.2 Nedbør og fordampning 57
- 4.3 Ferskvandsafstrømning 57
- 4.4 Vindforhold 58
- 4.5 Sammenfatning 58

Referencer 61

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), der fra 1998 afløste Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988. Rapporten er i år kun centreret omkring de mest centrale elementer i overvågningsprogrammet.

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 næringsalte. 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 Miljøundersøgelsers 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 2002" og "Søer 2002" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder 2002. Miljøtilstand og udvikling" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers 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 2002" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af luftkvaliteten i Danmark.

Rapporterne fra DMU udgives i 2003 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.

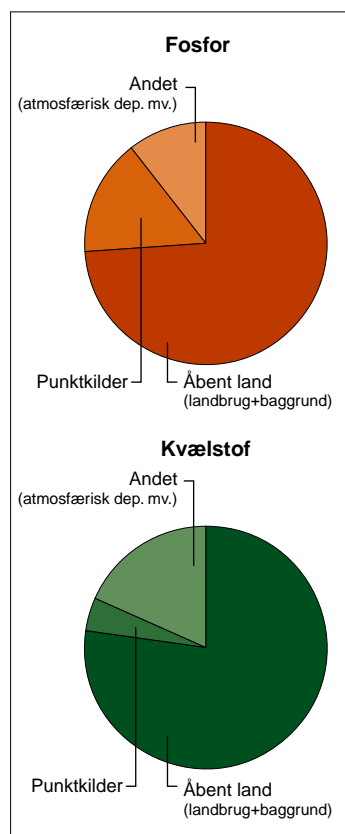
Amtskommunerne forestår den standardiserede prøveindsamling og beskriver hvert år de enkelte søers miljøtilstand i regionale rapporter. De indsamlede data indberettes til Danmarks Miljøundersøgelser, som udarbejder årlige statusrapporter om den generelle tilstand og udviklingen i alle søerne. Dette års rapport omfatter således såvel status for miljøtilstanden i 2002 samt resultater for udviklingstendenser i perioden fra 1989 til 2002.

Stoftilførslen af såvel fosfor som kvælstof til søerne har i 2002 som tidligere år været domineret af tilførslen fra det åbne land, der gennemsnitligt har bidraget med ca. 70 % af stoftilførslen for både fosfor og kvælstof (Fig. 0.1). Punktkildernes andel udgjorde henholdsvis ca. 15 % og ca. 4 %, 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 2002 reduceret meget markant fra ca. 22 % til nogle få procent.

Den relative kvælstoftilbageholdelse i søerne falder med faldende opholdstid. Uafhængigt af ændringerne i de hydrologiske forhold er kvælstoftilbageholdelsen steget i nogle af overvågningssøerne, efter at søerne er blevet klarvandede som følge af ændringer i fiskebestanden. I halvdelen af søerne var kvælstoftilbageholdelsen i 2002 over 20 %. Og medianen og gennemsnittet for den absolutte kvælstoftilbageholdelse var 71 og 100 mg N m⁻² dag⁻¹ svarende til 260 og 364 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

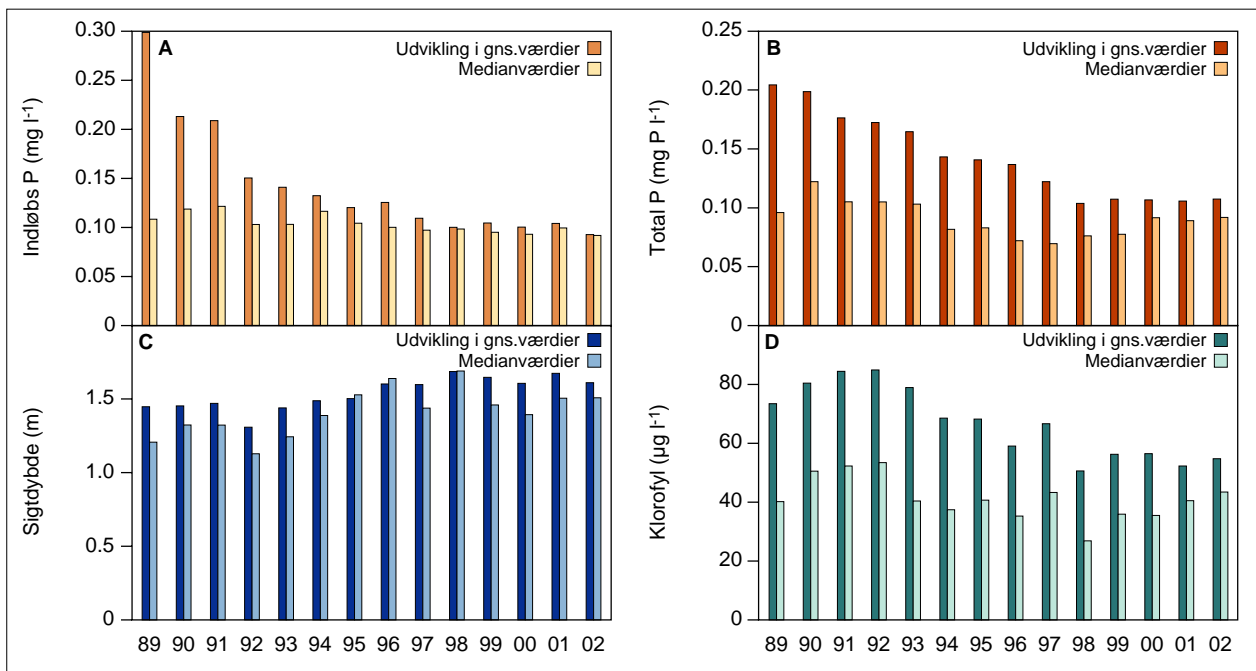
Fosfortilbageholdelsen i overvågningssøerne er kun i mindre grad afhængig af opholdstiden i søerne. I 2002 havde omkring en 1/3 af søerne en negativ fosforbalance, dvs. at de afgav mere, end de modtog, som følge af frigørelse af fosfor fra søbunden efter at belastningen er reduceret. Men det ser ud til, 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 0,108 mg P l⁻¹ i 2002. 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 årgennemsnit, mens koncentrationen er steget i blot 2 søer.



SØ03 - Fig. 0.1

Figur 0.1 Kildefordeling for stoftilførslen til søerne i 2002.



SØ03 – Fig. 0.2

Figur 0.2 Udviklingen i gennemsnits- og medianværdier (sommer) for de 27 ferske overvågnings søer igennem årene fra 1989 til 2002. Der vist indløbskoncentrationen af fosfor samt søernes sigtddybde og indhold af totalfosfor og klorofyl a. Gennemsnitsværdier er vist til venstre og medianværdier til højre.

Fald i fosfor og kvælstof

Tilførslen af kvælstof til søerne er tilsvarende blevet reduceret signifikant i 15 af de 27 søer.

Sigtddybde og klorofyl

Den sommergennemsnitlige sigtddybde er i perioden 1989 til 2002 steget fra 1,5 til 1,6 m. Dette modsvarer af et fald i den gennemsnitlige klorofyl a koncentration fra 73 til 55 $\mu\text{g l}^{-1}$ i samme tidsrum. For henholdsvis 11 og 13 søer er der registreret signifikante forbedringer i klorofylmængden og sigtddybden. Og kun for 1 og 3 er der registreret signifikante forværringer.

Planteplankton

Biomassen af planteplankton er faldet signifikant i 6 af de 27 søer, mens den er steget i 2 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 planteplanktonet har også ændret sig i mange søer, blandt andet er procenten af blågrøn-alger steget i 7 søer, mens den er faldet i 6 søer. Rentvandsgruppen gulalger er også gået væsentligt frem i mange søer – især i de seneste år.

Dyreplankton

Tabel 0.1 Miljøtilstanden i 2002 i overvågningssøerne illustreret ved udvalgte nøgleparametre. Kvælstof og fosfor er angivet som årsgennemsnit, mens de øvrige er sommergennemsnit (1. maj-30. september).

Parameter	n	Gns	25 %	Median	75 %
P-indl \square bskonc. (mg P l $^{-1}$)	27	0,098	0,072	0,093	0,117
P-s \square koncentration (mg P l $^{-1}$)	27	0,108	0,059	0,092	0,151
P-tilbageholdelse (%)	16	10	-4	11	28
N-indl \square bskonc. (mg N l $^{-1}$)	27	4,1	2,0	4,5	5,6
N-s \square koncentration (mg N l $^{-1}$)	27	2,1	1,2	1,8	3,4
N-tilbageholdelse (%)	16	28	15	20	47
Sigtedybde (m)	27	1,6	0,7	1,5	2,3
Klorofyl a (μ g l $^{-1}$)	27	55	18	44	95
Planteplankton (mm 3 l $^{-1}$)	27	10,7	3,2	7,8	16,1
Blågr \square nalger (%)	27	30	4	17	53
Dyreplankton (mg TV l $^{-1}$)	27	0,66	0,35	0,56	0,96
Dyreplanktons gr \ddot{e} sning (% d $^{-1}$)	27	34	14	22	31

Tabel 0.2 Statistisk signifikante udviklinger i miljøtilstanden i 27 overvågningssøer i perioden 1989-2002 for en række udvalgte nøgleparametre. Med hensyn til fosfor og kvælstof er angivet udviklingen for årsgennemsnit, mens det for de øvrige er for sommergennemsnit (1. maj-30. september).

Parameter	Forbedret	Forv \ddot{e} rret
P-indl \square bskoncentration	14	1
P-s \square koncentration	16	2
P-tilbageholdelse (%)	4	1
N-indl \square bskoncentration	21	0
N-s \square koncentration	15	0
N-tilbageholdelse (%)	1	0
Sigtedybde	13	3
Klorofyl a	11	1
Planteplanktonbiomasse	6	2
Blågr \square nalger (%)	7	6
Dyreplanktonbiomasse	4	7
Dyreplanktons gr \ddot{e} sning	3	2

Den gennemsnitlige totale biomasse af dyreplankton er faldet med 0,15 mg TV l $^{-1}$ fra perioden 1989-95 til 2002. Tilsvarende er også medianværdien af biomassen af dyreplankton faldet fra 0,73 til 0,56 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, hjuldyr og især vandlopper.

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.

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. Der er dog en svag stigende tendens i 2002.

Tilstand og målsætning

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2002 har amtskommunerne vurderet, om overvågningssøernes målsætninger er opfyldt. Heraf fremgår, at hovedparten af de 31 søer ikke lever op til deres målsætninger, kun for 4 af de 31 søer var målsætningen opfyldt i 2002, hvilket er et fald på 3 søer siden 2000. Nogle af søerne vil få en forbedring i tilstanden, når den interne fos-

forfrigtelse 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 mindre er miljøtilstanden samlet set forbedret væsentligt i overvågningsøerne fra 1989 til 2002, især på grund af reduktioner i fosfortilførslen. Forbedringer i miljøtilstanden er registreret især for de vandkemiske parametre (bl.a. fosforkoncentration og sigtdybde) 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 justeres 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 14 år (1989 til 2002), og omfatter for hele perioden data fra 27 ferskvandssøer. Fra 1998 er tillige 4 brakvandssøer blevet inddraget i det nationale overvågningsprogram for søer.

I dette afsnit gives en oversigt over søernes tilstand i 2002 samt 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 1989-95 og 1996-2001 samt året 2002. 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 undervandsplanter (siden 1993) benyttes en enkelt måling gennem sæsonen.

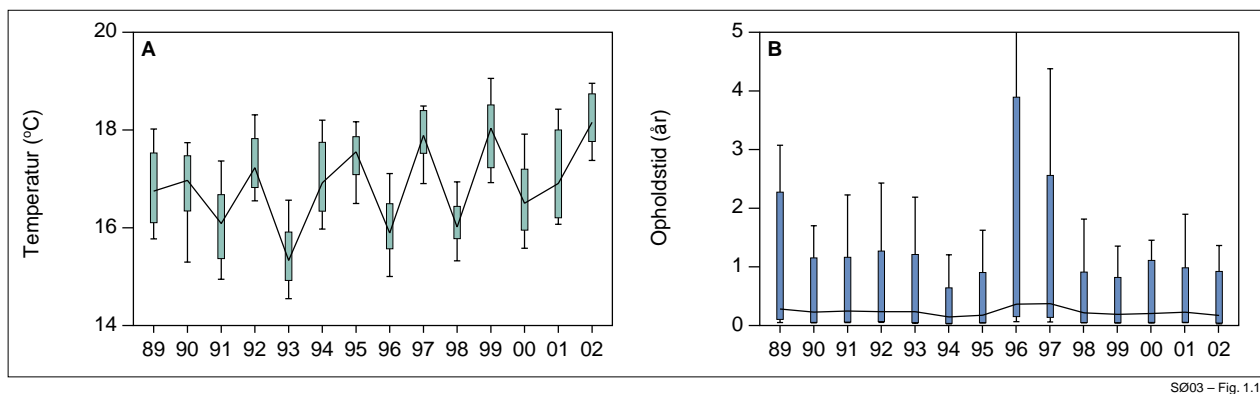
De statistiske beregninger er baseret på log-lineær regression på de udregnede middelværdier og er testet for, om der er afvigelser fra nulhypotesen, dvs. om der gennem de 14 år har været en statistisk sikker ændring. Responsvariablen er logaritmetransformeret især for at sikre varianshomogenitet. På 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.

Sommeren 2002 var den varmeste i tidsseriens 14-årige historie. Kun i 1997 og 1999 har der været tilnærmelsesvist samme gennemsnitlig overfladetemperatur i søerne (Fig. 1.1A). I modsætning har somrene i 1993, 1996 og 1998 været de markant koldeste.



SØ03 – Fig. 1.1

Figur 1.1 A: Udviklingen i søernes vandtemperatur (sommer-middel, °C) i perioden 1989 til 2002. **B:** Udviklingen i vandets opholdstid (år) i søerne i perioden 1989 til 2002. Bjælkerne viser 10, 25, 75 og 90 % fraktiler. Linierne forbinder medianværdier.

I 2002 var opholdstiderne på et relativt normalt niveau, og således generelt kortere end i de tørre år 1996 og 1997 (Fig. 1.1B). Sammenlignes 2002 med de to perioder 1989-95 og 1996-2001 var opholdstiden på niveau med 1989-95 og væsentlig kortere end i perioden 1996-2001. En mere uddybende beskrivelse af de klimatiske forhold i året 2002 samt overvågningsperioden 1989 til 2002 findes i kapitel 4. I kapitel 2 er afstrømningsforholdene samt vand- og næringsstofftilførsler beskrevet detaljeret.

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 0,181 mg P l⁻¹ i perioden 1989-95 til 0,098 mg P l⁻¹ i 2002, mens medianen dog kun er reduceret med 25 % (Fig. 1.2A, Tabel 1.1). Koncentrationen i afløbene er faldet knapt så meget, idet årsmiddel og median er reduceret med hhv. 36 % og 19 % i 2002 i forhold til perioden 1989-95, hvilket i søerne med reduceret punktkildebetinget fosfortilførsel hovedsageligt kan relateres til en intern frigivelse af fosfor fra sedimentet (Fig. 1.2B, Tabel 1.1).

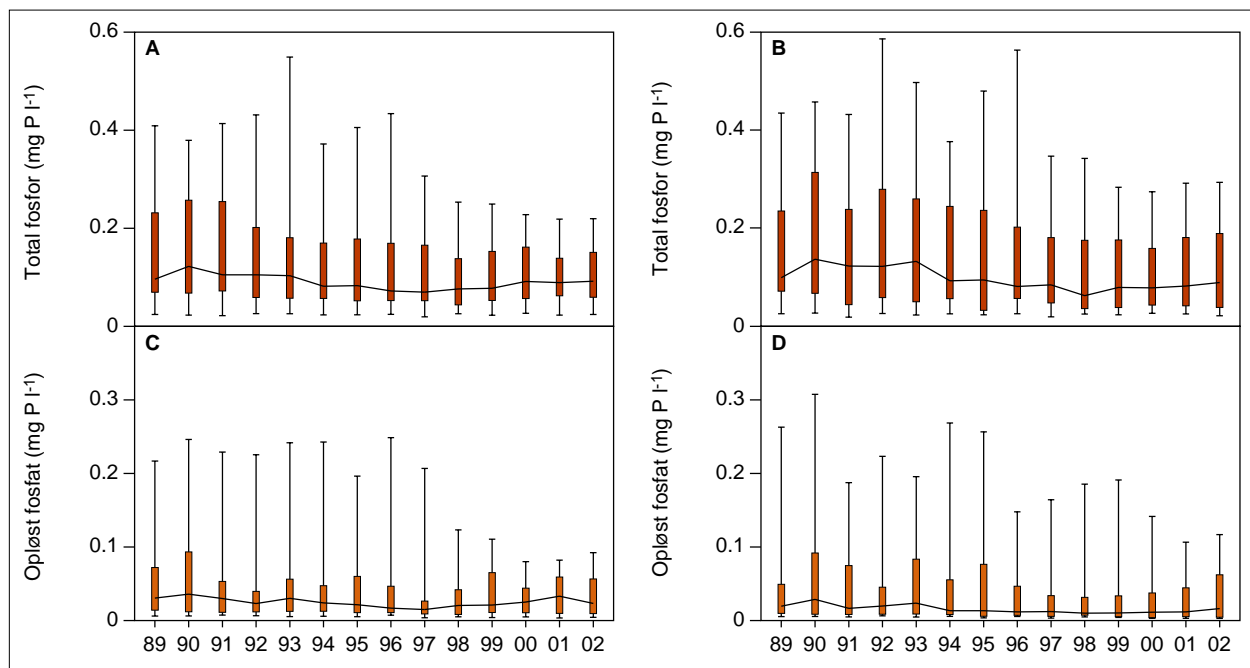
Tabel 1.1 Totalfosforkoncentration i tilløb og afløb. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er mg P l⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Indløb,	1989-95	0,181	0,022	0,078	0,118	0,178	1,073
Total-P	1996-01	0,107	0,019	0,076	0,098	0,129	0,236
	2002	0,098	0,023	0,072	0,093	0,117	0,185
Afløb,	1989-95	0,138	0,008	0,044	0,089	0,144	0,900
Total-P	1996-01	0,090	0,003	0,040	0,071	0,110	0,237
	2002	0,088	0,014	0,042	0,072	0,125	0,228

Statistisk set er der registreret et signifikant fald i indløbs- og afløbskoncentrationen som årsmiddel for 14 af de 27 overvågnings søer, mens koncentrationerne blot er øget for henholdsvis 1 og 2 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 14 år (Fig. 1.3). Således er årsgennemsnittet for totalfosfor reduceret fra 0,171 mg P l⁻¹ i perioden 1989-95 til 0,108 mg P l⁻¹ i 2002 og opløst fosfat fra 0,070 til 0,039 mg P l⁻¹. Års- og sommermiddelværdier af totalfosfor og opløst fosfat i overvågnings søernes overfladevand er således reduceret med omkring 35 til 45 % siden overvågningsprogrammets start i 1989 (Tabel 1.3). Med hensyn til opløst fosfat har koncentrationerne efter faldende værdier siden starten af 90'erne igen været svagt stigende siden 1998 (Fig. 1.3B).

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 overvågnings søerne fra 1989 til 2002. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ 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	0	----	0	---	+
Holm Sø	----	0	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0	0	0
Nors Sø	0	0	---	0	-	0
Ravn Sø	---	--	0	----	0	----
Søholm Sø	++	0	0	--	---	---
Kvie Sø	-	0	++	0	++	0
Bastrup Sø	0	++	0	0	0	0
Hornum Sø	0	0	0	+	0	+
Ørnsø	---	----	----	----	----	----
Furesøen	---	--	----	----	--	---
Fårup Sø	0	--	0	---	0	---
Damhussøen	--	----	--	----	--	----
Bryrup Langsø	--	---	---	----	-	--
Hinge Sø	0	0	0	0	----	0
Tissø	----	++	++	+	0	0
Engelsholm Sø	0	----	++	----	0	---
Bagsværd Sø	0	--	----	----	----	----
Borup Sø	0	0	0	--	0	0
Arreskov Sø	--	0	+	0	0	0
Tystrup Sø	----	---	----	----	---	---
Arresø	----	----	0	----	0	---
Vesterborg Sø	0	-	---	----	-	----
St. Søgård Sø	-	---	----	----	---	---
Utterslev Mose	----	0	0	0	0	0
Søgård Sø	0	--	0	----	0	---
Gundsømagle Sø	----	----	----	----	----	----
I alt +/++/+++/++++	1	2	4	2	1	2
I alt -/--/---/----	14	14	11	16	13	15



SØ03 - Fig. 1.3

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.

De enkelte søers udvikling

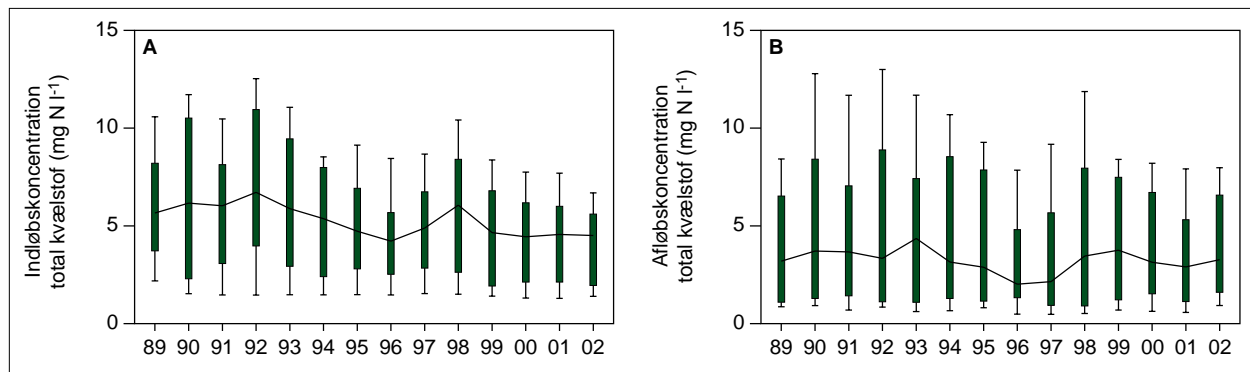
På enkelt søniveau (1989-2002) fortsætter udviklingen også i retning af lavere fosforindhold i overvågningssøerne. I 16 ud af de 27 søer er årsmiddelkoncentrationen af totalfosfor signifikant reduceret, mens den i to søer (Hornum Sø og Tissø) er øget (Tabel 1.2).

Totalfosfor er reduceret i 15 ud af 27 tilfælde

Sommerrmiddelkoncentrationen af totalfosfor er mindsket i 15 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.

Table 1.3 Koncentrationen af totalfosfor og opløst fosfor angivet som middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er mg P l^{-1} .

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-P	1989-95	0,171	0,017	0,062	0,094	0,229	0,905
	1996-01	0,114	0,021	0,056	0,078	0,160	0,348
	2002	0,108	0,017	0,059	0,092	0,151	0,317
PO ₄ -P	1989-95	0,070	0,006	0,013	0,029	0,071	0,494
	1996-01	0,042	0,004	0,010	0,020	0,045	0,193
	2002	0,040	0,002	0,009	0,023	0,057	0,131
Sommerværdier							
Total-P	1989-95	0,200	0,017	0,055	0,106	0,241	1,052
	1996-01	0,138	0,024	0,043	0,079	0,164	0,559
	2002	0,135	0,016	0,039	0,089	0,189	0,608
PO ₄ -P	1989-95	0,067	0,005	0,010	0,019	0,091	0,445
	1996-01	0,043	0,004	0,007	0,011	0,043	0,318
	2002	0,042	0,002	0,005	0,016	0,062	0,298



SØ03 – Fig. 1.4

Figur 1.4 A: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l^{-1}) i perioden 1989 til 2002. B: Udviklingen i afløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l^{-1}) i perioden 1989 til 2002.

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 2002 reduceret med hhv. 34 og 19 % i forhold til perioden 1989-95 (Tabel 1.4).

Tabel 1.4 Totalkvælstofkoncentration i tilløb og afløb. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er mg N l^{-1} .

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Indløb, Total-N	1989-95	6,08	1,40	3,65	5,68	8,90	11,71
	1996-01	4,85	1,23	2,37	4,70	6,68	8,93
	2002	4,09	0,97	1,95	4,50	5,60	8,63
Afløb, Total-N	1989-95	3,23	0,43	0,83	2,46	4,99	8,98
	1996-01	2,59	0,23	0,75	2,03	3,84	7,72
	2002	2,65	0,40	1,07	2,18	4,38	8,07

I år 2002 er ind- og afløbskoncentrationen af totalkvælstof som årsmiddel reduceret signifikant i forhold til 1989 for hhv. 21 og 10 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.

Den faldende kvælstoftilførsel til søerne afspejles tydeligt i søernes koncentration af kvælstof (Fig. 1.5). Således er årsgennemsnittet i år 2002 for både totalkvælstof og nitrat faldet med 26 -28 % i forhold til niveauet i perioden 1989-95 (Tabel 1.6). Sommerværdierne for nitrat er yderligere reduceret, idet gennemsnittet og medianen er hhv. 44 og 59 % lavere i år 2002 i forhold til perioden 1989-95. Den lave nitratkoncentration om sommeren skyldes dels optagelse i planteplanktonet og dels, at nitraten fjernes fra søerne ved denitrifikation.

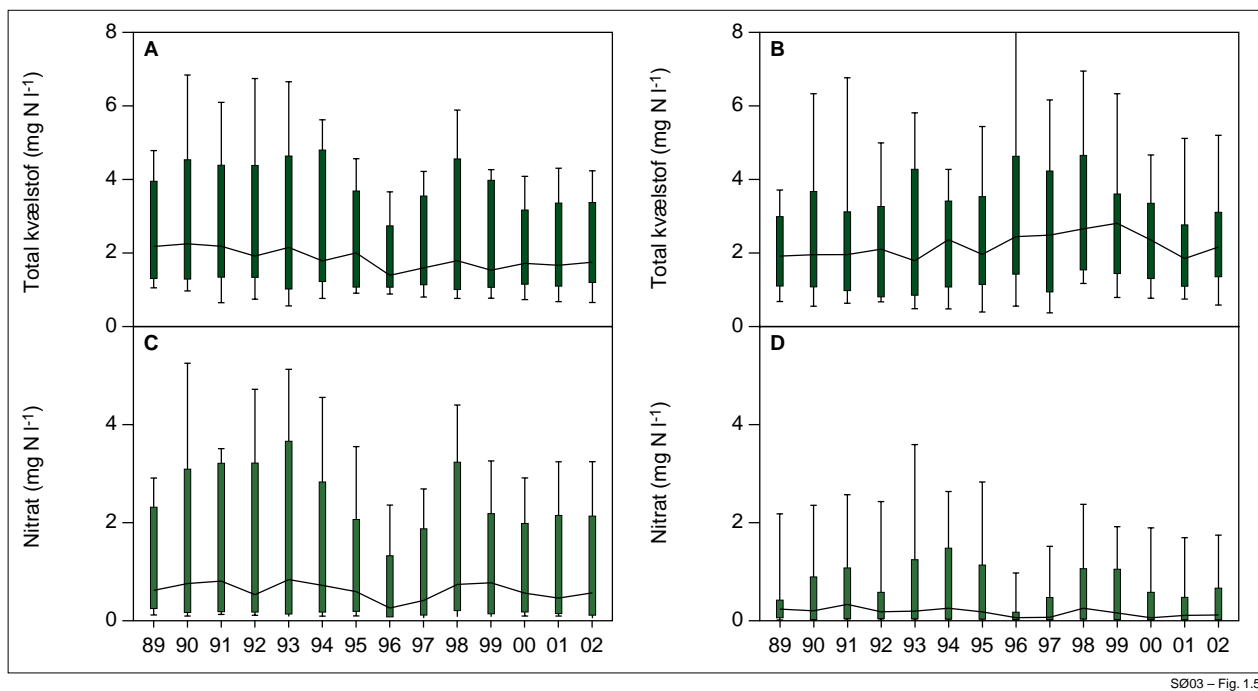
De enkelte søers udvikling

For de enkelte overvågningssøer ses generelt en faldende tendens for koncentrationen af totalkvælstof. I 2002 er årsmiddel af totalkvælstofkoncentrationen således reduceret signifikant siden 1989 i 15 af de 27 overvågningssøer (Tabel 1.5) – en forøgelse på 2 søer siden sidste år. Sommermiddelkoncentrationen er som forrige år 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 2002 reduceret signifikant i hhv. 8 og 11 søer (Tabel 1.5), hvilket dog stadig er en forøgelse sammenlignet med foregående år.

Tabel 1.5 Udviklingen i indholdet af totalkvælstof (total-N) i tilløb og afløb og total-N og nitrat (NO₃-N) i søvand for overvågningssøerne fra 1989 til 2002.

-/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ 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
Maglesø	0	---	0	--	0	--
Nors Sø	--	0	--	0	--	-
Ravnsø	---	--	---	---	--	--
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	-	+
Ørnsø	---	---	0	----	0	---
Furesøen	----	0	---	----	--	--
Fårup Sø	-	0	0	0	0	--
Damhussøen	0	0	0	0	-	0
Bryrup Langsø	0	0	0	---	0	0
Hinge Sø	---	--	----	----	--	--
Tissø	--	0	0	0	0	0
Engelsholm Sø	---	---	---	----	---	----
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	--
Gundsømagle Sø	----	--	0	----	0	--
I alt +/++/+++/++++	0	1	0	0	1	1
I alt -/--/---/----	21	10	8	15	11	17



SØ03 – Fig. 1.5

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.

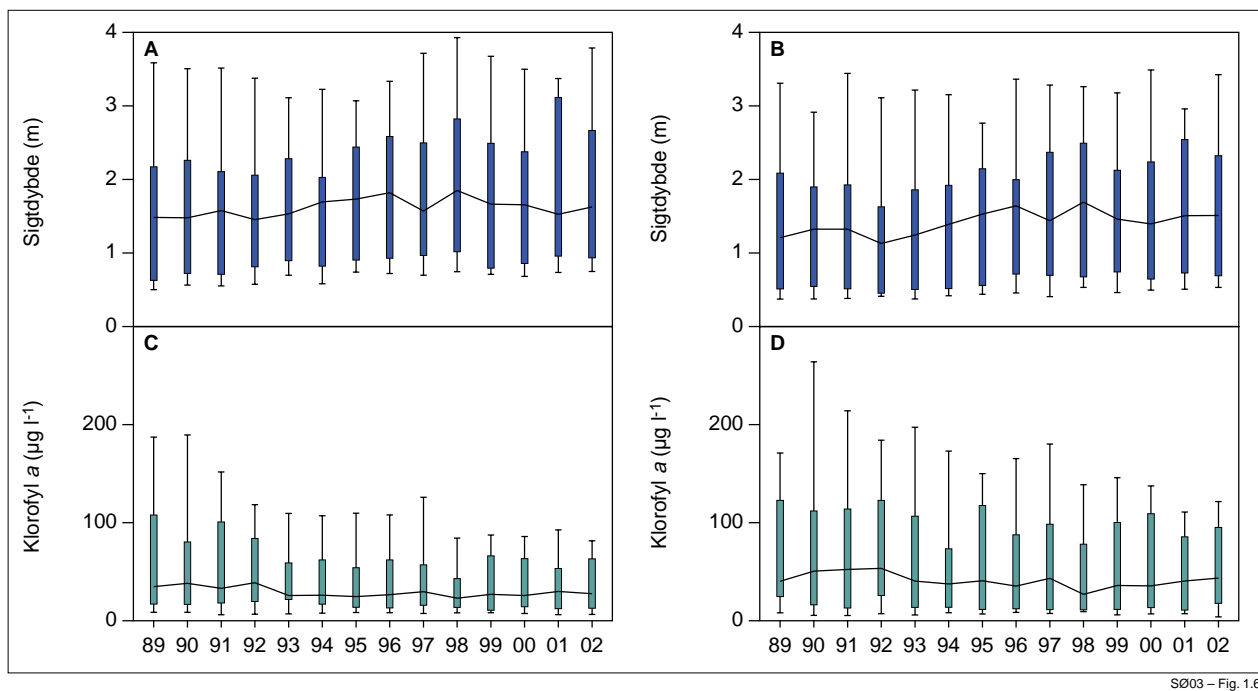
Tabel 1.6 Totalkvælstof og nitrat. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er mg N l^{-1} .

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Total-N	1989-95	2,83	0,48	1,19	2,19	4,39	6,93
	1996-01	2,24	0,44	1,11	1,70	3,82	5,63
	2002	2,09	0,39	1,20	1,75	3,37	4,37
NO ₃ -N	1989-95	1,54	0,09	0,16	0,69	2,79	5,66
	1996-01	1,16	0,04	0,16	0,52	2,07	4,43
	2002	1,11	0,04	0,11	0,57	2,13	3,58
Sommerværdier							
Total-N	1989-95	2,14	0,39	1,04	1,92	3,05	5,88
	1996-01	1,67	0,41	0,93	1,59	2,20	3,50
	2002	1,55	0,34	0,84	1,61	2,21	3,45
NO ₃ -N	1989-95	0,72	0,01	0,05	0,29	0,99	4,51
	1996-01	0,47	0,01	0,04	0,13	0,70	2,40
	2002	0,40	0,01	0,02	0,12	0,66	2,40

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).

Årsmiddelsigtdybden er øget fra 1,7 m i perioden 1989-95 til 1,9 m i 2002, mens sommermiddelsigtdybden er øget fra 1,4 til 1,6 m (Tabel 1.7).



SØ03 – Fig. 1.6

Figur 1.6 Udviklingen i sigtddybden (m). A: Årsgennemsnit. B: Sommergennemsnit. Udviklingen i koncentrationen af klorofyl a ($\mu\text{g l}^{-1}$). C: Årsgennemsnit. D: Sommergennemsnit

Forbedret sigtddybde i 13 søer

For de enkelte søer er sigtddybden i år 2002 som årsmiddel og sommerrmiddel forbedret siden 1989 i hhv. 12 og 13 søer (Tabel 1.8), hvilket er en fortsættelse af den tendens, der er registreret de senere år.

Tabel 1.7 Sigtdybde og klorofyl a indhold. Mittel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler i de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheder i hhv. m og $\mu\text{g l}^{-1}$.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Årsværdier							
Sigtdybde	1989-95	1,67	0,36	0,82	1,55	2,11	3,60
	1996-01	1,89	0,49	0,90	1,70	2,61	4,16
	2002	1,94	0,65	0,93	1,63	2,67	4,28
Klorofyl a	1989-95	62,8	3,2	19,0	33,1	81,7	390,7
	1996-01	41,7	5,2	18,3	25,1	55,4	169,4
	2002	36,1	2,5	12,7	27,6	63,1	99,2
Sommerværdier							
Sigtdybde	1989-95	1,44	0,40	0,53	1,38	1,98	3,67
	1996-01	1,64	0,43	0,68	1,58	2,29	3,63
	2002	1,61	0,42	0,69	1,51	2,32	3,50
Klorofyl a	1989-95	77,0	3,5	17,4	50,3	112,4	303,7
	1996-01	56,9	4,5	13,9	37,7	80,0	220,3
	2002	54,8	2,5	17,8	43,5	95,2	164,6

Den forbedrede sigtddybde er primært resultatet af en lavere algebiomasse i overvågningssøerne. Som et udtryk herfor er års- og sommerrmiddel for klorofyl a indholdet i søerne reduceret med hhv. 43 % og 29 % i år 2002 i forhold til perioden 1989-95 (Tabel 1.7).

Klorofyl *a* indholdet er som årsmiddel reduceret siden 1989 i 12 af overvågningssøerne, mens sommermiddel er reduceret for 11 søer (Tabel 1.8).

Table 1.8 Udviklingen i overvågningssøernes sigtdybde og indhold af klorofyl *a* fra 1989 til 2002. -/--/---/----/+/ /++/ /+++/ /++++ 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	
	Sigt dybde	Klorofyl <i>a</i>	Sigt dybde	Klorofyl <i>a</i>
Søby Sø	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	0	0	0
Bastrup Sø	+++	--	+++	-
Hornum Sø	--	+	--	0
Ørn Sø	0	----	--	-
Furesøen	+++	0	++++	0
Fårup Sø	++++	----	++++	---
Damhussøen	0	0	+	-
Bryrup Langsø	0	0	0	0
Hinge Sø	++	---	+	0
Tissø	++++	0	+++	0
Engelsholm Sø	+++	----	+++	---
Bagsværd Sø	0	0	0	0
Borup Sø	0	----	++	---
Arreskov Sø	++	0	++	0
Tystrup Sø	++	+++	0	+++
Arresø	+++	----	+	---
Vesterborg Sø	++++	----	++++	----
St. Søgård Sø	0	---	0	--
Utterslev Mose	0	0	0	0
Søgård Sø	+++	----	++++	----
Gundsømagle Sø	++	----	+	--
i alt +/++/+++/++++	12	2	13	1
i alt -/--/---/----	1	12	3	11

1.2 Planteplankton

Alle søer

Stadig relativ høj biomasse af planteplankton i søerne

Det generelle niveau for planteplanktonbiomassen i overvågningssøerne er stadig højt, sammenfaldende med at 16 af de 27 overvågningssøer atter i 2002 havde et totalfosfor årsgennemsnit på over 0,1 mg P l⁻¹. Den gennemsnitlige totale sommer planteplankton biomasse er ikke reduceret fra perioden 1996-2001 til 2002, men er dog faldet 24 % siden 1989-1995. Desuden havde 50 % af overvågningssøerne i 2002 en planteplankton sommerbiomasse på maksimalt 7,8 mm³ l⁻¹, hvor det i 1989-1995 og 1996-2001 var hhv. 10,4 og 9,7 mm³ l⁻¹ (Tabel 1.9).

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 2002 er faldet 82

Tabel 1.9 Planteplanktonbiomasse – total og på klasseniveau. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågnings søer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er $\text{mm}^3 \text{l}^{-1}$. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Totalbiomasse	1989-95	14,1	0,4	3,0	10,4	23,1	45,0
	1996-01	10,7	0,7	2,8	9,7	16,1	38,6
	2002	10,7	0,2	3,2	7,8	16,1	40,0
Blågrønalger	1989-95	7,1	0,0	0,4	3,9	9,5	41,2
	1996-01	4,4	0,0	0,3	2,1	6,0	28,6
	2002	4,6	0,0	0,3	0,7	4,3	38,6
Kiselalger	1989-95	2,5	0,0	0,2	1,0	4,1	14,9
	1996-01	1,8	0,0	0,3	1,1	1,8	12,7
	2002	2,1	0,0	0,1	0,8	2,5	20,5
Grønalger	1989-95	2,7	0,0	0,2	0,8	2,5	22,8
	1996-01	1,6	0,1	0,1	0,5	2,7	8,7
	2002	1,0	0,0	0,1	0,2	1,3	7,5
Rekylalger	1989-95	0,48	0,01	0,14	0,25	0,68	1,82
	1996-01	0,53	0,00	0,16	0,30	0,76	1,84
	2002	0,46	0,00	0,12	0,28	0,59	1,92
Furealger	1989-95	0,78	0,00	0,06	0,14	1,03	6,46
	1996-01	2,03	0,00	0,05	0,28	0,81	24,26
	2002	1,98	0,00	0,00	0,23	1,76	26,24
Gulalger	1989-95	0,06	0,00	0,01	0,03	0,11	0,30
	1996-01	0,11	0,00	0,01	0,03	0,12	0,90
	2002	0,10	0,00	0,00	0,01	0,07	0,85

% og 67 % sammenlignet med hhv. sommermedianen for perioden 1989-1995 og 1996-2001. Reduktionen i blågrønalger er dog mindre end den der blev registreret indtil 2000 (*Jensen et al., 2001*).

De enkelte søers udvikling

Den gennemsnitlige totale algebiomasse udviser en signifikant ændring over de 14 år i 8 af søerne. Heraf har 6 søer faldende sommerbiomasse, mens 2 søers algebiomasse er stigende (Maglesø og Tystrup Sø), og dermed fortsætter tendensen set de seneste år. Blågrønalgebiomassen fortsætter ligeledes den faldende tendens, således at et fald nu er registreret i 9 af de 27 søer (mod 8 søer i 2001 og 7 i 2000). Samtidig er der dog sket en signifikant stigning af blågrønalger i 6 søer (Tabel 1.10), hvoraf Ørn Sø og Gundsømagle Sø er tilføjet i 2002.

Biomassen af blågrøn-, grøn- og kiselalger falder

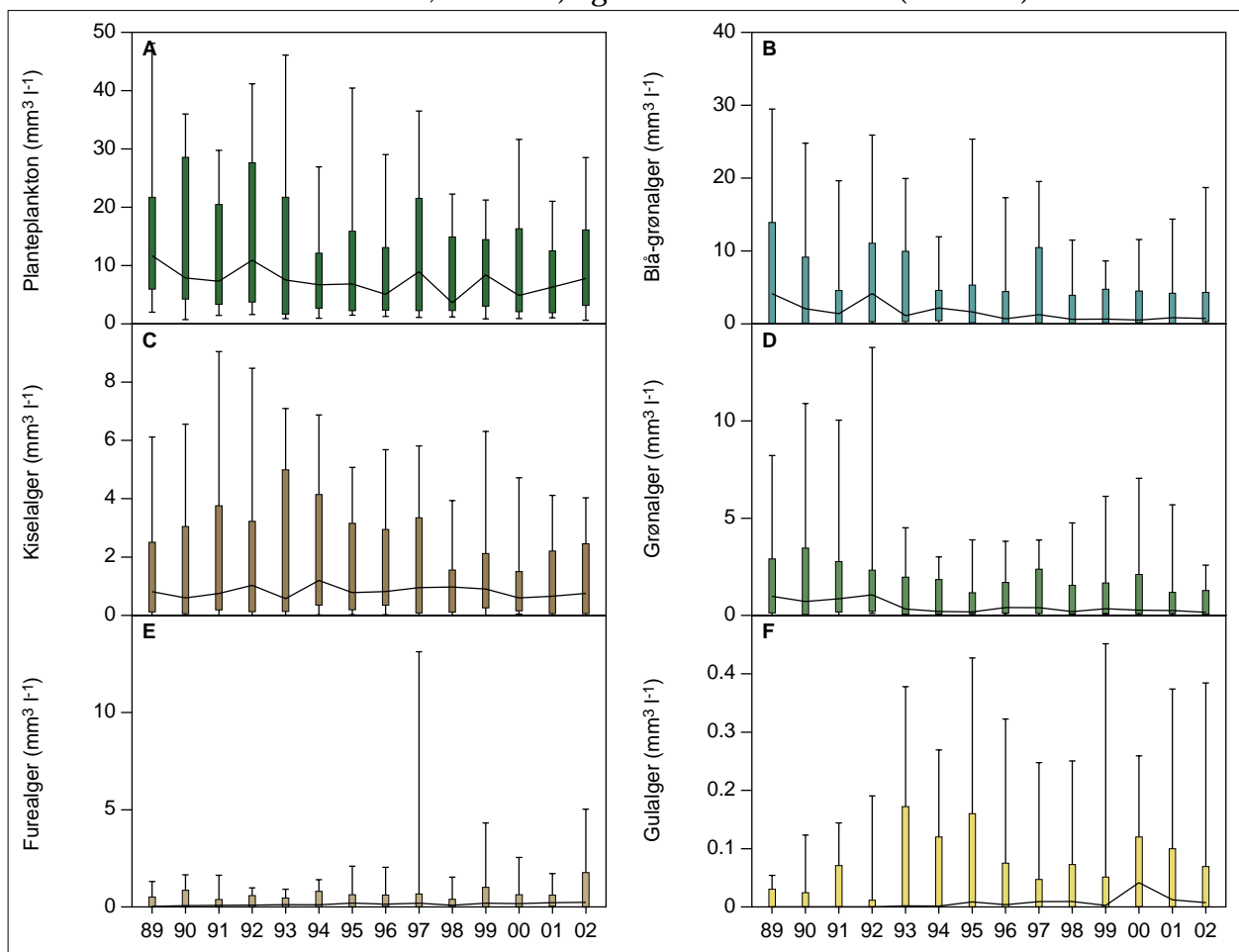
Grønalger, den anden store kvantitative gruppe, fortsætter ligeledes den faldende tendens over overvågningsårene. Ni søer, mod 8 i 2001, har udvist et signifikant fald i grønalgebiomassen, mens 2 søer har udvist en stigning. Kiselalgerne er kun reduceret fra en sommermedian på $1,0 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ i 1989-1995 til en sommermedian på $0,8 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ i 2002 (Tabel 1.9). Trods dette er der i 2002 registreret 8 søer med signifikant faldende biomasse siden 1989 (Tabel 1.10). År til år variationen er dog i mange tilfælde større end selve udviklingen over hele perioden (Fig. 1.7C).

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 gulalgebiomasse. Således er der i år 2002 10 søer, hvor furealge- og gulalgebiomasse er steget signifikant i overvågningsperioden mod 8 for begge klasser i år 2000. Flere steder er stigningerne sammenfaldende med signi-

fikant nedgang i den gennemsnitlige sommerbiomasse af grønalger og/eller blågrønalger (Tabel 1.10). Utterslev Mose og Fårup Sø udviser som tidligere år et fald i furealgebiomassen.

Furealgerne har i 2002 haft den største relative fremgang med mere end en fordobling i sommergennemsnitsbiomassen ($2,0 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$) sammenlignet med perioden 1989-1995 ($0,8 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$). Gulalgerne er i 2002 gået lidt tilbage i forhold til de to foregående år (Fig. 1.7F), men i forhold til perioden 1989-95 er der stadig en stigning (fra $0,06 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$ til $0,10 \text{ mm}^3 \text{ l}^{-1}$) i gennemsnitsbiomassen (Tabel 1.9).



SØ03 - Fig. 1.7

Figur 1.7 Udvikling i planteplanktongrupperes biomasse ($\text{mm}^3 \text{ l}^{-1}$). Sommer-gennemsnit. A: Totalbiomassen af planteplankton. B: Blågrønalgbiomassen. C: Kiselalgebiomassen. D: Grønalgbiomassen. E: Furealgebiomassen F: Gulalgebiomassen.

Tabel 1.10 Udviklingen i overvågnings søernes biomasse af planteplankton fra 1989 til 2002. -/+, --/++, ---/+++, ----/++++ 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, Rekyl, Fure, og Gul angiver biomassen for de respektive klasser af planteplankton.

	Total	Blågrøn	Kisel	Grøn	Rekyl	Fure	Gul
Søby Sø	0	++	0	+++	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	+
Kvie Sø	0	++	0	-	0	+++	+++
Bastrup Sø	0	--	0	0	0	0	+
Hornum Sø	0	0	0	0	0	0	-
Ørnsø	0	+	0	0	0	0	++
Furesøen	-	-	--	0	-	+	0
Fårup Sø	---	--	-	0	0	---	0
Damhussøen	0	0	-	--	0	0	0
Bryrup Langsø	0	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	++
Borup Sø	0	--	--	--	0	+++	++
Arreskov Sø	0	0	--	--	++	0	0
Tystrup Sø	+++	----	--	0	0	+++	0
Arresø	--	0	++	---	+	0	0
Vesterborg Sø	---	---	0	--	0	+	0
St. Søgård Sø	0	0	0	0	0	0	0
Utterslev Mose	0	0	--	0	0	--	0
Søgård Sø	-	++	---	0	0	0	0
Gundsømagle Sø	0	+	0	----	0	0	++
I alt +/++/+++/++++	2	6	2	2	2	10	10
I alt -/--/---/----	6	9	8	9	2	2	1

1.3 Dyreplankton

Dyreplankton, status og udvikling

Ligesom for planteplanktonet er der sket et fald i biomassen af dyreplankton om sommeren i måleperioden (Fig. 1.8). Især er de små cladocæer gået tilbage, men også biomassen af calanoide copepoder og hjuldyr er reduceret væsentligt (Tabel 1.11).

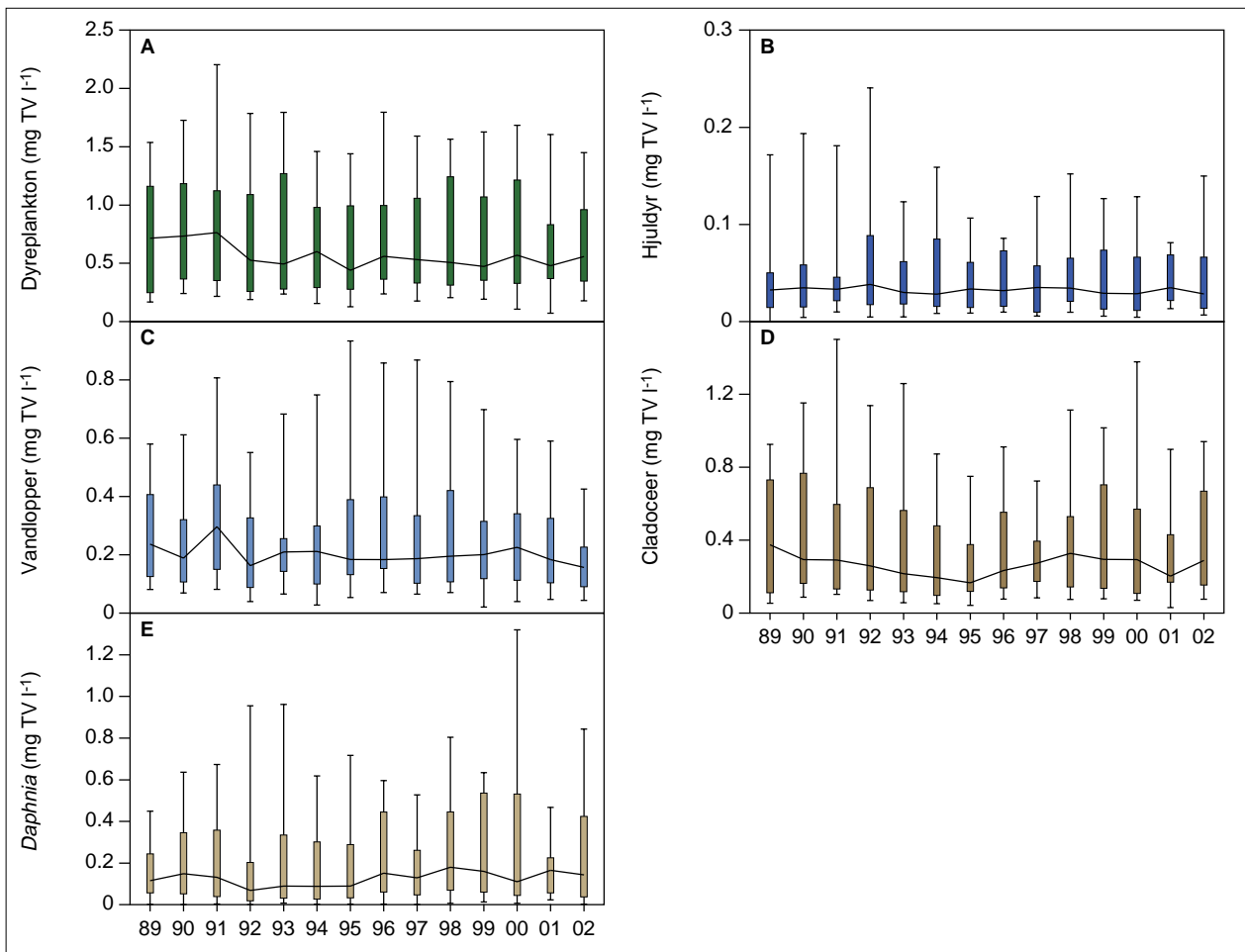
Dyreplanktonets græsningstryk er derimod ikke reduceret i perioden. Således er den gennemsnitlige græsningskapacitet steget 22 % i 2002 sammenlignet med 1989-1995. Græsningen er fortrinsvis steget i halvdelen af søerne med lavt græsningstryk. Det peger på et mindsket prædationstryk fra fisk, hvilket også underbygges af flere forhold. For det første har cladocæerne ikke fulgt det generelle fald i dyreplanktonbiomassen. Dette er især betinget af en stigning i *Daphnia* biomassen. Gennemsnittet er således øget fra 0,25 mg TV l⁻¹ i 1989-95 til 0,30 mg TV l⁻¹ i 2002 (Tabel 1.11). For det andet er der iagttaget en stigning i den gennemsnitlige cladocæ individbiomasse fra 3,5 µg TV individ⁻¹ i 1989-1995 til 4,1 µg TV individ⁻¹ i 2002 (Tabel 1.13). *Daphnia* bidrager væsentligt til denne stigning, eftersom individbiomassen

Tabel 1.11 Dyreplanktonbiomasse – Total og på grupper. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er mg TV l⁻¹. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Totalbiomasse	1989-95	0,81	0,09	0,33	0,73	1,22	2,05
	1996-01	0,73	0,11	0,36	0,53	1,05	1,90
	2002	0,66	0,10	0,35	0,56	0,96	1,73
Hjuldyr	1989-95	0,07	0,00	0,02	0,04	0,07	0,29
	1996-01	0,05	0,00	0,02	0,04	0,07	0,16
	2002	0,05	0,00	0,01	0,03	0,07	0,21
Vandlopper	1989-95	0,29	0,04	0,15	0,23	0,34	0,92
	1996-01	0,28	0,03	0,14	0,20	0,42	0,84
	2002	0,20	0,02	0,09	0,16	0,23	0,56
Cyclopoide	1989-95	0,19	0,00	0,05	0,09	0,21	0,91
	1996-01	0,20	0,00	0,05	0,10	0,29	0,84
	2002	0,14	0,00	0,05	0,07	0,18	0,56
Calanoide	1989-95	0,10	0,00	0,03	0,08	0,14	0,30
	1996-01	0,07	0,00	0,01	0,08	0,10	0,20
	2002	0,05	0,00	0,00	0,06	0,09	0,12
Cladoceer	1989-95	0,45	0,03	0,15	0,24	0,82	1,47
	1996-01	0,40	0,05	0,15	0,30	0,62	1,04
	2002	0,42	0,02	0,15	0,29	0,67	1,52
Små cladoceer	1989-95	0,20	0,02	0,05	0,11	0,29	0,84
	1996-01	0,13	0,01	0,04	0,06	0,24	0,41
	2002	0,12	0,01	0,03	0,05	0,20	0,51
Dafnier	1989-95	0,25	0,00	0,03	0,12	0,36	1,17
	1996-01	0,27	0,00	0,07	0,15	0,52	0,79
	2002	0,30	0,00	0,04	0,14	0,42	1,33

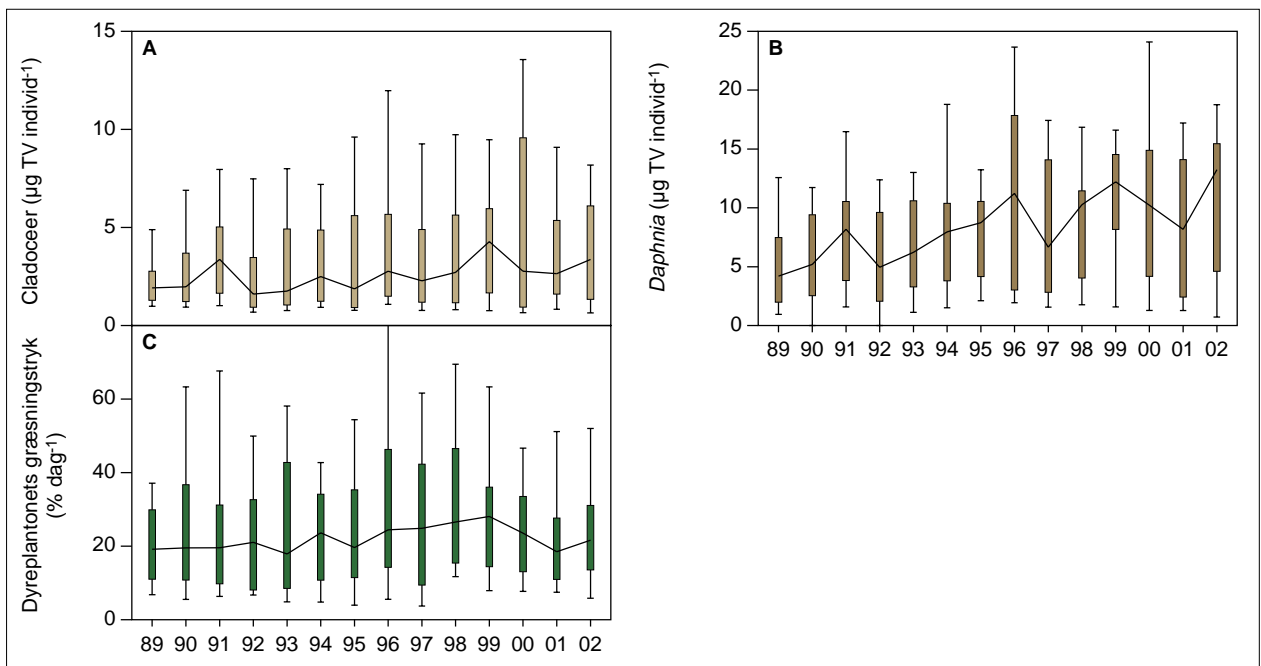
(gennemsnits- og median) inden for denne gruppe er steget med ca. 60 % i samme periode (Tabel 1.13). Fiskene præderer især på de store zooplanktonarter, og en stigende individbiomasse tyder derfor på aftagende prædationstryk fra fisk. I overensstemmelse hermed har biomassen af fisk fanget i gællen vist en klart aftagende tendens, ligesom mængden af rovfisk er øget (Jeppesen *et al.*, 2002).

De seneste 2 års reduktion i dyreplanktonets gennemsnitlige græsningstryk er vendt til en stigning (Fig. 1.9C), hvilket falder sammen med en stigning i den gennemsnitlige individbiomasse af cladoceer, hvilket også ses specifikt for *Daphnia* (Fig. 1.9A og B, samt Tabel 1.13). På trods af en stigning i den gennemsnitlige individbiomasse af *Daphnia* over perioden 1989-2002, er det gennemsnitlige græsningstryk på planteplankton ikke blevet væsentligt større.



SØ03 – Fig. 1.8

Figur 1.8 Udvikling i forskellige dyreplanktongruppers biomasse (mg TV l⁻¹), sommergennemsnit. A: Totalbiomassen af dyreplankton. B: Hjuldyrbiomassen. C: Vandlopperbiomassen. D: Cladoceerbiomassen. E: *Daphnia*-biomassen



SØ03 – Fig. 1.9

Figur 1.9 A: Udviklingen i gennemsnitsbiomassen af cladoceer (µg TV individ⁻¹). Sommergennemsnit. B: Udviklingen i gennemsnitsbiomassen af *Daphnia* (µg TV individ⁻¹). Sommergngns. C: Udviklingen i dyreplanktonets græsningstryk (% dag⁻¹). Sommergennemsnit.

De enkelte søers udvikling

Analyserne af de enkelte søer viser variationer over det generelle forløb. *Daphnia* biomassen er steget signifikant i 6 søer, men er samtidigt faldet i 3 søer i perioden 1989-2002, hvilket er en forbedring sammenlignet med sidste år. Biomassen af hjuldyr er faldet i 6 søer, men steget i 4, mens tendensen for små cladoceer er et klart fald i perioden, hvor biomassen er faldet signifikant i 9 søer (Tabel 1.12).

De calanoide copepoder har øget biomassen i 5 søer og de cyclopoide copepoder i 8 søer (Tabel 1.12). Omvendt er biomassen af calanoide copepoder faldet signifikant i 11 søer og biomassen af cyclopoide vandlopper i 6 søer.

I Fårup sø og Vesterborg Sø ses et signifikant fald i total planteplanktonbiomasse (blågrøn-, grøn- og kiselalger) sammenfaldende med reduceret totalbiomasse af dyreplankton (hjuldyr, copepoder samt små cladoceer) (Tabel 1.10 og Tabel 1.12). I Vesterborg Sø er der desuden registreret en stigning i biomassen af *Daphnia* i 2002 i forhold til 1989 (Tabel 1.12).

Græsningen på enkelt sø niveau set over hele perioden (1989-2002) er øget i 3 søer sammenfaldende med en stigning i *Daphnia* individbiomassen og/eller totalbiomasse (Nors Sø, Tissø og Arresø) (Tabel 1.14). Et fald i græsningen er observeret i 2 søer, hvor det i Tystrup Sø er sammenfaldende med en reduktion i totalbiomassen af *Daphnia* (Tabel 1.13). I 9 søer er der sket en signifikant stigning i *Daphnia* biomassen pr. individ, mens den blot i en enkelt sø, Borup Sø, er reduceret.

Table 1.12 Udviklingen i overvågningssøernes biomasse af dyreplankton fra 1989 til 2002. -/+ , -- /++ , ---/+++ , ----/++++ 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 cladoceerbiomassen. Scla er biomassen af små cladoceer. Daf er biomassen af egentlige dafnier.

	Total	Hjul	Vi	Cyc	Cal	Cla	Scla	Daf
Søby Sø	----	----	0	---	0	0	---	0
Holm Sø	0	0	0	0	0	0	0	0
Maglesø	0	0	0	0	0	0	0	++
Nors Sø	+++	0	+++	++	++	++	0	++
Ravn Sø	0	--	---	0	--	0	0	0
Søholm Sø	0	0	0	0	0	--	0	0
Kvie Sø	0	0	----	++	----	+	0	+
Bastrup Sø	0	0	----	---	---	0	----	0
Hornum Sø	0	++	--	++	--	0	0	0
Ørnsø	0	0	0	0	+++	0	---	0
Furesøen	+	0	+++	++++	+	0	0	0
Fårup Sø	----	----	----	----	----	--	0	0
Damhussøen	--	0	---	----	0	0	0	0
Bryrup Langsø	0	0	0	0	0	0	0	0
Hinge Sø	0	++	0	0	+++	0	0	0
Tissø	++	++	+	0	++	+	++	+
Engelsholm Sø	----	+	0	0	--	----	--	---
Bagsværd Sø	0	0	+++	+++	---	0	0	0
Borup Sø	----	----	---	0	----	---	--	---
Arreskov Sø	0	0	0	0	0	0	--	0
Tystrup Sø	0	0	+	++	0	--	0	---
Arresø	++	---	++	+++	0	+	0	++
Vesterborg Sø	----	----	----	----	--	0	--	++
St. Søgård Sø	0	0	----	---	----	0	0	0
Utterslev Mose	0	0	0	0	---	0	0	0
Søgård Sø	0	0	0	0	0	0	---	0
Gundsømagle Sø	----	0	0	0	0	---	---	0
I alt +/++/+++/++++	4	4	6	8	5	4	1	6
I alt -/--/---/----	7	6	9	6	11	6	9	3

Table 1.13 Cladoceer- og dafnieindividbiomasse samt græsning. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 27 ferske overvågningssøer (overfladevand) for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er henholdsvis $\mu\text{g TV individ}^{-1}$ og % af planteplankton dag⁻¹. Sommerværdier.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Individ biomasse							
Cladoceer	1989-95	3,5	0,6	1,5	2,5	5,0	8,6
	1996-01	4,2	0,6	1,4	3,9	6,1	14,2
	2002	4,1	0,2	1,3	3,4	6,1	12,9
Individ biomasse							
Daphnia	1989-95	7,2	1,3	3,3	8,2	9,6	14,0
	1996-01	9,8	1,7	5,9	11,0	13,0	20,0
	2002	11,3	0,0	4,6	13,2	15,5	35,4
Græsning							
	1989-95	27,4	4,1	12,5	22,3	40,0	94,7
	1996-01	29,3	4,1	13,7	26,9	36,9	89,9
	2002	33,5	2,8	13,6	21,6	31,1	298,0

Tabel 1.14 Udviklingen i overvågningssøernes dyreplankton fra 1989 til 2002. -/+ , - /-/+ , - -/+ , - - -/+ , - - - -/+ 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 dyreplanktonets græsningsprocent pr. dag af algebiomassen.

	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
Kvie Sø	0	0	0
Bastrup Sø	+++	+++	0
Hornum Sø	0	+	0
Ørnsø	0	0	0
Furesøen	0	0	0
Fårup Sø	0	0	0
Damhussøen	0	0	0
Bryrup Langsø	0	0	0
Hinge Sø	+	+	0
Tissø	0	0	+
Engelsholm Sø	0	++	0
Bagsværd Sø	0	++	0
Borup Sø	---	---	0
Arreskov Sø	+++	0	0
Tystrup Sø	0	0	---
Arresø	+++	+++	+++
Vesterborg Sø	0	0	0
St. Søgård Sø	0	0	0
Utterslev Mose	0	0	0
Søgård Sø	++	++	0
Gundsømagle Sø	--	0	0
I alt +/+ /+++ /++++	6	9	3
I alt -/- /- - /- - -	2	1	2

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 plante fyldt volumen (RPV), og der fås et estimat af den største dybde med undervandsplanter (dybdegrænsen).

Tabel 1.15 Undervandsplanter – dækningsgrad, plantefyldt volumen og dybdegrænse. Middelværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for de 14 ferske overvågningssøer med undersøgelser heraf for perioden 1995-2001 og året 2002.

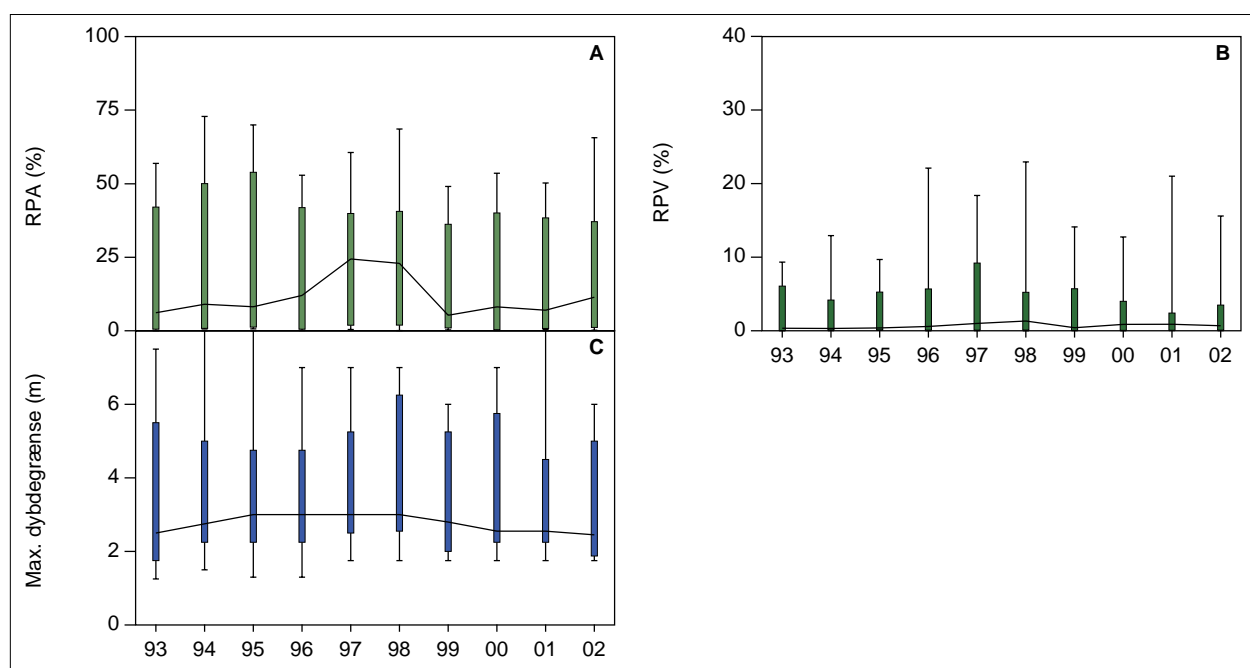
		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Relativt plante- dækket areal (%)	1995-01	22,0	0,0	0,9	17,6	46,3	56,4
	2002	22,6	0,0	1,1	11,4	37,1	70,9
Relativt plante- fyldt volumen (%)	1995-01	5,2	0,0	0,1	1,2	6,0	24,7
	2002	5,5	0,0	0,1	0,7	3,5	35,3
Dybdegrænse (m)	1995-01	4,0	1,3	2,4	2,8	5,0	10,3
	2002	3,7	1,5	1,9	2,5	5,0	11,0

Tabel 1.16 Udviklingen i overvågnings søernes undervandsplanter fra 1993 til 2002. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ 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	0
Maglesø	0	0	0
Nors Sø	0	0	---
Ravnsø	+	++	++
Søholm Sø	0	0	0
Kvie Sø	++++	++++	+++
Hornum Sø	0	--	0
Furesøen	++	++	0
Fårup Sø	-	--	--
Damhussøen	0	0	0
Hinge Sø	0	0	++
Tissø	---	0	0
Arreskov Sø	0	0	0
Utterslev Mose, Østbassin	0	0	0
i alt +/+/+/+/+	3	3	3
i alt -/-/-/-	2	2	2

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 1994-2001 med 2002, faldt den fra 17,6 % til 11,4 % i 2002 (Tabel 1.15). Fra 1999 frem til 2002 har medianen for RPV været uændret, mens der ses en svagt stigende tendens i RPA.

Tilbagegangen i det plantefyldte volumen efter 1999 er mere dæmpet end for det plantedækkede areal (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 1995-2001 til 2,5 m i 2002.



SØ03 – Fig. 1.10

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

Der er på trods af 9 års undersøgelser kun registreret få signifikante tendenser for planterne i søerne (Tabel 1.16). I Fårup Sø er RPA, RPV og dybdegrænsen reduceret fra 1993 til 2002, mens der i Kvie Sø og Ravn Sø i samme periode er sket en stigning. Furesøen har ligeledes signifikant højere PRA og RPV værdier, på trods af uændret dybdegrænse for undervandsplanterne. De øvrige signifikante ændringer er ikke så entydige.

1.5 Søernes målsætning og aktuelle tilstand

Overvågningssøerne 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 næringsstoftilførsel. 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

Tabel 1.17 Oversigt over de 31 overvågningssøers målsætning med angivelse af 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).

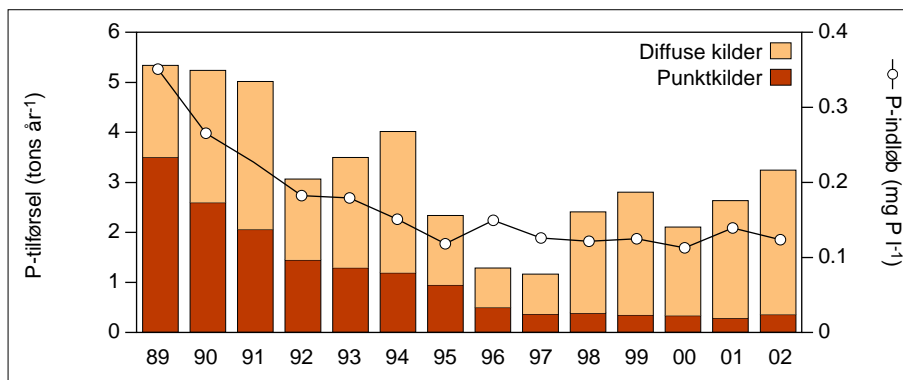
Navn	Sønr	Amt	Målsætning	Specifikke krav (udvalgte)
Nors Sø	5	Viborg	A	sigt >4m
Holm Sø	2	Ribe	A1	sigt (som.) >1,8 m; tot-P (som.) <0,025 mg P l ⁻¹
Maglesø	3	Vestsjælland	A1	
Arreskov Sø	24	Fyn	A1	tot-P(som.) <0,06 mg P l ⁻¹ ; sigt > 1,5-2m
Søholm Sø	7	Fyn	A1	sigt > 2-3m
Kvie Sø	8	Ribe	A1	sigt (som.)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

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 uddrages.

På baggrund af resultaterne fra undersøgelserne af miljøtilstanden i 2002 har amtskommunerne vurderet om overvågningssøernes målsætninger er opfyldt. Disse vurderinger er opsummeret i Tabel 1.17. Langt hovedparten af de 31 søer lever ikke op deres målsætninger, idet målsætningen kun er vurderet opfyldt for 4 af søerne. Dette er en nedgang på 3 søer siden 2000 og svarer til at kun ca. 13 % af de 31 søer har opfyldt deres målsætning. Dette er lavere end konklusionen fra en sammenstilling for 698 søer i 1997, hvor det blev påvist, at 34 % af disse søer opfyldte deres målsætning (Jensen et al., 1997) samt Skov- og Naturstyrelsens sammenstilling af regionale tilsynsdata (250 søer, 2001 data) hvor 33 % af søerne opfyldte målsætningen (Ivan Karotki, pers. medd., kommer i tilsynsrapporten: Miljøstyrelsen, 2003 - under udarbejdelse). Således skal fosfortilførslen til søerne reduceres yderligere for at opnå en tilstrækkelig god tilstand i søerne, svarende til kravene i målsætningerne.

Fosfortilførslen fra punktkilder er reduceret væsentligt siden 1989, og indløbskoncentration af fosfor er derfor også reduceret væsentligt (Fig. 1.11). Samtidigt er den diffuse fosfortilførsel ikke ændret væsentligt ud over de klimatiske betingede år- til årvariationer. Det er tydeligt, at for overvågningssøerne generelt er mulighederne for at reducere fosfortilførslen betinget af, at den diffuse tilførsel og dermed landbrugsbidraget reduceres.

Figur 1.11 Udviklingen i fosfortilførslen til søerne, spildevandsandelen heraf (grå søjle) samt den vand-føringsvægtede indløbskoncentration 1989-2002 (baseret på de 27 NOVA-ferskvands-søer). P-tilførsel angivet ved søjler (grå = punktkilder, hvid = diffus). Linien angiver indløbskoncentrationen af fosfor.



SØ03 – Fig. 1.13

1.6 Sammenfatning

Den gennemsnitlige årsmiddelværdi for de 27 ferske overvågningssøer er reduceret fra 0,204 mg totalfosfor l⁻¹ i 1989 til 0,108 mg totalfosfor l⁻¹ i 2002. Reduktionen i søernes totalfosfor er især sket blandt de næringsrige søer. 75 %-kvartilen er således reduceret fra 0,229 mg totalfosfor l⁻¹ i 1989-95 til 0,151 mg totalfosfor l⁻¹ i 2002. I samme periode er den gennemsnitlige indløbskoncentration af totalfosfor til søerne tilsvarende reduceret fra 0,192 mg P l⁻¹ til 0,098 mg P l⁻¹.

16 ud af de 27 søer har haft en faldende årsmiddelttotalfosforkoncentration i perioden 1989 til 2002. I 13 af de 16 søer har der været tale om kraftige ændringer på 1 % signifikansniveau eller derunder.

Diffus fosfortilførsel skal reduceres

Også totalkvælstof er reduceret fra 1989 til 2002. I alle de 15 søer med signifikante ændringer (10 % niveau eller mindre) for årsmiddel-totalkvælstof har der været tale om en faldende koncentration. Den gennemsnitlige årssigt dybde for alle overvågningssøerne var i 2002 øget til 1,9 m. Men 50 % af søerne havde dog i sommeren 2002 en middelsigt dybde på mindre end 1,6 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 13 ud af de 27 søer er sommersigt dybden således øget, mens den kun er reduceret i 3 søer i perioden 1989 til 2002.

Planteplanktonbiomassen er også reduceret i søerne gennem overvågningsperioden. I 6 søer er der sket et statistisk signifikant fald i den totale biomasse, mens den i 2 søer er øget. Blågrønalgerne biomasse er øget i 4 søer, men reduceret i 9 søer. En stigning i blågrønalgerne andel kan dog forventes, når meget næringsrige søer bliver mindre næringsrige, fordi der sker et skift fra grønalger til blågrønalger. Mere udprægede rentvandsarter begynder også at komme tilbage i en række søer, således er mængden af både furealger og gulalger øget i 10 søer.

Betragtet under et er der ikke sket væsentlige ændringer i dyreplanktonets biomasse igennem de 11 overvågningsår. På enkeltsoniveau er der dog sket visse ændringer. Således er f.eks. totalbiomassen reduceret i 7 søer og øget i 4 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 2002 er der stadig langt til niveauet fra før 1999, men en stigende tendens kan anes.

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 2002. De største forbedringer ses mht. næringsstofkoncentrationerne og til dels sigt dybden. 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.

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 næringsstofdynamik

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 næringsstofkoncentrationer 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 næringsstofbalancerne for fosfor og kvælstof behandlet for overvågnings søerne i perioden 1989-2002.

Vand- og stoftilførsel samt kildeopsplitning

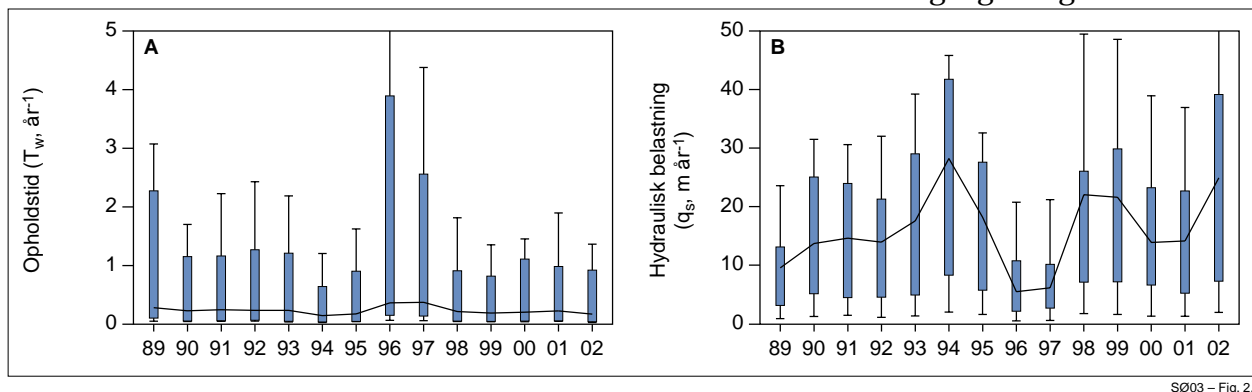
For 16 af de 31 søer er den eksterne vand- og stoftil- og fraførsel veldefineret på baggrund af omfattende målinger i til- og afløb, og der kan opstilles detaljerede vand- og stofbalancer. Tilførslen til resten af overvågnings søerne kan vurderes ud fra kendskab til det topografiske oplands størrelse, 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.



SØ03 – Fig. 2.1

Figur 2.1 A: Udviklingen i opholdstiden (T_w , år) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. B: Udviklingen i den hydrauliske belastning (q_s , $m^3 \text{ år}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002.

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 2002

Sammenlignes 2002 med de to perioder 1989-95 og 1996-2001 var opholdstiden kortere og den hydrauliske belastning større (Tabel 2.1). Den hydrauliske belastning i 2002 var høj dog overgået af periodens højeste værdi i 1994. De laveste hydrauliske belastninger sås i 1996 og 1997.

Tabel 2.1 Oversigt over vandopholdstid (T_w , år) og hydraulisk belastning (q_s , $m^3 \text{ år}^{-1}$) i perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. 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	0,67	0,05	0,06	0,22	1,21	3,08
	1996-01	0,96	0,049	0,08	0,33	1,79	4,77
	2002	0,47	0,024	0,04	0,17	0,92	1,91
Hydraulisk belastning (q_s)	1989-95	19,7	1,28	5,3	18,8	25,7	90,2
	1996-01	17,2	1,15	5,3	14,0	20,1	79,5
	2002	26,9	1,68	7,3	25,0	39,2	95,2

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 overvågningsøerne i perioden fra 1989 til 2002 angivet.

Fosfortilførslen til søerne var i 2002 højere end perioden 1996-2001 (Tabel 2.2), hvilket kan forklares med at 2002 var et år med meget nedbør (806 mm nedbør i forhold til gennemsnitlig 669 mm nedbør

år⁻¹ i perioden 1989-2001) (Tabel 2.1). Tilsvarende var fosfortilførslen i det våde år 1994 ekstraordinært høj (Figur 2.2A). Uafhængigt heraf er fosfortilførslen dog reduceret signifikant over perioden 1989-2002 for 4 af de 16 søer medtaget i analyserne i dette kapitel (Tabel 2.3).

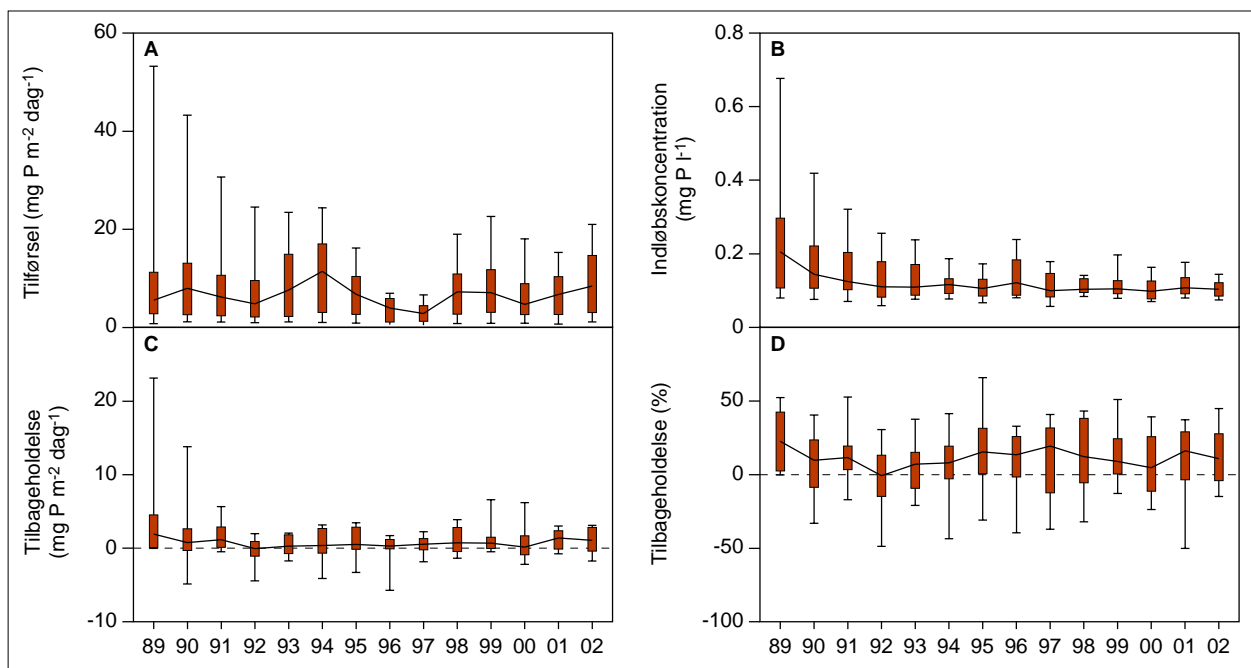
Reduceret indløbskoncentration af totalfosfor

Indløbskoncentrationen af totalfosfor er tilsvarende reduceret væsentligt i perioden 1989 til 2002 (Tabel 2.2, Fig. 2.2B). Reduktionen heri er signifikant i 9 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 der 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 klarvandet tilstand. Dette har betinget en højere stoftilbageholdelse og dermed en relativ større reduktion i udløbskoncentrationen sammenlignet med indløbskoncentrationen.

Tabel 2.2 Fosforbalancer for 16 af overvågningssøerne i perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. 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	0,20	0,07	0,10	0,13	0,20	1,07
	1996-01	0,12	0,07	0,09	0,11	0,15	0,21
	2002	0,11	0,07	0,09	0,10	0,12	0,17
Udløbskonc. (mg P l ⁻¹)	1989-95	0,19	0,04	0,08	0,11	0,20	0,90
	1996-01	0,12	0,03	0,07	0,10	0,16	0,24
	2002	0,11	0,04	0,07	0,11	0,13	0,23
Tilførsel (mg P m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	11,2	0,7	2,6	7,7	12,4	48,8
	1996-01	6,7	0,5	2,4	5,6	9,0	21,9
	2002	9,6	0,7	3,0	8,4	14,7	24,8
Tilbageholdelse- (mg P m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	1,3	-3,7	-0,2	0,6	2,3	9,3
	1996-01	1,0	-2,2	-0,1	0,3	1,5	6,5
	2002	1,3	-2,3	-0,4	1,1	2,9	9,3
Tilbageholdelse- (% af tilført + søpulje)	1989-95	7,5	-25,3	-6,9	4,0	19,2	49,7
	1996-01	9,7	-31,2	-6,0	6,0	27,5	38,6
	2002	10,2	-75,4	-4,0	10,9	27,8	60,6



SØ03 – Fig. 2.2

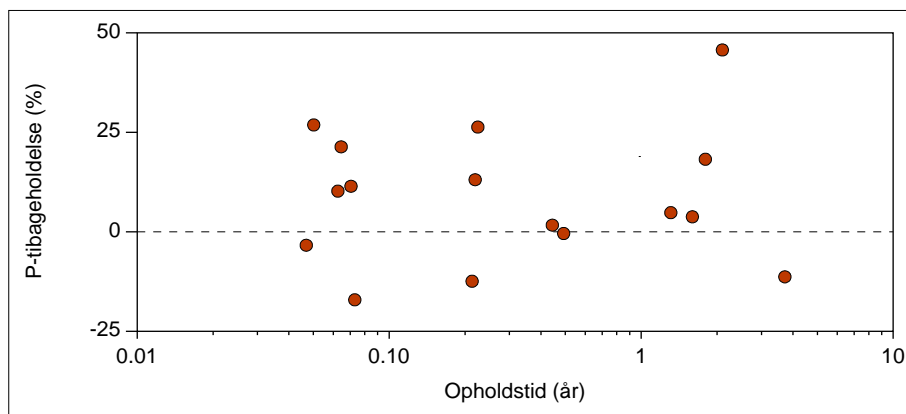
Figur 2.2 A: Udviklingen i tilførslen af totalfosfor ($\text{mg P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. B: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalfosfor (mg P l^{-1}) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. C: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalfosfor ($\text{mg P m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. D: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalfosfor (%) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002.

Tilbageholdelsen af fosfor i søerne i absolutte mængder er stadig ret lille i en del søer (Tabel 2.2, Fig. 2.2C), og i 1/3 af søerne var der i 2002 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

Tabel 2.3 Udviklingen i overvågnings søernes massebalancer for fosfor fra 1989 til 2002. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ 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. m^2 . Pretm2 er den arealspecifikke fosfortilbageholdelse ($\text{mg P m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) 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	--	--
Engelsholm 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	++	+++
Søgård Sø	0	--	0	++	++
Gundsømagle Sø	----	----	---	0	0
i alt +/+/+/+/+	1	1	1	4	4
i alt -/-/-/-	9	11	4	2	1

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



SØ03 – Fig. 2.3

er faldet signifikant i 2 af de 16 søer i overvågningsperioden og øget signifikant i 4 (Tabel 2.3).

Den gennemsnitlige relative tilbageholdelse af fosfor var i 2002 på samme niveau som 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 Tissø (Tabel 2.3).

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 1989-2002 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 2002 på niveau med tilførslen i perioden 1989-95 (Tabel 2.4, Fig. 2.4A). Den høje kvælstoftilførsel kan ligesom fosfortilførslen forklares med en større mængde nedbør.

Tilløbs- og afløbskoncentrationer

Indløbskoncentrationen af kvælstof var i 2002 væsentlig lavere end i de foregående år (Tabel 2.4, Fig. 2.4B). Indløbskoncentrationen er således også reduceret signifikant for 14 af de 16 søer, og udløbskoncentrationen er faldet signifikant for 9 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. Den samlede tilførsel af kvælstof var dog stigende i forhold til 2001 (Fig. 2.4A), hvilket skyldes den store indflydelse af forskelle i nedbør fra år til år.

Kvælstoftilbageholdelsen var i 2002 gennemsnitligt $100 \text{ mg N m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ svarende til en kvælstoffjernelse i gennemsnit på $364 \text{ kg kvælstof-N}$ pr. hektar (Tabel 2.4, Fig. 2.4C), hvilket er det "typiske" niveau i overvågningssøerne i perioden 1989-2002. Kun i de tørre år, 1995 og især 1996 og 1997, var tilbageholdelsen væsentlig mindre, modsvarende den mindre kvælstoftilførsel til søerne i tørre år.

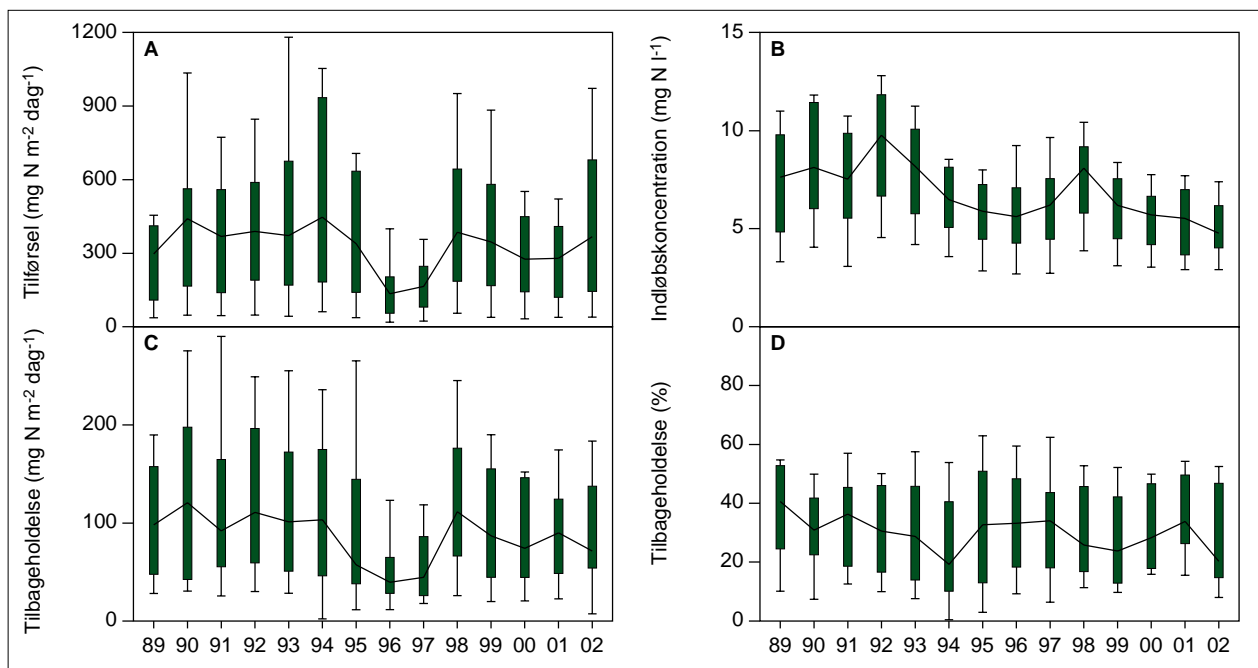
Tabel 2.4 Kvælstofbalancer for 16 af overvågningssøerne i perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. De anførte koncentrationer er vandføringsvægtede. Ved beregning af tilbageholdelse er magasinændring indregnet (den relative retention uden hensyntagen til, at magasinet vil være ca. 20% højere). Indløbskoncentration 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	7,5	1,5	5,7	7,8	9,9	11,7
	1996-01	5,9	1,4	4,5	6,3	7,4	8,9
	2002	5,0	1,4	4,0	4,8	6,2	8,6
Udløbskonc. (mg N l ⁻¹)	1989-95	4,9	1,3	3,1	4,7	6,9	9,0
	1996-01	3,7	1,2	2,2	3,6	5,0	7,7
	2002	3,5	1,2	2,2	3,1	4,6	8,1
Tilførsel (mg N m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	419	38	165	408	604	1075
	1996-01	299	20	134	307	405	884
	2002	422	29	144	367	680	1196
Tilbageholdelse (mg N m ⁻² d ⁻¹)	1989-95	123,1	20,5	50,3	116,0	175,1	283,2
	1996-01	89,8	9,9	47,5	82,1	120,6	270,9
	2002	99,8	-17,7	54,0	71,3	137,4	359,2
Tilbageholdelse (% af tilført + søpulje)	1989-95	31,0	10,8	19,7	29,5	41,4	57,4
	1996-01	32,2	10,9	18,9	27,5	48,1	67,4
	2002	28,2	-4,0	14,7	20,3	46,8	66,6

Den relative tilbageholdelse (i % af tilførslen og søpulje) har været nogenlunde konstant (20-30 %) i perioden 1989-2002 (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 14 år.

Tabel 2.5 Udviklingen i overvågningssøernes massebalancer for kvælstof fra 1989 til 2002. -/+ , --/++ , ---/+++ , ----/++++ 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
Ørn Sø	0	0	0	0	0
Søholm Sø	---	---	--	0	0
Fårup Sø	-	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
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	1
i alt -/--/---/----	14	9	2	4	0

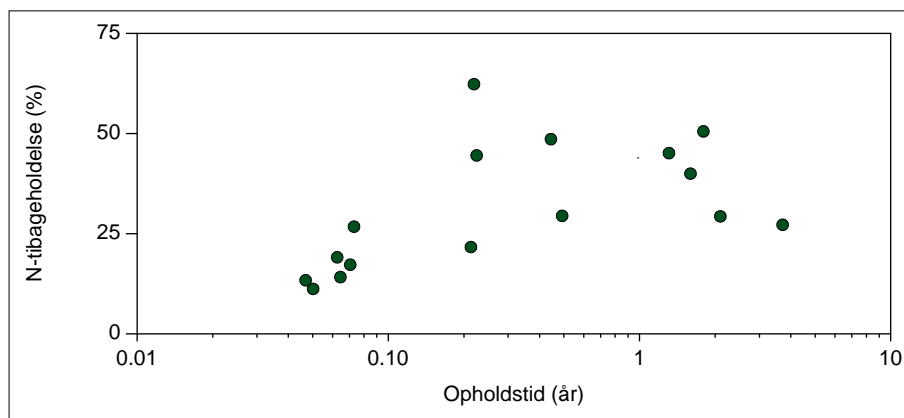


SØ03 – Fig. 2.4

Figur 2.4 A: Udviklingen i tilførslen af totalkvælstof (mg N⁻² dag⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. B: Udviklingen i indløbskoncentrationen af totalkvælstof (mg N l⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. C: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalkvælstof (mg N m⁻² dag⁻¹) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002. D: Udviklingen i tilbageholdelsen af totalkvælstof (%) for de 16 søer i perioden 1989 til 2002.

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.



SØ03 – Fig. 2.5

Andre faktorer kan dog påvirke kvælstoftilbageholdelsen. Fiskedød og opfiskning i Arreskov Sø samt indgreb i fiskebestanden i Engelsholm 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 klarvand. 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 oplandskarakteristikkerne 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"/"Baggrundsbidrag"
- 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 kvælstof 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 søer med data for samtlige år i perioden 1989-2002 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. I dette års rapport er kun medtaget en kort gennemgang af overvågnings søernes 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.

Overvågnings søernes 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 65 %.

Mange søoplande er domineret af landbrugsarealer. I gennemsnit er 60 % af oplandene landbrugsarealer, men andelen varierer fra 0 til 100 %. I de fleste oplande er der også en mindre andel af skovarealer (gns. 16 %), og denne andel er over 30 % i de oplande, hvor den er højest (Ørnsø, Borup Sø og Bagsværd Sø).

Tabel 2.6 Oplandskarakteristik for overvågnings søerne. Punktkilder er inkl. spredt bebyggelse.

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	16	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	14	19	53	0	20	8
14	Furesøen	79,0	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	20	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	147	Sandblandet ler	15	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 kun 11 %.

2.3.2 Kilder til næringsstofbelastningen – status

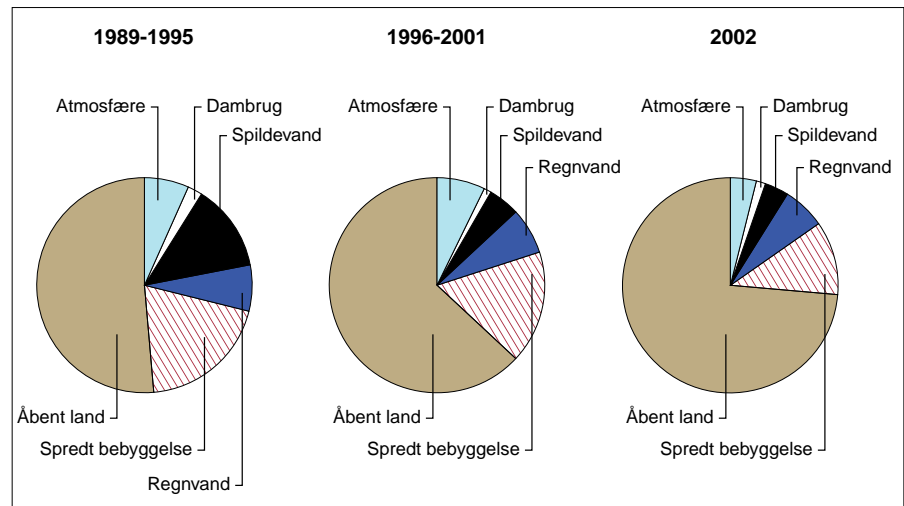
Den gennemsnitlige kildefordeling for tilførslen af fosfor i perioderne 1989-95 og 1996-2001 samt for året 2002 fremgår af Fig. 2.6 og tilsvarende for kvælstof af Fig. 2.7. Formålet med denne præsentation er at give et billede af belastningstypernes betydning for de danske søer generelt, men det skal understreges, at kildernes relative betydning for de enkelte søer kan variere fra 0 % til 100 %. Derfor er tabellerne 2.7 og 2.8 også medtaget, hvor sammenstillingen er foretaget på bag-

grund 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 er steget fra ca. halvdelen af totalbelastningen i perioden 1989-95 til ca. 64 % i perioden 1996-2001 (Fig. 2.6). I 2002 er det åbne lands relative andel steget yderligere (70 %). Dette hænger bl.a. sammen med, at 2002 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 12,9 % i perioden 1989-95 til 3,4 % i 2002.

Figur 2.6 Den procentuelle kildefordeling for fosfortilførslen til overvågningssøerne for perioden 1989-95 (venstre) og perioden 1996-2001 (midten) som for 2002 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.



SØ03 - Fig. 2.6

Spredt bebyggelse

Den spredte bebyggelse bidrog med en lidt mindre andel i 2002 sammenlignet med 1989-95 og 1996-2001 (10 % mod 19 % og 17 %). Det er værd at notere sig, at hvis søerne betragtes generelt, er tilførslen fra spredt bebyggelse væsentlig højere end den egentlige spildevandstilførsel.

Dambrug

Andelen af fosfortilførslen fra dambrug var cirka halveret i 2002 sammenlignet med 1989-95, men på nogenlunde samme niveau som i perioden 1995-2000.

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 er 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 1989-2001 til 2002.

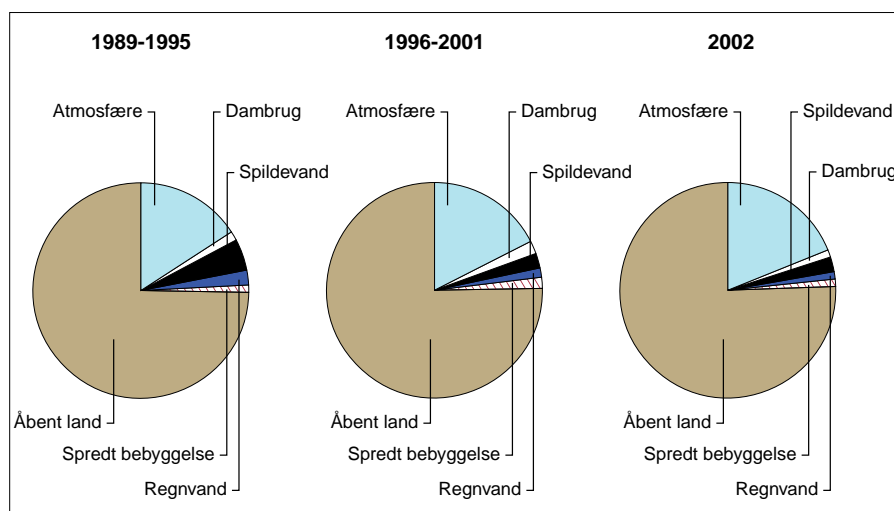
72 % af kvælstoftilførslen kommer fra det åbne land

Tabel 2.7 Kildefordeling af fosfortilførslen til søerne. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er tons P år⁻¹.

		Gns.	Min.	25 %	Median	75 %	Max.
Total tilførsel	1989-95	3,98	0,02	0,17	0,80	2,70	48,60
	1996-01	2,07	0,01	0,16	0,61	1,80	20,49
	2002	3,25	0,01	0,18	0,80	2,34	38,60
Tilførsel fra spildevand	1989-95	1,80	0,00	0,00	0,00	0,19	22,74
	1996-01	0,37	0,00	0,00	0,00	0,06	4,57
	2002	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	3,86
Tilførsel fra regnvandsbet. udløb	1989-95	0,30	0,00	0,00	0,01	0,11	2,35
	1996-01	0,25	0,00	0,00	0,01	0,10	2,51
	2002	0,31	0,00	0,00	0,01	0,12	2,91
Tilførsel fra spredt bebyggelse	1989-95	0,64	0,00	0,01	0,13	0,36	8,38
	1996-01	0,45	0,00	0,00	0,11	0,24	6,08
	2002	0,45	0,00	0,00	0,06	0,19	6,25
Tilførsel fra dambrug	1989-95	0,07	0	0	0	0	1,73
	1996-01	0,01	0	0	0	0	0,20
	2002	0,02	0	0	0	0	0,24
Tilførsel fra åbent land	1989-95	1,08	-0,96	0,03	0,23	0,64	13,98
	1996-01	1,01	0,01	0,06	0,36	0,87	8,65
	2002	2,10	0,00	0,09	0,54	1,30	21,45

Kvælstofbelastningen fra det åbne land udgjorde i 2002 ca. 72 % af

Figur 2.7 Den procentuelle kildefordeling af kvælstoftilførslen til overvågningssøerne for perioden 1989-95 (øverst) og perioden 1996-2001 (midten) samt for 2002 (højre). Fordelingen er beregnet som gennemsnit af de enkelte søers procentfordeling.



S003 - Fig. 2.7

den totale tilførsel (Fig. 2.7). Denne andel har været ret konstant fra 1989 til 2002. Det atmosfæriske bidrag er den næstvigtigste kilde med en andel på 16-18 % såvel i perioderne 1989-95 og 1996-2001 som i 2002. 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 2002 (Tabel 2.8). Gennemsnittet er faldet med 56 % fra 14,7 tons N år⁻¹ til 6,4 tons N år⁻¹. Totaltilførslen af kvælstof til søerne er i 2002 næsten på niveau med perioden 1989-95, hvilket skyldes en større nedbørsbetinget udvaskning fra det åbne land (Tabel 2.8).

Tabel 2.8 Kildefordeling af kvælstoftilførslen til søerne. Middel- og medianværdier, minima, maksima samt 25 %- og 75 %-kvartiler for perioderne 1989-95 og 1996-2001 og året 2002. Enheden er tons N år⁻¹.

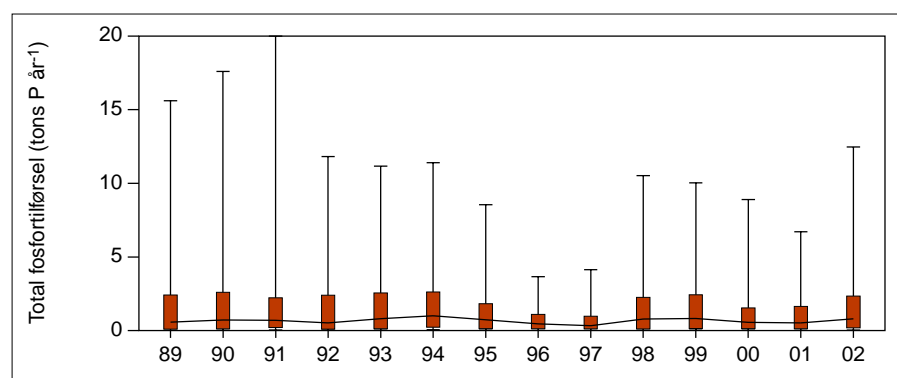
		Gns.	Min.	25%	Median	75%	Max.
Total tilførsel	1989-95	163,2	0,4	5,8	39,3	72,5	1904,5
	1996-01	99,5	0,3	4,1	32,9	64,6	996,1
	2002	145,9	0,4	5,5	37,2	77,7	1798,8
Tilførsel fra spildevand	1989-95	14,7	0,0	0,0	0,0	1,2	180,1
	1996-01	5,8	0,0	0,0	0,0	0,5	66,8
	2002	6,4	0,0	0,0	0,0	0,8	61,1
Tilførsel fra regnvandsbet. udløb	1989-95	1,2	0	0	0	0,4	9,3
	1996-01	1,0	0	0	0	0,4	10,8
	2002	1,3	0	0	0,1	0,5	12,8
Tilførsel fra spredt bebyggelse	1989-95	2,1	0	0	0,5	1,2	26,4
	1996-01	2,0	0	0	0,5	1,0	26,6
	2002	2,0	0	0	0,3	0,8	27,1
Tilførsel fra dambrug	1989-95	0,8	0	0	0	0	18,6
	1996-01	0,7	0	0	0	0	17,5
	2002	0,7	0	0	0	0	15,3
Tilførsel fra åbent land	1989-95	136,9	0,1	3,1	18,2	66,2	1645,9
	1996-01	93,6	0,1	2,0	18,9	62,7	1103,0
	2002	139,4	0,0	2,4	18,1	70,8	1944,8

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.

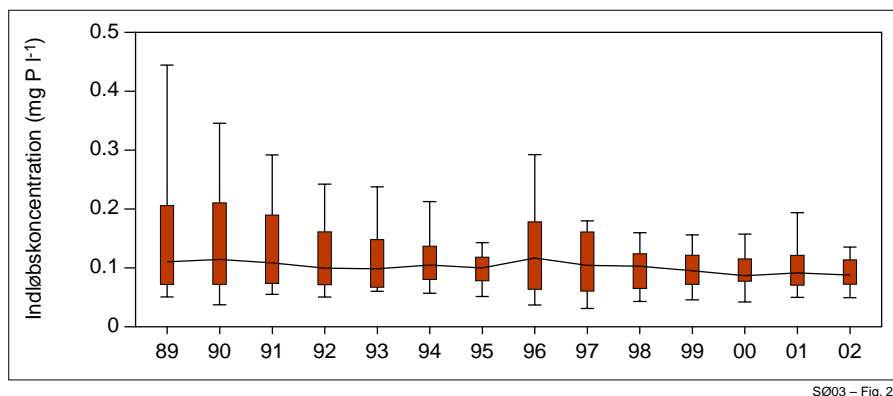
Gennemsnitfosfortilførslen til søerne er reduceret med knap 50 % i perioden 1996-2001 i forhold til 1989-95, men følger derudover afstrømningen i de enkelte år. Således var tilførslen lidt højere i 2002 end den foregående periode (Fig. 2.8).

Figur 2.8 Boxplot for den totale tilførsel af fosfor (tons P år⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



S003 – Fig. 2.8

Figur 2.9 Boxplot for den vandføringsvægtede totalfosfor indløbskoncentration (mg P l^{-1}) til søerne i 1989-2002, $n=27$.



SØ03 – Fig. 2.9

Fosfortilførsel faldet i de mest belastede søer

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 2002. 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 2002 (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.

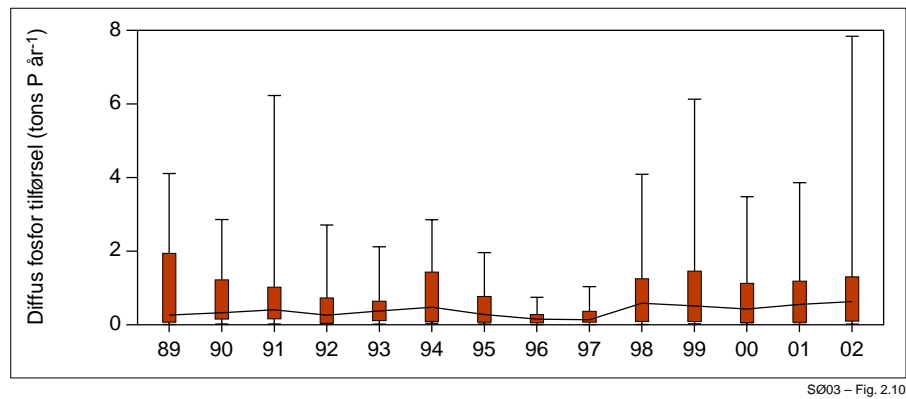
Fald i kvælstoftilførslen i 1996 og 1997

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 2002, sammenlignet med hele perioden.

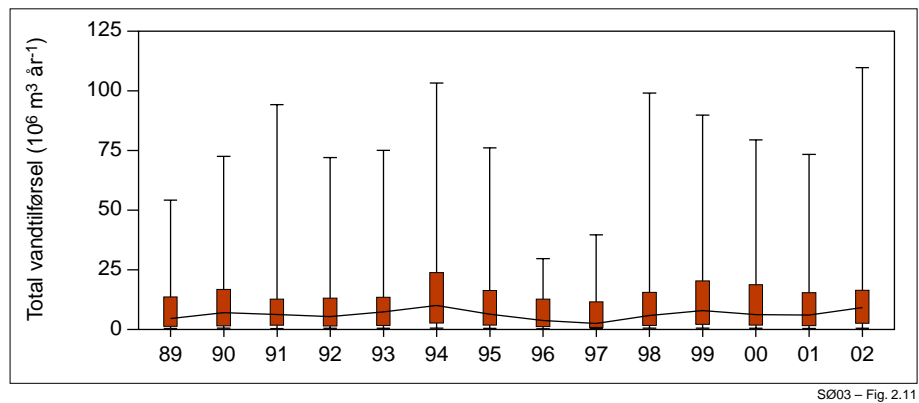
Den vandføringsvægtede indløbskoncentration af kvælstof er ikke i samme grad ændret i perioden 1989 til 2002 (Fig. 2.13), men der er dog en klar tendens til et fald igennem overvågningsperioden 1989-2002. Indløbskoncentrationen, der var høj i 1998 især sammenlignet med de tørre år (1996 og 1997), faldt igen fra 1999 til 2001. Indløbskoncentrationen var i 2002 stadig på et lavt niveau i forhold til resten af overvågningsperioden.

Den diffuse tilførsel af kvælstof steg lidt i 2002 i forhold til 2001, men ligger stadig på niveau med de forgående 4 år (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.

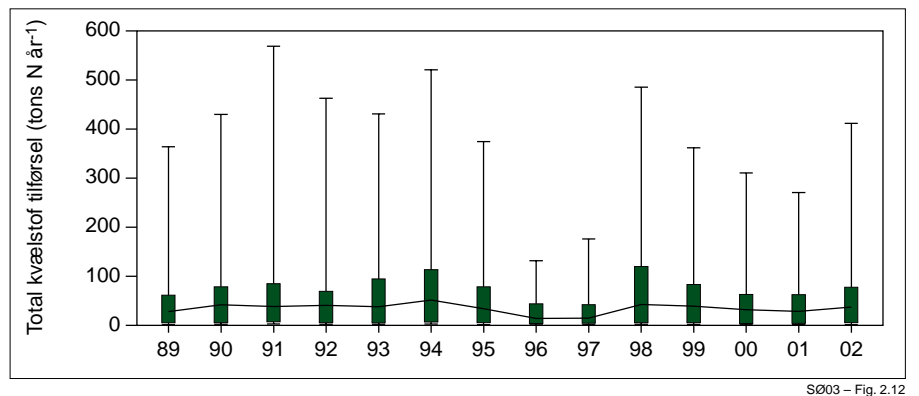
Figur 2.10 Boxplot for den diffuse tilførsel af fosfor (tons P år⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



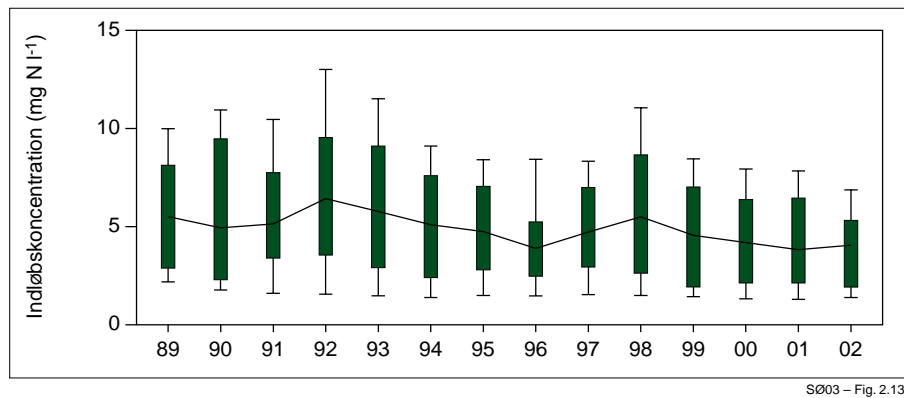
Figur 2.11 Boxplot for den totale vandtilførsel (10⁶ m³ år⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



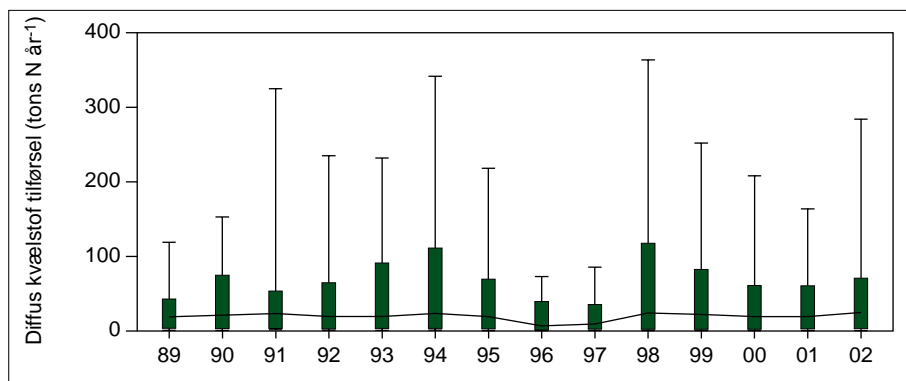
Figur 2.12 Boxplot for den totale tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



Figur 2.13 Boxplot for den vandføringsvægtede totalkvælstof indløbskoncentration (mg N l⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



Figur 2.14 Boxplot for den diffuse tilførsel af kvælstof (tons N år⁻¹) til søerne i 1989-2002, n=27.



SØ03 – Fig. 2.14

2.4 Sammenfatning

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

Vandets opholdstid var forholdsvis kort i søerne i 2002, således var den væsentligt kortere end i perioden 1995-2000.

Selvom fosfortilførslen i 2002 var høj er den reduceret over de 14 overvågningsår, og reduktionen er signifikant i 4 af de 16 søer. Specielt søer, der tidligere har haft en meget høj tilførsel, har oplevet en mindre tilførsel. Indløbskoncentrationen af totalfosfor er reduceret væsentligt i perioden 1989 til 2002. I 9 af de 16 søer er reduktionen statistisk signifikant i perioden 1989 til 2002.

Den totale kvælstoftilførsel steg i 2002, men generelt er tilførslen reduceret i de 16 søer 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 14 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 overvågningssøernes 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 fra spildevand er væsentligt reduceret - hovedsageligt som følge af en øget rensningsindsats på spildevandsanlæg eller afskæring af byspildevand er fosfortilførslen. 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 skrapere 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:

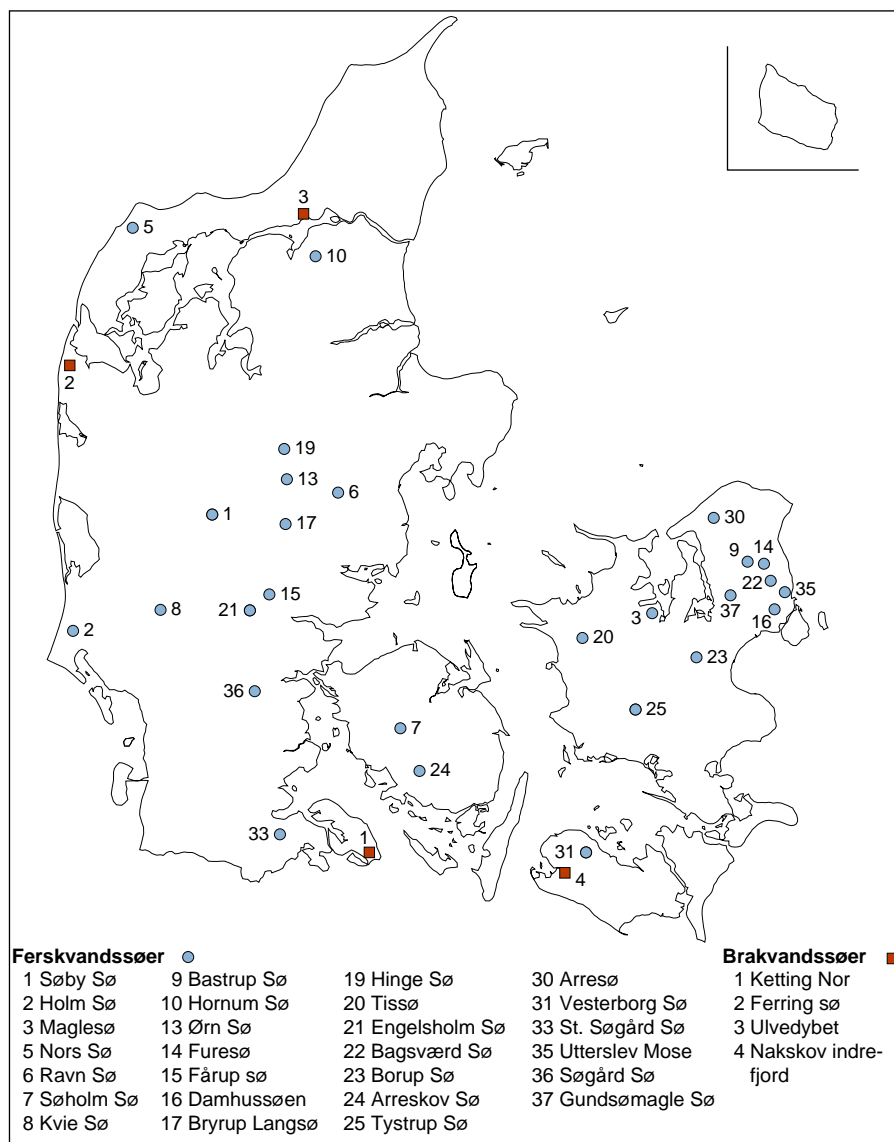
- at belyse tilstand og udviklingen i økologiske forhold i de danske søer,
- at opgøre udvalgte søers tilførsel af næringsstoffer,
- at belyse forekomsten af miljøfremmede stoffer og tungmetaller i udvalgte søer, og
- belyse effekterne af ændringer i tilledninger for søernes økologiske tilstand.

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 søbassiner) 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 søbassiner 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 brakvandssøer 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 overvågnings søer



SØ03 - 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. 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 2002 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, Jensen et al., 2002*), der beskriver miljøtilstanden i det givne år samt udviklingen i miljøtilstanden for hele overvågningsperioden.

Tablet 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 <i>a</i>	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)*, *Mooslund 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, fosforkoncentration, klorofyl *a* og sigtdybde i 2002 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 2002. 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 2002-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)	Total fosfor (µg P l ⁻¹)	Klorofyl (µg l ⁻¹)	Sigt (m)
1	Søby	0,73	2,8	0,8	37	0,12	20	4	3,5
2	Holm	0,12	0,8	1,0	0	0,15	17	3	1,5
3	Maglesø	0,15	3,6	1,2	80	0,18	28	14	2,1
5	Nors	3,47	3,6	20,5	49	0,09	24	9	3,4
6	Ravn	1,82	15,0	57,2	77	1,11	30	11	3,0
7	Søholm	0,26	6,5	5,7	64	0,72	62	18	1,8
8	Kvie	0,30	1,2	0,6	35	0,04	92	27	1,0
9	Bastrup	0,33	3,5	4,1	74	0,39	62	28	2,6
10	Hornum	0,11	1,5	7,9	76	0,82	97	77	0,9
13	Ørnsø	0,42	4,0	56,0	60	8,83	60	43	1,3
14.1	Furesøen	7,31	16,5	79,0	36	0,30	86	27	3,5
15	Fårup	0,99	5,6	13,8	93	1,10	77	19	2,6
16	Damhussøen	0,46	1,6	56,9	9	0,21	53	2	1,9
17	Bryrup Langsø	0,38	4,6	48,2	81	2,52	59	45	1,7
19	Hinge	0,91	1,2	53,8	93	4,06	151	122	0,6
20	Tissø	12,3	8,2	417,9	80	1,34	121	31	2,3
21	Engelsholm	0,44	2,6	16,1	93	1,12	59	36	1,7
22	Bagsværd	1,21	1,9	6,8	3	0,21	104	93	0,4
23	Borup	0,10	1,1	7,6	62	3,00	146	63	0,9
24	Arreskov	3,17	1,9	24,9	58	0,26	168	100	1,2
25	Tystrup	6,62	9,9	682,5	80	4,64	119	123	1,7
30	Arresø	39,9	3,1	216,1	63	0,41	235	95	0,7
31	Vesterborgsø	0,21	1,4	30,3	68	5,94	131	53	0,8
33	St. Søgårdsø	0,60	2,7	44,9	76	4,78	212	52	0,7
35.1	Utterslev mose	0,30	1,1	1,25	12	0,52	317	110	0,5
36	Søgård	0,27	1,6	22,7	95	7,67	152	110	0,6
37	Gundsømagle	0,32	1,2	66,0	88	7,28	220	165	0,4
41	Ulvedybet	5,80	1,0	55,4	71	0,94	211	24	0,7
42	Ferring	3,17	1,4	17,0	71	0,56	263	153	0,3
43	Ketting Nor	0,39	(1,0)	18,9	88	2,31	98	67	0,6
44	Nakskov Indref	0,69	0,6	140,9	81	8,77	145	119	0,7
	Maksimum	39,87	16,5	682,5	0	9,04	317	165	3,5
	Gennemsnit	3,01	3,6	70,2	60	2,31	117	59	1,5
	Minimum	0,10	0,6	0,6	94	0,04	17	2	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, pers. medd. og www.dmi.dk*) og Fagdatacenter for Hydrometri (*Ovesen, pers. medd.*). Herudover er benyttet egne data.

4.1 Temperatur og globalindstråling

Højeste årsmiddeltemperatur i 2002

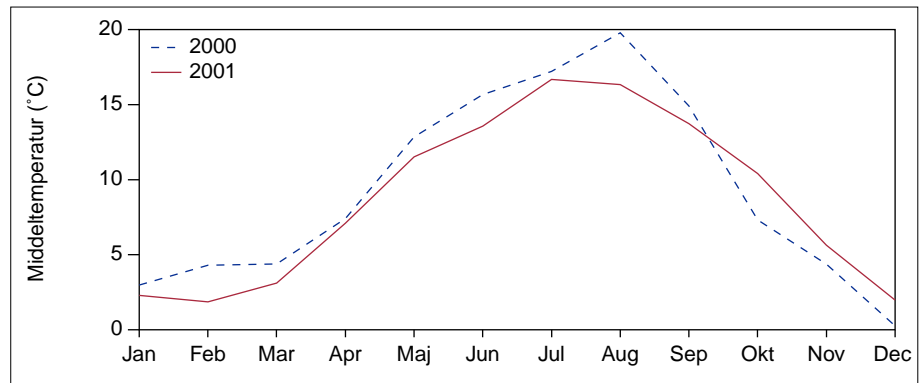
Året 2002 blev markant varmere end normalt i hele landet. Årsmiddeltemperaturen var 9,4 °C i 2002 mod 8,5 °C som gennemsnit for de foregående overvågningsår (1989-2001) (Tabel 4.1). Dette gør 2002 til det varmeste år i overvågningsperioden, hvor 1990 hidtil har været det varmeste med en årsmiddeltemperatur på 9,3 °C.

Tabel 4.1 Oversigt og sammenligning af de klimatiske forhold i 2002 og perioden 1989 til 2001. 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)
1989-2001						
Jylland	8,2	3523	758	513	-	4,6
Fyn	8,7	3645	635	540	-	4,6
Sjælland	8,6	3649	611	555	-	4,6
Hele Landet ⁾	8,5	3606	669	536	322	4,6
2002						
Jylland	9,2	3594	907	604	-	4,8
Fyn	9,6	3623	746	618	-	4,4
Sjælland	9,4	3700	764	627	-	4,6
Hele landet ⁾	9,4	3640	806	616	429	4,6

⁾ Eksklusive Bornholm

Figur 4.1 Sammenligning af den månedlige middeltemperatur (°C) i 2002 (---) og middelen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



SØ03 – Fig. 4.1

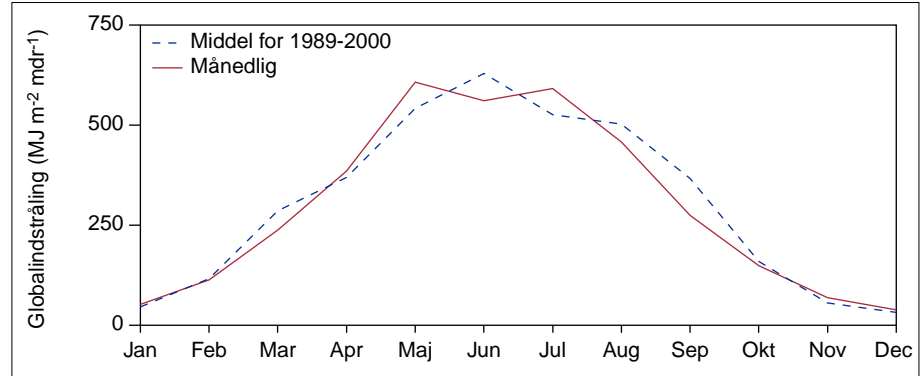
Oktober og året ud var generelt lidt koldere end gennemsnittet for perioden 1989-2001. Resten af året var gennemsnitstemperaturen derimod højere end normal, og især februar, juni og august var varmere end i den foregående periode (Fig. 4.1).

Globalindstråling i 2002 på niveau med foregående år

Globalindstrålingen i 2002 var på niveau med de foregående overvågningsår (Tabel 4.1) dog lidt højere i juni og efteråret og lidt lavere i maj og juli (Fig. 4.2). På landsbasis viser det sig, at Sjælland og Jylland har haft en svag stigning i årsmiddel globalindstråling, mens Fyn oplevede et lille fald (Tabel 4.1).

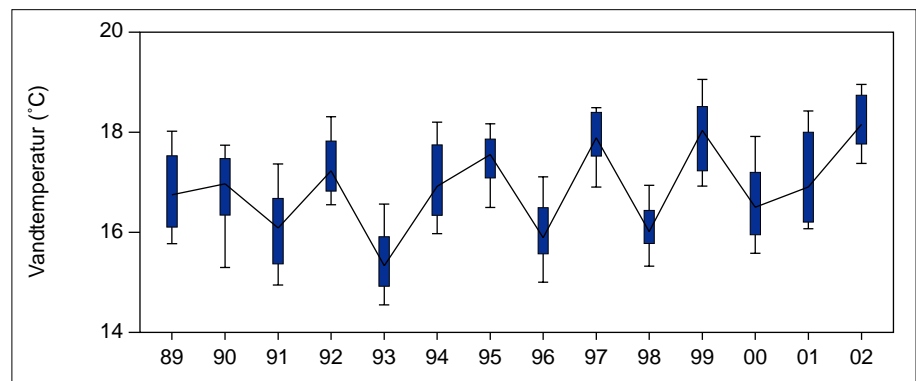
Vandtemperaturerne i søerne responderer på de aktuelle lufttemperaturer og indstrålingsforhold, hvorfor temperaturen i søerne i 2002 gennemsnitlig var den højeste i hele overvågningsperioden (Fig. 4.3).

Figur 4.2 Sammenligning af den månedlige globalindstråling ($\text{MJ}^{-2} \text{ mdr}^{-1}$) i 2002 (---) og middelen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm



SØ03 – Fig. 4.2

Figur 4.3 Den gennemsnitlige vandtemperatur i overfladevandet i de 27 ferske overvågningsøer for sommerperioden for de enkelte år 1989 til 2002.



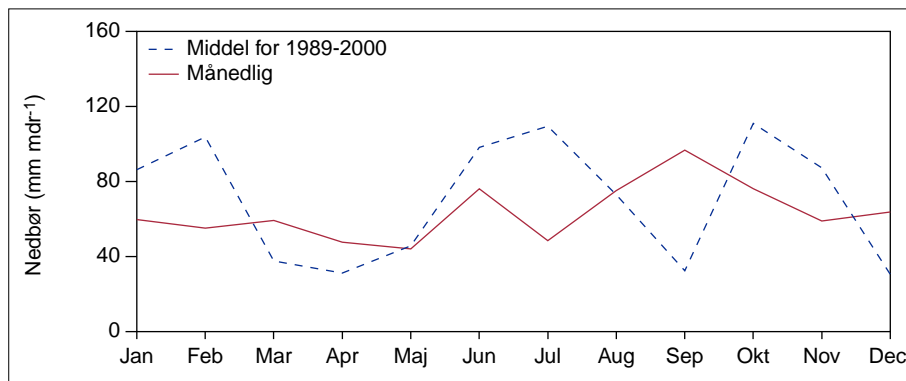
SØ03 – Fig. 4.3

4.2 Nedbør og fordampning

Årsmiddelnedbør i 2002 over normalen

Figur 4.4 Sammenligning af den månedlige nedbør (mm mdr⁻¹) i 2002 (---) og midt-delen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.

I 2002 var årsnedbøren som gennemsnit over hele landet (ekskl. Bornholm) 806 mm, hvilket er 20 % over normalen for overvågnings-årene (Tabel 4.1). Nedbørsmængden på Fyn og Sjælland var som normalt væsentlig lavere end i Jylland.

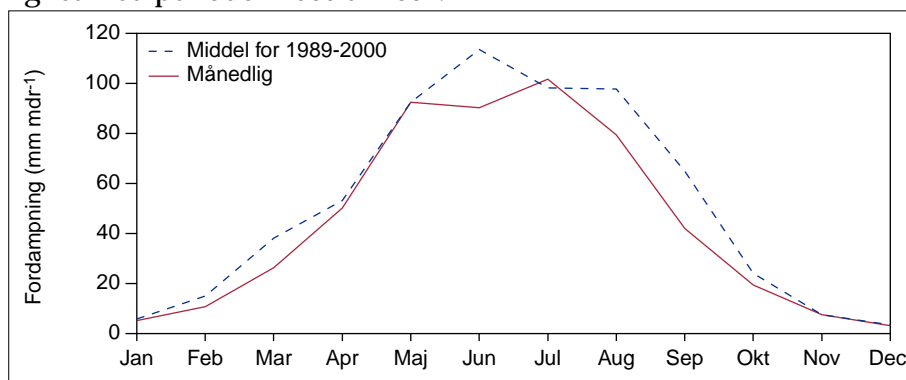


SØ03 - Fig. 4.4

Især sommermånederne juni og juli var nedbørgennemsnittet højere i 2002 end perioden 1989-2001, men også februar og oktober var våde. Derimod var marts, april og september mindre nedbørsrige end normalt (Fig. 4.4).

Den potentielle fordampning i 2002 var 13 % 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 2002 var væsentlig højere i juni og i efteråret sammenlignet med perioden 1989 til 2001.

Figur 4.5 Sammenligning af den månedlige potentielle fordampning (mm mdr⁻¹) i 2002 (---) og midt-delen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



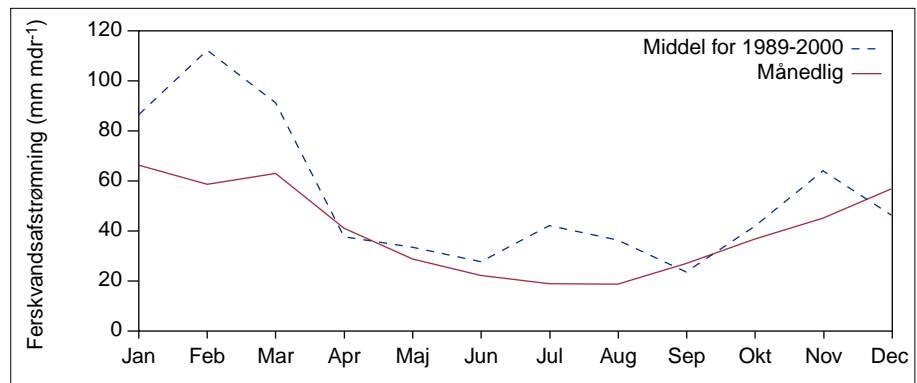
SØ03 - Fig. 4.5

4.3 Ferskvandsafstrømning

Stor ferskvandsafstrømningen i 2002.

Årsafstrømningen var 33 % større end gennemsnittet for perioden 1989 til 2001 (Tabel 4.1). Den gennemsnitlige årsafstrømning for hele landet var således 429 mm i 2002.

Figur 4.6 Sammenligning af den månedlige ferskvandsafstrømning (mm mdr⁻¹) i 2002 (---) og middelen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark.



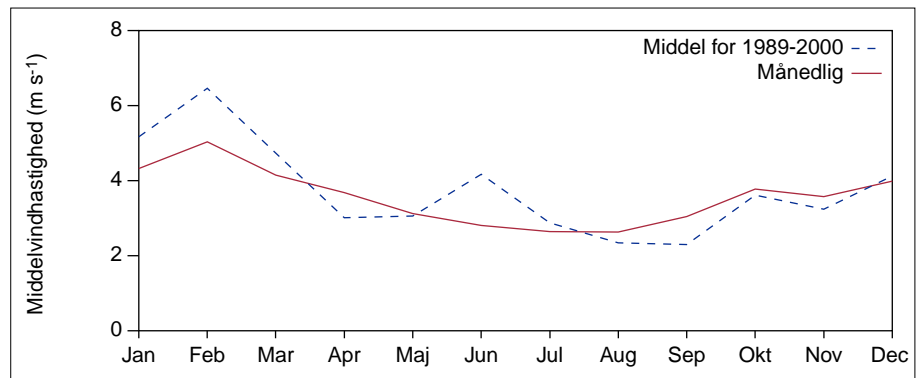
SØ03 – Fig. 4.6

Der var generelt en højere afstrømning gennem hele året, men de helt store bidrag kom i februar og i sommerperioden sammenfaldende med stor nedbørsmængde (Fig. 4.6).

4.4 Vindforhold

Den gennemsnitlige vindhastighed for hele Danmark var i 2002 som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2001 (Tabel 4.1). Vindhastighederne var en del højere i februar og juni, mens efterårs-månederne var præget af mindre vind end de foregående overvågningsår (Fig. 4.7).

Figur 4.7 Sammenligning af den månedlige middelvindhastighed (m s⁻¹) i 2002 (---) og middelen for perioden 1989 til 2001 (—). Data fra hele Danmark eksklusiv Bornholm.



SØ03 – Fig. 4.7

4.5 Sammenfatning

År 2002 blev det varmeste hidtil observeret i overvågningsprogrammet. Året var kendetegnet af en varm februar og en varm sommer.

Globalindstrålingen var i 2002 på niveau med gennemsnittet for de foregående 13 overvågningsår. Dog var indstrålingen i juni og i efteråret større end i perioden 1989-2001.

Vandtemperaturen i søerne var ligesom lufttemperaturen i 2002 den højeste i perioden 1989-2002.

Årsnedbøren som gennemsnit for hele landet var 806 mm, hvilket er 20 % over normalen for overvågningsårene. Februar, juni-juli og oktober var specielt vådere end normalt.

Den potentielle fordampning i 2002 var 13 % højere end gennemsnittet for den foregående overvågningsperiode p.g.a. en højere fordampning i juni og efterårsmånederne.

Den gennemsnitlige årsafstrømning for hele landet var 20 % højere end gennemsnittet for perioden 1989 til 2001. Afstrømningen i 2002 var således højere end normalt i februar og november samt i sommerperioden.

Den gennemsnitlige vindhastighed i Danmark på $4,5 \text{ m s}^{-1}$ var som gennemsnittet for perioden fra 1989 til 2001.

[Tom side]

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.

Jensen, J.P., Søndergaard, M., Bjerring, R., Lauridsen, T.L., Jeppesen, E, Poulsen A.M., & Sortkjær, L (2002): Søer 2001 – NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 84 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 421.

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., 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 søoplände 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 (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.

Moenslund, 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. Undersøgellesprogram, 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.

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.

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
Vejsøvej 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

Afdeling for Vildtbiologi og Biodiversitet

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

2002

- Nr. 426: Statistisk optimering af monitoringsprogrammer på miljøområdet. Eksempler fra NOVA-2003. Af Larsen, S.E., Jensen, C. & Carstensen, J. 195 s. (elektronisk)
- Nr. 427: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2001. By Kemp, K. & Palmgren, F. 32 pp. (electronic)

2003

- Nr. 428: Vildtbestande, jagt og jagttider i Danmark 2002. En biologisk vurdering af jagtens bæredygtighed som grundlag for jagttidsrevisionen 2003. Af Bregnballe, T. et al. 227 s. (elektronisk)
- Nr. 429: Movements of Seals from Rødsand Seal Sanctuary Monitored by Satellite Telemetry. Relative Importance of the Nysted Offshore Wind Farm Area to the Seals. By Dietz, R. et al. 44 pp. (electronic)
- Nr. 430: Undersøgelse af miljøfremmede stoffer i gylle. Af Schwærter, R.C. & Grant, R. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 432: Metoder til miljøkonsekvensvurdering af økonomisk politik. Af Møller, F. 65 s. (elektronisk)
- Nr. 433: Luftforurening med partikler i København. En oversigt. Af Palmgren, F., Wåhlin, P. & Loft, S. 77 s. (elektronisk)
- Nr. 434: Forsøgsprojekt Døstrup Dambrug. Resultater og konklusioner. Af Fjordback, C. et al. 270 s., 150,00 kr.
- Nr. 435: Preliminary Assessment based on AQ Modelling. Ploiesti Agglomeration in Romania. Assistance to Romania on Transposition and Implementation of the EU Ambient Air Quality Directives. By Jensen, S.S. et al. 53 pp. (electronic)
- Nr. 436: Naturplanlægning - et system til tilstandsvurdering i naturområder. Af Skov, F., Buttenschøn, R. & Clemmensen, K.B. 101 s. (elektronisk)
- Nr. 437: Naturen i hverdagslivsperspektiv. En kvalitativ interviewundersøgelse af forskellige danskeres forhold til naturen. Af Læssøe, J. & Iversen, T.L. 106 s. (elektronisk)
- Nr. 438: Havterne i Grønland. Status og undersøgelser. Af Egevang, C. & Boertmann, D. 69 s. (elektronisk)
- Nr. 439: Anvendelse af genmodificerede planter. Velfærdsøkonomisk vurdering og etiske aspekter. Af Møller, F. 57 s. (elektronisk)
- Nr. 440: Thermal Animal Detection System (TADS). Development of a Method for Estimating Collision Frequency of Migrating Birds at Offshore Wind Turbines. By Desholm, M. 25 pp. (electronic)
- Nr. 441: Næringsstofbalancer på udvalgte bedrifter i Landovervågningen. Af Hansen, T.V. & Grant, R. 26s. (elektronisk)
- Nr. 442: Emissionsfaktorer og emissionsopgørelse for decentral kraftvarme. Eltra PSO projekt 3141. Kortlægning af emissioner fra decentrale kraftvarmeværker. Delrapport 6. Af Nielsen, M. & Illerup, J.B. 113 s. (elektronisk)
- Nr. 443: Miljøøkonomisk analyse af skovrejsning og braklægning som strategier til drikkevandsbeskyttelse. Af Schou, J.S. 43 s. (elektronisk)
- Nr. 444: Tungmetaller i tang og musling ved Ivittuut 2001. Af Johansen, P. & Asmund, G. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 445: Modeller til beskrivelse af iltsvind. Analyse af data fra 2002. Af Carstensen, J. & Erichsen, A.C. 60 s. (elektronisk)
- Nr. 447: Modelanalyser af mobilitet og miljø. Slutrapport fra TRANS og AMOR II. Af Christensen, L. & Gudmundsson, H. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 448: Newcastle Disease i vilde fugle. En gennemgang af litteraturen med henblik på at udpege mulige smittekilder for dansk fjerkræ. Af Therkildsen, O.R. 61 s. (elektronisk)
- Nr. 449: Marin recipientundersøgelse ved Thule Air Base 2002. Af Glahder, C.M. et al. 143 s. (elektronisk)
- Nr. 450: Air Quality Monitoring Programme. Annual Summary for 2002. By Kemp, K. & Palmgren, F. 36 pp. (electronic)
- Nr. 451: Effekter på havbunden ved passage af højhastighedsfærger. Af Dahl, K. & Kofoed-Hansen, H. 33 s. (elektronisk)
- Nr. 452: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 2002/03 i Danmark. Wing Survey from the 2002/03 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 66 s.
- Nr. 453: Tålegrænser for kvælstof for Idom Hede, Ringkøbing Amt. Af Nielsen, K.E. & Bak, J.L. 48 s. (elektronisk)
- Nr. 454: Naturintegration i Vandmiljøplan III. Beskrivelse af tiltag der, ud over at mindske tilførsel af næringsstoffer fra landbrugsdrift til vandområder, også på anden vis kan øge akvatiske og terrestriske naturværdier. Af Andersen, J.M. et al. 67 s. (elektronisk)
- Nr. 455: Kvantificering af næringsstoffers transport fra kilde til recipient samt effekt i vandmiljøet. Modeltyper og deres anvendelse illustreret ved eksempler. Nielsen, K. et al. 114 s. (elektronisk)
- Nr. 456: Opgørelse af skadevirkninger på bundfaunaen efter iltsvindet i 2002 i de indre danske farvande. Af Hansen, J.L.S. & Josefson, A.B. 32 s. (elektronisk)
- Nr. 457: Kriterier for gunstig bevaringsstatus. Naturtyper og arter omfattet af EF-habitatdirektivet & fugle omfattet af EF-fuglebeskyttelsesdirektivet. Af Søgaard, B. et al. 2. udg. 460 s. (elektronisk)
- Nr. 458: Udviklingen i Vest Stadil Fjord 2001-2002. Af Søndergaard, M. et al. 25 s. (elektronisk)
- Nr. 459: Miljøøkonomiske beregningspriser. Forprojekt. Af Andersen, M.S. & Strange, N. 88 s. (elektronisk)
- Nr. 460: Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. By Palmgren, F. et al. 92 pp. (electronic)

Danmarks Miljøundersøgelser
Miljøministeriet

ISBN 87-7772-771-1
ISSN 1600-0048